

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**НАЛОБІНА ОЛЕНА ОЛЕКСАНДРІВНА
ГОРБОВИЙ АРТУР ЮЛІАНОВИЧ
ГЕРАСИМЧУК ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ
ПУЦЬ ВІТАЛІЙ СТЕПАНОВИЧ
ШОВКОМУД ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИЛЕЖУВАННЯ ТРЕСТИ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ ШЛЯХОМ
ЗАПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ**



Монографія

РІВНЕ

ЛУЦЬК

2018

УДК 677.021.11

ББК 37.2

Н 23

ISBN 978-83-948896-9-2

*Налобіна О.О., Горбовий А.Ю., Герасимчук О.П., Пуць В.С., Шовкомуд О.В.
Удосконалення технології вилежування трести льону-довгунця шляхом
запровадження нових конструктивних рішень. Монографія – Рівне, Луцьк:
2018. 145с.*

У монографії викладено результати теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих на покращення показників якості трести льону – довгунця.

Результати досліджень, представлені в монографії, можуть бути корисними для наукових та інженерно-технічних працівників, які спеціалізуються у галузі льонарства, а також для студентів, аспірантів, викладачів вищих технічних навчальних закладів.

Рецензенти:

Л.А. Чурсіна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації сировини Херсонського національного технічного університету

О.В. Маркова – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання Національного університету водного господарства та природокористування

О.В.Голій – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу екологічного аналізу Волинської державної сільськогосподарської дослідної станції інституту сільського господарства Західного Полісся НААН України

© Налобіна О.О., 2018

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЬОНУ- ДОВГУНЦЯ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ЙОГО ЗБИРАННЯ	7
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛЛЯНОЇ ТРЕСТИ	20
2.1. Огляд досліджень технологій одержання та факторів якості лляної трести	21
2.2. Моделювання та системний аналіз процесу формування втрат якості трести льону	32
РОЗДІЛ 3. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ ВИЛЕЖУВАННЯ ТРЕСТИ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ ЗА РАХУНОК ЗМЕНШЕННЯ РОЗТЯГНУТОСТІ СТРІЧКИ СОЛОМИ	40
3.1. Вплив подільників льонозбиральних машин на показник розтягнутості	40
3.2. Експериментальне дослідження впливу форми подільника на показник розтягнутості	55
3.3. Обґрунтування доцільності застосування процесу підрівнювання в механізованій технології збирання льону	60
3.4. Конструктивна схема та визначення основних параметрів пристрою для підрівнювання стрічки стебел	64
3.5. Дослідження операції підбивання	70
3.6. Результати дослідження ефективності роботи удосконаленого підбивального пристрою	80
РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЛЕЖУВАННЯ ТРЕСТИ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОБЧІСУВАННЯ СТЕБЕЛ	90
4.1. Аналіз відомих конструкцій обчісувальних апаратів	90
4.2. Дослідження процесу обчісування стебел льону-довгунця	94

плющильно-обчісувальним апаратом	
4.3. Результати дослідження фізико-механічних властивостей соломильону-довгунця, отриманої з використанням плющильно-обчісувального апарату	99
4.3.1. Оцінювання показника засміченості лляної соломильону	99
4.3.2. Визначення масової частки лубу у лляній соломильоні	101
4.3.3. Результати визначення розривного зусилля лляної соломильони	103
4.3.4. Результати дослідження впливу механічних пошкоджень стебел льону на вихід і якість волокна	104
4.4. Результати дослідження ефективності роботи удосконаленого плющильно-обчісувального апарату	107
4.4.1. Результати оцінювання параметрів трести	110
4.4.2. Результати дослідів, спрямовані на оцінювання виходу довгого тіпаного волокна	111
РОЗДІЛ 5. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИГОТУВАННЯ ТРЕСТИ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОБЕРТАННЯ СТРІЧОК ЛЬОНУ	114
5.1 Теоретичні основи альтернативного способу обертання з притисканням	114
5.1.1. Дослідження взаємодії притискного пристрою зі стрічкою стебел льону	114
5.2 Експериментальні дослідження впливу обертання на показники якості трести	126
5.2.1. Дослідження процесу приготування лляної трести за відомою та удосконаленою технологіями	128
5.2.2. Результати дослідження впливу розтягнутості стрічки льону у процесі приготування трести за удосконаленою технологією на вихід довгого волокна	135
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	139

ВСТУП

Льон здавен вирощується в Україні. Волокна льону – екологічно чиста сировина для різних галузей промисловості. Вирощування та переробка цієї сировини не погіршує екологічної ситуації, що є суттєво важливим фактором на сучасному етапі розвитку людства. Продукція льонарства приносить велику користь. Використовуються як волокно і насіння, так і відходи. Льняне волокно є сировиною для виготовлення побутових і технічних тканин високої міцності. Сполученою продукцією при виробництві льону-довгунця є льононасіння. Основним продуктом переробки насіння є олія, яка містить ліноленову кислоту, що є її основним лікувально-дієтичним компонентом. Крім того, у насінні виявлені речовини, необхідні для функціонування людського мозку та нервової системи, а також наділені протираковими властивостями. У таких країнах, як Японія, Франція, Польща налагоджене виробництво харчових добавок на базі насіння льону.

Електротехнічна, гумова, шкіряна промисловості теж є споживачами продукції льонарства.

Цінність льоноволокна вища за волокна інших волокнистих рослин – бавовни, коноплі, кенафу. Льняні тканини гігієнічні та гарні, стійкі проти гноїння; вони завоювали ринок у всьому світі. З льняної пряжі текстильна промисловість виробляє:

- постільну білизну як для широкого вжитку, так й спеціалізовану для хворих людей, при використанні якої не утворюються пролежні. При використанні такої білизни в організмі підвищується вміст імуноглобуліну.
- трикотажну білизну, яка згідно з науковими даними, забезпечує чудове самопочуття, покращення сну;
- спортивний одяг, який має самі високі гігієнічні властивості;
- взуття, яке забезпечує комфорт, особливо у жарку погоду.

Всі вищезгадані вироби є перспективними для промисловості, конкурентоспроможними як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Завдяки дослідженням і новим розробкам льон, наряду з іншими луб'яними волокнистими рослинами, застосовується для пульпи нетканих матеріалів. Це повинно допомогти зупинити знищення лісів, попередити накопичення біологічно нерозкладаних відходів, захистити навколишнє середовище.

Льон, як луб'яна культура, може вирішити проблему видалення важких металів із зашарених ґрунтів. Льон також можна застосовувати в широкому спектрі біокомпозитних матеріалів. Навіть низькосортне льоноволокно з успіхом застосовується зарубіжними фірмами для армування композиційних матеріалів при виробництві автомобілів, а також в літако-, судно- і вагонобудуванні для звуко-, вібро- і теплоізоляції салонів та ін.

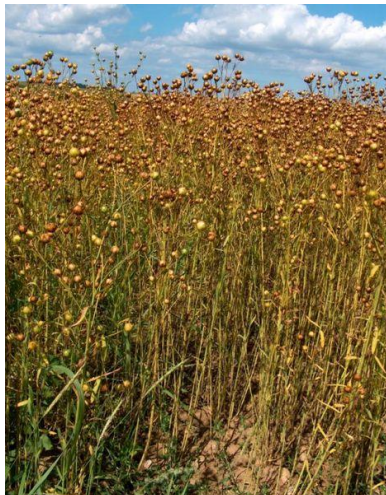
У тваринництві натуральна льняна сировина теж знайшла своє використання як корм для тварин. Використовується льняний жмх, який містить до 36% білку. Відходи переробки льону (пакля, костра) застосовують для виготовлення паперу, матеріалів для будівництва.

Починаючи з 90-х років минулого століття стан льонарської галузі в Україні погіршився. Пряма залежність збереження врожаю від агрокліматичних умов, великий ризик отримання низькоякісної сировини, брак техніки і значні витрати ручної праці призвели до катастрофічного скорочення виробництва льону-довгунця. Одночасно проявляється тенденція зниження якості льоносировини.

Вирішити задачу підвищення ефективності льонарської галузі можливо комплексно, базуючись на науково обґрунтованих технічних і технологічних нововведеннях на етапах збирання стеблостою льону, коли формуються показники якості лляної соломи та вилежування соломи в тресту, коли закладаються показники якості волокна.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЬОНУ- ДОВГУНЦЯ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ЙОГО ЗБИРАННЯ



Льон є сировиною для виробів, які після закінчення строку своєї служби можуть бути повністю перероблені, вони підлягають біорозкладу (рис. 1.1).

Фізико-механічні властивості льону-довгунця визначають параметри технічних засобів, які застосовуються у процесі збирання льону, вилежування соломи у тресту та під час проведення первинної переробки сировини. Фізико-механічні властивості стебел льону – це властивості, які характеризують його стан і будову. Технологічні властивості – це властивості, які проявляються у період дії на стебла льону робочих органів машин і впливають на те, як відбувається процес взаємодії машин та рослин. Найголовнішою частиною рослини льону – є його стебло, у якому формується волокно.



Стебло – це видовжений конус, звужений до верхівки та розширений до кореня. Розрізняють загальну та технічну (рис. 1.2) довжини стебла. Загальною довжиною називають відстань від місця прикріплення семидольних листків до місця прикріплення самої верхньої коробочки. Технічна довжина – це відстань від місця прикріплення семидольних листків до початку розгалуження суцвіття.

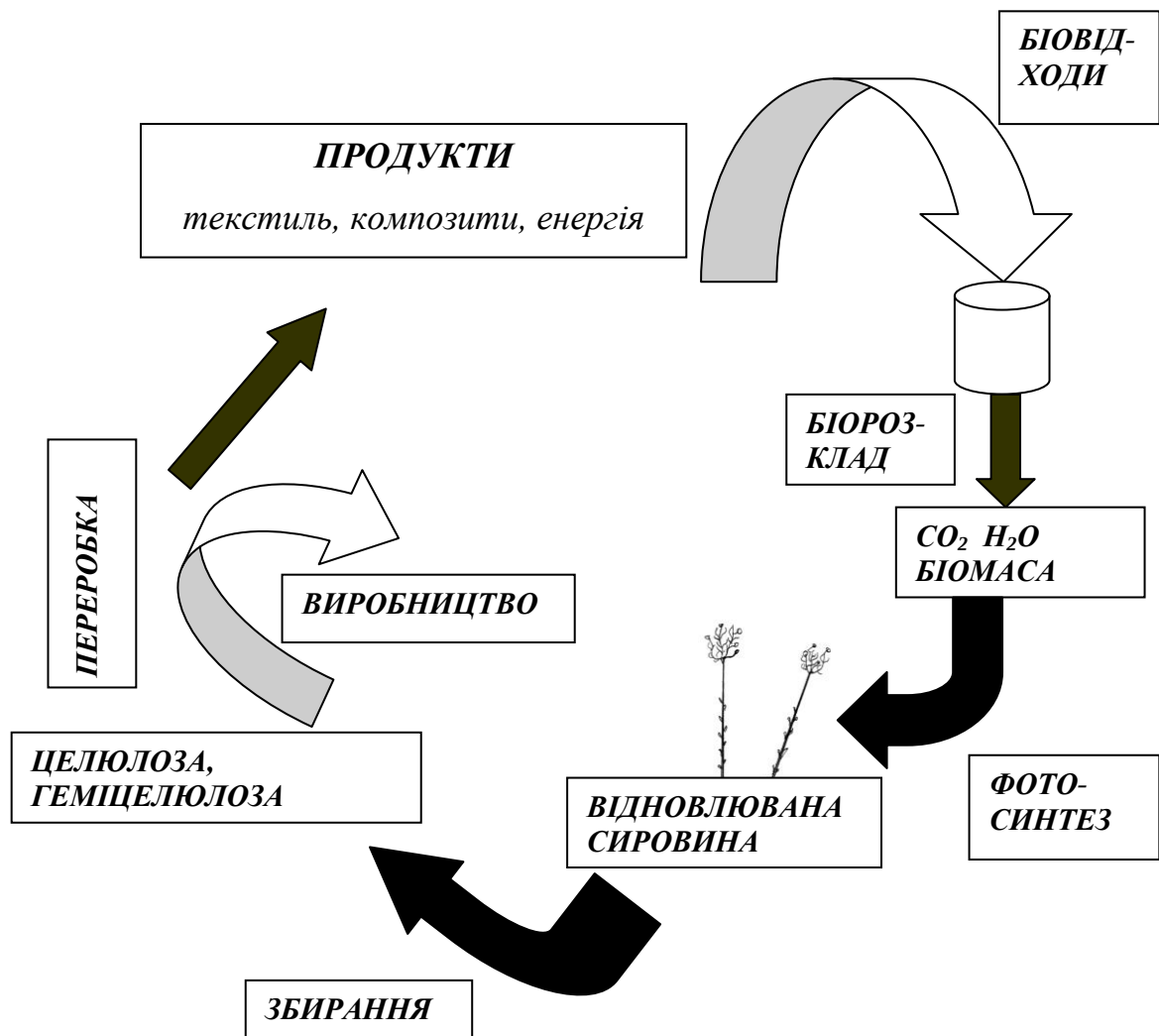


Рис. 1.1 - Цикл відновлюваних ресурсів

Стебла льону в період збирання неоднорідні. Вони різняться за товщиною. Прийнята така класифікація стебел: тонкостебловий льон (діаметр стебла якого становить 0,8-1,2 мм); середньостебловий (1,3-2,0 мм); товстостебловий (діаметр 2,1 мм і більше). Діаметр стебла (рис. 1.2) заміряють на 1/3 його висоти від місця кріплення семидольних листків.

Залежно від нахилу стебел до горизонту, судять про їхню полеглість. Полеглість (рис. 1.2, б) оцінюють в балах:

- 5 балів – льон прямостоячий;
- 4 бала – льон трохи полеглий, стебла нахилені до горизонту на кут 70°;
- 3 бала – середня полеглість, стебла нахилені до горизонту на кут 45°;
- 2 бала – сильна полеглість, стебла нахилені до горизонту на кут 20°;

– 1 бал – дуже сильна полеглість, стебла лежать на землі.

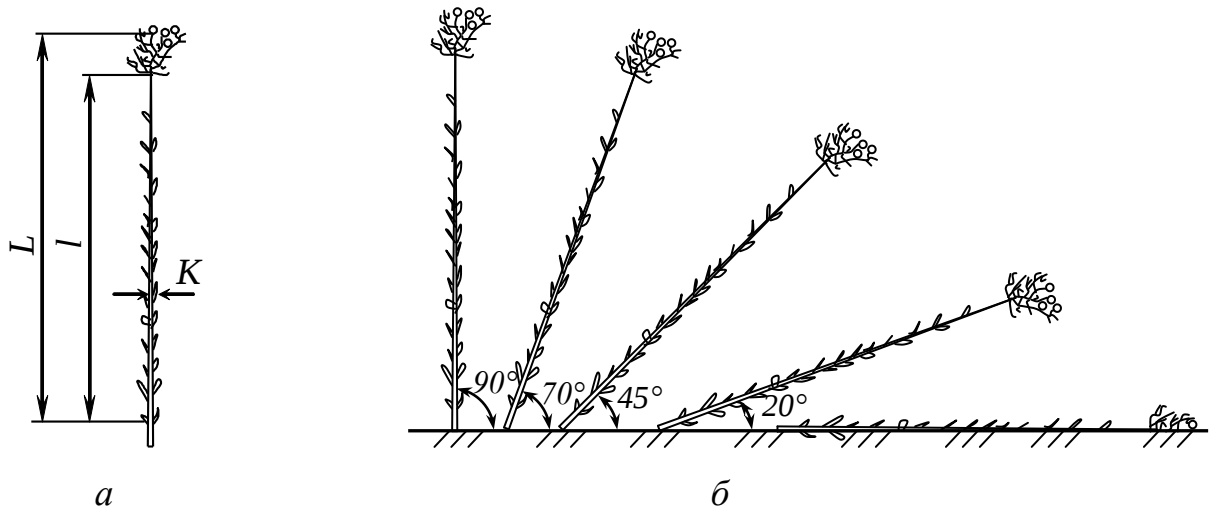


Рис. 1.2 - Стебло льону: l – технічна довжина стебла,
 K – точка на 1/3 висоти стебла (місце заміру діаметра стебла).

Ділянки під посіви льону необхідно підбирати з урахуванням наступних критеріїв [6]: 1) у попередні роки на даній ділянці був максимально високий для даного господарства урожай культури (зернових – не менше 15ц/га, сіна багаторічних трав – не менше 25ц/га); 2) тип ґрунту є слабо та середньопідзолистим, легкосуглиняним або зв’язаною супісью з вмістом гумусу не менше 1,5%; 3) розташування ділянок відносно елементів рельєфу: рівнини, нижні та верхні частини схилів; 4) резерв від часу попереднього посіву льону не менше 4 років. Мінімальний рівень засміченості багаторічними бур’янами. Особливістю стеблостою льону у період збирання є те, що фізіологічна стиглість волокна та насіння настає не одночасно. Крім цього, саме насіння тяж визріває неодначасно, і в період технічної стиглості льону в стеблості є зелені, жовті, бурі насіннєві коробочки. Неоднорідним є стеблостій льону й за густотою, висотою, вологістю. Деякі характеристики стеблостою льону в період збирання наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні характеристики стеблостою льону

№ п/п	Характеристика	Одиниці вимірювання	Значення
1	Густота стеблостою	<i>шт./м²</i>	500 – 3000
2	Довжина стебел	<i>М</i>	40 – 150
3	Технічна довжина стебел	<i>М</i>	35 – 130
4	Головчатість	<i>шт.</i>	2 – 5
5	Коефіцієнт тертя ковзання стрічки стебел льону при вологості $\frac{20-35}{50-65}$ по сталевій поверхні	%	$\frac{0,343-0,365}{0,335-0,390}$
6	Вологість у полі в період збирання: – для стебел – для головок	%	25 – 65 20 – 65
7	Зусилля висмикування стебла з ґрунту	<i>Н</i>	3 – 13
8	Розривне зусилля одного стебла у середній його частині	<i>Н</i>	28,5 – 48
9	Довжина, на яку витягується корінь стебла з ґрунту, до моменту відриву стебла	<i>См</i>	2 – 7
10	Згинальний момент, при якому відбувається надлом стебла: свіжо брані стебла, діаметром 0,6 – 0,9 мм свіже брані стебла, діаметром 1,0 – 1,5мм сухі стебла, діаметр 0,6-0,9 мм сухі, діаметр стебла 1,0-1,5мм	$M_{32}, H \cdot m$ $M_{32}, H \cdot m$ $M_{32}, H \cdot m$ $M_{32}, H \cdot m$	0,005 – 0,007 0,020 – 0,025 0,010 – 0,020 0,055 – 0,065
11	Модуль деформації стрічки стебел при прогині. Свіжо брані стебла (вологість 50 – 60%)	<i>Н/мм</i>	26,5 – 55,6
12	Сила, потрібна для повної деформації стрічки льону, за умови що вона складається зі свіжо браних стебел вологістю 50-60%: – 12 стебел – 36 стебел – 48 стебел	<i>Н</i> <i>Н</i> <i>Н</i>	79,2 319,3 392,0
13	Середнє значення сили, необхідної для прогину однієї стеблини, для стрічки середньої товщини (стрічка зі свіжо браних стебел)	<i>Н</i>	3,5 – 4,5

Льонарство може розвиватися лише на базі створення системи насінництва. В Україні використовують, в основному, такі сорти льону-довгунця: Могільовський-2, Чарівний, Ілона, Аріане, Український-2, Київський, Рушничок, Глухівський та інші. Ці сорти забезпечують високу ефективність льонарства. Згідно з «Каталогом інституту луб'яних культур Української Академії Аграрних наук» [1, стор. 4 – 15] у світовій практиці використовують наступні сорти (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Сорти льону – довгунця

Назва сорту	Регіон вирощування
1	2
Білоруський	Білорусь (Вітебська обл.)
Прогрес	Білорусь (Вітебська обл.)
Оршанський 3	Білорусь (Вітебська обл.)
Turkish	Бельгія
Cavacade corail	Бельгія
IWM	Данія
IWS	Ірландія
L. Roman	Італія
Kenia	Кенія
Китайський місцевий	Китай
Expello	Нідерланди
Hera	Нідерланди
Belinka	Нідерланди
Eckendorvsky	Німеччина
Ilora	Німеччина
L. Beattall	Північна Ірландія
L. Dominion	Північна Ірландія
Gole Zinsky	Польща

Продовження таблиці 1.2.

1	2
Місцевий	Туреччина
Ordinaze	Франція
Tajga	Франція
Domaninski	Чехія
Mosul	Чехія
Hercules	Швеція
0156	Швеція
Nansio	Японія
Linota	Канада
Madefolvi	Угорщина
Juqeva 02600	Естонія
Svaro	Польща
IKARB/49	Румунія
Wada	США

Збирання льону може проводитись за різними технологіями. Класифікація способів збирання льону-довгунця наведена на рис. 1.3. Кожен з них має свої позитивні та негативні риси.

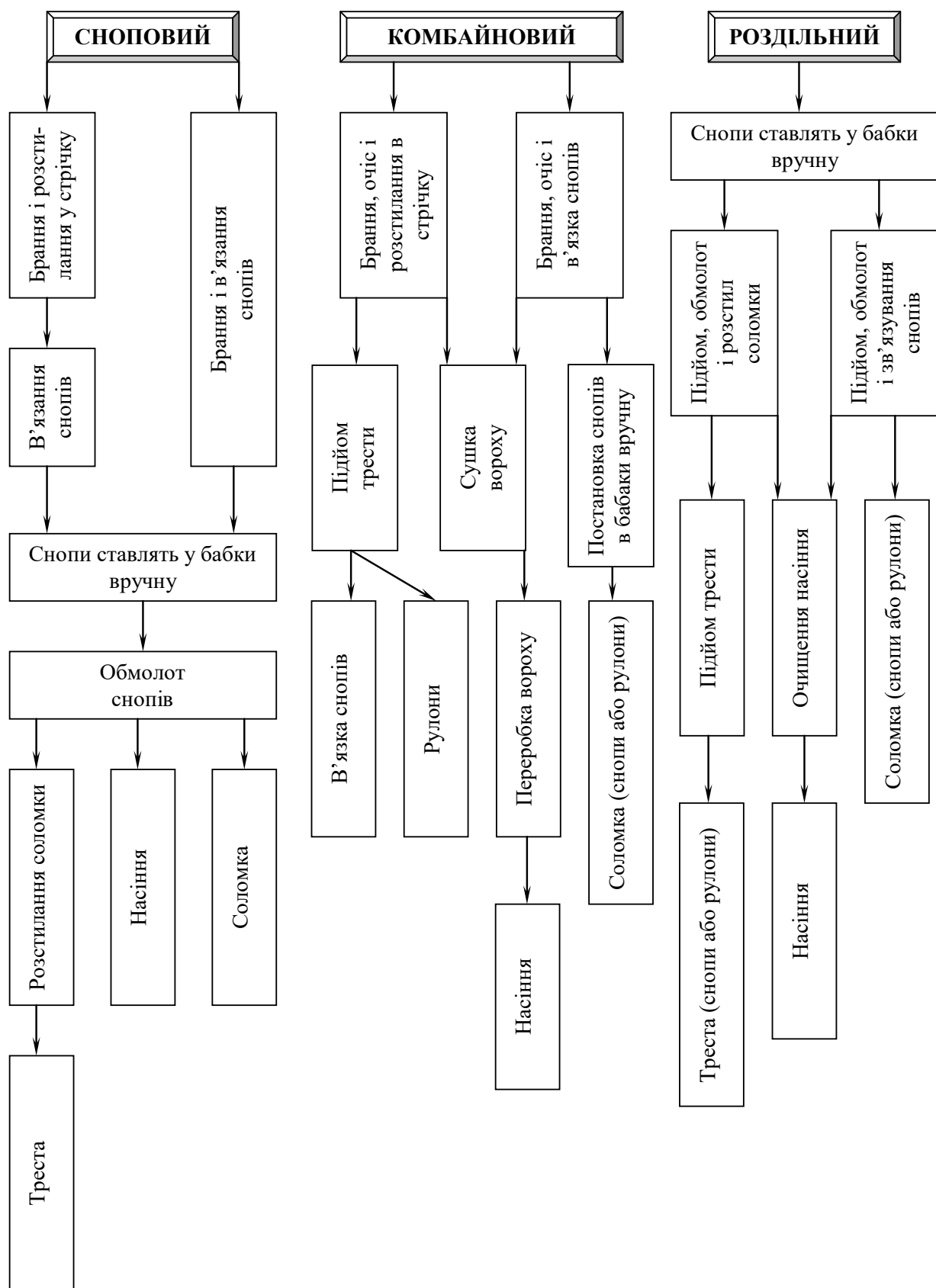


Рис. 1.3 - Способи збирання льону-довгунця

Сноповая технологія, яка включає наступні технологічні операції: брання льону зі зв'язуванням у снопи, установка снопів у бабки, обмолочування снопів, розстилання льоносоломки, піднімання трести зі зв'язуванням у снопи, підбирання і завантаження снопів, транспортування трести або соломки на льонозавод. Для цього способу збирання був розроблений комплекс машин: льонобралки, льономолотарки, льонорозстелювальна машина, підбирачі трести.

Сноповая технологія не дозволяє створити безперервний процес збирання через потребу сушіння льону в снопах, транспортування снопів на тік, на стелище. Ці операції розривають технологічний процес. Крім того, сноповая технологія містить такі операції, які практично не можливо механізувати – це встановлення снопів у бабки, оправка снопів, завантажувальні та розвантажувальні операції. Перевагою снопової технології збирання є застосування простих, мало матеріалоємних, недорогих машин.

Комбайновий спосіб збирання включає наступні основні операції: брання льону з одночасним очісуванням насінневих коробочок і розстилання соломки в стрічки на льонищі, сушку і переробку вороху, піднімання і пресування трести у тюки або рулони, завантаження і транспортування на льонозавод. Технологічні показники цього виду збирання наступні: втрати насіння – до 5%, чистота брання 97 – 99%, розтягнутість стрічки льону – до 1,2 рази. Для цього способу розроблений наступний комплекс машин: льонозбиральний комбайн, комплект обладнання для сушильного пункту, прес-підбирач, навантажувачі рулонів, транспортні засоби.

Роздільний (двухфазний) спосіб збирання полягає в наступному. Вибраний льон розстилають на полі в стрічки, які сохнуть на полі, далі суху стрічку піднімають і обмолочують, а соломку знову розстилають на льонищі. Після отримання трести її піднімають, пресують у кіпи або рулони і транспортують на льонозавод. Отриманий льоноворох переробляють на ворохообробних машинах. Комплекс машин для роздільного способу збирання містить льонобралку, льонопідбирач-молотарку, прес-підбирач, ворохообробну і насінневоочисну машини. Роздільний спосіб забезпечує поточність збирання,

дозволяє значно скоротити трудові витрати і вартість процесу збирання. Але ефективність застосування роздільної технології сильно залежить від погодних умов і має широке застосування в регіонах з хорошими кліматичними умовами. Для забезпечення виконання роздільного збирання господарство повинно мати мінімум два комплекси машин, через те, що вихід з ладу навіть однієї машини приводить до повної зупинки процесу збирання [2].

Ефективність процесу збирання за роздільною технологією забезпечується за рахунок високої всхожості насіння. Але цей фактор невеличкий, якщо посіви дозрівають пізніше через прохолодну та сиру погоду.

Комбайновий спосіб, як вище зазначалось, має низку переваг перед сноповим і роздільним способами, а саме: комбайнова технологія може бути застосована в усіх кліматичних зонах при будь-яких погодних умовах; ця технологія дозволяє забезпечити поточність збирання, при цьому відпадають операції, що вимагають ручної праці (в'язка снопів, встановлення їх у бабки). При збиранні льону комбайнами виконується декілька операцій: брання, очіс насіннєвих коробочок, завантаження вороху в транспортні засоби, в'язка соломи в снопи за допомогою в'язального апарату або розстилання її для отримання трести. Льон розстилають у кращі агротехнічні строки, сприятливі для отримання трести більш високої якості. Зменшуються втрати насіння через те, що весь ворох від льонозбирального комбайна в той же день вивозять на пункти сушіння, де його переробляють. Внаслідок цього скорочуються на 3 – 4 тижні строки збирання. За умови здавання льону у вигляді соломи на заводи весь цикл збиральних робіт можна закінчити в серпні.

Комбайни продуктивно експлуатуються на очищених від великого каміння, кущів і з вирівняним рельєфом полях. У той же час техніка, яка застосовується для комбайнової технології, набагато складніша, більш матеріаломістка й дорожча, ніж техніка для снопової технології.

Другим недоліком комбайнової технології збирання є той факт, що розпочинається вона дещо пізніше за інші технології. Пояснюється це тим, що при очісуванні насіннєві коробочки відриваються від стебел самі або разом із

квітконіжкою чи частиною стебел. Для зелених коробочок такий відрив – це погано тому, що для дозрівання насіння в коробочки повинні поступати поживні речовини з усієї стеблини, завдяки чому насіння краще наповнюється і стає крупнішим. Для вистиглих коробочок цей відрив не має значення. Через це комбайнове збирання починається на декілька днів пізніше інших технологій, за ці дні коробочки встигають краще визріти.

Третій недолік комбайнової технології пов'язаний з тим, що піднімання вилежаної на стелищі трести підбирачем не завжди здійснюється так, як вимагається, що пов'язано зі специфікою застосування підбирача.

Четвертий недолік комбайнової технології пов'язаний з неможливістю довготривалого збереження сирого льонороху у возику через небезпеку самонагрівання та псування насіння. Якщо ж через будь-які причини льонорох і возик не можуть бути зразу відправлені на сушіння, то високоякісного насіння практично отримати неможливо. Якщо ж неможливо організувати його сушіння, то необхідно хоча б швидко розкласти його тонким шаром на будь-якій поверхні та надати йому можливість підсохнути.

Важливими перевагами роздільної технології збирання льону є використання енергії сонця для сушіння зрілого насіння і стебел із коробочками; можливість почати збирання на декілька днів раніше ніж при комбайновій технології і відсутність багатьох операцій, які виконуються вручну при сноповому збиранні.

До недоліків роздільної технології збирання відноситься і те, що техніка, яка використовується, складніша та більш матеріаломістка і вартує дорожче, ніж техніка для снопового збирання. Крім перелічених є ще наступні недоліки:

- 1) через укладку стебел з насіннєвими коробочками на ґрунт і довготривалого їхнього знаходження у такому стані у період дощів виникає небезпека зараження насіння хворобами;

- 2) через те, що в даній технології піднімання стебел підбирачем відбувається два рази (перед очісуванням і під час піднімання трести),

розтягнутість стебел може зростати істотно (пов'язано це зі специфікою роботи підбирача).

Якщо порівняти витрати праці на збирання одного гектара льону сноповим, роздільним і комбайновим способами, то отримаємо приблизно таке співвідношення: 3,4 : 1,03 : 1,0, тобто бачимо, що сноповий спосіб збирання льону є найбільш трудомістким.

При збиранні льону комбайнами з розстилом очесаної соломи на льоновищі витрати праці зменшуються у 1,5 – 1,7 рази.

Перевагу в господарствах таких країн, як Україна, Росія, Білорусь, країнах Прибалтики віддають, насамперед, комбайновому способу.

Агрономічні спостереження доводять, що насіння при цьому способі збирання мають меншу схожість. Але цей спосіб може застосовуватись при будь-яких погодних умовах, що важливо для цих країн.

Роздільний спосіб широко застосовують у господарствах Франції, Нідерландів, це забезпечує високий вихід волокна. Насіння має високу схожість (приблизно на 10-15% вищу ніж при отриманні їх комбайновим способом). Витрати палива на сушіння одної тонни готового льоновороху приблизно в 2,5-3,0 рази менші.

Як бачимо, кожна технологія збирання має свою специфіку і свої особливості.

З урахуванням того, що льон в Україні вирощують у різних географічних зонах, які різняться складом ґрунту, погодними та іншими умовами, рекомендувати для запровадження одну технологію було б не раціонально. Потрібен диференціальний підхід, тобто інновація технологій полягає в їхній обов'язковій диференціації (рис. 1.4).

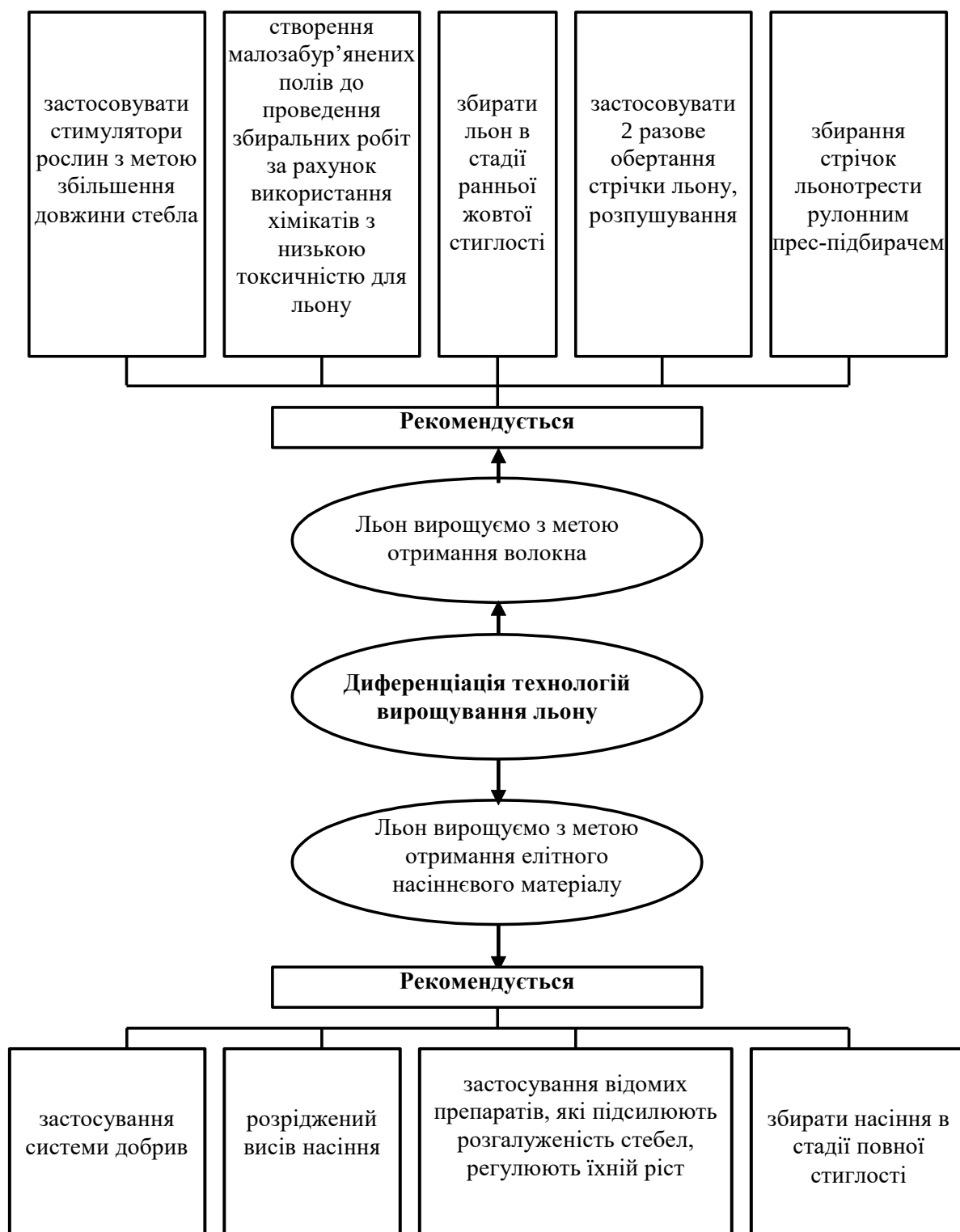


Рис. 1.4 - Схема диференціації технологій збирання льону

Виконання збиральних робіт, незалежно від обраного способу їх виконання, передбачає: брання стебел льону, їхнє транспортування, обчісування, розстил, обертання стрічок і формування рулонів. Кожна з цих технологічних операцій впливає на показник придатності шару стебел до

тіпання, та в подальшому – на якість первинної переробки лляної сировини.

Вплив параметрів, які формуються на стадії збиральних робіт, зокрема, розтягнутості, на вихід і номер волокна можна оцінити з даними табл. 1.3 [2].

Таблиця 1.3 - Вплив розтягнутості стебел на вихід довгого волокна

Розтягнутість (абсолютна), см	Вихід волокна, %		Номер волокна	
	довгого	короткого	довгого	короткого
22,8	10,7	4,1	12,0	4,0
17,6	11,2	3,7	13,0	4,0
11,8	11,8	3,3	13,5	4,0

Як бачимо, якість обробки трести на м'яльно-тіпальних агрегатах, яка оцінюється кількістю довгого волокна та його номером, закладається на етапі проведення збиральних робіт.

З метою обґрунтування подальших досліджень виконуємо узагальнення причин, які призводять до зменшення якості лляної трести та лляного волокна.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛЛЯНОЇ ТРЕСТИ

З метою розроблення технології вирощування льону-довгунця на волокно високої якості потрібно визначити основні складові якості лляного волокна. Виникає також потреба в обґрунтуванні напрямків оптимізації параметрів якості, що дасть можливість сформулювати технологічні прийоми, а також перелік засобів, які здатні забезпечити їх досягнення.

Якість лляного волокна, яка безпосередньо впливає на його прядильні властивості, формується з наступного переліку ознак:

1. Міцність волокна, яка безпосередньо пов'язана з міцністю трести;
2. Довжина довгого волокна, яка залежить від довжини трести, її міцності;
3. Колір волокна – залежить від кольору трести;
4. Частка довгого волокна – залежить від міцності трести, рівномірності її вилежування.

Міцність значною мірою залежить від умов вирощування льону-довгунця та вилежування трести. Недотримання строків вилежування через несвоєчасне проведення робіт з формування лляних рулонів веде до зменшення міцності трести і, як наслідок, – волокна. Створення сприятливих умов для забезпечення міцності трести обумовлюються: достатнім рівнем забезпеченості технічними засобами, якістю насіння, агрокліматичними умовами.

Показник довжини жмені трести залежить від погодно-кліматичних факторів та технологій вирощування, а також однорідності насіння. Саме однорідність насіння [3] визначає такі параметри стеблостою як рівність по довжині та вирівнювання за строками дозрівання [3]. Однорідність насіння залежить від технічних засобів, які застосовують під час збирання. Технологія комбайнового збирання є причиною неоднорідності насіння, яка, у свою чергу, при подальшому використанні веде до отримання неоднорідних посівів, тобто

до нерівномірності стеблостою. Неоднорідність за висотою веде до неоднорідності в строках дозрівання, кольору, діаметру, що, у свою чергу, веде до зменшення якості волокна.

Проблема забезпечення однорідності стеблостою цим не обмежується. Невирівняність стебел за висотою обумовлюється також сортовими особливостями та умовами вирощування. Особливістю льону-довгунця є деяка розбіжність у строках дозрівання рослин, навіть у межах одного господарства. Це призводить до нерівномірності кольору, діаметрів стебел і, як наслідок, до зменшення якості лляного волокна.

Підвищення якості волокна за рахунок зменшення нерівності стеблостою за висотою, потребує використання для висіву однорідного насіння, що значною мірою залежить від ефективності процесу збирання льону.

2.1. Огляд досліджень технологій одержання та факторів якості лляної трести

Недосконала система машин – один з факторів, який обмежує підвищення ефективності виробництва та покращення якості продукції.

Обґрунтування закономірностей впливу параметрів робочих органів льонозбирального комбайна на показники якості лляної трести наведено в роботах українських вчених Г.А. Хайліса [4, 5], Г.А. Хайліса, А.Ю. Горбового, О.О. Налобіної [67]. Зокрема, виконані дослідження формування розтягнутості стрічки у ході брання стебел. Автором встановлено вплив на даний показник відстані між носиками подільника, висоти їхнього встановлення над поверхнею поля та швидкості руху льонозбирального комбайна.

Дослідження, спрямовані на вивчення закономірностей формування розтягнутості, під впливом подільників брального апарата виконано в роботах О.О. Налобіної [6, 7], О.П. Герасимчука [8].

Налобіною О.О. встановлено, що нахил стебел прутком подільника відбувається не лише у поперечній площині, а й у поздовжній в напрямку руху.

Експериментально доведено, що розтягнутість стебел, яка починає формуватись під час їхньої взаємодії з подільниками, зростає в бральних рівчаках. Згідно [7], маємо:

Таблиця 2.1. - Розтягнутість стрічки льону під час роботи подільників і бральних апаратів

Тип машини	Розтягнутість стебел в момент їхнього сходу з кінців прутків подільників, мм	Розтягнутість стебел у бральних рівчаках, мм	Розтягнутість стебел на виході з бального рівчака, мм
ЛК-4А	15,6	20,2	22,8
ТЛН-1,5	14,9	19,3	22,1

З наведених даних видно, що розтягнутість стебел в бральних рівчаках на 25-30% більша, ніж розтягнутість, яку створюють подільники. Біля виходу з бального рівчака розтягнутість зростає ще на 10-12 % [7].

Герасимчук О.П. [8] на основі теоретичних досліджень процесу взаємодії бічних прутків подільників зі стеблостоєм льону встановив, що зміна конфігурації прутка подільника з прямолінійного на криволінійний забезпечує покращення основного якісного показника технологічного процесу брання – розтягнутості. Встановлено, що застосування вгнутих прутків дозволяє зменшити абсолютну розтягнутість у 1,3 рази порівняно з прямолінійними та в 2,0–2,5 рази – з опуклими прутками.

Наступною операцією є обчісування. Дослідження процесу обчісування найбільш повно викладені в роботах М.І. Шликова [9], М.М. Бикова [10], Л.Ю. Гуревіча [11], П.Ф. Прібиткова [12], І.М. Махова [13], Б.П. Можарова [14], Г.А. Хайліса [4, 5], М.М. Ковальова [15], О.О. Налобіної [6,7]. Процес обчісування характеризується не лише обривом стебел, а й формуванням кутової дезорієнтації стебел у стрічці.

Процес обчісування передбачає вплив зубів обчісувального барабана на верхівки стебел, затиснені в криволінійному рівчаку затискного транспортера. В рівчаку транспортера, згідно досліджень [17], відбувається плющення затиснутих ділянок стебел, а також частковий злам стебел. А, як відомо з досліджень [18], переробка плющених і зламаних в каналі затискного транспортера стебел веде до зменшення параметрів якості процесу шаропотоншення та сприяє зменшенню виходу довгого волокна.

Після обчісування шар стебел переходить у канал поперечного транспортера. Як виявили дослідження, кутова дезорієнтація стебел зростає під час транспортування стрічки в каналі. Крім того, згідно [6], в каналі створюються умови для зламу стебел.

Далі стрічка стебел розстеляється на полі для вилежування трести. Як виявив аналіз досліджень [4, 14], процес розстилу стрічки веде до збільшення величини відносного зміщення гузирів стебел.

Виконаний аналіз відомих досліджень доводить, що на формування параметрів якості трести та лляного волокна впливають результати процесів механічної взаємодії робочих органів льонозбирального комбайна зі стеблами льону.

У роботах багатьох авторів під час аналізу технологічного процесу збирання льону-довгунця основна увага приділяється процесу вилежування соломи. Так Є.І. Дударев [19] досліджував процеси, які впливають на формування якості льонотрести під час її вилежування на льонищі. Автором виконано порівняльні дослідження вилежування свіжозібраного та підсушеного льону на льонищі. Виявлено, що стебла не підсушеного льону верхнього шару стрічки навіть у дощову погоду підсихають, і процес розвитку на них пектин-нормалізуючих грибів протікає нормально, на відміну від нижнього шару стебел.

У роботі С.М. Коб'якова [20] теоретично обґрунтована кількість механічних операцій з метою одержання високоякісної трести. Автором виявлений позитивний ефект від впровадження технологічних операцій

ворушіння і обертання за рахунок підсушування і зменшення вологості сировини.

Оцінка цих операцій надається й в роботах В.І. Макаєва [21], О.О. Налобіної [22, 23].

Треста зі стрічок, які обертались у ході вилежування соломи в тресту, дає більший вихід чесаного волокна. Обертання запобігає проростанню стрічок на стелищі бур'янами, що проявляється за умов тривалого вилежування [24, 25].

Обертання – важлива операція за умови підвищеної вологості, вона дає можливість зберегти врожай та його якість.

М.Г. Коренським [26], Б.В. Лесиком [27] визначено, що обертання стрічок у середині процесу вилежування збільшує міцність волокна, підвищує його гнучкість, покращує якісні показники, які визначають прядильну здатність волокна.

Операція обертання здійснюється за допомогою обертача стрічок льону ОСН-1 (рис.2.1).

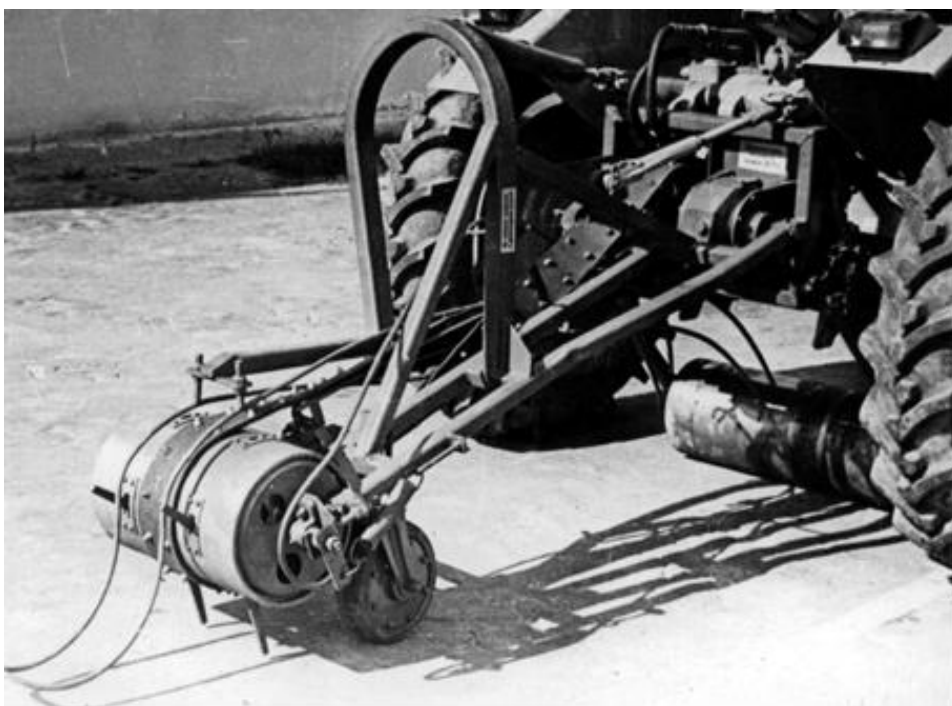


Рис.2.1 - Обертач ОСН-1

Обертач забезпечує піднімання стебел зі стрічок і обертання їх за допомогою пасового транспортера.

Якщо льон після брання вистеляють у стрічки без очісування застосовують операцію обертання з очісуванням. З цією метою використовують обертач-обчісувач (ЛОЦ-1), який оснащено очісуючим апаратом гребеневої конструкції.

Робота підбираючого пристрою, який є основним робочим органом цих машин, є вагомим фактором впливу на процес формування якості льняної трести. За конструктивним виконанням підбираючі пристрої поділяються на три групи:

- барабанні;
- транспортерні;
- грабельні.

Підбираючі пристрої барабанного типу можна поділити на устаткування з кулісним механізмом, з кулачковим механізмом і з пальцями які не прибираються. Схема барабанного підбираючого пристрою з пальцями, які не прибираються, наведена на рис. 2.2. Барабанні підбираючі пристрої містять підпружинені пальці, які кріпляться на барабані. Пальці цих пристроїв недостатньо підбирають стебла стрічок, розстелених на полі з нерівним рельєфом.

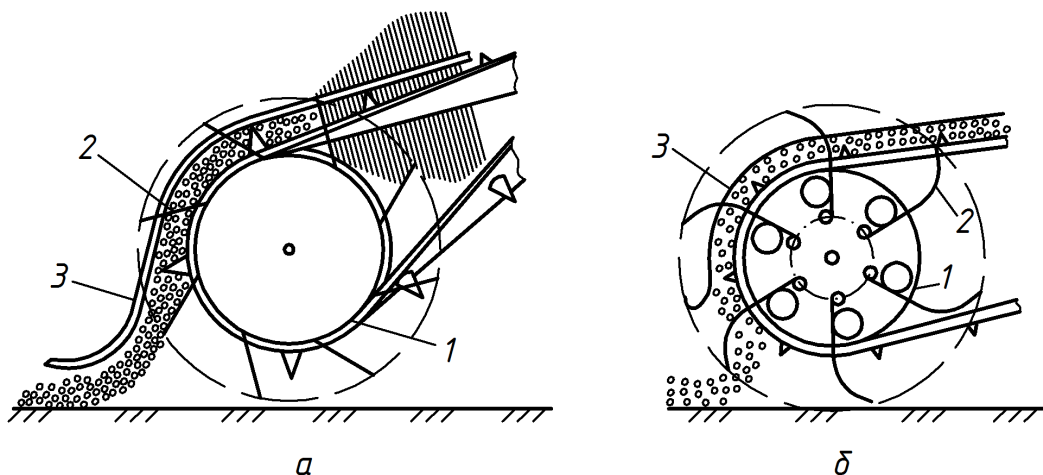
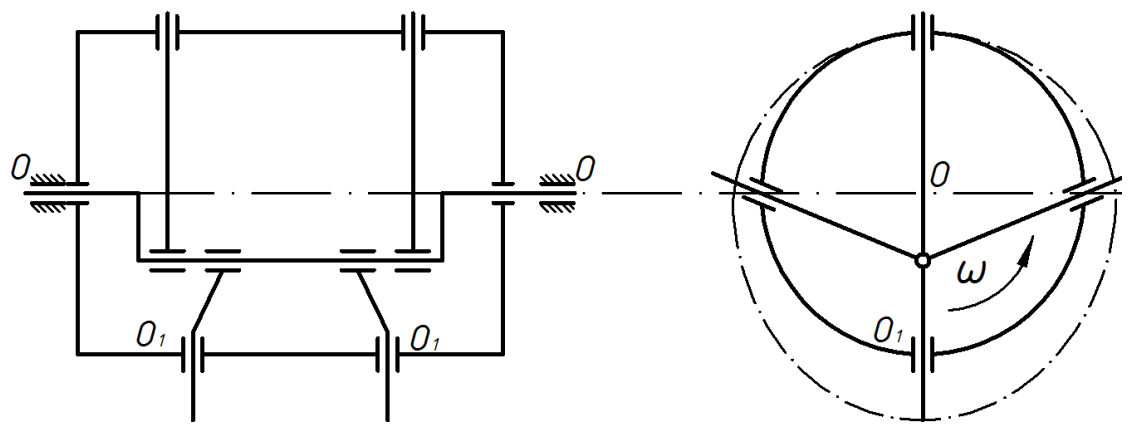


Рис.2.2 - Схема підбираючого апарата барабанного типу:

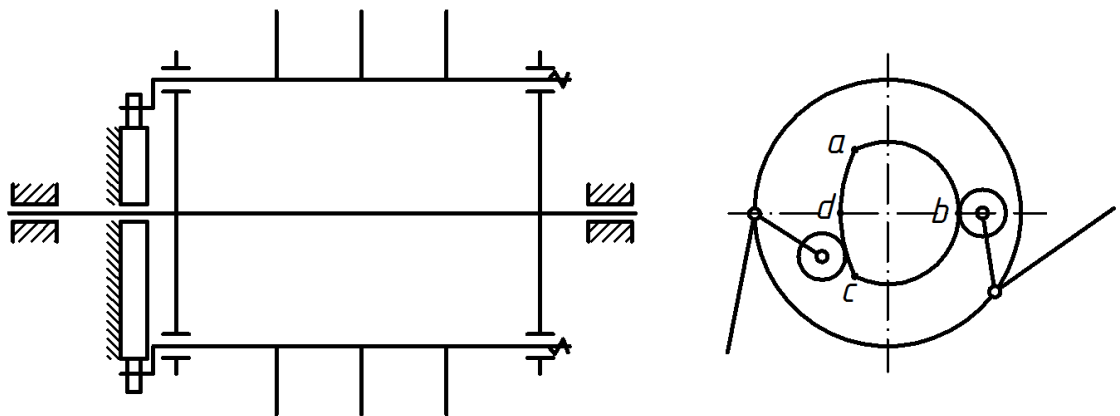
1 – кожух барабана; 2 – пальці; 3 – притискне устаткування

На рис.2.3, *а* подано схему кулісного підбираючого пристрою, недоліком якого є те, що жорсткі пальці недостатньо копіюють рельєф поля, і пошкоджуються, особливо під час дотику до каміння.

На рис. 2.3, *б* подано схему підбираючого барабана з кулачковим механізмом. До недоліків цього підбираючого апарата відносять складність конструкції. Під час роботи зі стрічкою підвищеної вологості стебла стрічки затягуються у щілини пасивного кожуха, що приводить до забивання і порушення у виконанні технологічного процесу [25].



а



б

Рис.2.3- Схеми апаратів для підбирання стебел: *а* – кулісний підбираючий апарат; *б* – барабан з кулачковим механізмом.

На рис. 2.4.наведено схему підбирача з грабельним пристроєм для підбору трести. Як показав аналіз процесу експлуатації таких підбирачів [28], їх робота характеризується частим налипанням соломи на зубці грабель, що також погіршує якість виконання технологічного процесу.

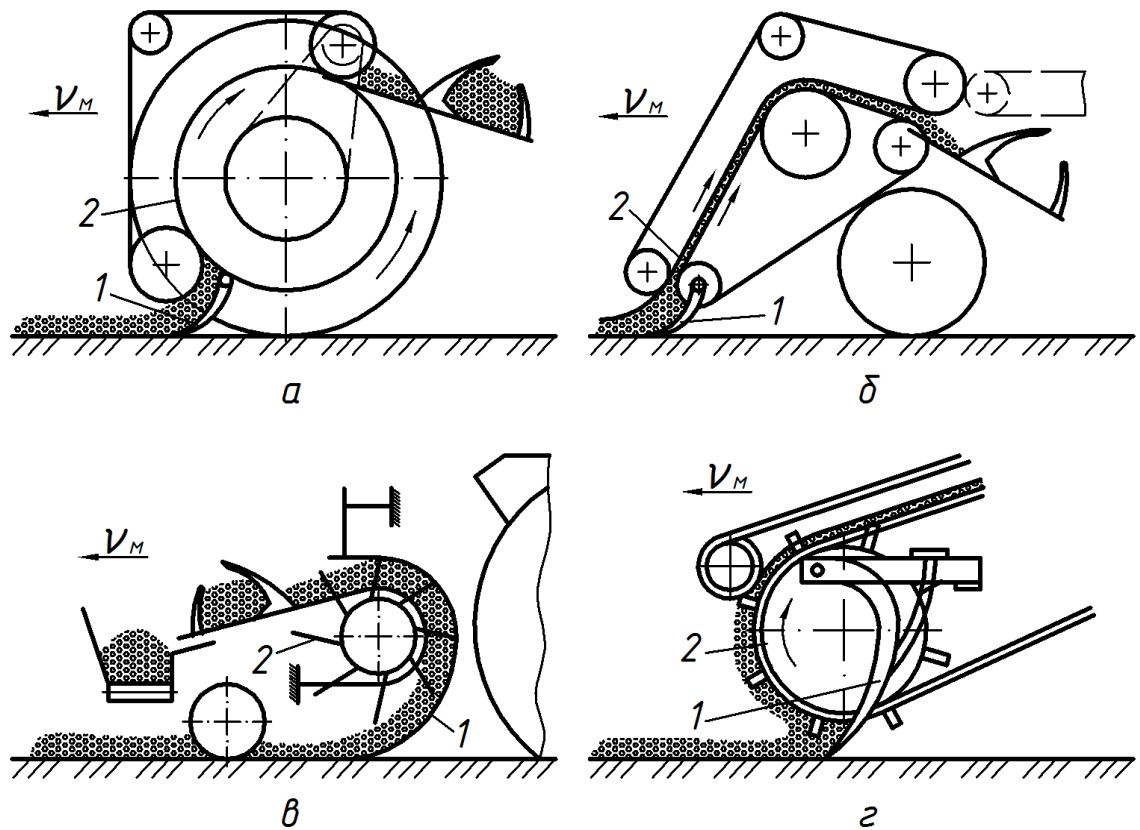


Рис. 2.4- Схема грабельних підбираючих апаратів: а, б – апарати з жорсткими пальцями; в, г – апарати з підпружиненими пальцями та повзунком для копіювання поля; 1 – пасивні пальці, 2 – піднімальне устаткування

У грабельних апаратах відрив стрічки льону від льоновища і подача її до піднімального устаткування здійснюється пасивними пальцями грабель, які можуть кріпитися жорстко (рис. 2.4, а, б), або бути підпружиненими (рис. 2.4, в, г).

У транспортерних підбираючих апаратах відрив стебел льону від льоновище і подальше транспортування стрічки здійснюють пальці. Пальці кріпляться на піднімальному устаткуванні. Залежно від типу піднімального

устаткування ці підбирачі поділяють на пасово-пальцеві (рис.2.5, а, б) і ланцюгово-пальцеві (рис.2.5, в, г).

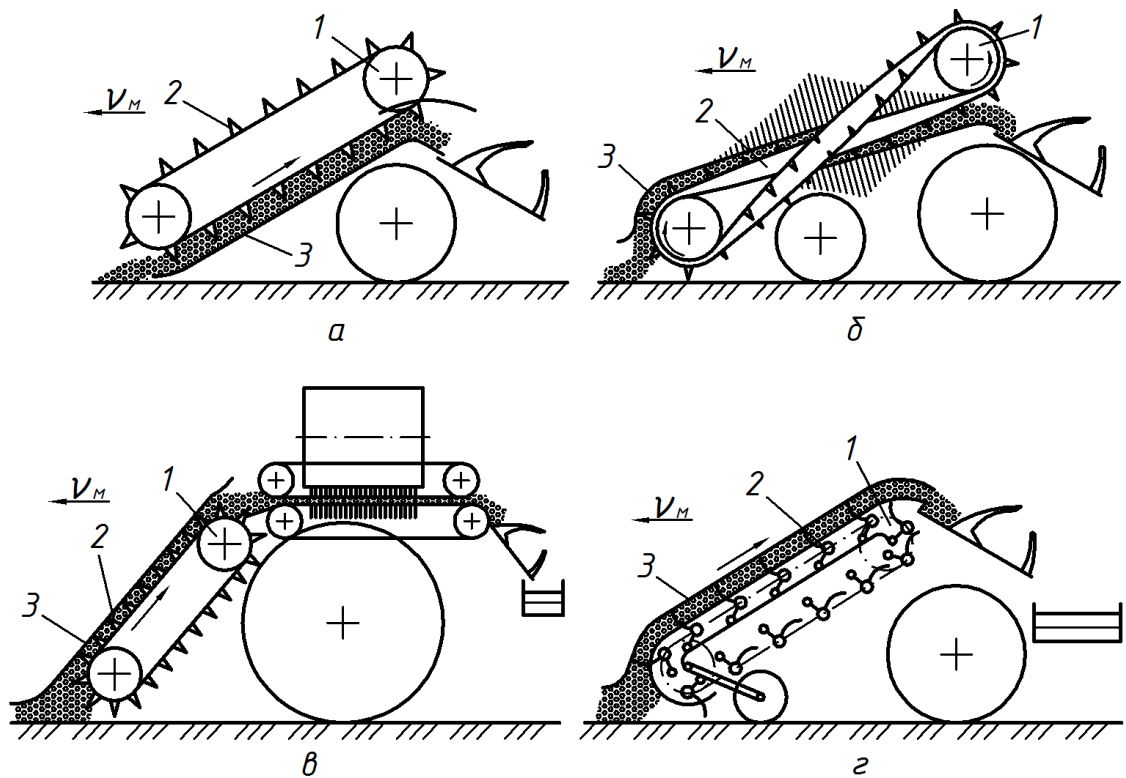


Рис.2.5 - Схеми транспортерних підбираючих апаратів:

1 – ведучий шків; 2 – підбираючий пристрій; 3 – притискне устаткування

Аналіз роботи підбирачів-обчісувачів виявив, що під час обертання стебел стрічок льону часто проявляються такі недоліки:

- неповне підбирання стебел на невірвняних полях;
- перекіс стебел у стрічці;
- зміщення комлів стебел, що веде до збільшення розтягнутості стрічки.

Усунення недоліків потребує удосконалення підбирачів-обчісувачів з метою забезпечення якісного виконання технологічного процесу обертання, особливо соломки довгостеблового льону-довгунця.

Але, як показав аналіз чинних досліджень, удосконалення машин – не єдиний фактор, що може забезпечити підвищення якості трести і, відповідно, волокна.

В.М. Романіка [29], І.П. Карпець [30, 31], Л.М. Кукреш [32] своїми дослідженнями довели, що на процес формування якості трести значний вплив має термін розстилу соломки льону для вилежування.

На формування якості трести впливає також вибір технологічного процесу отримання трести [29].

М.М. Боярченкова [33] проаналізувала втрати якості льоносировини залежно від строків її зберігання в полі, а також погодних умов.

На території України, в основному, застосовують біологічний спосіб, який вивчався багатьма вітчизняними вченими [34, 35, 36, 37]. Одержання трести цим способом здійснюється завдяки життєдіяльності пектиноруїнуючих грибів.

З аналізу літературних джерел [37, 38, 39, 40] встановлено, що ще одним із прогресивних напрямків покращення якості процесу вилежування соломи в тресту є пошук нових біологічних способів одержання трести.

Так, В.І. Рожко [37] запропонував прискорити процес розстилу за допомогою агротехнічних засобів та обробки розісланої соломи різними препаратами, зокрема вуглеамонійними солями (ВАС). У результаті досліджень автор встановив, що застосування 2%-го розчину ВАС під час приготування трести шляхом обприскування стрічок льоносоломи обумовлює скорочення тривалості приготування трести на 3–8 днів. Обробка стебел у стрічках 2%-м розчином ВАС дозволила отримати найбільший вихід всього волокна – 29%, довгого – 17,9%. Якість довгого волокна у варіантах із використанням ВАС підвищилась на 0,5–2,3 номери. Одержане волокно відзначається кращими показниками міцності, гнучкості.

В.С. Хілевич і В.М. Мокринський запропонували інтенсифікувати процес вилежування обробкою стебел хімічними сполуками, до складу яких входив аміак [39].

Дослідження технології одержання лляної трести за допомогою додаткової обробки перед розстиланням стрічок лляної соломи хімічними композиційними препаратами на основі фосфату сечовини і поверхнево-

активних речовин проводилась Г.А. Тіхосовою [38]. У роботі проаналізовано вплив хімічних композиційних препаратів на підвищення інтенсивності мікробіологічних процесів, скорочення строків вилежування льоносоломи на льонищі з покращенням якості і однорідності льотрести. Доведено, що використання хімічних композиційних препаратів дає можливість підвищити однорідність трести на 10,41%, зменшує термін розстилання до 10–14 діб, збільшує збереження міцності волокна на 49,2%, підвищує гнучкість волокна на 33,6 мм.

У Костромському державному технологічному університеті [40] запропоновано отримувати сланцеву тресту льону-довгунцю в контрольованих умовах. Спосіб здійснюється шляхом росяного мочіння і включає розстил льоносоломи, яка знаходиться на багатоярусному конвеєрі, що повільно рухається, зі зволоженням сировини до 50–80% за температури не нижче 180° С та збагачені маси спорами основних видів пектиноруйнівних грибів, що стимулює процес мацерації. Стимуляцію здійснюють шляхом збалансованої добавки важливого для життєдіяльності мікроорганізмів азотного харчування у вигляді розчину аміачної селітри з концентрацією 0,9–1,2%.

І.А. Матаруєва, Д.С. Медведєв, Н.С. Арикова [41] запропонували спосіб стимуляції процесу дозрівання сланцевої трести льону-довгунцю зволоженням розчином гумату «Родючість» у концентрації 0,01–0,05%, через 3–5 днів після брання в дозі 250–400 літрів на гектар площі в залежності від умов зволоження. Під час дощової погоди автори рекомендують використовувати більш високу концентрацію розчину в меншому обсязі. Під час цього на тресті більш активно розмножуються цінні пектинорозкладаючі мікроорганізми, що призводить до прискорення процесу дозрівання трести. Обробка препаратом викликає поліпшення живлення пектиноруйнівних мікроорганізмів і підвищення їх активності, що прискорює процес вилежування трести і підвищенню її якості. Переваги запропонованого способу полягають в тому, що для його здійснення використовується дешевий і доступний препарат, за допомогою якого досягається прискорення дозрівання трести на 5–6 днів при підвищенні її

якості, що дозволяє скоротити ризики втрат сировини льону, раніше звільнити поля для подальших сільськогосподарських робіт, підвищити номер трести.

Відомим також є спосіб інтенсифікації процесу росяного мочіння, описаний у роботі Б.В. Лесика і Г.М. Вареньє [42]. Ці автори навели результати дослідів, проведених у період 1989–1990 років у радгоспі «Садки» Житомирського району (Україна). Для прискорення дозрівання сланцевої трести застосовували обертання стрічки, поливи водою, внесення на стрічку соломи сухих аміакомістких сполучень (УАС) та обприскування стрічки рідкими мінеральними добривами, що містять сечовину, суперфосфат і хлористий калій по 0,5% кожної солі. Кращі результати одержано у варіантах із обробкою соломи розчином мінеральних елементів до і після обертання стрічок. При цьому термін дозрівання трести скорочувався на 6–8 днів, а вихід довгого волокна зростав.

Як показав аналіз відомих досліджень, одним із актуальних напрямків інтенсифікації процесу вилежування трести є застосування операції плющення. Результати таких досліджень наведено в роботах В.І. Особова [43], Г.А. Хайліса, М.М. Ковальова [44, 45], І.В. Баранова [46], М.М. Бикова [47], В.П. Козлова [48], В.В. Євтушенко [49].

Процес плющення сіно та солом'яних матеріалів вивчав В.І. Особов [43], який запропонував ряд конструкцій технічних засобів для здійснення процесу плющення. Автором, у ході експериментальних досліджень, доведено, що процес плющення полегшує руйнування стебел без пошкодження волокон, що спрощує їхню декортикацію.

У роботах [44, 45] досліджено витрати енергії на здійснення процесу плющення. Авторами встановлено, що енергія витрачається на подолання сил тертя в плющильній парі, безпосереднє розплющення стебел і їхнє ущільнення. Авторами досліджувався плющильний апарат із двома вальцями, який розміщували на виході з затискного транспортера. Вплив операції плющення на процес вилежування трести виявив, що треста вилежувалась більш рівномірно.

Встановлено також закономірність для визначення сили плющення стебел льону-довгунцю.

У роботі [50] М.М. Ковальов наводить основні схеми розташування вальцьових плющильних апаратів у технологічному процесі льонокомбайнів.

М.М. Боярченкова, М.М. Ковальов, В.І. Смірнов [51] довели експериментальним шляхом, що застосування двовальцевих плющильних апаратів на льонокомбайні ЛК-4А і «Русь» прискорює процес вилежування трести, підвищує якість до одного сорто-номера.

У АПК забезпечення якості продукції досягається, в основному, за рахунок підбору ефективних технічних засобів, оптимізації їхніх параметрів і обґрунтування технологій, які застосовуються для вирощування та переробки рослинної сировини.

Відродження льонарської галузі в Україні повинне базуватись на глибокому аналізі факторів, які підвищують рівень конкурентоздатності продукції на всіх етапах її отримання. Результат такого аналізу є основою для концептуального обґрунтування напрямів удосконалення відомих технологій отримання лляної соломи та трести з урахуванням специфіки сортів, кліматичних умов, наявного обладнання.

2.2. Моделювання та системний аналіз процесу формування втрат якості трести льону

Умови виникнення втрат якості під час збиральних робіт представимо у вигляді граф-моделі. Перевагою такого типу моделі є зручність переходу до знакових моделей, які є основою для виводу математичних формул, що встановлюють залежність між показниками якості та характеристиками системи технічних засобів.

Метою даного моделювання є отримання аналітичних виразів для проведення попереднього оцінювання процесу формування характеристик стрічки льонотрести та оцінювання рівня ефективності процесів збирання

(показники якого теж накладаються на формування якості трести) та вилежування.

На рис. 2.6. зображено граф-модель виникнення похибок процесу отримання трести. На вхід системи надходить інформація (сигнал), який являє собою перелік вимог до виконання операції ($W_k(t)$), під час яких формується кінцевий продукт – лляна треста.

Якщо вважати, що формування характеристик якості стрічок льонотрести відбувається поетапно і залежить від кількості днів вилежування, значення параметрів інформаційного сигналу у кожний дискретний момент часу t будуть відрізнятись.

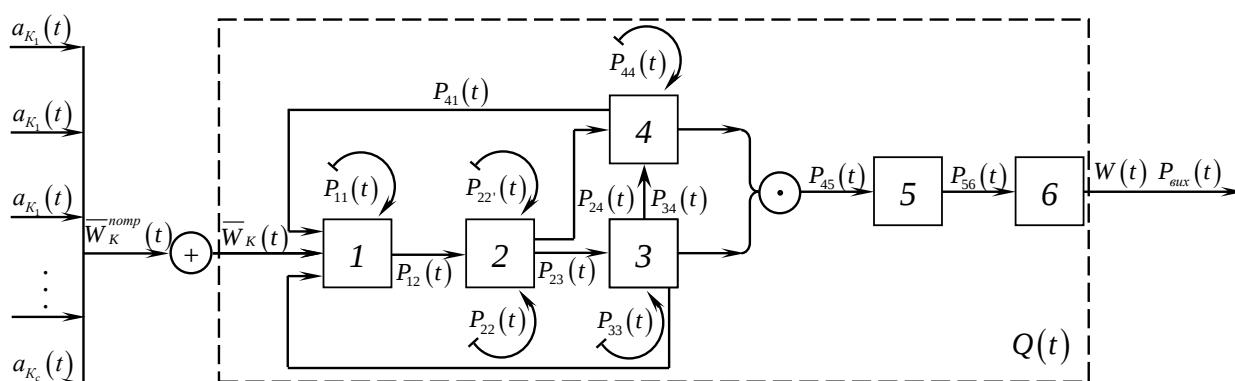


Рис. 2.6- Граф-модель втрат якості льоносорівини

Під час побудови моделі використані виявлені внаслідок аналізу закономірності, що дозволило дещо зменшити число можливих станів об'єкту дослідження (льоносорівини). Зокрема не враховані такі фактори, як кількість технічних засобів, задіяних при виконанні збиральних робіт. Прийняті спрощення дозволяють формалізувати процес та отримати вирази для визначення параметрів потоку можливих відмов системи (у нашому випадку «збоїв» процесу отримання лляної трести, які є причиною зменшення якості льонотрести).

Параметр потоку втрат $W(t)$ визначиться:

$$W(t) = \overline{W}_K(t) Q(t), \quad (2.1.)$$

де $Q(t)$ – оператор, який є доповненням ймовірності отримання льоносировини без втрат.

Аналітичний вираз оператора $Q(t)$ отримаємо за допомогою ймовірностей просіювання подій P_{ij} вхідного потоку під час переходу їх зі стану $i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ у стан $j \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ граф-моделі, позначення й зміст яких подано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. - Ймовірності граф-моделі

Зміст ймовірності	Позначення
Ймовірність порушення агростроків	$P_{11}(t)$
Умовна ймовірність розстилання соломки високої вологості	$P_{12}(t)$
Умовна ймовірність випадання великої кількості опадів	$P_{22}(t)$
Умовна ймовірність настання засушливого періоду	$P_{22'}(t)$
Ймовірність того, що розтягнутість стрічки перевищує 1,2 рази	$P_{23}(t)$
Ймовірність поганого просихання соломки через високу вологість	$P_{33}(t)$
Ймовірність введення додаткових технологічних операцій	$P_{21}(t)$ $P_{24}(t)$
Ймовірність непросушування льоносировини	$P_{45}(t)$
Ймовірність появи критичної ситуації	$P_{56}(t)$
Умовна ймовірність зменшення показників льоносировини	$P_{вих}(t)$

Врахувавши прийняті нами умови, що приводять до втрат якості льоносировини, запишемо аналітичні вирази для визначення можливих «збоїв» процесу її отримання:

$$\left. \begin{aligned} W_{12}(t) &= \overline{W}_K(t) P_{12}(t); \\ W_{23}(t) &= [W_{12}(t) + W_{22}(t) + W_{22'}(t)] P_{23}(t); \\ W_{24}(t) &= [W_{12}(t) + W_{22}(t) + W_{22'}(t)] P_{24}(t); \\ W_{34}(t) &= [W_{23}(t) + W_{33}(t)] P_{34}(t); \\ W_{45}(t) &= [W_{44}(t) + W_{24}(t) + W_{34}(t)] P_{45}(t). \end{aligned} \right\} \quad (2.2.)$$

У рівняннях системи (2.2) $W_{22}(t), W_{22'}(t), W_{33}(t), W_{44}(t)$ – вирази, які описують збої параметрів потоку, індуковані попередніми подіями. Визначимо ці величини:

$$\left. \begin{aligned} W_{22}(t) &= W_{12}(t) P_{22}(t); \\ W_{22'}(t) &= W_{12}(t) P_{22'}(t); \\ W_{33}(t) &= W_{23}(t) P_{33}(t); \\ W_{44}(t) &= W_{34}(t) P_{44}(t); \\ W_{55}(t) &= W_{45}(t) P_{55}(t). \end{aligned} \right\} \quad (2.3.)$$

Підставимо вирази (2.3) у відповідні формули системи (2.2) і, розписавши вираз $W_{12}(t)$ згідно першого рівняння системи (2.2), отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} W_{23}(t) &= W_K(t) P_{12}(t) P_{23}(t) [1 + P_{22}(t) + P_{22'}(t)]; \\ W_{24}(t) &= W_K(t) P_{12}(t) P_{24}(t) [1 + P_{22}(t) + P_{22'}(t)]; \\ W_{34}(t) &= W_K(t) P_{12}(t) P_{23}(t) P_{34}(t) [1 + P_{22}(t) + P_{22'}(t)] (1 + P_{33}(t)); \\ W_{45}(t) &= W_K(t) P_{12}(t) P_{45}(t) (1 + P_{22}(t) + P_{22'}(t)) [P_{23}(t) P_{34}(t) (1 + P_{33}(t)) (1 + P_{44}(t)) + P_{24}(t)]. \end{aligned} \right\} \quad (2.4.)$$

Сформулюємо вирази для визначення інтенсивностей виправлення небезпечних ситуацій:

$$\left. \begin{aligned} \mu_{41} &= [W_{24}(t) + W_{34}(t) + W_{44}(t)] P_{41}(t); \\ \mu_{31} &= [W_{23}(t) + W_{33}(t) + W_{34}(t)] P_{31}(t). \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

Тоді аналітичний опис додаткових дій (операцій), спрямованих на збереження характеристик якості льоносировини, отримаємо шляхом підстановки відповідних виразів систем (2.2) і (2.4).

$$\left. \begin{aligned} \mu_{41} &= W_K(t) P_{12}(t) P_{41}(t) (1 + P_{22}(t) + P_{22'}(t)) [P_{24}(t) + P_{23}(t) P_{34}(t) (1 + P_{33}(t)) (1 + P_{44}(t))] ; \\ \mu_{31} &= W_K(t) P_{12}(t) P_{23}(t) P_{31}(t) (1 + P_{22}(t) + P_{22'}(t)) [1 + P_{33}(t) + P_{34}(t) (1 + P_{33}(t))] . \end{aligned} \right\} (2.6)$$

Введемо припущення:

1) на протікання технологічних операцій брання та розстилання льону витрачається незначний час;

2) процес відбувається з незначною втратою показників якості.

Враховуючи припущення, можна вважати, що якість практично не зменшується на даному етапі.

Тоді, з урахуванням потоків подій, які є вхідними та вихідними для станів 3 і 4 граф-моделі, запишемо:

$$\left. \begin{aligned} W_{45}(t) &= W_{12}(t) + W_{22}(t) + W_{22'}(t) + W_{24}(t) + W_{34}(t) - \mu_{41} ; \\ W_{35}(t) &= W_{12}(t) + W_{22}(t) + W_{22'}(t) + W_{23}(t) + W_{34}(t) - \mu_{31} . \end{aligned} \right\} (2.7)$$

Підставимо у праву частину рівняння відповідні значення з метою виведення формули для визначення параметрів вихідного потоку можливих відхилень протікання процесу отримання льонотрести:

$$\begin{aligned} W_{45}(t) + W_{35}(t) &= W_K(t) P_{12}(t) (1 + P_{22}(t) + P_{22'}(t)) \{ 1 + P_{24}(t) + P_{23}(t) P_{34}(t) \times \\ &\times (1 + P_{33}(t)) - P_{41}(t) [P_{24}(t) + P_{34}(t) (1 + P_{33}(t) (P_{23}(t) + P_{44}(t)))] \} + \\ &+ \{ 1 + P_{23}(t) [1 - P_{34}(t) (1 + P_{33}(t)) - P_{31}(t) P_{33}(t) [1 + P_{34}(t) (1 + P_{33}(t))]] \} . \end{aligned} \quad (2.8)$$

Дана модель містить невідомі параметри. Виключимо їх. З цією метою сформуємо математичну модель, яка відображає вимоги до виконання k-го етапу робіт (рис. 2.6):

$$\bar{W}_k(t) = W_k^{nomp}(t) + \mu_{41}(t) + \mu_{31}(t). \quad (2.9)$$

Підставимо (2.9) у (2.8) та, здійснивши перетворення, отримаємо аналітичний опис потоку відхилень протікання етапів збиральних робіт:

$$W_K^K(t) = W_K^{nomp}(t) \cdot Q_K(t). \quad (2.10)$$

де $Q_K(t)$ – ймовірність виникнення хоча б одного (будь-якого) відхилення від вимог у певний період часу на k-му етапі проведення робіт; $Q_K(t) = 1 - P(t)$.

Маємо:

$$\begin{aligned} Q_k(t) = & P_{12}(t)(1 + P_{22}(t) + P_{22'}(t)) \{ 1 + P_{24}(t) + P_{23}(t)P_{34}(t)(1 + P_{33}(t)) - \\ & - P_{41}(t)[P_{24}(t) + P_{34}(t)(1 + P_{33}(t)(P_{23}(t) + P_{44}(t)))] \} + \\ & + \{ 1 + P_{23}(t)[1 - P_{34}(t)(1 + P_{33}(t))] - P_{31}(t)P_{33}(t)[1 + P_{34}(t)(1 + P_{33}(t))] \} \div \\ & \div [1 - P_{12}(t)(1 + P_{22}(t) + P_{22'}(t)) \{ P_{24}(t)P_{41}(t) + P_{34}(t)(1 + P_{33}(t)) \times \\ & \times [P_{41}(t)(P_{23}(t) + P_{44}(t)) - P_{23}(t)P_{31}(t)] - P_{23}(t)P_{31}(t) - P_{33}(t) - P_{22}(t) - P_{22'}(t) \}]. \end{aligned} \quad (2.11)$$

За умови, що нам відома наближена інтенсивність процесу (або інтенсивність виконання робіт) $W_K^{nomp}(t)$, а також величина ймовірності (формула 2.11) збиральні роботи (процес отримання льоносировини) з мінімальними втратами або умовно без них можна оцінити:

$$P(T) = \exp - \left[\left(\sum_{K=1}^c W_K^{nomp}(t) \cdot Q_K(t) \right) T \right], \quad (2.12)$$

де c – кількість блоків граф-моделі.

З урахуванням (2.12) знайдемо ймовірність виникнення втрат якісних характеристик льоносировини:

$$Q(T) = 1 - \exp - \left[\left(\sum_{K=1}^c W_K^{nomp}(t) \cdot Q_K(t) \right) T \right]. \quad (2.13)$$

Отримані математичні моделі є основою для розробки методики проведення досліджень зміни показників якості льоносировини у процесі збирання льону та вилежування трести. З використанням отриманих залежностей проводиться прогнозування показників якості.

РОЗДІЛ 3

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ ВИЛЕЖУВАННЯ ТРЕСТИ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ ЗА РАХУНОК ЗМЕНШЕННЯ РОЗТЯГНУТОСТІ СТРІЧКИ СОЛОМИ

3.1. Вплив подільників льонозбиральних машин на показник розтягнутості

Подільниками оснащені більшість сільськогосподарських машин. У льонозбиральних машинах подільники є одним з елементів брального апарату.

Подільники поділяють на активні та пасивні. Активні через складність конструкції не застосовуються. В пасивних подільниках, які застосовуються у льонозбиральних машинах, основну роботу із підводу стебел виконують нижні робочі прутки (кромки). Подільники виготовляються, в основному, з пруткової сталі та являють собою клини з трьома, чотирма, п'ятьма, шістьма гранями.

В задачу подільників входить розділення стеблостою на окремі смуги і підвід стебел в кожній смузі до пасів брального апарату. Завдяки застосуванню пруткової сталі, прутки, за умови їхнього кріплення одним кінцем до центральної труби, при необхідності можна підігнути (наприклад, під час збирання полеглого льону), можна підігнути у потрібному напрямку, зменшивши або збільшивши кут загострення подільника.

Загальний вигляд подільника з шістьма гранями поданий на рис. 3.1.

Подільник містить трубу CDA_1A_0 , до якої в передній частині приварені прутки A_1B_1 , $A_1B'_1$, A_1B_0 , A_1B_2 і $A_1B'_2$. Центральний пруток A_1B_0 потрібний під час збирання льону, який у верхній частині зчеплений насіннєвими коробочками. Завдяки цьому прутку відбувається роз'єднання зчеплених стебел. Для забезпечення більшої міцності кріплення цей пруток жорстко приєднаний до труби CA_1A_2 ще в точці D за допомогою стояка DD_0 , який приварений до верхнього прутка і труби.

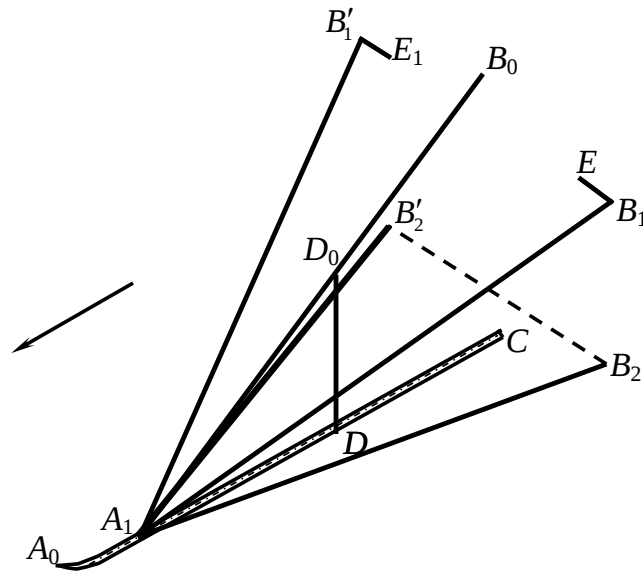


Рис.3.1- Будова шестигранного подільника з верхнім центральним і нижнім боковим прутками

Прутки A_1B_1 і $A_1B'_1$ містять загнуті кінці B_1E і B'_1E_1 , за допомогою яких подільник у верхній частині приєднується шарнірно до провущин рами брального апарата. В середину труби CDA_1A_0 входить шток, шарнірно зв'язаний з рамою брального апарата; це третя точка під'єднання подільника до брального апарата. Шток може переміщуватись відносно труби (вздовж неї).

Носок A_1A_0 подільника у передній частині відігнутий вгору для того, щоб під час роботи на нерівних полях подільник не заривався у ґрунт.

Вплив на стебла льону під час руху подільників здійснюють зліва прутки A_1B_1 і A_1B_2 , а праворуч – прутки $A_1B'_1$ та $A_1B'_2$. Починає вплив на стебла носок A_0A_1 , який розділяє їх, і лише після цього почнуть діяти на них бокові прутки A_1B_1 і A_1B_2 зліва і $A_1B'_1$ та $A_1B'_2$ праворуч. По мірі руху подільника на нахилені стебла будуть діяти нижні прутки A_1B_2 і $A_1B'_2$.

Якщо нижні прутки A_1B_2 і $A_1B'_2$ забрати, то стебла будуть нахилятись лише під дією верхніх прутків A_1B_1 і $A_1B'_1$. Такий подільник подано на рис. 3.2.

Конструкції подільників з бічними прутками складної форми у діючих машинах на даний час не застосовуються, а лише представлені в патентах. Аналіз літературних джерел показав, що математично не обґрунтовано вплив форми бічного прутка подільника на розтягнутість льону. Метою даного теоретичного дослідження є встановлення аналітичної залежності розтягнутості стебел льону, що формується на стадії їхнього підведення до бральних рівчаків, від параметрів подільника з бічними прутками криволінійної форми.

Математична модель процесу взаємодії подільника зі стеблом льону сформована з наступними припущеннями:

1. Поверхня ґрунту не містить нерівностей, тобто може бути змодельована горизонтальною площиною.
2. Стебло льону розміщене перпендикулярно до площини ґрунту, що цілком відвідає існуючим агротехнічним вимогам до цієї культури.
3. Форма бічних прутків подільника може бути описана кривою другого порядку – дугою кола радіуса R .
4. Льонобралка (льонозбиральний комбайн) рухається прямолінійно зі сталою швидкістю.
5. Контакт стебла з робочою кромкою подільника у будь-який момент часу відбувається точково у площині подільника.

Розглянемо модель взаємодії подільника зі стеблом льону, яка побудована з врахуванням зазначених припущень.

На рис. 3.4. зображено подільник ABC з криволінійними бічними прутками шириною B (на схемі зображена лише половина подільника) і довжиною l , що рухається паралельно осі Ox з постійною швидкістю $v = const$. Висоту встановлення носика подільника над поверхнею ґрунту позначимо h , кут нахилу подільника до поверхні ґрунту xOy – α .

Розглянемо стебло OD , що контактує з подільником в точці A , і основа якого знаходиться в центрі системи координат. Під час руху льонобралки стебло ковзає по бічній поверхні подільника, відхиляється від початкового вертикального положення і підводиться до бральних рівчаків. В момент сходу

стебла з кромки подільника, який перебуває в положенні $A'B'C'$, і переходу його в бральний рівчак, воно дотикається до прутка у точці C' .

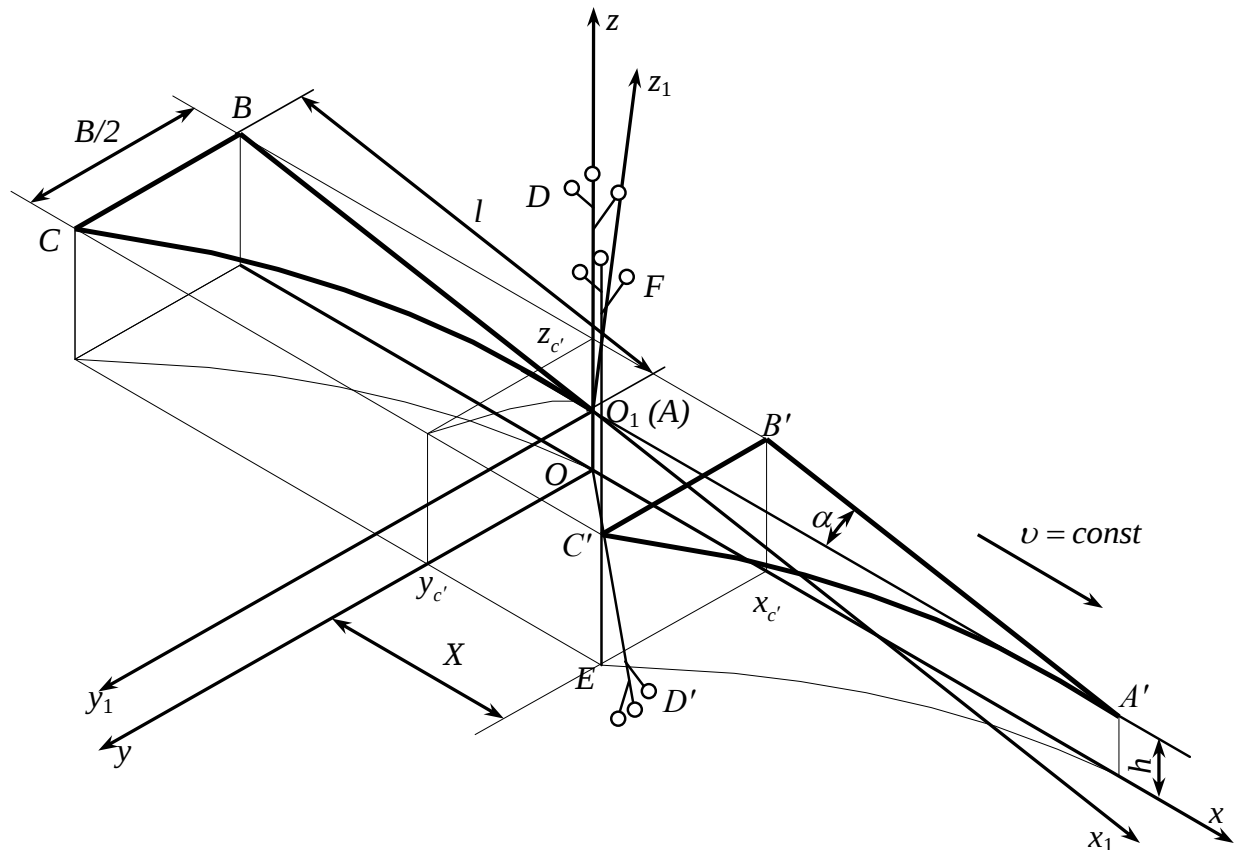


Рис.3.4- Модель взаємодії подільника зі стеблом льону

Процес підведення стебел у бральний рівчак прутками подільника аналізувався в роботах [4, 5, 7]. Згідно отриманих даних розтягнутість формується саме під час переходу стебел з робочих кромки подільника у бральні рівчаки за рахунок того, що стебла між пасом і шківом затискаються не на одному рівні, тобто гузирі стебел зміщені. Чим більше це зміщення, тим більша розтягнутість створюється у стрічці стебел льону, яка формується у бральному рівчаку.

Величина цього зміщення називається абсолютною розтягнутістю. Як видно з рис. 3.4., абсолютну розтягнутість стебел льону можна визначити:

$$\Delta l = OC' - EC' = \sqrt{x_{C'}^2 + y_{C'}^2 + z_{C'}^2} - EC', \quad (3.1.)$$

де OC' – відстань від основи до точки C' дотику стебла OD з подільником в позиції $A'B'C'$; EC' – відстань від основи до точки C' дотику стебла EF з подільником в положенні $A'B'C'$; $x_{C'}$, $y_{C'}$, $z_{C'}$ – координати точки C' контакту бічного прутка подільника зі стеблом.

Врахувавши, що B – ширина подільника, l – довжина прутка, α – кут нахилу подільника до площини ґрунту, з рис. 3.4. визначаємо:

$$\left. \begin{aligned} x_{C'} &= X; \\ y_{C'} &= 0,5B; \\ z_{C'} &= EC' = h + l \cdot \sin \alpha, \end{aligned} \right\} \quad (3.2.)$$

де X – переміщення подільника (льонобралки), за якого відбувається підведення стебла до брального рівчака.

Тоді формула (3.1.) з врахуванням (3.2.) набуде вигляду:

$$\Delta l = \sqrt{X^2 + 0,25B^2 + (h + l \cdot \sin \alpha)^2} - h - l \cdot \sin \alpha. \quad (3.3.)$$

Для визначення абсолютної розтягнутості Δl необхідно визначити величину переміщення X .

Для розв'язку цієї задачі засобами аналітичної геометрії [57] введемо систему координат $x_1y_1z_1$, отриману в результаті паралельного переносу системи координат xuz паралельно осі z та наступного повороту навколо осі y на кут α за ходом годинникової стрілки. Початок системи координат переміститься з точки O в точку O_1 . Маємо:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= x \cdot \cos \alpha - (z - h) \cdot \sin \alpha; \\ y_1 &= y; \\ z_1 &= x \cdot \sin \alpha + (z - h) \cdot \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (3.4.)$$

Розглянемо площину подільника $x_1O_1y_1$ (рис. 3.5.). На стебло в площині подільника діє нормальна сила тиску з боку подільника N , направлена перпендикулярно до дотичної бічного прутка подільника, та сила тертя F_T , направлена по дотичній до бічного прутка подільника. Сумарна сила F в кожний момент часу буде спрямована під кутом μ до нормалі бічного прутка подільника. Під дією сили F стебло буде відхилятися, і точка дотику стебла з бічним прутком подільника опише гвинтову траєкторію, проекція якої на площину $x_1O_1y_1$ буде кривою з радіусом кривизни R . Згідно прийнятих нами припущень ця траєкторія є дугою кола радіуса R .

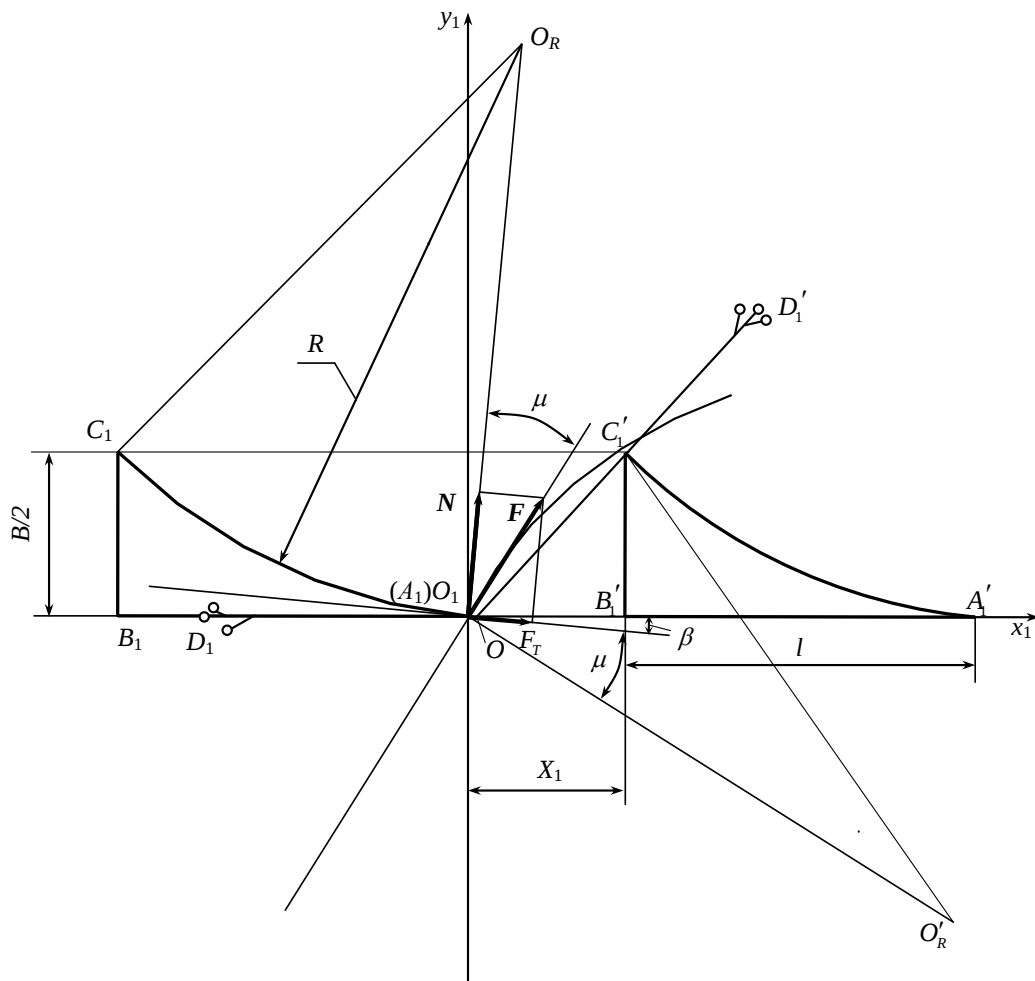


Рис.3.5- Схема до визначення проекції переміщення подільника X_1 на площину подільника

Знайдемо координати центра кола O_R , дуга якого визначає форму бічної грані подільника в положенні $A_1B_1C_1$. Відомо, що дане коло проходить через точки C_1 та A_1 . Координати кола радіусом R з центром в точці $C_1(-l; B/2)$:

$$(x_1 + l)^2 + (y_1 - B/2)^2 = R^2. \quad (3.5.)$$

Координати кола радіусом R з центром в точці $O_1(0;0)$:

$$x_1^2 + y_1^2 = R^2. \quad (3.6.)$$

Оскільки точка O_R є спільною для кіл з центром в точці C_1 та O_1 , то її координати задовольняють рівняння (3.5.) та (3.6.). Для знаходження цих координат розв'яжемо систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} (x_1 + l)^2 + (y_1 - B/2)^2 &= R^2; \\ x_1^2 + y_1^2 &= R^2. \end{aligned} \right\} \quad (3.7.)$$

Розв'язавши систему рівнянь (3.7.), знайдемо координати O_R для ввігнутого подільника:

$$\left. \begin{aligned} x_{OR} &= -\frac{1}{4} \cdot \frac{2lB^2 - B\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + 8l^3}{B^2 + 4l^2}; \\ y_{OR} &= \frac{1}{4} \cdot \frac{4l^2B + 2l\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + B^3}{B^2 + 4l^2}, \end{aligned} \right\} \quad (3.8.)$$

для опуклого подільника:

$$\left. \begin{aligned} x_{OR} &= -\frac{1}{4} \cdot \frac{2lB^2 + B\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + 8l^3}{B^2 + 4l^2}; \\ y_{OR} &= \frac{1}{4} \cdot \frac{4l^2B - 2l\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + B^3}{B^2 + 4l^2}. \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

Рівняння кола, дуга якого описує бічну грань подільника в положенні $A_1B_1C_1$, має вигляд:

$$(x_1 - x_{OR})^2 + (y_1 - y_{OR})^2 = R^2. \quad (3.10)$$

Знайдемо похідну функції (2.70 3.10) по x_1 :

$$2(x_1 - x_{OR}) + 2(y_1 - y_{OR})y'_1(x_1) = 0. \quad (3.11)$$

З рівняння (3.11) знайдемо $y'_1(x_1)$:

$$y'_1(x_1) = \frac{x_1 - x_{OR}}{y_{OR} - y_1}. \quad (3.12)$$

Згідно з геометричним змістом похідної, кутовий коефіцієнт дотичної до кривої, що описує форму бічного прутка подільника в точці O_1 , можна визначити:

$$k_1 = y'_1(x_{O_1}). \quad (3.13)$$

Підставивши (3.12) в (3.13) та врахувавши, що $x_{O_1} = y_{O_1} = 0$, отримаємо:

$$k_1 = \frac{-x_{OR}}{y_{OR}}. \quad (3.14)$$

Кут нахилу дотичної

$$\beta = \arctg(k_1) = \arctg\left(\frac{-x_{O_R}}{y_{O_R}}\right). \quad (3.15)$$

З врахуванням (3.8.) та (3.9.) з (3.15) отримаємо кут нахилу дотичної в точці O_1 для ввігнутого подільника:

$$\beta = \arctg\left(\frac{2lB^2 - B\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + 8l^3}{4l^2B + 2l\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + B^3}\right); \quad (3.16)$$

для опуклого подільника:

$$\beta = \arctg\left(\frac{2lB^2 + B\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + 8l^3}{4l^2B - 2l\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + B^3}\right). \quad (3.17)$$

Під час руху льонобралки стебло ковзає по робочій кромці подільника під дією сили F , направленої по дотичній до траєкторії переміщення точки контакту стебла $C_1'O_1$. Ця траєкторія є дугою кола радіусом R з центром в точці O'_R . Рівняння прямої $O_1O'_R$, що проходить через початок координат O_1 , запишемо у вигляді:

$$y_1 = kx_1, \quad (3.18)$$

де k – кутовий коефіцієнт прямої $O_1O'_R$.

Оскільки сила F дотична до кола, то пряма $O_1O'_R$ проходить перпендикулярно сили F . Кутовий коефіцієнт (рис. 3.5) з врахуванням того, що кут β від'ємний, визначиться:

$$k = \tg(\beta - \mu); \quad (3.19)$$

де μ – кут тертя льону по поверхні бічного прутка подільника.

Точка O'_R лежить на перетині кола з центром в точці O_1 та прямої $O_1O'_R$, а, отже, її координати задовольняють рівняння (3.6.) та (3.18). Для знаходження координат точки O'_R розв'яжемо систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} x_1^2 + y_1^2 &= R^2; \\ y_1 &= kx_1. \end{aligned} \right\} \quad (3.20)$$

Розв'язавши систему рівнянь (3.20), отримаємо:

для ввігнутого подільника

$$x_{O'_R} = \frac{1}{\sqrt{1+k^2}} R, \quad y_{O'_R} = \frac{k}{\sqrt{1+k^2}} R; \quad (3.21)$$

для опуклого подільника

$$x_{O'_R} = \frac{-1}{\sqrt{1+k^2}} R, \quad y_{O'_R} = \frac{-k}{\sqrt{1+k^2}} R. \quad (3.22)$$

Врахувавши (3.19) і здійснивши тотожні тригонометричні перетворення, отримаємо:

для ввігнутого подільника

$$x_{O'_R} = R \cdot \cos(\beta - \mu), \quad y_{O'_R} = R \cdot \sin(\beta - \mu); \quad (3.23)$$

для опуклого подільника

$$x_{O'_R} = -R \cdot \cos(\beta - \mu), \quad y_{O'_R} = -R \cdot \sin(\beta - \mu). \quad (3.24)$$

Отже, рівняння кола, дуга якого визначає траєкторію точки контакту

стебла з робочою кромкою:

для ввігнутого подільника

$$(x - R \cdot \cos(\beta - \mu))^2 + (y - R \cdot \sin(\beta - \mu))^2 = R^2; \quad (3.25)$$

для опуклого подільника

$$(x + R \cdot \cos(\beta - \mu))^2 + (y + R \cdot \sin(\beta - \mu))^2 = R^2. \quad (3.26)$$

Величина X_1 переміщення подільника в площині x_1Oy_1 :

$$X_1 = x_{C'_1}, \quad (3.27)$$

де $x_{C'_1}$ – абсциса точки C'_1 , ордината якої $y_{C'_1} = B/2$.

Так як точка C'_1 належить дузі кола C'_1O_1 , то її координати задовольняють рівняння (3.25) та (3.26).

Підставивши в рівняння (3.25) та (3.26) координати точки C'_1 та врахувавши (3.27), а також виходячи з геометричних міркувань (рис. 3.4), отримаємо:

для ввігнутого подільника

$$X_1 = R \cdot \cos(\beta - \mu) - \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 \cos^2(\beta - \mu) - B^2 + 4BR \sin(\beta - \mu)}; \quad (3.28)$$

для опуклого подільника

$$X_1 = -R \cdot \cos(\beta - \mu) + \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 \cos^2(\beta - \mu) - B^2 - 4BR \sin(\beta - \mu)}. \quad (3.29)$$

Для переходу до початкової системи координат xOy необхідно здійснити перетворення, зворотне перетворенню (3.4.):

$$\left. \begin{aligned} x &= x_1 \cdot \cos \alpha + z_1 \cdot \sin \alpha; \\ y &= y_1; \\ z &= -x_1 \cdot \sin \alpha + z_1 \cdot \cos \alpha + h. \end{aligned} \right\} \quad (3.30)$$

Тобто

$$X = X_1 \cdot \cos \alpha + z_{C'_1} \cdot \sin \alpha. \quad (3.31)$$

де $z_{C'_1}$ – координата точки C' у системі координат $x_1 y_1 z_1$.

З перетворення (3.4.) можна записати:

$$z_{C'_1} = X \cdot \sin \alpha + (z_{C'} - h) \cdot \cos \alpha = X \cdot \sin \alpha + l \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha, \quad (3.33)$$

де $z_{C'} = l \cdot \sin \alpha + h$ – координата точки C' у системі координат $x y z$.

Підставивши (3.33) у (3.34) та здійснивши перетворення, отримаємо:

$$X = \frac{X_1}{\cos \alpha} + l \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}. \quad (3.34)$$

Підставивши (3.28) та (3.29) у (3.34), остаточно отримаємо:

для ввігнутого подільника

$$X = \frac{R \cdot \cos(\beta - \mu) - \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 \cos^2(\beta - \mu) - B^2 + 4BR \sin(\beta - \mu)}}{\cos \alpha} + l \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}; \quad (3.35)$$

для опуклого подільника

$$X = \frac{-R \cdot \cos(\beta - \mu) + \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 \cos^2(\beta - \mu) - B^2 - 4BR \sin(\beta - \mu)}}{\cos \alpha} + l \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}. \quad (3.36)$$

Розтягнутість льону визначається за формулою (3.3), попередньо визначивши параметри β , X за формулами (3.16), (3.35) для ввігнутого подільника та (3.17), (3.36) для опуклого подільника.

Нами були проведенні обрахунки за вищенаведеними формулами за наступних значень $B=0,18..0,36$ м, $R>1$ м, $l=0,8..1,5$ м, $h=0,1..0,3$,

$$\alpha = 0..30^\circ, \mu = 15..30^\circ.$$

Результати розрахунків, виконані за допомогою програми MathCAD 13, представлені на рис. 3.6-3.9.

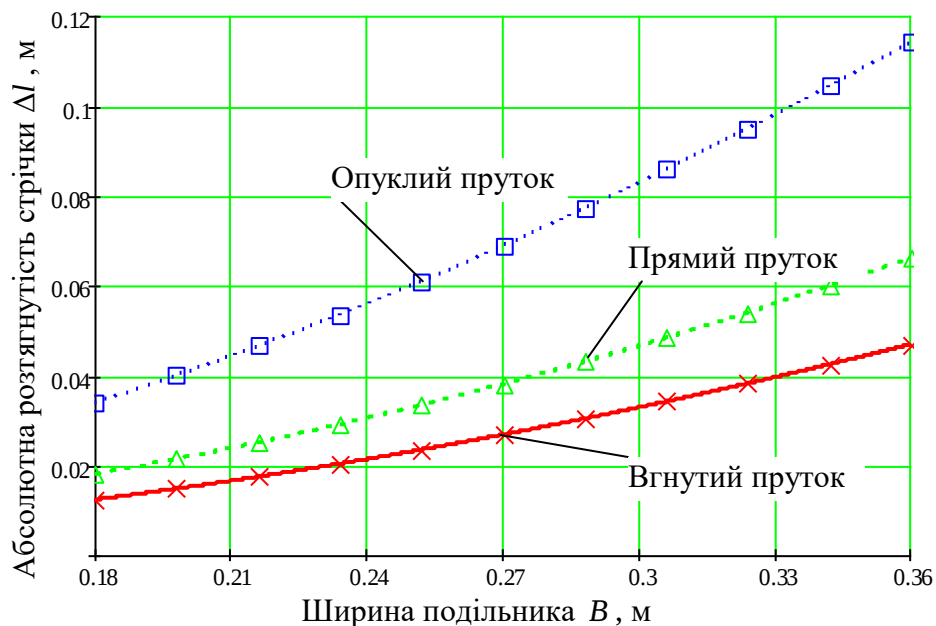


Рис.3.6- Залежність абсолютної розтягнутості льону від ширини подільника за різних форм бічного прутка подільника

Як видно з рис. 3.6, збільшення ширини подільника є причиною збільшення розтягнутості льону. Проте, зменшення ширини подільника є причиною збільшення металомісткості брального апарата, а, отже, і його собівартості. У дослідженнях, проведених О.О. Налобіною, [32] встановлено, що мінімальна ширина подільника повинна становити $B_{\min} = 0,18$ м.

З рис. 3.7. можна зробити висновок, що збільшення радіуса кривизни бічної грані ввігнутого подільника веде до збільшення розтягнутості, а опуклого подільника – до зменшення розтягнутості.

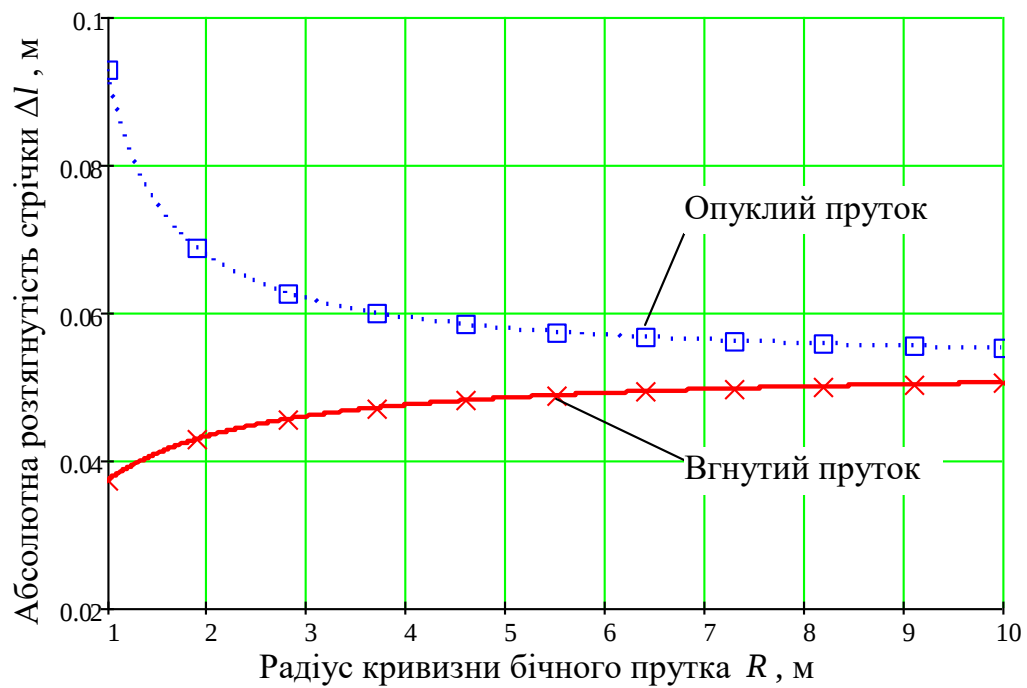


Рис.3.7- Залежність абсолютної розтягнутості льону від радіуса кривизни бічного прутка для опуклого і ввігнутого подільника

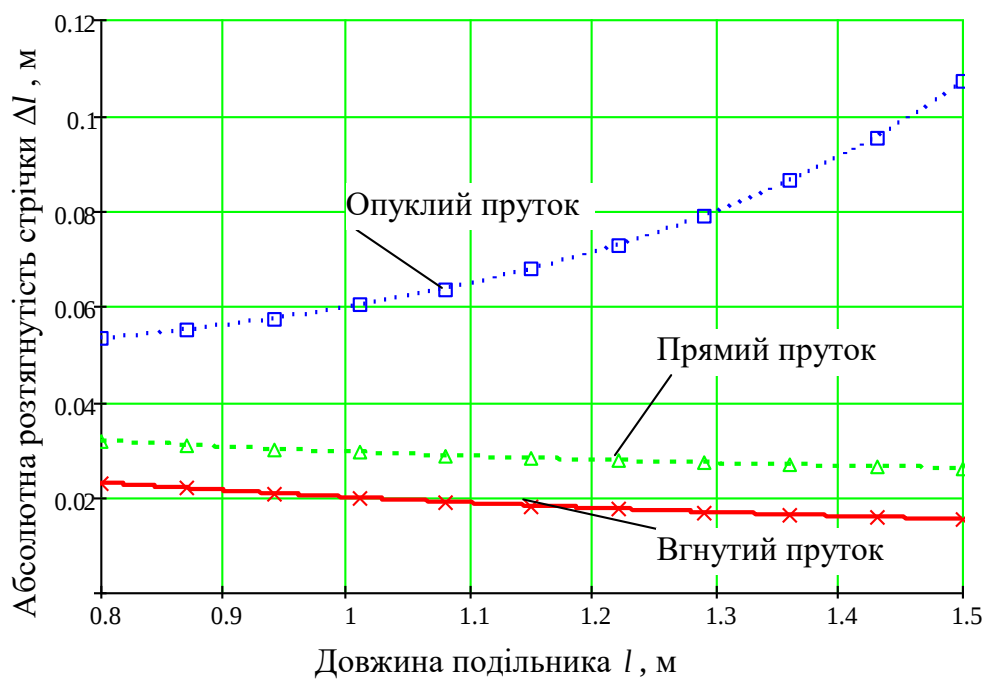


Рис.3.8- Залежність абсолютної розтягнутості льону від довжини подільника за різних форм бічного прутка

Зростання довжини подільника з ввігнутою або прямолінійною формою бічної грані веде до зменшення розтягнутості льону, з опуклою формою бічної грані – до збільшення розтягнутості.

Проте, збільшення довжини подільника веде також до того, що на реальній криволінійній поверхні ґрунту він може зігнутися. Практично встановлено [32], що довжина подільника не повинна перевищувати $l_{\max} = 1...1,2$ м.

Збільшення висоти встановлення носика подільника (рис. 3.9) зменшує розтягнутість льону. Потрібно враховувати [32], що висота встановлення носика подільника не повинна перевищувати $h_{\max} \leq 1/3 l_{CT}$, де l_{CT} – середня довжина стебел.

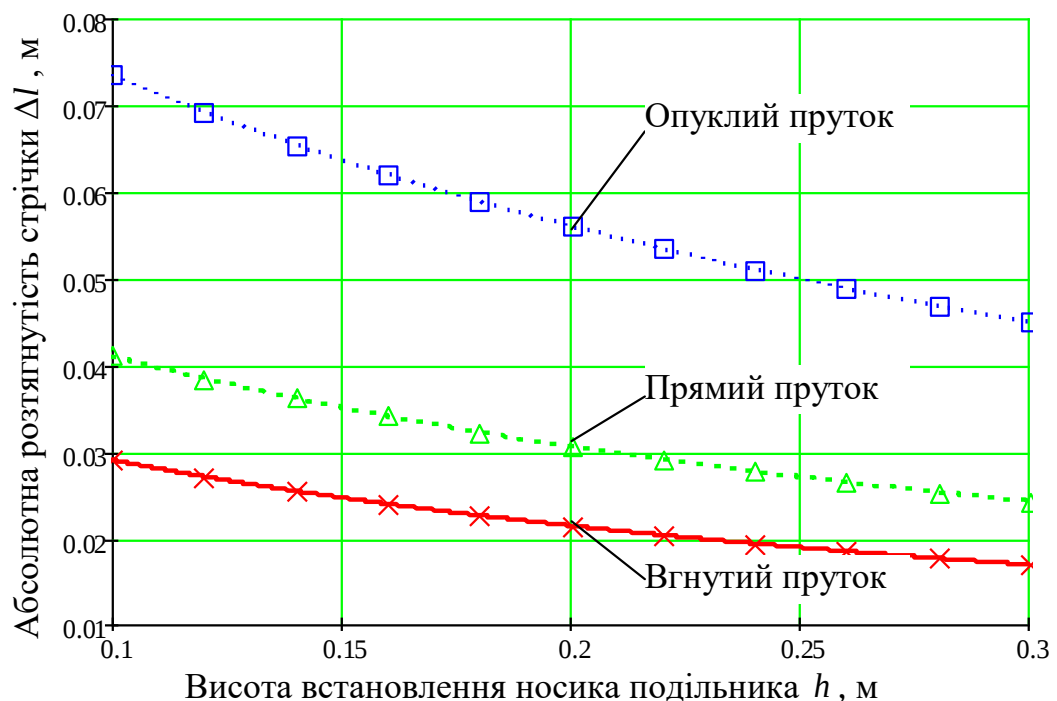


Рис. 3.9- Залежність абсолютної розтягнутості льону від висоти встановлення носика за різних форм бічного прутка подільника

З наведених залежностей можна зробити висновок, що вгнута форма бічного прутка подільника забезпечує меншу розтягнутість, ніж опукла та прямолінійна форма бічного прутка.

3.2. Експериментальне дослідження впливу форми подільника на показник розтягнутості

Досліди проводились під час збирання льону однопасовою льонобралкою на площі 13 га. Середня густота стеблостою на дослідних ділянках становила 800 шт./м² і 1500 шт./м², середня висота стеблостою складала 90–97,2 см. Сорт льону «Чарівний».

Досліди проводились у три етапи. Дослідна ділянка була поділена на три частини. Вибирання льону на цих ділянках здійснювалось однопасовою льонобралкою з подільниками трьох видів (рис. 3.10):

- з прямолінійною формою бічного прутка;
- з опуклою формою бічного прутка;
- з вгнутою формою бічного прутка.



Рис. 3.10- Подільники з формою бічного прутка: 1 – опуклою;
2 – прямолінійною; 3 – вгнутою

Оцінку показників якості процесу брання проводили згідно СОУ 74.3-37-131 –2004 наступним чином:

1. Визначали чистоту брання. Відношення кількості вибраних стебел

льону до загальної їх кількості на одиницю площі.

2. Визначали розтягнутість стрічки. Відношення середньої ширини стрічки льону–довгунця до середньої довжини його стебел.

3. Визначали кількість пошкоджених стебел на виході з вивідного устаткування.

4. Визначали кількість перекошених стебел у стрічці льону, розстеленої на полі бральним апаратом.

Досліди були проведені як з використанням однопасової льонобралки, так і базовою льонобралкою ТЛН-1,5 з метою порівняння якісних показників процесу брання, що виконується ними. Для визначення чистоти брання дослідна ділянка поля розбивалась на квадрати 1×1 м і на кожному з них за допомогою рамки визначали густоту стеблостою до здійснення брання.

Для визначення розтягнутості стрічки льону вистелена стрічка розбивалась на ділянки довжиною 3 м. З кожної ділянки вибирали по дві пучки стрічки (масою 200 г кожна) і на довжиномірі ДЛ-3 визначали довжину пучки.

Розтягнутість визначали діленням середньої ширини стрічки на середню довжину пучки.

З метою визначення кількості пошкоджених стебел на виході з брального апарата, ми зупиняли агрегат і на виході з вивідного устаткування брали дослідну партію стебел. Виконувалось три зупинки агрегату в різних місцях дослідного поля.

Підрахунком визначали кількість пошкоджених стебел у кожній з відібраних партій (враховували стебла з пошкодженим верхнім шаром).

Перекіс стебел у стрічці льону, розстеленої на полі, оцінювався спеціальним приладом (рис. 3.11).

На рис. 3.12 наведено фото машинного агрегату, який складається з однопасової льонобралки та трактора Т-25.



Рис. 3.11- Визначення кута відхилення стебел у стрічці



Рис. 3.12- Фото агрегату

**Таблиця 3.1. -Результати визначення абсолютної розтягнутості стебел
льону**

Тип прутка	Висота встановлення носика подільника, мм	Відстань від ґрунту до точки дотику стебла з прутком, мм		Абсолютна розтягнутість, мм
		Стебло центральне	Стебло крайнє	
Прямолінійний	100	101,6	136,6	35,8
	180	186,0	213,4	27,4
	250	250,0	271,0	21,0
Опуклий	100	102,0	147,8	45,8
	180	185,5	228,5	43,0
	250	260,8	296,2	35,4
Вгнутий	100	100,6	124,4	23,8
	180	180,6	201,8	21,2
	250	250,2	268,2	18

Результати, отриманні під час проведення дослідів, підтвердили теоретично обґрунтоване положення щодо конфігурації робочого прутка подільника: з метою зменшення абсолютної розтягнутості рекомендується застосування подільників з вгнутою формою бічного прутка.

Зменшення розтягнутості стрічки соломи (вирівняності стебел по гузирям) підвищує однорідність процесу вилежування стебел по їхній довжині, що зокрема, як показали експериментальні дослідження, дещо підвищує міцність стебел, забезпечує рівномірність формування показника вилежаності, що пояснюється рівномірністю товщини стрічки соломи, вистеленої на полі для вилежування.

Таблиця 3.2. -Показники якості льонотрести (середні значення за 3 роки досліджень)

Показник	Солома, отримана з використанням машини, оснащеної подільниками базової конструкції	Солома, отримана з використанням машини, оснащеної подільниками з вгнутими прутками
Номер трести	1,25	1,25
Розривне зусилля, даН	12,7	13,1

Первинна переробка трести, вилежаної з соломи, яка була отримана в процесі збирання льону-довгунця машиною, оснащеною подільниками з вгнутою формою робочих прутків, довела доцільність запровадження в практику виконаних досліджень (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3. -Результати оцінювання процесу переробки льонотрести на волокно

Абсолютна розтягнутість стрічки, мм	23,8	21,2	18
Вихід довгого волокна, %	15,43	16,10	19,40

Отримані результати дають підставу рекомендувати обраний напрямок – зменшення розтягнутості стрічки соломи льону –довгунця на стадії виконання збиральних робіт як один із можливих для удосконалення технології вилежування трести льону-довгунця.

3.3. Обґрунтування доцільності застосування процесу підрівнювання в механізованій технології збирання льону

У лляному підкомплексі АПК однією з особливостей галузі є висока потреба якості продукції в кінцевому результаті виробництва. Це потребує того, щоб технології вирощування та збирання льону-довгунця були за можливістю точно адаптовані до особливостей господарства, що, на відміну від інших галузей, передбачає значної диференціації технологій. У зв'язку з цим удосконалення технологій збирання льону обумовлює їхню багатоваріантність.

В період збирання льону-довгунця важливою вимогою, від дотримання якої в значній мірі залежить якість льоноволокна, є отримання стрічки з мінімально можливою розтягнутістю, що не перевищує 1,2 рази. Льонозбиральні комбайни дозволяють виконати збиральні роботи з достатньою якістю, але недоліком є підвищена розтягнутість стебел у стрічці, крім того, основним недоліком під час комбайнового збирання у фазі ранньої жовтої стиглості є висока вологість вороху льону. Це, в свою чергу, потребує від господарств великих витрат на його сушіння. Через те, що в нинішніх умовах господарства мають великий дефіцит оборотних засобів, здійснення сушіння значно зменшує їхню дохідність. Тому при проведенні збиральних робіт рекомендується разом із комбайною застосовувати роздільну технологію, для здійснення якої необхідно використовувати такі технічні засоби, як льонобралки та підбирачі-обчісувачі. Наступними елементами технологізації лляного підкомплексу є застосування при виконанні збиральних робіт операції перевертання стрічок з метою забезпечення рівномірного вилежування. Виконання даної операції є базою для отримання якісного льоноволокна, але характеризується деяким сплутуванням стебел у стрічці та збільшенням її розтягнутості.

З метою усунення цих проблем використовують підрівнювачі стрічок льону.

Наступним етапом виконання збиральних робіт є своєчасне підбирання лляної трести. Цей процес здійснюється за допомогою прес-підбирачів.

Безпосередньо перед підбором трести з метою кращого просушування її розпушують ворушилкою.

Підбір трести можна здійснювати підбирачами-порцієутворювачами, які передбачають в'язання підібраної трести в снопи.

Найбільш перспективною є рулонна технологія збирання соломи та трести; вона дозволяє повністю виключити ручну працю. Здійснюють її комплексом машин, які включають обертачі та рулонні прес-підбирачі.

Враховуючи вищевикладене, сформуємо технологічні схеми комбайнової, роздільної та адаптованої (комбінованої) технологій збирання льону-довгунця із зазначенням впливу процесів на формування розтягнутості стрічки льону.

З рис. 3.13 бачимо, що показник розтягнутості стрічки зростає після виконання кожної операції збирання льону, що є підставою зменшення якості процесу первинної обробки льону. З метою зменшення розтягнутості виникає потреба у додатковій операції – підрівнюванні стрічок льону.

Як виявив аналіз існуючих підрівнюючих пристроїв [52-57] пропонувалось їхнє встановлення на різних етапах збиральних робіт:

- на I етапі (рис. 2.1, *а, б*) [52];
- на III етапі (рис. 2.1, *а, б, в*) [53-57].

Ефективність підрівнювання стрічки льону за умови здійснення її на цих етапах буде незначною через те, що при виконанні етапів III, IV (рис. 3.13, *а*), IV, V (рис. 3.13, *б*) і II, III, IV (рис. 3.13, *в*) розтягнутість знову зростає. Тому пропонуємо ввести виконання операції підрівнювання на останньому етапі збиральних робіт і з цією метою встановити підрівнюючий пристрій, який складається з механізму струшування і механізму підбивання на підбираючому транспортері прес-підбирача ПРП-1,6 (схема пристрою подана на рис. 3.14).

Етапи	Операції	Склад агрегату	Вплив на показники якості: (+) – зростання розтягнутості і перекосу; (-) – відсутність впливу	
			перекіс	розтягнутість
I	Брання льону	Трактор кл. 1,4 ЛК-4А ЛК-4У «Русь» 2ПТ-4887А	+	+
	Транспортування стрічки		–	–
	Очіс насінневих коробочок		–	–
	Транспортування вороху		–	–
	Транспортування очісаних стебел		+	+
	Розстилення стрічки		+	+
	Показники на виході		12°...15°	1,26...1,28
II	Обертання стрічок льону	Трактор кл. 0,9 ОСН-1 ОСН-1А	+	+
Показники на виході		15°...18°	1,28...1,30	
III	Розпушування стрічок льону	Трактор кл. 0,9 ВП-3	+	+
Показники на виході		17°...19°	1,29...1,30	
IV	Підбирання стрічки льону і формування рулонів	Трактор кл. 0,9 ПРП-1,6 ПРЛ-1	+	+
Показники на виході		19°...29°	1,30...1,33	

а

б

Етапи	Операції	Склад агрегату	Вплив на показники якості: (+) – зростання розтягнутості і перекосу; (-) – відсутність впливу	
			перекіс	розтягнутість
I	Брання льону	Трактор кл. 1,4 ТЛН-1,5 ТЛН-1,9	+	+
	Очіс насінневих коробочок			
Показники на виході			12°...14°	1,25...1,27
II	Підбирання стрічок льону та очіс насінневих коробочок	Трактор кл. 0,9 ЛПЛ-1,5	+	+
	Перевертання стрічки		+	+
	Розстилення стрічки на полі		+	+
Показники на виході			15°...18°	1,26...1,29
III	Обертання стрічок льону	Трактор кл. 0,9 ОСН-1 ОСН-1А	+	+
Показники на виході			17°...20°	1,28...1,30
IV	Розпушування стрічки	Трактор кл. 0,9 ВП-3	+	+
Показники на виході			18°...20°	1,29...1,32
V	Підбирання стрічки льону та формування її в рулони	Трактор кл. 1,4 ПРП-1,6 ПРЛ-1	+	+
Показники на виході			20°...22°	1,32...1,33

Рис. 3.13- Технологічні схеми процесу збирання льону за різними технологіями:

а – комбайновою; б – роздільною.

Етапи	Операції	Склад агрегату	Вплив на показники якості: (+) – зростання розтягнутості і перекосу; (-) – відсутність впливу	
			перекіс	розтягнутість
I	Брання льону	Трактор кл. 1,4 — ТЛН-1,5 ТЛН-1,9 [30% площ]	+	+
	Брання льону	Трактор кл. 1,4	+	+
	Транспортування стрічки		—	—
	Очіс насінневих коробочок	ЛК-4А ЛК-4У «Русь»	—	—
	Транспортування вороху		—	—
	Транспортування очісаних стебел	2ПТ-4887А	+	+
	Розстилання стрічки	[70% площ]	+	+
Показники на виході			Див. рис. 2.1, 2.2	
II	Обертання стрічок льону та очіс	Трактор кл. 0,9 — ПОЛ-1,5 ЛПЛ-1,5 [30% площ]	+	+
Показники на виході			15°...18°	1,26...1,29
III	Розпушування стрічок льону	Трактор кл. 0,9 — ОСН-1 ОСН-1А [всі площі]	+	+
Показники на виході			16°...19°	1,26...1,29
IV	Підбирання стрічки льону та формування у рулони	Трактор кл. 1,4 — ПРП-1,6 ПРЛ-1 [всі площі]	+	+
Показники на виході			20°...21°	1,30...1,31

6

Рис. 3.13- аркуш 2. Технологічні схеми процесу збирання льону за різними технологіями: 6 – адаптованою (комбінованою).

Технологічна схема збирання льону за адаптованою технологією з використанням операції підрівнювання представлена на рис. 3.14.

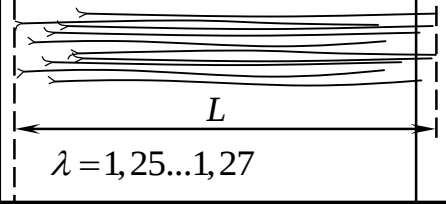
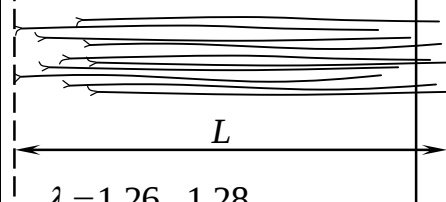
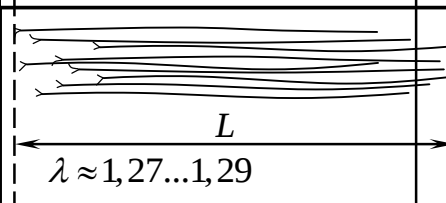
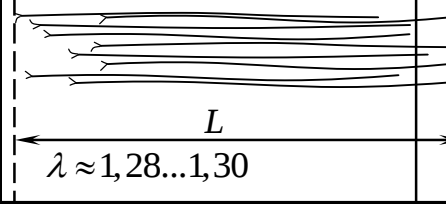
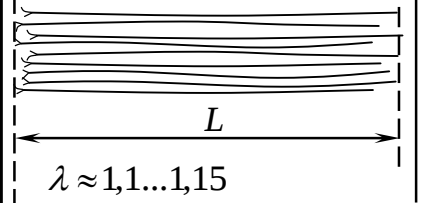
ОПЕРАЦІЇ				$\lambda=1,2$
30% площі	Брання з розстилом	Трактор кл. 1,4 ТЛН-1,5 ТЛН-1,9		
70% площі	Брання, транспортування, очіс, розстилання стрічки	Трактор кл. 1,4 ЛК-4А ЛК-4У «Русь»		
30% площі	Обертання з очосом	Трактор кл. 0,9 ПОЛ-1,5 ЛПЛ-1,5		
100% площі	Обертання або обертання з розпушуванням	Трактор кл. 0,9 ОСН-1 ОСН-1А		
100% площі	Підбирання стрічки, транспортування з підрівнюванням, формування рулонів	Трактор кл. 1,4 ПРП-1,6 з пристроєм для підрівнювання		

Рис. 3.14 -Технологічна схема збирання льону за адаптованою технологією з операцією підрівнювання стрічки

3.4. Конструктивна схема та визначення основних параметрів пристрою для підрівнювання стрічки льону

Як зазначено багато питань механізації збирання льону було розроблено, але разом з тим слід відмітити важливість здійснення досліджень, спрямованих

на удосконалення існуючих і створення нових пристроїв для підрівнювання стебел льону в стрічці.

З метою вирішення цієї задачі нами розроблений пристрій, схема якого представлена на рис. 3.15 [58–61]. Представлений пристрій для підрівнювання містить два механізми: механізм струшування стрічки, яка рухається разом з транспортером 3 підбирача і механізм підбивання.

Механізм струшування містить кулачки 6 і 7 та механізм приводу 8, що складається з ланцюга 9, ведучої зірочки 10, яка кріпиться на валі ведучого шківів 11 транспортера, веденої зірочки 12, на валі якої закріплений кулачок 6 і проміжної зірочки 13 на одному валі з кулачком 7. З обох боків транспортера симетрично розташовані з його торців дві підбійки 14 і 15, які являють собою паралелограмні механізми, кожен з яких складається з кривошипів 16, 17, 18 та шатуна 19, до одного кінця якого жорстко кріпиться регульована пружинна опора 20. Така ж опора 21 кріпиться шарнірно на кінці другого шатуна. Висота кожної опори регулюється гайкою. Кожна опора містить пружину, закриту стаканом. Опори 20 і 21 з іншого боку шарнірно з'єднані з підбійками 14 і 15, які містять ребра 22. Механізми пристрою приводиться в рух від валу відбору потужності трактора.

На рис. 3.15 також показана підбираюча частина транспортера, яка містить барабан 1, напрямні 2, транспортер 3, нескінченні паси 4 з закріпленими на них пальцями 5.

Підбирач, оснащений підрівнювальним пристроєм, працює наступним чином. Під час руху підбирача пальці транспортера захоплюють стрічку льону, яка переноситься вгору вздовж напрямних 2. Ведучий кривошип 18 приводить в рух ведені кривошипи 16 і 17. Далі рух через шатун і опори передається на підбійки 14 і 15. Підбійки двох симетрично встановлених паралелограмних механізмів синхронно рухаються назустріч одна одній та ударяють по кінцях стебел; при цьому ребра 22 підбійок захоплюють стебла та рухають їх, не даючи проковзувати по поверхні підбійок.

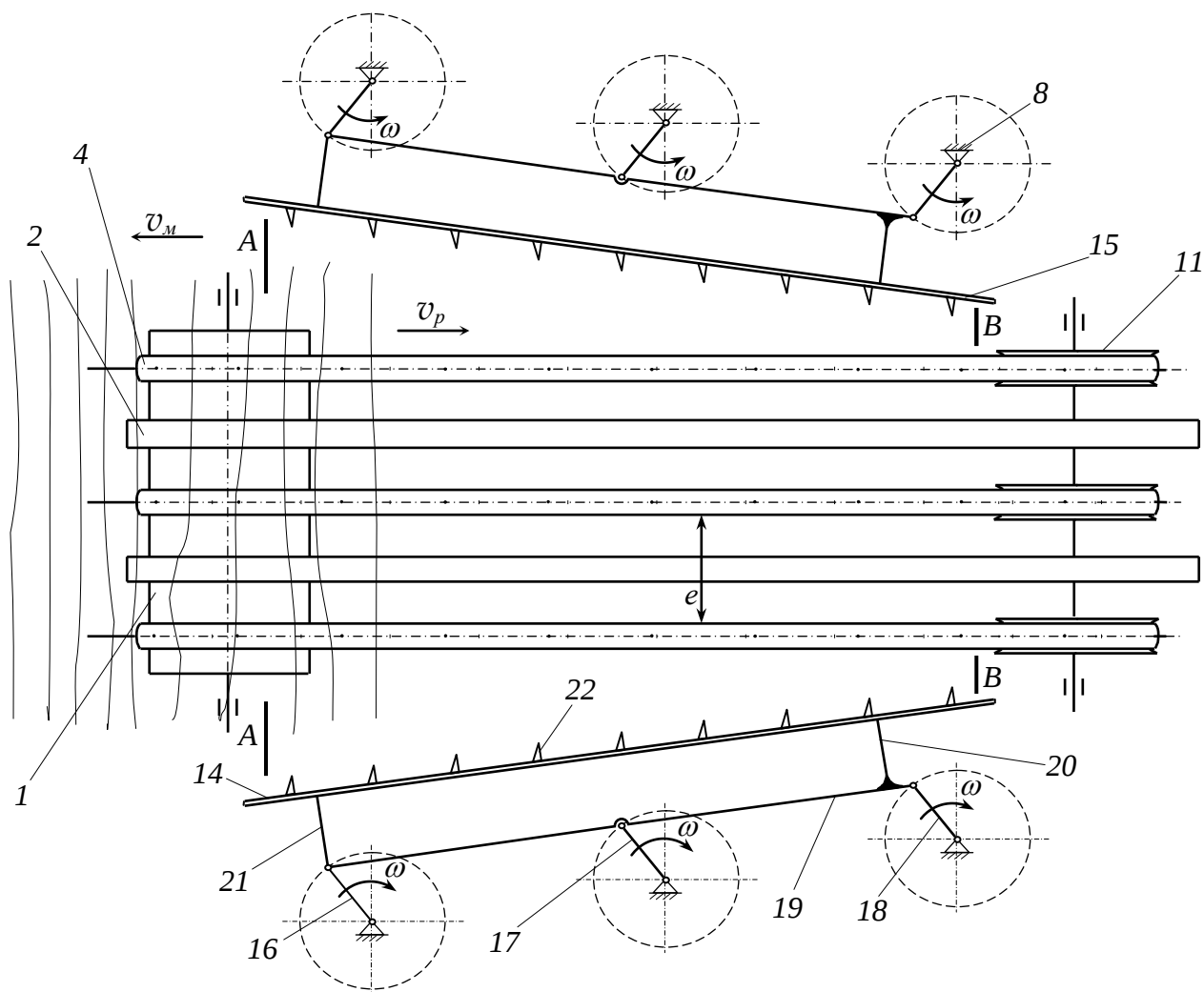
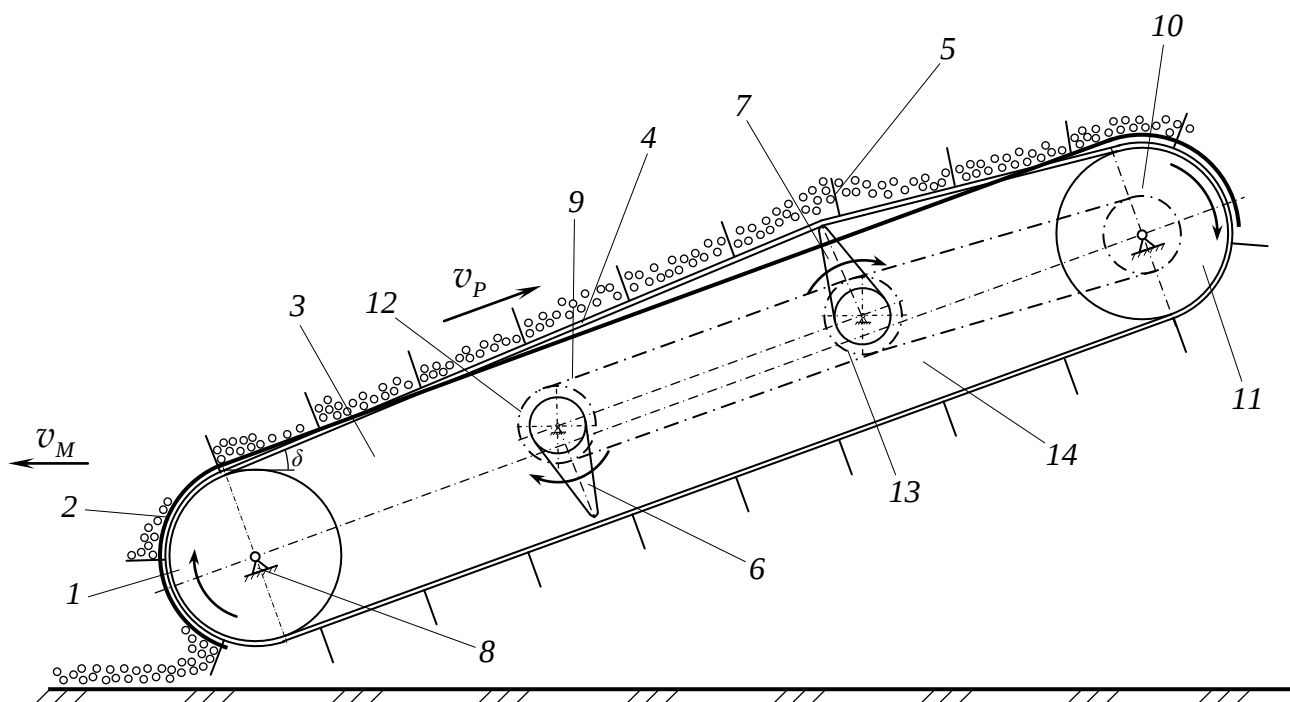


Рис. 3.15 - Схема пристрою для підрівнювання стрічки стебел льону

З метою підвищення ефективності процесу підрівнювання стрічка, що рухається по пасаж 4 та по напрямних 2, періодично струшується, стебла при цьому підкидаються і розчіплюються, що полегшує їхнє підрівнювання підбійками. Струшування відбувається за допомогою послідовних ударів кулачків по верхній вітці транспортера. Стеблова стрічка починає підрівнюватись у зоні А-А (рис. 3.15), а у зоні В-В підрівнювання закінчується.

Підбираючий транспортер з пристроєм для підрівнювання розміщується в збиральному агрегаті спереду преса або в'язального апарату, а барабан транспортера при роботі розміщується перед стебловою стрічкою. Ця ділянка машини повинна постійно знаходитися в полі зору механізатора, причому середній пас транспортера повинен діяти в зоні розміщення у стрічці середини стебел.

Необхідна висота пальців підбираючого транспортера залежить від товщини стеблової стрічки. Вважаючи, що висота пальця повинна бути у 2,0-2,5 рази більшою, ніж товщина стрічки, а шар стрічки за висотою (товщиною) містить не більше 10 стебел при діаметрі кожного з них не менше 2,5 мм, робимо висновок, що висота пальця повинна бути не менше $\sim 2,5 \cdot (10 \cdot 2,5) = 62,5$ мм. Заокругливши це число в сторону збільшення, визначаємо, що висота пальців над пасами повинна бути не менше 65 мм.

Відстань t_n між пальцями за довжиною транспортера приймаємо, як в існуючих конструкціях підбирачів. Вона знаходиться в межах від 150 мм до 200 мм.

Мінімальна відстань, яку проходять стебла по транспортеру, та на якій вони n разів повинні підкидатись кулачками $L_{mp \min}$ можна визначити:

$$L_{mp \min} = s_k \cdot n + \Delta l(n-1), \quad (3.37)$$

де s_k – шлях, який проходять стебла льону разом з транспортерною стрічкою, знаходячись під впливом кулачка, м;

n – число валів кулачків, шт.;

Δl – відстань, яку проходять стебла, що знаходяться на рухомій стрічці транспортера від зони впливу одного кулачка до зони впливу наступного, м.

З іншого боку, за умови встановлення підрівнюючого пристрою на існуючі моделі підбирачів, відстань $L_{mp\min}$ визначиться:

$$L_{mp\min} = L_m - r_{\sigma} - r_{\omega}, \quad (3.38)$$

де L_m – довжина транспортера, м;

r_{σ} – радіус барабана підбирача, м;

r_{ω} – радіус ведучого шківів, м.

Враховуючи, що запропонований нами пристрій містить у своїй конструкційній схемі два вали кулачків ($n = 2$) і те, що в існуючих підбирачах $r_{\sigma} = (100 - 250)$ мм, а r_{ω} відповідно $(75 - 150)$ мм, $L_{mp\min} = 1800 - 100 - 75 = 1625$ мм.

Тоді, виходячи з конструкції існуючої машини, радіус кулачкової шайби можна прийняти в межах 50–150 мм. Кулачок з більшим радіусом встановити не дозволяє конструкція машини. Виконувати ж кулачок з радіусом, який менший 50 мм не доцільно, через те, що зона його впливу буде незначною, а це в свою чергу приведе до того, що підкидатись у повітря буде дуже мала порція стебел і ефективність процесу вирівнювання стебел значно зменшиться.

Знаючи радіус кулачкової шайби, а значить і шлях s_k , ми визначимо Δl виходячи з формули (3.7).

Методика визначення геометричних параметрів дещо зміниться, якщо проектуватись буде новий підбирач з підбиваючим пристроєм.

Розглянемо послідовність визначення основних параметрів.

Мінімальну відстань L_{mp} визначаємо за формулою (3.7).

Мінімально необхідна довжина транспортера $L_{\min}$ визначиться як $L_{\min} = L_{mp \min} + r_{\sigma} + r_{\mu}$, де $L_{mp \min}$ – мінімально необхідна відстань між віссю ведучого шківа та віссю барабана; r_{σ} – радіус барабана; r_{μ} – радіус ведучого шківа.

Якщо, як й в попередньому випадку, прийmemo $n = 2$, формально маємо

$$L_{\min} \approx s_{\kappa} \cdot n + r_{\sigma} + r_{\mu} \quad (3.38')$$

Відстань між вертикальними площинами, у яких діють паси з пальцями, повинна бути такою, щоб хоча б два паси могли своїми пальцями захоплювати стебла і транспортувати вгору. При мінімальній довжині стебла 400 мм і розтягнутості 1,3 відстань між сусідніми пасами повинна бути меншою відстані $400 \cdot 1,3 = 520$ мм. Тоді приймаємо, що параметр e повинен бути в межах від 200 мм до 300 мм. Напрямні розміщуються посередині між пасами, отже, відстань між ними також буде в межах від 200 мм до 300 мм.

Кут δ нахилу верхньої вітки транспортера до горизонту рівний $\arcsin \frac{h_{po}}{L_{mp}}$, де h_{po} – висота, на яку потрібно транспортером підняти стебла, щоб передати їх на наступний робочий орган (прес або в'язальний апарат), а L_{mp} може бути рівним $L_{mp \min}$, але може бути більшим $L_{mp \min}$. Кут δ не повинен бути більшим, ніж кут тертя між стеблами та поверхнею пасів, в іншому випадку стебла по пасах будуть скочуватися (сповзати) вниз. Цей кут визначений нами експериментально і рекомендації щодо його величини подані в розділі 4 та висновках.

Кулачки розміщуються під верхньою віткою пасу на однаковій відстані між собою, віссю барабана та віссю ведучого шківа, причому якщо кулачків два, то вони діють на пас через кожні 180° кута їх повороту, що видно з зображених на рис. 3.15 положень кулачків.

Підбійки розміщуються в площині, нахилений до горизонту під кутом δ_n з однієї та іншої сторони кінців стебел, діють вони синхронно, а їх дошки нахилені ще й до напрямку руху стебел таким чином, що відстань між ними у верхній частині транспортера менша, ніж у нижній його частині. Кут β відхилення кожної дошки від поздовжньої вертикальної площини з метою усунення її ковзання по кінцях стебел повинен бути меншим, ніж кут тертя дошки по кінцях стебел.

Розміри дощок підбійок, які мають прямокутну форму, повинні бути по висоті з врахуванням можливої кривизни стебел у два-три рази ширшими за товщину шару стебел, а по довжині вони повинні починати діяти вище зони розміщення барабана і закінчити діяти нижче зони верхнього (ведучого) шківів транспортера. З врахуванням цього при проектуванні машини встановлюється відстань між опорами кривошипів, які повинні бути однаковими. Відстань між підбійками регулюється в залежності від довжини стебел.

3.5. Дослідження операції підбивання стебел

Розглянемо основи теорії здійснення операції підбивання стебел.

На рис. 3.16. представлена схема механізму підбивання при такому положенні ланок, коли його підбивна дошка (підбійка) починає діяти на стебла, причому ці стебла можуть бути на стрічках транспортера або здійснювати політ в просторі над транспортером. Підбійка знаходиться збоку похилого транспортера і займає таке положення, що її ліва частина знаходиться нижче правої. Одночасно з зображеною підбійкою на протилежні кінці стебел починає діяти друга підбійка, яка на схемі не показана.

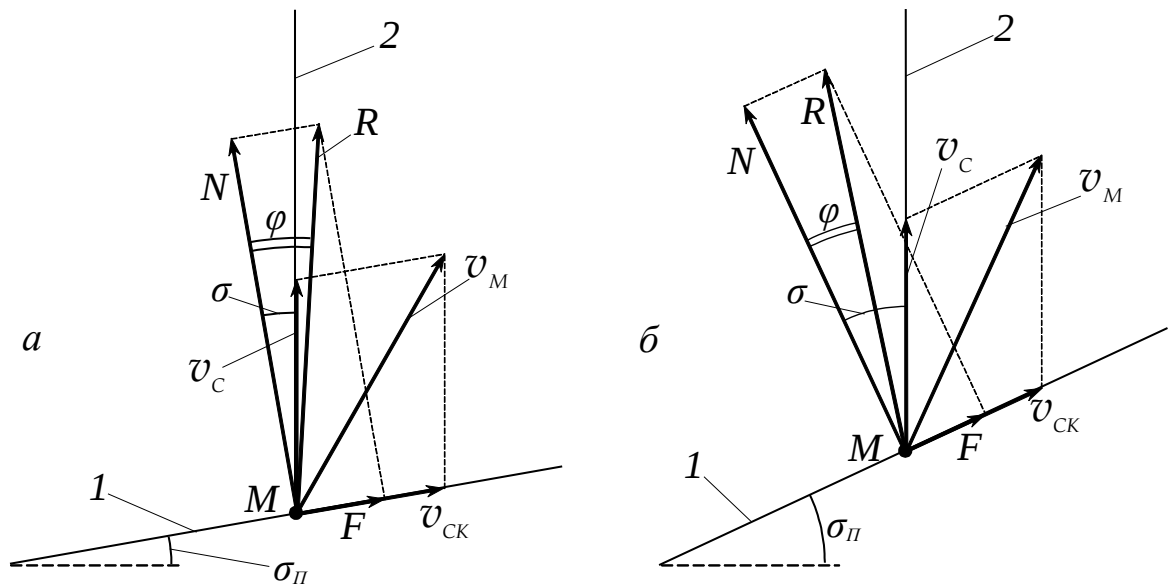


Рис. 3.17 - Напрямки сил та швидкостей під час дії підбійки на стебло під малим кутом σ (а) та великим кутом σ (б): 1 – підбивна дошка; 2 – стебло.

На рис. 3.17, а і б показані два варіанти нахилу дошки підбійки. Нехай при малому куті σ_{Π} меншому від кута тертя φ точка M дошки 1 рухається зі швидкістю v_M , а цієї точки M торкається кінець стебла 2, який займає горизонтальне положення і розташований перпендикулярно до напрямку піднімання стебел транспортером. Розкладемо цю швидкість $\vec{v}_M$ на дві складові $\vec{v}_c$ (направлена вздовж стебла) і $\vec{v}_{ck}$ (направлена вздовж дошки); з них v_c являє собою швидкість стебла при його підбиванні, а v_{ck} є швидкістю ковзання дошки відносно стебла. Завдяки ковзанню з'являється сила тертя F ковзання дошки відносно стебла, перпендикулярно ж до дошки в точці M діє нормальна реакція N . Геометричним додаванням сил N і F отримуємо рівнодійну R , відхилену від сили N на кут φ тертя дошки об кінець стебла. Сила R направлена правіше стебла і своєю дією примушує стебло зсунутися (підрівнятися) і рухатися вгору по транспортеру в підрівняному стані.

В іншому випадку, на кінець стебла діє точка M дошки, відхиленої від поздовжньої вертикальної площини на кут σ_{Π} , який є більшим від кута тертя φ .

Як бачимо з представленої (рис. 3.17, б) схеми, швидкість v_M можна розкласти на дві складові v_C і v_{CK} , аналогічно до випадку, представленого на рис. 3.17, а. В зоні контакту дошки зі стеблом виникає сила тертя F , сила нормальної реакції N . Рівнодійна цих сил R , як бачимо з рис. 3.17, б, діє лівіше стебла і відхилена від лінії стебла на кут $\sigma_{II} - \varphi$. Рівнодійна R у даному випадку протидіє підніманню стебла вгору і прагне зігнути його.

З аналізу цих двох схем випливає, що для забезпечення роботи підбійки, тобто для виконання її функції – підбивання стебел, необхідно, щоб кут σ був меншим або рівним куту тертя φ , тобто необхідно, щоб виконувалась умова:

$$\sigma \leq \varphi. \quad (3.39)$$

Розглянемо, який вплив чинять ребра 22 дошки (рис. 3.15) на характер взаємодії дошки зі стеблами під час підрівнювання.

На рис. 3.18 показані схеми взаємодії ребра підбійки з кінцем стебла, що опинилося в зоні його дії. З них на рис. 3.18, а показано вплив місця з'єднання ребра та дошки на кінець стебла, на рис. 3.18, б представлено взаємодію тильної сторони порівняно широкого ребра з кінцем стебла, а на рис. 3.18, в показано вплив тильної сторони вузького ребра на стебло.

У випадку дії місця з'єднання ребра з дошкою на стебло частина його оточена і ззаду, і знизу елементами дошки та ребра (рис. 3.18, а); отже, швидкість вершини стебла буде така ж, як v_M , а за напрямком цієї швидкості буде діяти сила Q , з якою дошка і ребро тиснуть на кінець стебла. І швидкість v_M , і сила Q розкладаються на складові вздовж транспортування v_{TP} і Q_{TP} і складові вздовж стебла v_C і Q_C . Під дією складової Q_C стебло підрівнюється, а під дією складової Q_{TP} стебло транспортується. Цей варіант дії на стебло є найбільш сприятливим.

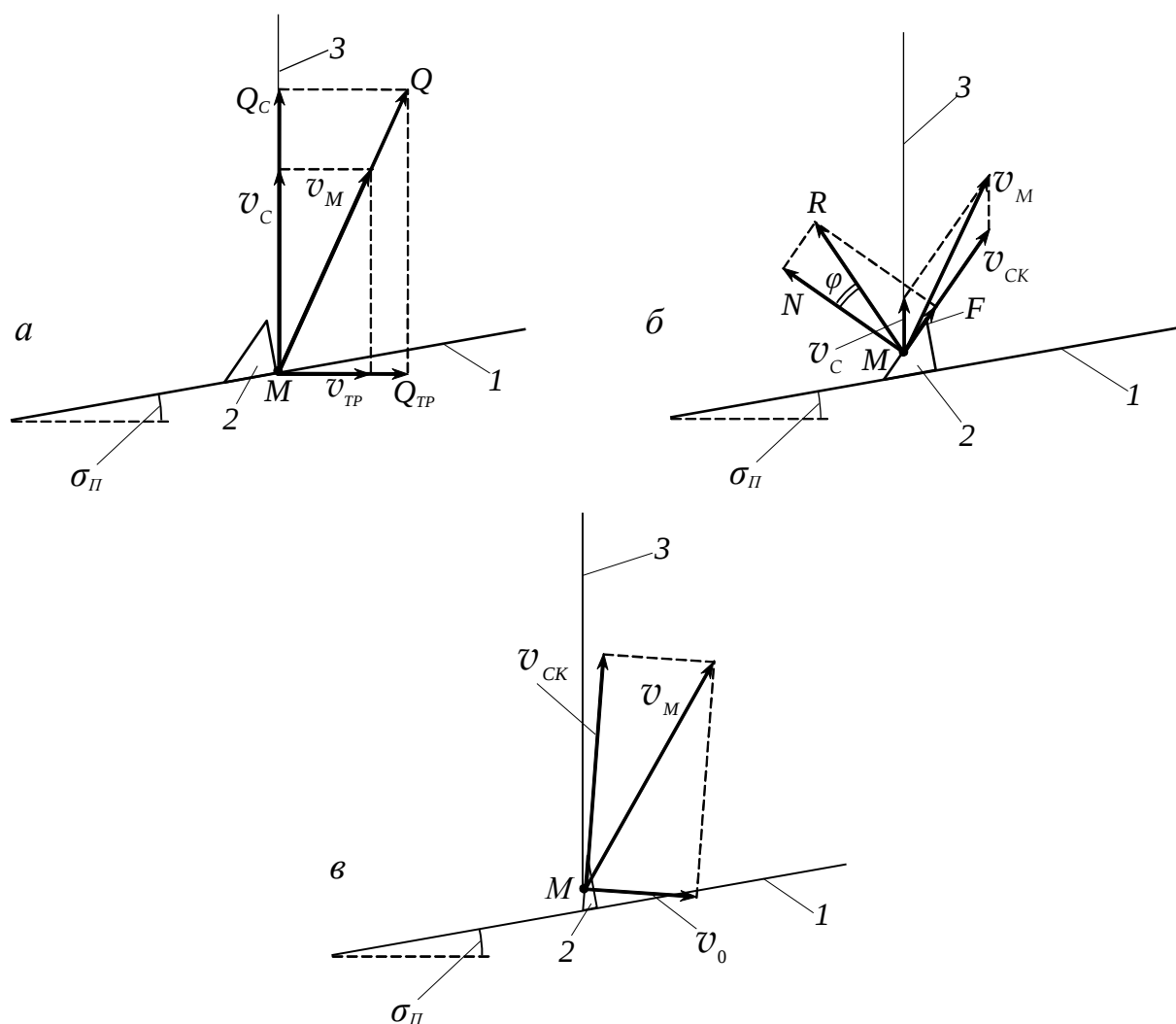


Рис. 3.18 - Напрямки сил та швидкостей під час дії на стебло ребра підбійки спереду (а), тильною стороною широкого ребра (б) і тильною стороною вузького ребра (в): 1 – дошка підбійки; 2 – ребро; 3 – стебло.

Якщо кінець стебла опинився в зоні тильної сторони широкого ребра (рис. 3.18, б), то швидкість v_M розкладається на складові v_C вздовж стебла і v_{CK} вздовж тильної сторони ребра. Нормальна сила реакції N діє перпендикулярно до площини тильної сторони, а сила тертя F діє в напрямку швидкості v_{CK} . Рівнодійна цих сил R направлена назад, підрівнювати стебло вона не буде; навпаки, вона буде відгинати (відштовхувати) стебло, яке залишиться позаду без особливої зміни свого положення, тоді як ребро буде рухатися в напрямку швидкості v_M .

Таким чином, ми бачимо, що широке ребро своєю тильною стороною негативно впливає на характер підрівнювання стебел при підбиванні; тому ширину ребра необхідно зменшити.

Таке ребро показано на рис. 3.18, в. Нехай кінець стебла опинився на його тильній стороні в точці M , що рухається зі швидкістю v_M . Ця швидкість розкладається на складові $v_{СК}$ вздовж тильної сторони і v_0 перпендикулярно до цієї сторони. Складова $v_{СК}$ представляє собою швидкість ковзання поверхні ребра відносно стебла, а складова v_0 є швидкістю, з якою ребро рухається в сторону від стебла. Завдяки цьому руху і підніманню дошки в напрямку швидкості v_M кінець стебла опускається до зіткнення з площиною дошки і буде нормально підрівнюватися за схемою на рис. 3.18, а.

Із викладеного робимо висновок, що ребра на дошці повинні бути вузькими (їх ширина в нижній частині повинна бути не більше 3 мм).

Визначимо тепер необхідну швидкість обертання кривошипів підбійок.

Швидкості обертання кривошипів підбійок повинні бути такими, щоб підбійки під час підбивання стебел рухалися по похилій лінії вгору разом зі стеблами, що підбиваються. Це означає, що швидкість позовжнього переміщення дошок підбійок вгору повинна бути приблизно рівною швидкості переміщення транспортером стебел вгору.

Вище сказано, що швидкість переміщення стебел рівна швидкості стрічок транспортера, якщо стебла знаходяться на стрічках і рухаються разом з ними, а в тих випадках, коли стебла, які відірвались від пасів і піднялися в повітря, здійснюють вільний політ, їх швидкість менша, ніж швидкість стрічок транспортера. Виходячи з цього, слід вважати, що підрівнюючі дошки підбійок при підбиванні стебел повинні переміщувати їх вгору і назад у порівнянні з напрямком руху агрегату зі швидкістю v_p стрічок транспортера, яка визначається за формулою:

$$v_p = k_T l_{OA} \omega \operatorname{tg} \delta \sin \left[\beta_0 - \alpha_0 - \frac{\cos(\beta_0 - \alpha_0) - \cos \beta_0}{\frac{L_0}{l_{OA}} + \sin \beta_0} \right], \quad (3.40)$$

де k_T – коефіцієнт збільшення швидкості пасу, його значення знаходяться в межах 1,3...1,5 [62].

Тоді стебла незалежно від того, де вони знаходяться (на стрічках або в повітрі) будуть переміщатися зі швидкістю, близькою до v_p .

Для вирішення даного питання проаналізуємо поворот кривошипа O_1C навколо центра O_1 . Поворот кривошипа призводить до переміщення дошки підбійки в зону перебування стебел з метою їх підрівнювання лише в межах від точки C_0 до точки C_K , тобто в межах кута, рівного 90° . Розділимо цей кут на 3 рівні частини, тобто на частини по 30° . Отримаємо дуги A_0A_1 , A_1A_2 і A_2A_K .

Кожній такій дузі відповідає кут $\frac{\pi}{6}$ радіан. В межах кута $A_0O_1A_1$ стебла практично лише підбиваються, транспортування майже немає. Транспортування при незначному підбиванні відбувається в межах кута $A_2O_1A_K$, а в межах кута $A_1O_1A_2$ відбувається і підбивання, і транспортування.

Опустимо з точки A_1 перпендикуляр на лінію O_1A_K , отримаємо в перетині точку A'_K . В розрахунках з метою вибору швидкості обертання кривошипа будемо вважати, що за час t_0 обертання кривошипа з положення O_1A_1 в положення O_1A_K стрічки транспортера повинні пройти шлях $A_1A'_K$, рівний $l_{O_1A} \cdot \sin 60^\circ$ де l_{O_1A} – довжина кривошипа. Таким чином, повинно мати місце

наближене рівняння $l_{O_1A} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx v_p \cdot t_0$ де $t_0 \equiv \frac{\pi}{6\omega_K}$. Підставляючи це значення t_0 в

приведене рівняння і розв'язавши отримане рівняння відносно ω_K , отримаємо:

$$\omega_K \approx \frac{\pi v_p}{3l_{O_1A} \sqrt{3}}, \quad (3.41)$$

де v_p визначається за формулою (3.40).

Розглянемо також особливості транспортування стебел транспортером.

На рис. 3.19, *a* і *б* показані частини верхніх віток 1, 2 і 3 пасів та частини 4 і 5 напрямних транспортера з розміщеними на них трьома стеблами A , B і D ; стрічки транспортера рухаються зліва направо зі швидкістю v_p , а напрямні нерухомі і вони утопають в проміжках між пасами, щоб не перешкоджати кулачкам підкидати стебла. На кожне стебло діє сила тяжіння, для стебла A це буде G_A , для стебла B це буде G_B , для стебла D це буде G_D ; прикладені ці сили в центрах тяжіння C_A , C_B , C_D . Розкладемо кожну з них на складові G'_A , G''_A , G'_B , G''_B , G'_D , G''_D – на рис. 2.20, *a* ці складові показані. Вони рівні: $G'_A = G_A \sin \delta$, $G''_A = G_A \cos \delta$, $G'_B = G_B \sin \delta$, $G''_B = G_B \cos \delta$, $G'_D = G_D \sin \delta$, $G''_D = G_D \cos \delta$. З боку віток транспортера на стебла діють нормальні сили реакції N_A , N_B і N_D і сили тертя F_A , F_B і F_D . Кут нахилу стрічок транспортера до горизонту δ , як сказано вище, є меншим кута тертя φ , а пальці стрічок не торкаються стебел, тобто стебла знаходяться на деякій відстані від пальців. Сили F_A , F_B і F_D утворюються трьома пасами 1, 2 і 3, тобто $F_A = F_{A1} + F_{A2} + F_{A3}$, $F_B = F_{B1} + F_{B2} + F_{B3}$, а $F_D = F_{D1} + F_{D2} + F_{D3}$, де цифра в індексі вказує на номер пасу (стрічки). Якщо $\delta < \varphi$, то сили тертя F_A , F_B і F_D не досягають максимальних значень (які мають місце при ковзанні, коли $\delta \geq \varphi$) та рівні відповідно G'_A , G'_B і G'_D , завдяки чому стебла транспортуються пасами.

В залежності від напрямку швидкостей точок підбійної дошки і положення стебел на стрічках транспортера або в просторі над транспортером можливі прямий удар підбійки по стеблах (швидкість удару направлена вздовж лінії стебла) або косий удар (швидкість удару направлена під кутом до лінії стебла). Прямий удар може мати місце у випадку, який показано на рис. 3.20

тоді, коли кривошип O_1A знаходиться в положенні O_1A_0 , а стебла перпендикулярні до напрямку їх транспортування стрічками транспортера.

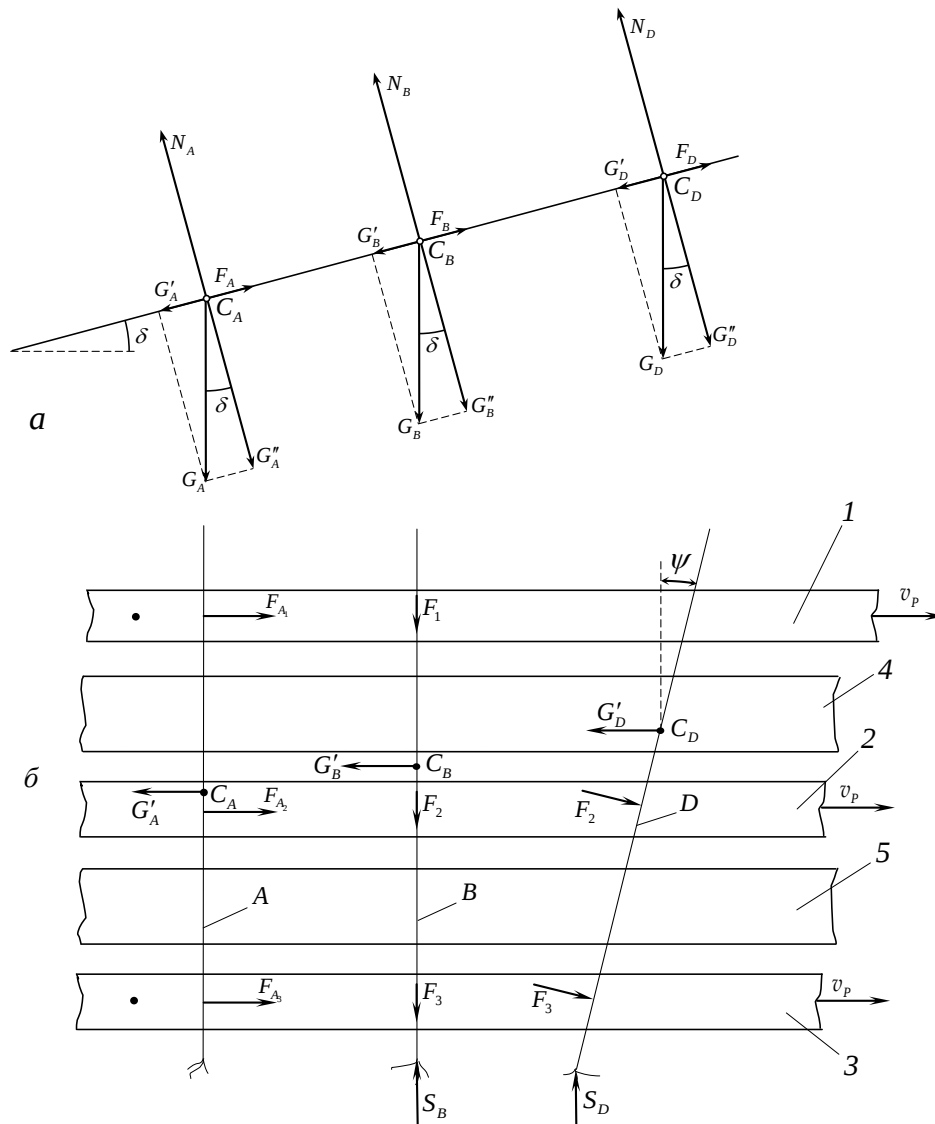


Рис. 3.19 - Сили, які діють на стебла під час транспортування та підбивання:

a – вид збоку на транспортер; b – вид зверху та спереду на транспортер.

Під час удару підбійкою по стеблу, яке знаходиться на транспортері, долається опір тертя стебел об стрічки. Це видно на прикладі стебла B на рис. 3.19, b , де показано ударний імпульс S_B , який діє на стебло і сили тертя F_1 , F_2 і F_3 пасів об стебла, які він долає.

Розрахунки з метою визначення ударного імпульсу дуже складні, тому з метою спрощення розрахунків визначимо наближене його значення. Як відомо,

ударний імпульс S рівний $\int_0^{\tau} P d\tau$, де P – ударна сила, а τ – час удару. За

теоремою про середнє значення функції: $\int_0^{\tau} P d\tau = P_{cp} \tau$, тоді $S_B \approx P_{cp} \cdot \tau$. Ударна

сила стеблу B необхідна для подолання сил тертя F_1 , F_2 і F_3 , виведення стебла із стану спокою і надавання йому прискорення, тоді $P_{cp} \approx F_1 + F_2 + F_3 + m_C w_C = F_{1,2,3} + m_C w_C$, де m_C – маса стебла, w_C – прискорення при ударі, а $F_{1,2,3} = F_1 + F_2 + F_3 = N_B \cdot f = G_B'' \cdot f$, тут N_B – нормальна сила реакції пасу на стебло, G_B'' – нормальна складова сили G_B (рис. 3.19, а), f – коефіцієнт тертя між стеблом і пасами транспортера.

Спостереження за роботою підрівнюючих пристроїв (підбійок) показують, що при підбиванні стебел останні переміщуються на невеликі відстані, тому можна вважати, що добуток $m_C w_C$ є величиною незначною.

Приймемо її рівною $\xi \cdot G_B'' f$, де ξ – дослідний коефіцієнт, рівний: $\xi = \frac{m_C w_C}{G_B'' f}$. За

обрахунками коефіцієнт ξ знаходиться в межах від 1 до 3. Тоді $P_{cp} \approx G_B'' f + \xi G_B'' f = G_B f \cos \delta (1 + \xi)$.

Час дії ударної сили τ залежить від швидкості обертання кривошипа підбійки. Якщо вважати, що це час відповідає повороту кривошипа на i_0

градусів, де i_0 рівне 1-3 градусам, то τ рівне $\frac{i_0 \cdot 2\pi}{360\omega_K} = \frac{\pi i_0}{180\omega_K}$. Тоді

$$S_B \approx P_{cp} \cdot \tau \approx \frac{\pi i_0 G_B f}{180\omega_K} (1 + \xi) \cos \delta, \quad (3.42)$$

де коефіцієнтом ξ враховується, наскільки більша ударна сила у порівнянні з силою тертя, яку необхідно подолати.

Залежність (3.42) використовується з метою визначення сили впливу підбиваючих дошок на стебла з метою їхнього переміщення.

Косий удар, як сказано вище, показаний на рис. 3.19, б на прикладі стебла D , відхиленого від перпендикуляра до напрямку руху транспортних стрічок на кут ψ . В цьому випадку під дією ударного імпульсу S_D , складової G'_D і сил тертя пасів об стебло (ці сили тертя зображені на рис. 3.19, б такими, що діють перпендикулярно лінії стебла так, щоб протидіяти його повороту на кут ψ навколо місця його перебування в зоні між пасом 1 та напрямною 4). Поворот стебла в сторону збільшення кута ψ неприпустимий. Тому необхідно, з одного боку, добиватися, щоб при розстелянні стебел на полі кути ψ були якомога меншими, а, з іншого боку, при підбиранні необхідно в допустимих межах збільшити швидкість руху агрегату, при якому зменшуються кути ψ .

3.6. Результати дослідження ефективності роботи удосконаленого підбивального пристрою

Досліди проводились із стрічкою, яка була отримана внаслідок механізованого збирання льону льонозбиральним комбайном. Густина стеблестою льону на дослідних ділянках складала 800 шт./м², 1200 шт./м² і 1800 шт./м². Сорт льону Могилівський-2; довжина стебел складала 90-97,2 см.

Перед проведенням дослідів стрічка льону, вистелена на полі оцінювалась нами за наступними агротехнічними показниками:

- розтягнутість, λ , раз;
- пошкодження стебел у стрічці, шт.;
- перекис стебел у стрічці, град.

Для оцінки механічних пошкоджень стебел (відкритий злам, розрив стебла) нами на полі бралась довільна ділянка стрічки, у якій підраховувались виявлені пошкоджені стебла – $N_{\text{п}}$. Далі визначалась загальна кількість стебел, що знаходяться у виборці $N_{\text{заг}}$. Після чого визначався показник пошкодження стебел:

$$\Pi = \frac{N_{\text{заг}} - N_{\text{п}}}{N_{\text{заг}}} \cdot 100\%.$$

Відносна розтягнутість стрічки (рис. 3.20) визначалась за загальноприйнятою методикою

$$\lambda = \frac{L}{l_{\text{сер}}} (\text{раз}),$$

де L – ширина стрічки, м;

$l_{\text{сер}}$ – середня довжина стебел у стрічці, м;

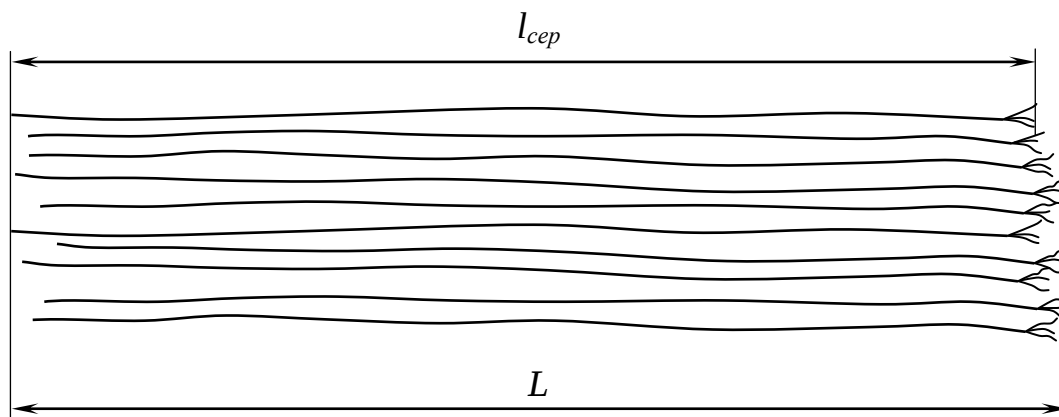


Рис. 3.20 - Схема для визначення відносної розтягнутості стрічки

Снопова розтягнутість визначалась із використанням приладу ДЛ-2 (рис. 3.21).

З середини кожного пучка стебел, відібраного для аналізу, виділялась група вагою 100 г і встановлювалась на площадку приладу.

Після встановлення групи стебел повзун із диском плавно опускався по стояку до моменту дотику диска з вершинами стебел групи.

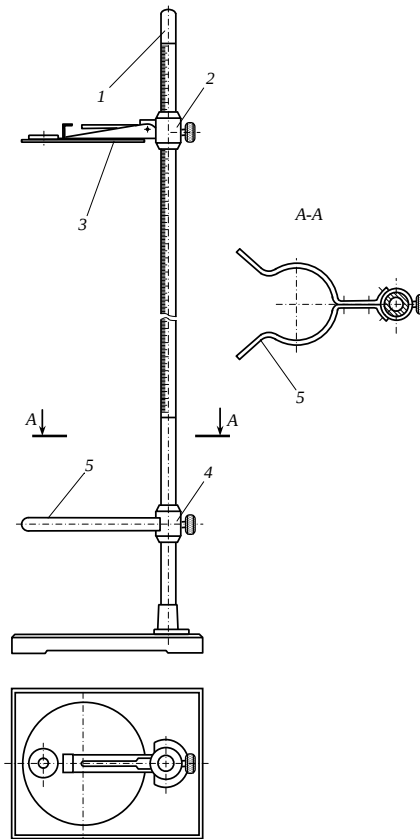


Рис. 3.21 - Довжиномір ДЛ-2: 1 – штатив; 2 – повзун верхній; 3 – площина-диск; 4 – повзун нижній; 5 – утримувач.

Після проведення аналізу стрічки, викладеної на полі агрегат запускався в роботу. Швидкість руху агрегату складала 1-3 м/с (рис. 3.22).



Рис. 3.22- Фото експериментальної установки в роботі

Стрічка льону поступала на транспортер підбирача і під час проходження по ній підрівнювалась підбиваючим пристроєм, після чого знову викладалась на полі.

В процесі проведення польових випробовувань змінювалась не лише швидкість руху агрегату, а й швидкість руху стрічки транспортера, яка приймалась 1,5 м/с; 2 м/с і 2,5 м/с. Змінювали також кутову швидкість обертання кривошипів підбійки, змінюючи при цьому їхню довжину. Швидкість складала $(8...25) \text{ с}^{-1}$; довжина кривошипа – від 0,08 м до 0,1 м.

На рис. 3.23. представлені фото транспортера з пристроєм для підрівнювання стрічки стебел льону і прес-підбирача ПРП-1,6, обладнаного пристроєм для підрівнювання.

Процес підрівнювання оцінювався нами за декількома показниками, а саме:

- перекіс стебел у стрічці;
- пошкодження стебел;
- розтягнутість.

Необхідно зазначити, що згідно з агротехнічними вимогами до процесу механізованого збирання, розтягнутість стрічки льону не повинна перевищувати 1,2 рази; кут відхилення стебел у стрічці не повинен перевищувати 20° після збирання і 8° після виконання ворущіння стрічки; пошкоджених стебел не повинно бути більше ніж 5%.

Попередня оцінка стрічки, розстеленої на полі дала наступні результати (табл. 3.4).



a



б

Рис. 3.33 - Фото пристрою для підрівнювання стрічки стебел льону (*a*) та прес-підбирача ПРП-1,6 з підрівнюючим пристроєм (*б*)

Таблиця 3.4 - Оцінка стрічки льону, отриманої при механізованому збиранні льонокомбайном ЛК-4А

Густота стеблостою <i>i</i> , шт./м ²	Розтягнутість, раз	Наявність пошкоджених стебел, % (середнє значення)	Перекіс стебел у стрічці
800	1,26	3,0	15,0
1200	1,29	3,06	12,0
1235	1,25	2,6	15,6
1800	1,28	2,07	18,0

Після виконання операцій підбирання і підрівнювання стрічки, їх оцінка була проведена нами повторно. Результати представлені в табл. 3.5, 3.6.

Таблиця 3.5 - Результати оцінки якості стрічки після її підрівнювання

№ п/п	Стан стрічки	Густота стеблостою, <i>i</i> , шт./м ²	Швидкість руху агрегата, км/год.	Швидкість руху стрічки транспортера, м/с	Розтягнутість на виході, раз	Кількість пошкоджених стебел, %		Перекіс стебел, град.		Примітки
						на полі	на виході	на полі	на виході	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	свіжебрані стебла	800	7	1,5	1,24	3	3	15	4,5	
				2,0	1,24	3	3	16,5	4,5	
				2,5	1,25	3	3	16,5	5	
			5	1,5	1,23	3	3	17	5,5	
				2,0	1,23	3	3	17	6	
				2,5	1,24	3	3	17	7	
			3	1,5	1,19	3	3	14,0	6	
				2,0	1,20	3	3	14,0	6	
				2,5	1,21	3	3	15,0	6	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	Соломка (після 6 днів вилежування)	800	7	1,5	1,20	3	3	16	6	Початкова середня розтягнутість стрічки 1,28 раз. Стеблостій рівний. Льон вибраний льонозбиральним комбайном ЛК-4А
				2,0	1,21	3	3	15,5	6	
				2,5	1,23	3,09	3	15,5	6	
			5	1,5	1,20	3	3	15	5	
				2,0	1,20	3	3	15	5	
				2,5	1,21	3	3	15	5	
			3	1,5	1,18	3	3	15	5	
				2,0	1,20	3	3	15	5	
				2,5	1,20	3,09	3	15	5	
3	Треста (після 14 днів вилежування)	800	7	1,5	1,20	3	3	16	4	
				2,0	1,20	3	3	16	4	
				2,5	1,22	3	3	16	5	
			5	1,5	1,19	3	3	16	5	
				2,0	1,19	3	3	16	6	
				2,5	1,20	3	3	16	5	
			3	1,5	1,17	3	3	16	4	
				2,0	1,18	3	3	15	5	
				2,5	1,20	3	3	16	5,5	
4	Свіжебрані стебла	1200	7	1,5	1,26	3	3	17	5	
				2,0	1,26	3	3	17	5	
				2,5	1,28	3	3,1	17	7	
			5	1,5	1,25	3	3	17	5	
				2,0	1,25	3	3	17	5	
				2,5	1,26	3	3	17	7	
			3	1,5	1,2	3	3	16	4	
				2,0	1,21	3	3	16	5	
				2,5	1,24	3	3	16	4	
5	Соломка (після 6 днів вилежування)	1200	7	1,5	1,22	3	3	17	4	
				2,0	1,22	3	3	17	4	
				2,5	1,25	3	3,15	17	7	
			5	1,5	1,21	3	3	17	4	
				2,0	1,21	3	3	17	4	
				2,5	1,23	3	3	17	5	
			3	1,5	1,20	3	3	17	4	
				2,0	1,20	3	3	16	5	
				2,5	1,22	3	3	16	7	

Продовження табл.3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	Треста (після 14 днів вилежування)	1200	7	1,5	1,20	3	3	17	6	Початкова середня розтягнутість стрічки 1,28 раз. Стеблостій рівний. Льон вибраний льонозбиральним комбайном ЛК-4А
				2,0	1,20	3	3	17	6	
				2,5	1,22	3	3,16	17	7	
			5	1,5	1,18	3	3	17	4	
				2,0	1,20	3	3	17	4	
				2,5	1,20	3	3,09	17	5	
			3	1,5	1,16	3	3	16	4	
				2,0	1,17	3	3	15	5	
				2,5	1,21	3	3,09	15	7	
7	Свіжебрані стебла	1800	7	1,5	1,27	3,8	3,8	18	7	
				2,0	1,27	3,8	3,8	18	7	
				2,5	1,28	3,8	3,3	18	7	
			5	1,5	1,26	3,8	3,8	17	6	
				2,0	1,26	3,8	3,8	16	7	
				2,5	1,27	3,8	3,8	16	7	
			3	1,5	1,2	3,8	3,8	15	6	
				2,0	1,22	3,8	3,8	15	5	
				2,5	1,24	3,8	3,8	15	4	
8	Соломка (після 6 днів вилежування)	1800	7	1,5	1,22	3,8	3,8	15	5	
				2,0	1,23	3,8	3,8	15	5	
				2,5	1,26	3,8	3,84	15	7	
			5	1,5	1,22	3,8	3,8	15	6	
				2,0	1,22	3,8	3,8	15	6	
				2,5	1,24	3,8	3,8	15	7	
			3	1,5	1,20	3,8	3,8	15	5	
				2,0	1,21	3,8	3,8	15	6	
				2,5	1,23	3,8	3,8	15	7	
9	Треста (після 14 днів вилежування)	1800	7	1,5	1,21	3,8	3,8	15	5	
				2,0	1,21	3,8	3,8	15	5	
				2,5	1,22	3,8	3,86	15	5	
			5	1,5	1,20	3,8	3,8	15	5	
				2,0	1,20	3,8	3,8	15	5	
				2,5	1,22	3,8	3,8	15	6	
			3	1,5	1,19	3,8	3,8	15	4	
				2,0	1,19	3,8	3,8	15	4	
				2,5	1,20	3,8	3,8	15	4,5	

За результатами польових випробовувань бачимо, що застосування запропонованого нами механізму забезпечує зменшення розтягнутості стрічки льону, в середньому на 9,6%, зменшення кута відхилення стебел у стрічці, в середньому на 11,2%; додаткові пошкодження стебел зафіксовані лише при швидкості руху агрегата 7 км/год. і швидкості стрічки піднімаючого транспортера підбирача 2,5 м/с, тобто при показнику кінематичного режиму $(\frac{v_T}{v_a})$ 1,3 на густому ($i \geq 1200$ шт./м²) льоніві.

Отримані при проведенні польових випробовувань результати підтверджують доцільність використання підбиваючого пристрою.

Визначено, що найкращі показники роботи підбиваючого пристрою будуть при наступних параметрах: швидкість руху агрегата 3-5 км/год.; швидкість стрічки підбирача 1,5-2 м/с; кількість ударів підбиваючих планок – 3.

Оцінювання процесу переробки трести льону-довгунця, технологія отримання якої передбачала застосування підбиваючого пристрою, за показником виходу волокна виявила, що стрічка трести вирівняна за комлями у ході первинної обробки забезпечила зростання виходу волокна з 18,4% до 22%.

РОЗДІЛ 4.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЛЕЖУВАННЯ ТРЕСТИ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОБЧІСУВАННЯ СТЕБЕЛ

4.1. Аналіз відомих конструкцій обчісувальних апаратів

У льонозбиральних машинах використовують різноманітні пристрої для відокремлення насіннєвих коробочок від стебел льону, які різняться між собою за принципом впливу на них. Це, наприклад, плющильні, обчісувальні, а також комбіновані апарати.

До плющильних відносять вальцеві та клавішні апарати; до обчісувальних – апарати барабанного типу, гребінкові, щілинні та бітерні апарати; до комбінованих – вальцево-гребінкові та вальцево-бітерні апарати.

Оскільки в умовах високої вологості та неоднорідності дозрівання маси стебел льону здійснювати процес плющення проблематично, то більш раціональним для відділення насіннєвої частини урожаю від стебел вважається використання способу обчісування. Для реалізації даного способу використовуються обчісувальні апарати різного типу і конструкцій, які за принципом дії на стебла та конструктивними особливостями можна поділити на групи.

Класифікація апаратів представлена на рис. 4.1.

Обчісувальні апарати бувають одно- та двобарабанні. Однобарабанні встановлені в льонокомбайнах ЛК-7, ЛК-5, ЛК-4М, ЛК-4Т, ЛКВ-4Т, ЛК-4А, у льонопідбирачах ЛОУ-1, «CLUZ» (Чехія), у льономолотарках «Demon» (Бельгія).

Найбільш поширеними є однобарабанні обчісувальні апарати з коловим поступальним рухом гребенів (рис.4.2), які включають затискний транспортер 1, барабан 2 – встановлений під кутом або паралельно до нього, механізм 3, за допомогою якого зуби гребенів 4 здійснюють колові рухи, не змінюючи свого положення в просторі.

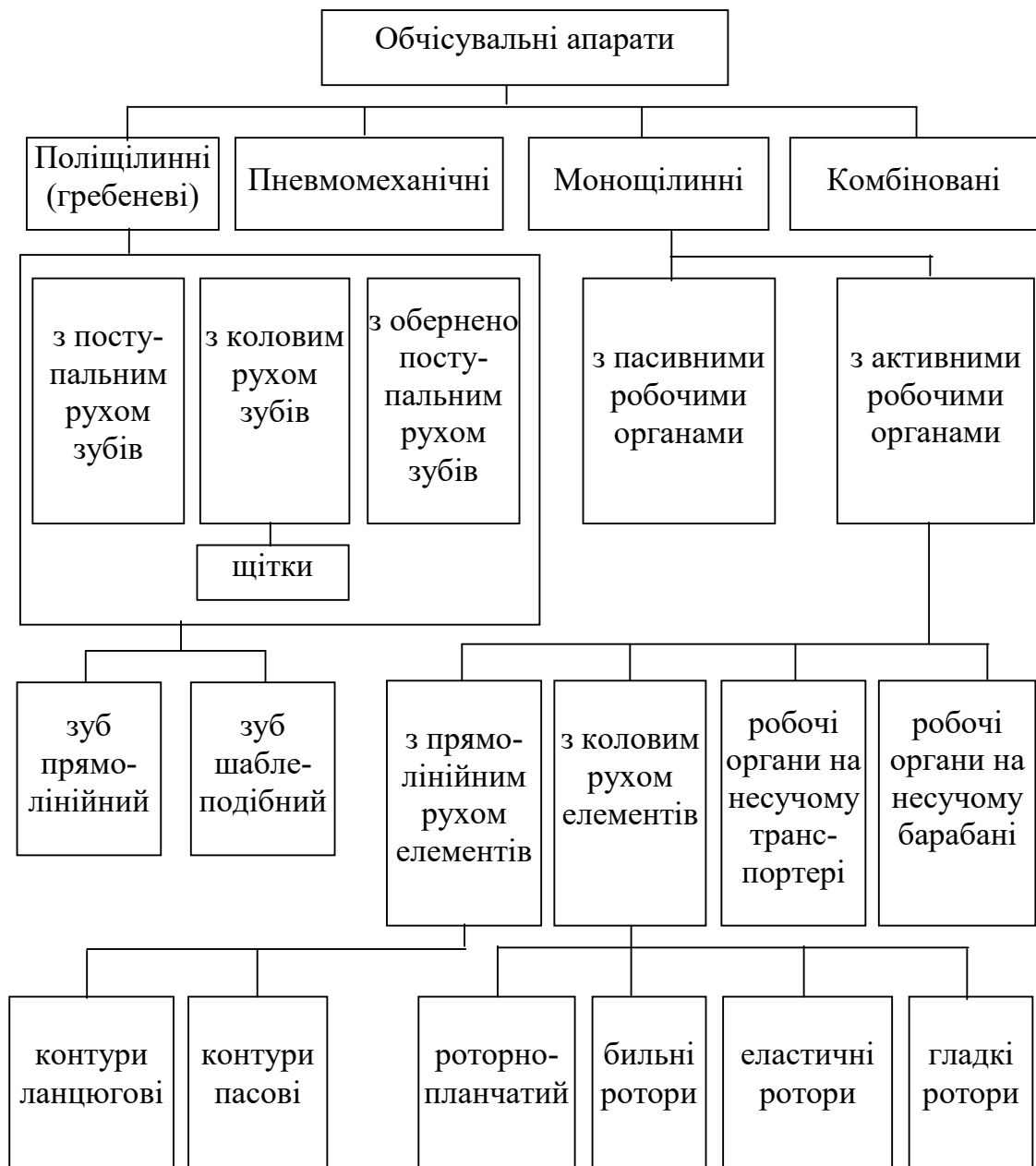


Рис.4.1- Класифікація обчисувальних апаратів

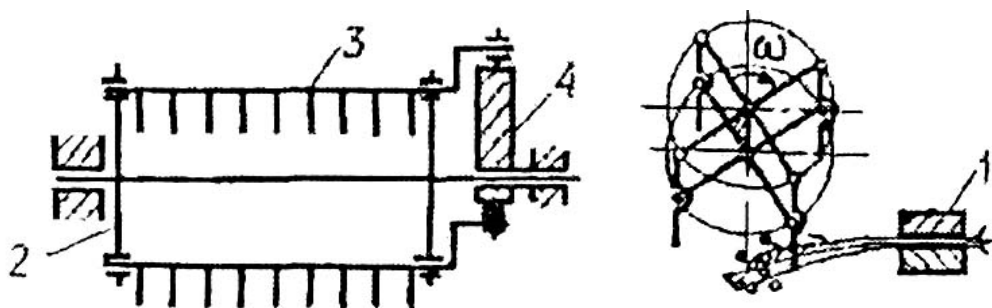


Рис.4.2- Однобарабанний гребеневий апарат: 1 – затискний транспортер; 2 – барабан; 3 – паралелограмний механізм; 4 – гребені; 5 – стебла льону

Під час руху комбайна по полю зубці обчісуючого барабану впливають на стебла, очісують їх. Продукти очісування виводяться з комбайна та накопичуються у збірному мішку.

Серед позитивних сторін даного апарата можна відмітити простоту конструкції, надійність, а також можливість обчісувати масу стебел льону практично будь-якої стиглості та вологості. Серед негативних – надмірні пошкодження та відхід стебел в плутанину.

У деякій мірі дані недоліки успадкував і двобарабанный гребеневий апарат. До позитивних сторін даного апарата можна віднести технологічну надійність та відносно високу повноту відділення продуктів обчісування із снопів та стрічок.

Відомими також є апарати, які працюють за методом захлестування. Схема такого апарата наведена на рис.4.4.

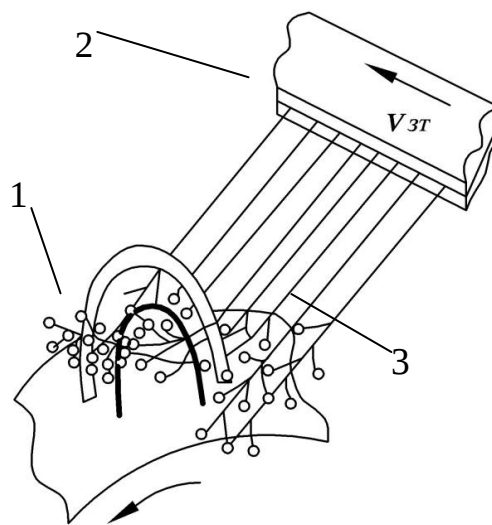


Рис.4.4- Обчісувальний апарат, що працює за принципом захлестування:

1 – зуби-рамки; 2 – затискний транспортер; 3 – стебла льону

Перевагами даного апарата є: порівняно незначні енергозатрати на процес обчісування та значне зниження руйнування насіння. Враховуючи особливості будови льону, використання даного апарата для його обчісування є недоцільним.

На рис. 4.5 представлена схема апарата роторно-ударного типу.

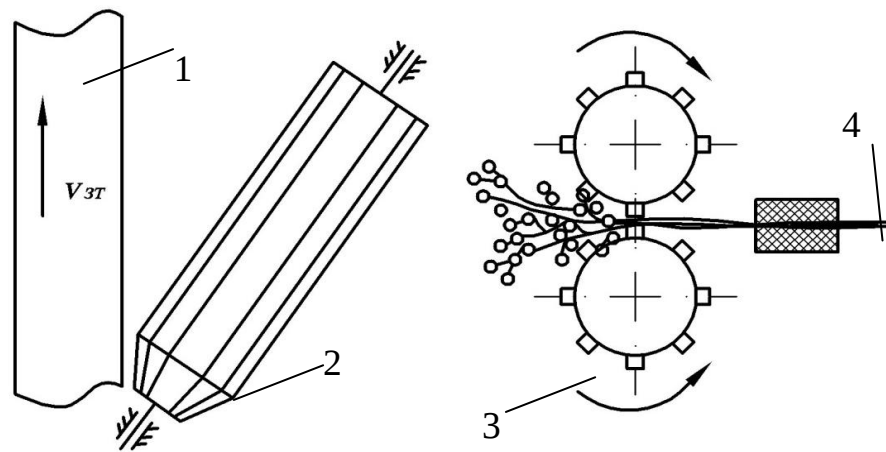


Рис.4.5- Апарат роторно-ударного типу: 1 – затискний транспортер;
2 – циліндричний ротор; 3 – било; 4 – стебла льону

До переваг даного апарата можна віднести простоту конструкції і невисока енергоємність процесу. До недоліків – залежність чистоти обчісування і повноти виділення продуктів обчісування від вологості льняної маси і від способу її подачі. Також складність виникає під час збирання продуктів обчісування.

Практично ідентичним до роторно-ударних апаратів є роторно-планчатий обчісувальний апарат (рис. 4.6), який відрізняється тим, що в якості робочої поверхні замість циліндричних труб-дисків використовуються несучі биля, що лише зменшує металомісткість конструкції. Даний апарат повною мірою унаслідував позитивні і негативні сторони попереднього.

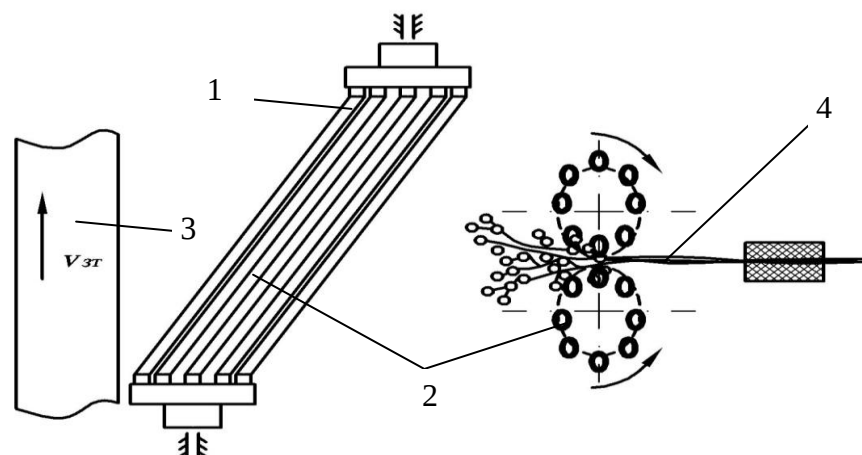


Рис. 4.6- Апарат роторно-планчатого типу: 1 – барабан; 2 – планка;
3 – затискний транспортер; 4 – стебла льону

Аналіз відомих схем обчісувальних апаратів показав, що жодна з них не забезпечує у повній мірі виконання агротехнічних вимог до виконання технологічного процесу обчісування.

З метою покращення показників якості та ефективності процесу обчісування льону необхідно вирішити наступну задачу: розробити та обґрунтувати параметри обчісувального апарата, який би забезпечував: руйнування насіннєвих коробочок різної вологості з метою виділення з них насіння; чистоту обчісування не менше 99%; втрати насіння не більше 5%; пошкодження стебел не більше 5% при незначних енерговитратах на здійснення процесу.

4.2 Дослідження процесу обчісування стебел льону-довгунця плющильно-обчісувальним апаратом

У гребеновому обчісувальному апараті відбувається руйнування взаємозв'язку стебел і коробочок льону та безпосереднє руйнування останніх з метою виділення з них насіння. Під час впливу зубців гребенів на насіннєві коробочки, в першу чергу, руйнуються найбільші з них. Насіння льону хаотично вилітає із зруйнованих коробочок і потрапляє на рухому стрічку обчісаних стебел і разом із ними виносяться за межі камери обчісування, що є причиною значних втрат насіння. Крім того, накопичення зруйнованих коробочок на стрічці збільшує опір стрічки обчісуванню, що веде до обриву та зламу стебел.

З метою зменшення втрат насіння та обривів стебел в процесі обчісування нами передбачалось розділення впливів на насіннєву й стеблову частини рослини в обчісувальному апараті. А саме: видалення насіння шляхом руйнування коробочок, а потім руйнування зв'язків у системі коробочки-стебла.

Для відтворення такого поетапного процесу обчісування нами було запропоновано конструкцію плющильно-обчісувального апарата (рис. 4.7).

Плющильно-обчісувальний апарат містить затискний транспортер 1, розміщену за ним камеру обчісування 2, барабан 3 з валом 4, дисками 5, 6, 7, криволінійні плющильні вальці 9 і криволінійну опорну направляючу поверхню 10. Гребені 11 містять зубці 12 і пластини 13. Криволінійні плющильні вальці 9 встановлені на вісі 14 гребенів 11 за напрямком надходження стебел льону в камеру обчісування 2 з попереднього робочого органа. Криволінійна опорна направляюча поверхня 10 розташована в зоні впливу криволінійних плющильних вальців 9 на стебла льону 15. Криволінійна опорна направляюча поверхня 10 обертається навколо нерухомої вісі 16. Відстань від криволінійних плющильних вальців 9 до криволінійної опорної направляючої поверхні 10 регулюється пружиною 17, встановленою в стакані 18. З метою створення постійного зазору між криволінійними плющильними вальцями 9 і криволінійною опорною направляючою поверхнею 10, який забезпечує вільний прохід стебел 15 в камеру обчісування 2, в останній встановлена гайка 19, у неї загвинчено болт 20 з гайкою 21. Гайка 19 жорстко закріплена на стінці камери обчісування 2.

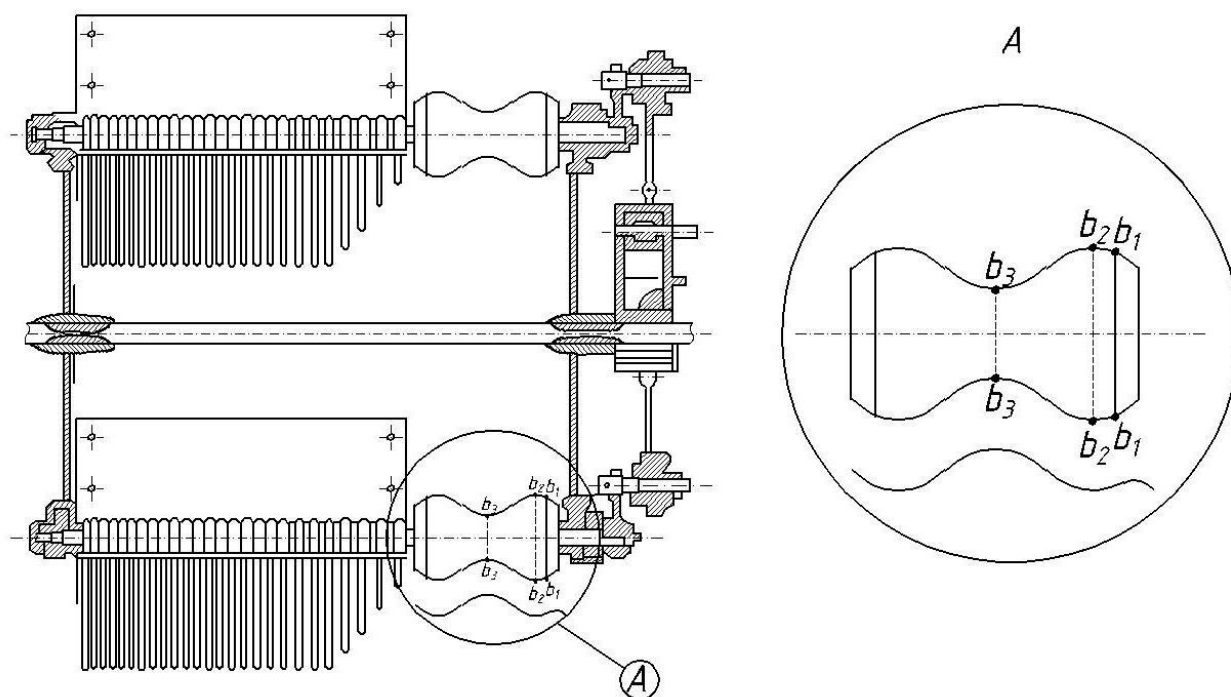


Рис.4.7- Схема плющильно-обчісувального апарата

Плющильно-обчісувальний апарат працює наступним чином.

Затискний транспортер підводить стебла льону в зону камери обчісування. Верхня частина стебел, які містять насіннєві коробочки, надходить в зазор між криволінійними плющильними вальцями і криволінійною опорною направляючою поверхнею, затискається між ними під дією пружини і продавлюється. Тим самим порушується цілісність насіннєвих коробочок. Далі, рухаючись у камері обчісування, верхня частина стебел потрапляє під дію зубців і гребенів, які видаляють коробочки. Обчісані стебла виводяться з камери обчісування затискним транспортером, а ворох, який складається зі шматків стебел, бур'янів і роздавлених коробочок, піднімаються вгору і виводяться з камери обчісування.

Проаналізуємо процеси, які відбуваються під час проходження стрічки стебел через апарат.

На першому етапі гузирева частина стрічки стебел, затиснена між пасами затискного транспортера, потрапляє в зону плющення. Форма поверхонь вальців та направляючої поверхні виконана криволінійною з метою збільшення поверхні контакту коробочок із ними та забезпечення їх максимального руйнування.

Як бачимо з рис.4.8, процес продавлювання коробочок почнеться в точці a , яка найбільше віддалена від вісі обертання барабана. Дотик здійснюється в зоні розташування опорної поверхні.

На горизонтальній поверхні дотик вальця з коробочками відбувається в точці 1, віддаленій від точки затиску 0 на деяку відстань Δ , що дорівнює величині відрізка [01] (рис.4.8, б).

Припускаємо, що початковим положенням вальця є таке, коли центр його обертання співпадає з точкою O' . Як бачимо з рис. 3.3 а, дотик вальця та коробочок відбувся в точці a .

Лінія, що з'єднує центр обертання барабана 0 і центр обертання вісі вальця $0'_1$ та, відповідно, точка a , відхилена від початкового положення на деякий кут β_0 , косинус якого визначиться:

$$\cos \beta_0 = \frac{00'}{r_{\max}}, \quad (4.1)$$

де $00'$ – радіус кола, по якому переміщується центр обертання вальців, позначимо $00' = r_u$;

$r_{\max}$ – радіус кола, по якому рухаються найвіддаленіші від вісі вальця точки (b_2 рис.4.7).

Враховуючи вище сказане, маємо:

$$\cos \beta_0 = \frac{r_u}{r_{\max}} \quad (4.2)$$

Продавлювання починається, як вище зазначалось, в точці a . Через деякий проміжок часу t барабан повернеться на кут $\omega_\phi t$, який позначимо γ . Точка контакту a за час t переміститься й займе положення a_1 , пройшовши шлях продавлювання вздовж верхівок стебел, які утворюють стрічку 00_1 . Введемо систему координат XOY , яку пов'яжемо з затискним транспортером (рис.4.8, б).

Деформація насінневих коробочок починається з точки a . Введемо припущення, що стебла, які надходять в зону дії обчисувального апарата, починаючи від торця затискного транспортера і до верхівки, горизонтальні і їхній поздовжній контакт із направляючою та відповідними ділянками (b_1b_1 ; b_2b_2 , ...) вальців відбувається по прямій. Тоді, якщо точка a перейде в наступне положення a_1 шлях плющення становитиме 0_10 .

Проекція точки 0 на горизонтальну площину відповідає точці 2 (рис.4.8, б), ордината якої $y = V_{mp}t$, де V_{mp} – лінійна швидкість затискного транспортера; абсциса, відповідно, становить $x = (0 - 1) + (1 - 2) = \Delta + (1 - 2)$.

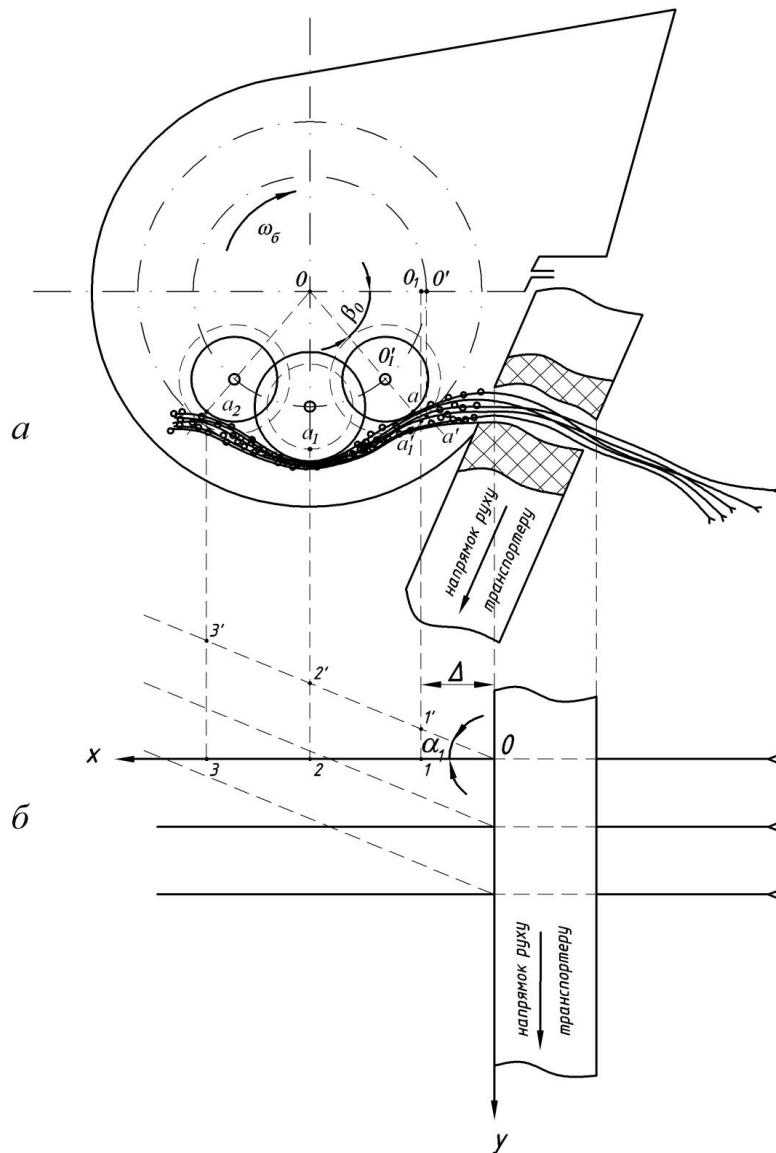


Рис.4.8- Схема взаємодії вальців барабана з насіннєвими коробочками

З метою визначення величини θ_1 розглянемо трикутник aOa' де кут a_1Oa' залежить від величини кутової швидкості обертання барабана ω_δ . Позначимо цей кут γ_1 , $\gamma_1 = \omega_\delta t_1$, де t_1 – час, за який точка дотику вальця a переміститься в положення a_1 , рухаючись по колу радіусом $r_{\min}$.

Маємо: $Oa' = r_{\min} \cos \omega t_1$, де $Oa' = r_{\min} + aa' = r_{\max}$.

Відрізок aa' відповідає різниці відстаней від точок b_2 і b_1 до вісі обертання вальців (рис.4.8, б). Тоді $r_{\max} = r_{\min} \cos \omega t_1$.

З урахуванням викладеного, маємо:

$$x = r_{\min} (\operatorname{tg} \omega t_1 + \cos \beta_0) - r_{\max} \cos \beta_0; \quad (4.3)$$

Плющення буде відбуватись в межах кута $\alpha 0a_2$, який становить $180^\circ - 2\beta_0$.

4.3. Результати дослідження фізико-механічних властивостей соломи льону-довгунця, отриманої з використанням плющильно-обчісувального апарату

4.3.1. Оцінювання показника засміченості лляної соломи

Засміченість лляної соломи визначали згідно [63]. Для цього використовували вагу технічну з похибкою зважування не більше 0,1 кг.

Жмені лляної соломи, відібрані для визначення засміченості, зважували і потім з них вручну відділяли бур'яни, сторонні домішки, насіннєві коробочки і знову зважували. Зважування жмень лляної соломи проводили з похибкою не більше 1,0 г, насіння льону – не більше 0,5 г.

Засміченість льоносоломи (X) у відсотках обраховували за формулою:

$$X = \frac{m_2 - m_3}{m_2} \cdot 100\%, \quad (4.4)$$

де m_2 – маса десяти жмень лляної соломи до видалення насіннєвих коробочок, бур'янів, сторонніх домішок, г;

m_3 – маса десяти жмень соломи після видалення насіннєвих коробочок, бур'янів, сторонніх домішок, г.

Вміст насіння льону (X_e) в лляній соломі у відсотках обчислювали за формулою:

$$X_e = \frac{m_n}{m_2} \cdot 100\% \quad (4.5)$$

де m_n – маса насіння льону-довгунця, г.

Засміченість лляної соломи визначали з метою оцінювання ефективності роботи обчісувального апарата як базової, так й удосконаленої конструкції.

Як бачимо з рис. 4.9, застосування плющильно-обчісувального апарата дозволило зменшити засміченість лляної соломи, в середньому, на 1,3%. Середня засміченість за 3 роки проведення досліджень за умови застосування плющильно-обчісувального апарата 6,4%, що менше допустимого значення, яке становить 10%. Слід відмітити, що засміченість лляної соломи при застосуванні плющильно-обчісувального апарата зменшилась (як було встановлено органолептично), в основному, за рахунок зменшення домішок такого плану:

- пошкоджені стебла;
- не обірвані коробочки;
- обірвані, не зруйновані коробочки;
- зруйновані коробочки, які затримались у стрічці стебел.

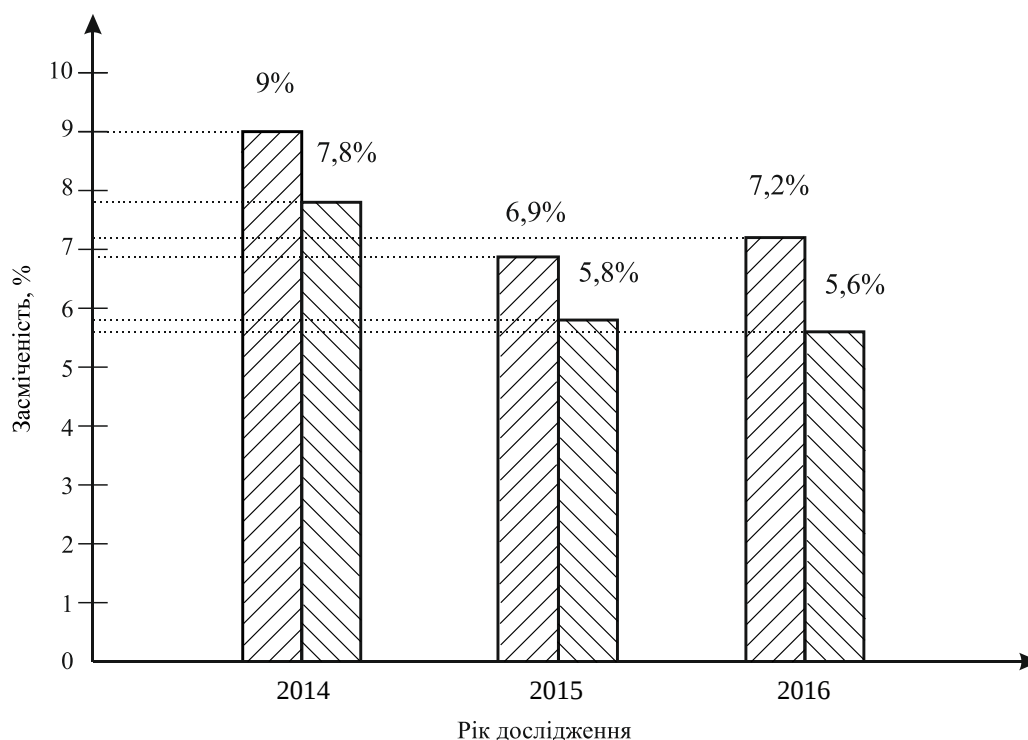


Рис. 4.9 - Результати визначення засміченості лляної соломи за умови застосування обчісувального апарата:

▨ – базової конструкції; ▨ – удосконаленої конструкції.

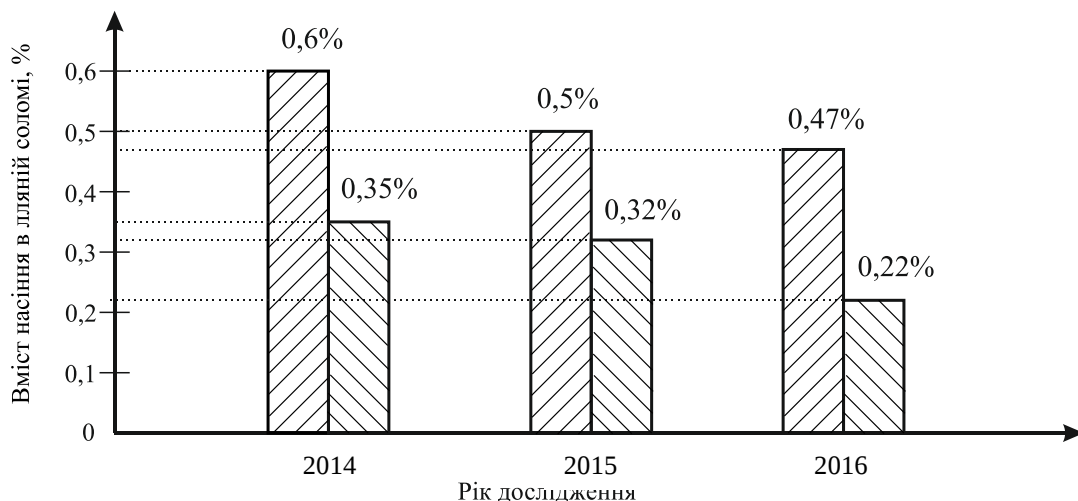


Рис. 4.10- Результати визначення вмісту насіння льону в лляній соломі за умови застосування обчісувального апарата:

▨ – базової конструкції; ▩ – удосконаленої конструкції.

Зменшення кількості зазначених вище домішок свідчить про те, що встановлення запропонованого плющильно-обчісувального апарата [64] забезпечує підвищення ефективності процесу обчісування та значно покращує якість льоносоломи, вистеленої на стелище для подальшого вилежування в тресту.

4.3.2. Визначення масової частки лубу у лляній соломі

Для проведення досліджень використовували лабораторну м'ялку ЛМ-3, ваги лабораторні з похибкою зважування не більше 0,012.

Визначення проводять при вологості лляної соломи не більше 20 %. За умови більшої вологості жмені лляної соломи, її підсушують протягом 1-2 хв.

З кожної жмені лляної соломи, відібраної для визначення номеру, після заміру довжини жмені та визначення кольору відбирають з різних місць жмені стебла масою 2,5-3,0 г. Жменю звільняють від бур'янів і домішок, розділяють на дві, приблизно рівні частини і формують з них дві жмені, кожна з яких повинна формуватись з половини всіх десяти пучків. З кожної сформованої жмені виділяли по одній наважці масою $10,0 \pm 0,1$ г.

Наважку в одностебловому шарі пропускали крізь вальці лабораторної

м'ялки і струшували з метою видалення костриці після кожних 3-4 пропусків. Якщо костра відсутня, наважку зважували, пропускали два рази через вальці м'ялки, струшували і знову зважували.

Якщо результат другого зважування різнився від першого більше, ніж на 0,05 г, наважку ще раз пропускали крізь вальці м'ялки до того часу, доки результат останнього зважування наважки відрізнявся від попереднього менше, ніж на 0,05 г.

Наважки зважували з похибкою не більше, ніж 0,01 г.

Масову долю лубу в одній наважці ($M_{\text{л}}$) у відсотках обчислювали за формулою:

$$M_{\text{л}} = \frac{m \cdot k}{10} \cdot 100, \quad (4.6)$$

де m – маса лубу, отримана з наважки лляної соломи, г;

k – коефіцієнт, який дорівнює:

- 1,08 за умови, що вологість лляної соломи 7%-10% ;

- 1,04, якщо вологість 11%-15%;

10 – маса наважки лляної соломи, г.

Масову долю лубу обчислювали як середньоарифметичне результатів визначення двох наважок, якщо різниця між ними не перевищувала 3%.

Якщо перевищення цієї норми було більше, дослід повторювали і за кінцевий результат приймали середньоарифметичне результатів чотирьох наважок.

Обчислення проводили до першого десяткового знаку з заокругленням до цілого числа.

Результати досліджень наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Результати визначення масової частки лубу в лляній соломі

Рік досліджень	Сорт льону-довгунця	Вологість, %	Масова частка лубу	Примітка (середній діаметр стебел, мм)
2014	Чарівний	13,2	29,0	0,82
	Гладіатор	14,75	28,26	0,64
2015	Чарівний	15,2	36,2	0,79
2016	Чарівний	13,0	28,0	0,79
	Гладіатор	14,8	30,42	0,79

4.3.3. Результати визначення розривного зусилля лляної соломи

Для проведення досліджень використовували розривну машину РМП-1, лабораторну м'ялку ЛМ-3, ваги лабораторні з похибкою вимірювання не більше 0,012, лінійку з поділкою 0,1 см.

Від кожної жмені стебел відбирали 4-5 г. Від середини кожного пучечка в обидва боки відміряли по $(13,5 \pm 1)$ см і вирізували по одному відрізку довжиною $(27,0 \pm 0,2)$ см. З кожного відрізка відбирали без перебору по одній наважці масою $(1,00 \pm 0,01)$ г. наважку пропускали крізь вальці лабораторної м'ялки ЛМ-3 чотири рази.

Після промину кінці відрізка стебел кожної наважки затискають у клемах розривної машини РМП-1 і заміряють розривне зусилля.

Розривне зусилля лляної соломи однієї проби обраховують як середнє арифметичне результатів визначення по десяти наважках.

Обрахунки проводять до першого десяткового знака з наступним заокругленням результату до цілого числа.

Результати досліджень наведено в табл.4.2.

Таблиця 4.2 - Результати визначення розривного зусилля лляної соломи

Рік досліджень	Сорт льону-довгунця	Солома, отримана за допомогою обчисувального апарата, міцність, даН	
		базового	нового
2014	Чарівний	25,2	25,51
	Гладіатор	25,8	25,94
2015	Чарівний	26,7	26,92
2016	Чарівний	25,9	26,12
	Гладіатор	27,4	27,59

Як бачимо, обчисування льону-довгунця за допомогою плющильно-обчисувального апарата забезпечує зростання міцності лубу, в середньому, на 0,8%. Зміна є незначною і її можна вважати випадковою.

4.3.4. Результати дослідження впливу механічних пошкоджень стебел льону на вихід і якість волокна

Як виявили дослідження процесу обчисування, зубці обчисувального барабана наносять різні пошкодження стеблам льону-довгунця.

У ході досліджень виявлені наступні види пошкоджень (рис. 4.11).

Розплющення – порушення форми. При огляді стебла видно, що деревина не пошкоджена, є лише порушення його форми. Такий вид пошкоджень не впливає на вихід волокна, він не веде до його пошкодження.

Якщо при органолептичному оцінюванні виявлені тріщини, то маємо сильне розплющення стебла. Такий вид пошкодження веде до поодиноких розривів волокон (тих, що потрапили в зону тріщини).



а



б



в



г

Рис. 4.11 - Виявлені види пошкоджень стебел:

а – розплющення без тріщин (слабке); б – розплющення з тріщиною (сильне);
в – злам; г – розшарування верхівки стебла

Розрив продуктивної частини проявляється під час перелому стебла, це призводить до розриву волокон.

Верхівка стебла також може пошкоджуватись. Це проявляється як розшарування стебла (верхівки) на окремі тоненькі стрічечки.

Стебла з виявленими певними видами пошкоджень були нами отримані в лабораторних умовах. Після групування їх за видами пошкоджень вони були розкладені на стелищі для вилежування.

Вилежані стебла (тресту) обробляли на верстаті СМТ-200 з метою визначення виходу довгого волокна.

Крім того, згідно ДСТУ 4015-2001 визначали гнучкість волокна за допомогою гнучкоміра ГВ-2 та розривне навантаження за допомогою розривної машини РМП-1.

Результати досліджень наведено в табл. 4.3.

**Таблиця 4.3 - Вплив різних видів пошкодження стебел на вихід
волокна та його якість**

Вид пошкодження	Вихід волокна, %	Розривне зусилля, даН.	Гнучкість, мм
Плющення з утворенням тріщин	16,3	16,2	44,30
Злам	14,8	15,9	43,80
Плющення без тріщин (зміна форми стебла)	16,5	17,1	44,10
Розшарування верхівки стебла	15,2	17,8	43,10
Контроль (дослід з непошкодженими стеблами)	16,9	17,97	43,10

З даних таблиці 4.3 видно, що різні види пошкоджень, тією чи іншою мірою, впливають на вихід волокна та його якісні характеристики.

Найбільш небезпечним є відкритий злам. За умови прояву відкритого

зламу зменшується вихід волокна. До зменшення даного показника призводить й розшарування верхівок стебел.

Розривне зусилля змінюється більш суттєво, особливо сильний негативний вплив на величину розривного зусилля справляють такі види пошкоджень як злам і плющення з тріщиною.

Таким чином, дані дослідження доводять актуальність зміни обладнання для здійснення процесу обчісування стебел.

4.4. Результати дослідження ефективності роботи удосконаленого плющильно-обчісувального апарата

Дослідження роботи плющильно-обчісувального апарата проводили з використанням виготовленого на базі обчісувального апарата льонозбирального комбайна ЛК-4А плющильно-обчісувального апарата (рис. 4.12) та обчісувального апарата льонозбирального комбайна ЛК-4А.



Рис. 4.12-Плющильно-обчісувальний апарат з криволінійними плющильними вальцями і криволінійною направляючою поверхнею

Кінематичні параметри роботи комбайна, параметри стеблостою та агро-кліматичні умови були однаковими.

Дослідження проводили в три етапи:

1. Оцінка параметрів лляної соломи на виході з льонозбирального комбайна.
2. Оцінка параметрів лляної трести.
3. Оцінка параметрів волокна.

Результати оцінювання ефективності роботи обчісувального та плющильно-обчісувального апаратів представлені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Результати оцінювання ефективності роботи обчісувального та плющильно-обчісувального апаратів

Вид устаткування	Чистота обчісування стрічки льону, %	Пошкодженість стебел, %	Втрати стебел, %	Склад лляного вороху		
				плутанина, %	цілі та пошкоджені коробочки, %	пошкоджене насіння, %
обчісувальний апарат ЛК – 4А	94,0	3,8	0,09	0,82	40,59	0,03
	96,2	3,0	0,087	0,92	41,2	0,04
	96,8	4,1	0,094	0,89	42,3	0,03
	97,9	3,4	0,096	0,78	40,8	0,03
	96,9	3,4	0,091	0,79	41,4	0,03
середнє значення	96,36	3,54	0,092	0,84	41,3	0,032
плющильно-обчісувальний апарат	98,4	3,0	0,04	0,59	15,8	0,01
	98,9	2,62	0,069	0,49	19,1	0,012
	99,0	2,44	0,06	0,53	15,7	0,014
	98,78	2,58	0,057	0,52	16,2	0,012
	98,84	2,62	0,049	0,5	15,9	0,011
середнє значення	98,78	2,65	0,055	0,53	16,5	0,011

Графічну інтерпретацію отриманих результатів наведено на рис. 4.13 та 4.14.

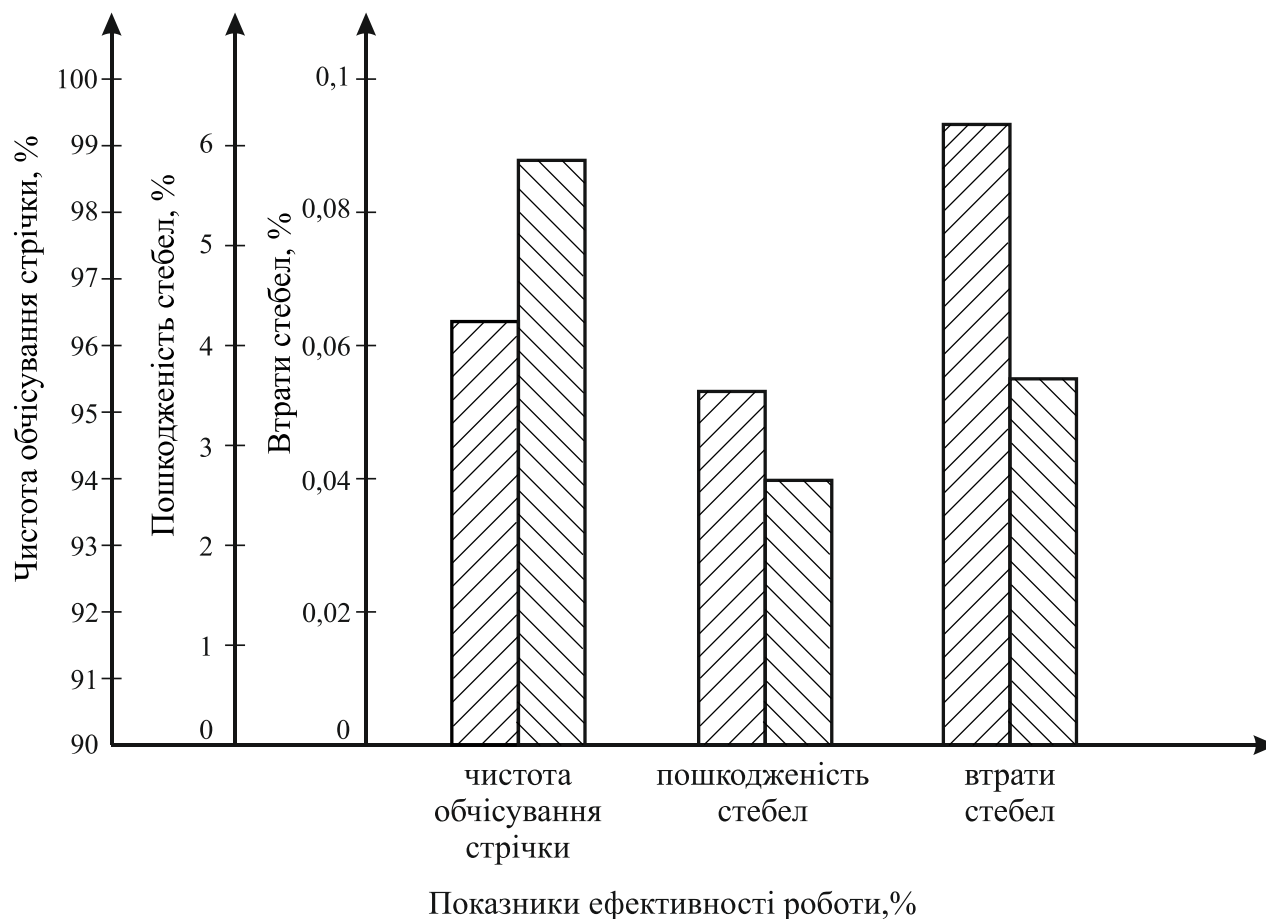


Рис.4.13- Показники ефективності роботи за умови застосування апарата:

▨ – базової конструкції; ▩ – удосконаленої конструкції.

З аналізу рис. 4.13 видно, що використання удосконаленої технології отримання лляної соломи із застосуванням удосконаленого обчісувального апарата дозволило:

- збільшити чистоту обчісування на 2,4%;
- зменшити пошкодженість стебел на 25,1%;
- зменшити втрати стебел на 41,1 %.

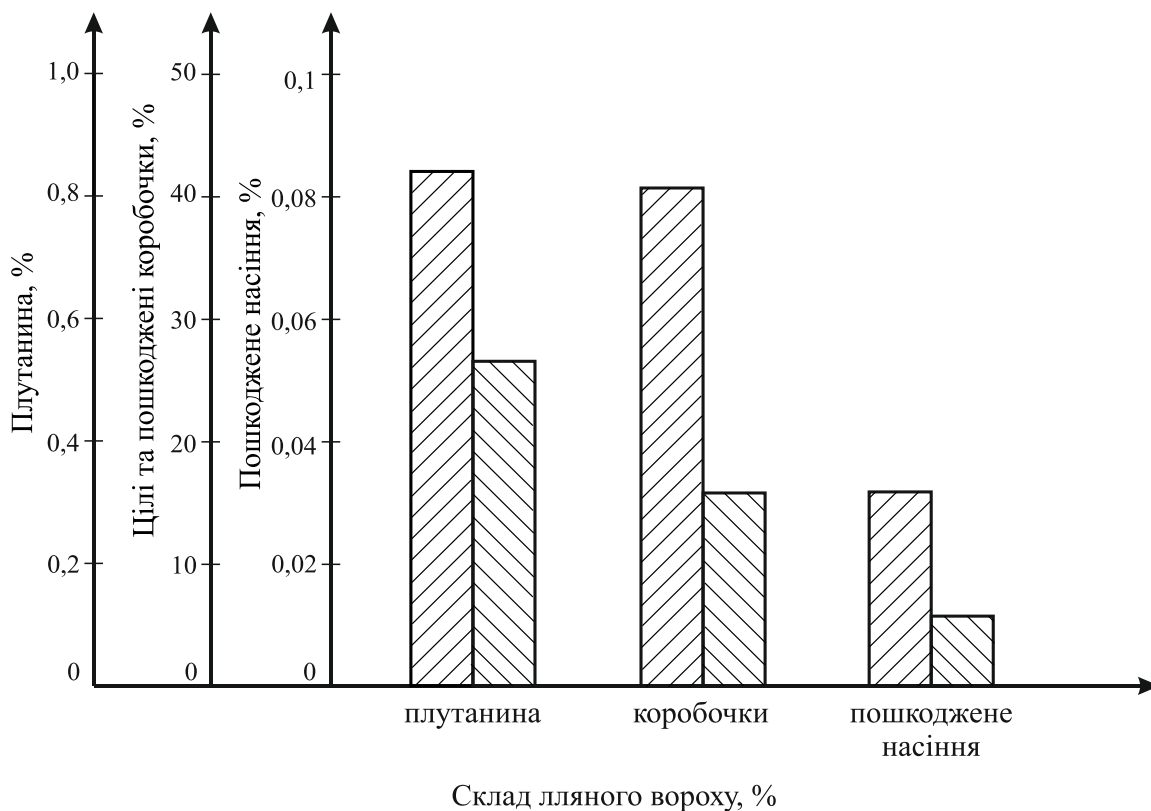


Рис.4.14- Оцінювання складу вороху за умови застосування апарата:

▨ – базової конструкції; ▩ – удосконаленої конструкції.

З рис. 4.14. видно, що запровадження удосконаленої технології отримання лляної соломи дозволило:

- зменшити вихід у плутанину з 0,84% до 0,53%;
- зменшити вихід не розкритих коробочок у плутанину з 41,3% до 16,5%;
- зменшити втрати насіння на 41,1%.

Аналіз отриманих результатів довів, що використання плющильно-обчісувального апарата дозволяє значно покращити ефективність процесу обчісування, тобто створити умови для отримання трести вищої якості.

4.4.1. Результати оцінювання параметрів трести

Отримана на виході лляна солома розстелялась для вилежування на стелищі. Паралельно для вилежування вистеляли лляну соломку на двох ділянках: на першій солома була отримана за відомою технологією, на другій –

за удосконаленою. Вилежування проводилось в однакових агрокліматичних умовах. Тривалість вилежування в середньому за 3 роки польових досліджень становила 26 днів.

Аналіз таких показників як колір волокна трести та відокремлюваність виявив, що вони практично не відрізнялись для трести, вилежаної з соломи, отриманої за різними технологіями. Результати визначення показників якості лляної трести для різних ділянок наведено в табл. 4.5. і 4.6.

Таблиця 4.5 - Показники якості лляної трести вилежаної з соломи, отриманої за відомою технологією

Показники сорт льону	Гнучкість, мм	Розривне зусилля, даН	Група кольору
Гладіатор	34,60	12,60	2,0
Чарівний	35,30	12,90	2,0

Таблиця 4.6 - Показники якості лляної трести вилежаної з соломи, отриманої за удосконаленою технологією

Показники сорт льону	Гнучкість, мм	Розривне зусилля, даН.	Група кольору
Гладіатор	34,96	13,00	2,2
Чарівний	35,83	13,25	2,2

Зміна показника гнучкості та розривного зусилля пояснюється зменшенням пошкодженості стебел у ході здійснення процесу обчісування.

4.4.2. Результати дослідів, спрямовані на оцінювання виходу довгого тіпаного волокна

Відбирали десять жмень трести лляної, зважували їх. Потім почергово по дві жмені розкладали рівномірним шаром на транспортері верстата СМТ-200М

[65]. Стебла кожної жмені на транспортері верстата розкладали так, щоб вони верхівковою частиною впирались у плющильні вальці. Якщо довжина стебел менша за відстань від плющильних вальців до першого показника на бортику верстата, то їх розміщували гузирями на рівні першого показника.

Вмикали тіпальні барабани, а потім живильний транспортер. Після оброблення верхівкової частини, стебла повертають гузирями до плющильних вальців і розміщують їх на транспортері так, щоб лінія, яка відокремлює оброблену частину трести лляної від необробленої, була встановлена на рівні другого показника і обробляли знову.

Із одержаного довгого волокна на транспортері верстата СМТ-200М видаляли бур'яни, потім волокно кожної жмені три рази струшували для видалення насипної костриці, не допускаючи втрат волокна.

Одержане після оброблення кожних десяти жмень трести лляної, все довге волокно зважували разом і використовували для визначення кольору. Зважували тресту лляну і волокно з похибкою, що не перевищує 1 г.

Вихід довгого волокна (В) у відсотках обчислюють за формулою:

$$B = \frac{m_7}{m_6} \cdot 100\%, \quad (4.6)$$

де m_6 – маса десяти жмень трести лляної за фактичної засміченості, г;

m_7 – маса волокна, г.

Вихід довгого волокна обчислювали до другого десяткового знаку з заокругленням результатів до першого десяткового знаку.

Результати, отримані в ході досліджень, подано в табл. 4.7.

**Таблиця 4.7 - Показники якості лляної трести та виходу довгого
волокна**

Показники	Варіанти виконання операції обчісування	
	Обчісування ЛК-4А	Плющення і обчісування
Номер трести	1,75	2,0
Вихід довгого волокна, %	16,9	17,57

Номер лляної трести – комплексний показник, на формування якого впливають показники гнучкості, розривного зусилля, тощо [65].

Як бачимо за табл. 4.5 та 5.6 гнучкість зростає, в середньому, на 1,24%, розривне зусилля – на 2,86%. Підвищення якості трести вплинуло на показник виходу довгого волокна, який, відповідно, зріс за рахунок застосування удосконаленої технології отримання лляної соломи на 3,96%.

РОЗДІЛ 5

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИГОТУВАННЯ ТРЕСТИ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОБЕРТАННЯ СТРІЧОК ЛЬОНУ

5.1 Теоретичні основи альтернативного способу обертання з притисканням

5.1.1. Дослідження взаємодії притискного пристрою зі стрічкою стебел льону

Необхідність обертання стрічки льону в процесі його вилежування на стелищі доводиться багатьма вченими. В Україні, де льоносіючі зони характеризуються вологим та теплим кліматом, вилежування проходить інтенсивно і потребує виконання процесу обертання з метою запобігання підгнивання нижнього шару стрічки. Даний технологічний прийом використовується давно, як у Європі, так і в Україні, Білорусі, Росії. Спочатку для виконання обертання застосовували довгі палки, вилки, рогаці, пізніше були запропоновані спеціальні машини-обертачі.

Дослідженнями встановлено, що обертання стрічок льону підвищує якість трести в середньому на 0,5...1,0 сортономера.

Враховуючи вищевикладене можна зробити висновок про необхідність і доцільність підвищення ефективності процесу обертання стрічки льону на основі удосконалення машин і механізмів для його здійснення.

Для обертання стрічок льону використовують обертачі ОСН-1, ОЛП-1. Обертання здійснюється 2-3 рази, що забезпечує рівномірне вилежування трести.

За умови, що на полі високий стеблостій льону, дві сусідні стрічки «накладаються» одна на одну, що проявляється як зчеплення головок однієї стрічки із комлями іншої. При виконанні процесу обертання стрічки, пальці барабана обертача захоплюють стебла і піднімають їх вгору. При цьому стебла, які піднімаються, тягнуть за собою зчеплені стеблини сусідньої стрічки, що призводить до порушення цілісності стрічки, збільшення розтягнутості. З

метою запобігання цьому явищу нами запропоновано оснащувати обертач додатковим притискним пристроєм (рис. 5.1).

Притискний пристрій, схему якого подано на рис.5.1, розташовується паралельно обертачу і одночасно з ним рухається поперек стрічки, що знаходиться зліва від машини, притискаючи стебла [58].

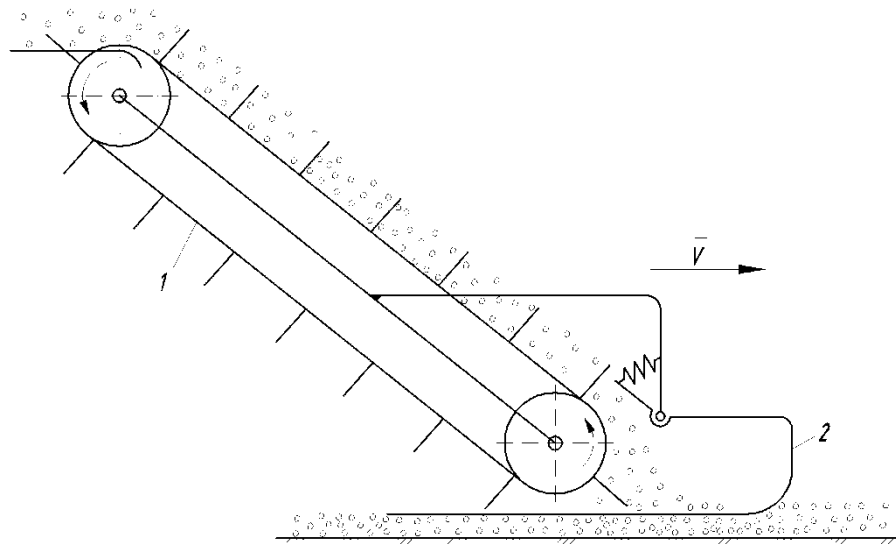


Рис. 5.1- Схема підбирача стрічки льону з притискним пристроєм:

1 – транспортер підбирача; 2 – притискний пристрій

При переміщенні підбирача по полю, стебла a правої стрічки піднімаються пальцями транспортера в напрямку V_n – швидкості піднімання (рис. 5.2). Сила, яка прагне відірвати зчіплене стебло a , позначена F . При цьому стебло a прагне потягнути за собою стебло b сусідньої стрічки льону.



Рис. 5.2- Схема сил, що діють на стебла, при виконанні операції обертання стрічки обертачем, обладнаним притискним пристроєм

Між поверхнею пластини притискача і стеблом b діє сила тертя F_{T_1} , а між поверхнею ґрунту та нижнім стеблом лівої стрічки – сила тертя F_{T_2} . При цьому: $F_{T_1} = f_1 \cdot G$, де f_1 – коефіцієнт тертя між стеблом льону і поверхнею притискної пластини; $F_{T_2} = f_2 \cdot G$, де f_2 – коефіцієнт тертя між стеблом і ґрунтом.

Умова невитягування стебла b при піднімання і стебла a , яке прагне зсунути стебло b , набуде вигляду:

$$F \cdot \cos \alpha < F_{T_1} + F_{T_2}, \quad (5.1)$$

де α – кут нахилу лінії дії сили F до горизонту,

або з урахуванням вище сказаного: $F \cdot \cos \alpha < 2G(f_1 + f_2)$, звідки

$$F < \frac{2G}{\cos \alpha} (f_1 + f_2). \quad (5.2)$$

З умови (5.2) маємо:

$$G > \frac{F \cdot \cos \alpha}{2(f_1 + f_2)}. \quad (5.3)$$

Виконання умови (5.3) забезпечить надійне притискання стебла b до ґрунту при підніманні стебла a пальцями підбирача. Притискне зусилля з боку пластини може розподілятися за різним законом. Закон розподілу залежить від регулювання пружини притискача та точності його виготовлення.

На рис. 5.3, б зображено випадок, коли притискач більш сильно натискає на стебла своїм вільним кінцем, а передня частина пластини на ділянці x зовсім не контактує зі стеблами. Навантаження, що створює пластина, визначиться $\frac{ql_1^2}{2}$. Слід зауважити, що повинна виконуватись умова $\frac{ql_1^2}{2} = ql$ для забезпечення надійної фіксації стрічки.

На рис.5.3, в подано схему притискання, що відповідає випадку, коли контакт пластини зі стрічкою здійснюється по всій довжині пластини, але у точці *A* притискання пластини більш щільне, ніж у точці *B*.

Зусилля притискання визначиться:

$$\frac{q_{\max} + q_{\min}}{2} \cdot h, \quad (5.4)$$

де $h = l_2$.

Стебла, викладені у стрічку, на поверхні поля не завжди розташовуються паралельно одне до одного. Часто у стрічці присутнє явище перекосу. Тому притискатись перекошені стебла будуть не в середній частині, як це показано на рис. 5.3, *a, б, в*, а на ділянці, значно зміщеній до комля чи до кореня стебла. З метою забезпечення затискання зміщених (перекошених) стебел необхідно довжину та ширину притискної пластини обирати залежно від параметрів стрічки, вистеленої на полі для вилежування. А саме: ширина та довжина пластини повинна бути обґрунтована залежно від довжини стебел у стрічці з урахуванням того, що допустима величина перекосу складає 5° , та середнього діаметра стебел.

Під час взаємодії притискача зі стеблами стрічки льону елементи його конструкції можуть відхилятися від свого вихідного положення. З метою забезпечення працездатності конструкції ці відхилення повинні бути незначними.

Дослідимо, які деформації виникають у конструкції.

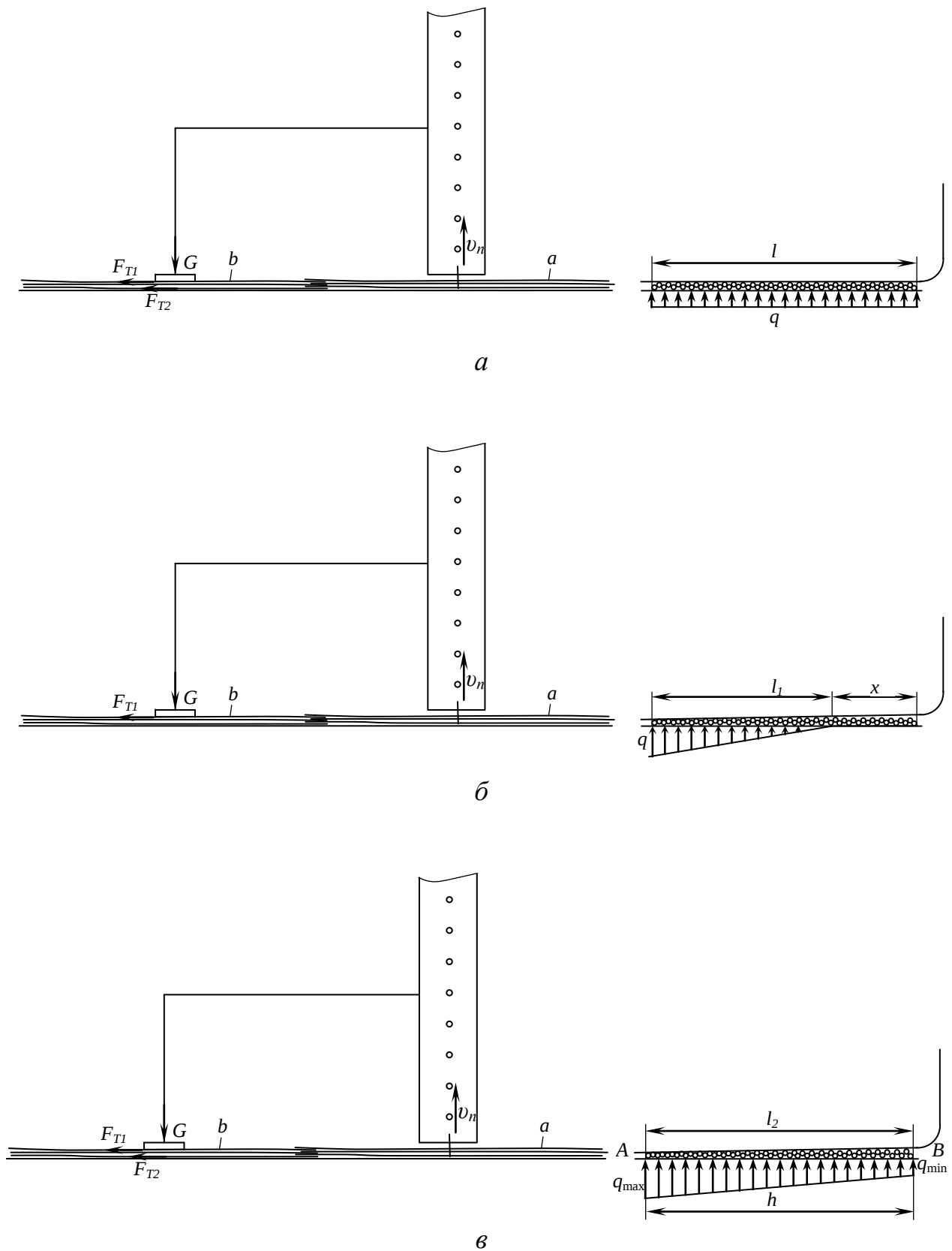


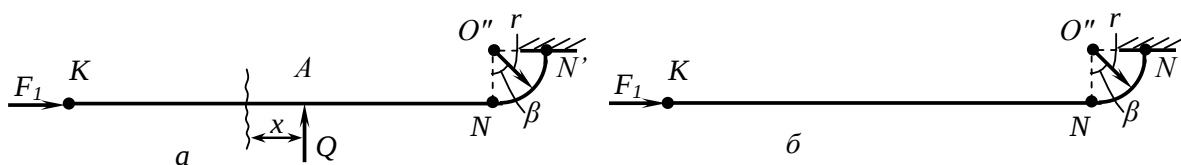
Рис. 5.3- Епюри розподілу навантаження на стебла:

a – пластина притискається рівномірно по довжині; *б*, *в* – нерівномірне притискання пластини притискного пристрою

Figure 1 consists of two schematic diagrams, (a) and (b), illustrating a mechanical system. Diagram (a) shows a horizontal beam fixed at point B on the left. The beam extends to point A, where it turns vertically downwards. This vertical segment is connected to a lever pivoted at point O. The lever has a spring attached to it and a vertical segment that extends downwards. Diagram (b) shows a similar system. A horizontal beam is fixed at point K on the left. It extends to point A, where it turns vertically upwards. This vertical segment is connected to a lever pivoted at point O. The lever has a force F_n applied at point O' and a vertical segment that extends upwards. A force Q is applied at point A. The vertical segment of the lever is curved, with points L, M, and N marked on it. The radius of curvature is r and the angle is β .

a – притискач стрічки; b – сили, що діють на притискач.

Розглянемо схему, подану на рис. 5.5. В точці K прикладаємо одиничну силу F_1 , на яку зміниться зовнішня сила Q у будь-якому поперечному перерізі притискача.



Вводимо допущення: жорсткість ділянок KA , AN , NN' є однаковою і дорівнює добутку EI .

Як видно з рис.5.5, вирішальну роль відіграють згинальні переміщення. Тому, скориставшись інтегралом Мора, запишемо вираз для визначення переміщення точки K :

$$\Delta_K = \int_l \frac{M_Q M_{F_1} dx}{EI}, \quad (5.5)$$

де M_Q – згинаючий момент, що виникає від дії сили Q .

На ділянці AN момент визначиться:

$$M_Q = Q \cdot x, \quad (5.6)$$

де x – довжина ділянки впливу.

На ділянці KA даний момент дорівнює нулю.

На ділянці NN' маємо:

$$M_Q = Q \cdot r(1 + \sin \beta), \quad (5.7)$$

де r – конструктивний параметр притискача – радіус заокруглення носика;

β – величина кута між лінією радіуса та перпендикуляром, опущеним з центра O'' на горизонтальну основу притискача (центральный кут).

Від дії одиночної сили на ділянці KN $M_{F_1} = 0$, а на ділянці NN' :

$$M_{F_1} = F_1 \cdot r(1 + \cos \beta). \quad (5.8)$$

Визначимо добуток моменту зовнішньої сили M_Q і моменту одиничної сили M_{F_1} , та врахувавши, що даний добуток буде мати числове значення лише на ділянці NN' (на попередній ділянці він дорівнює нулю) проінтегруємо рівняння (5.5).

Маємо:

$$\Delta_K = \frac{Qr^3}{EI} \int_0^{\pi/2} (1 + \sin \beta)(1 + \cos \beta) d\beta, \quad (5.9)$$

де β – центральний кут.

Остаточно маємо:

$$\Delta_K = \frac{Qr^3}{EI} \cdot \frac{1 + \pi}{2} = \frac{Qr^3(1 + \pi)}{2EI}. \quad (5.10)$$

Розглянемо наступну ділянку конструкції притискача $N'MM'L$ (рис. 5.6). Під час роботи притискача вона буде знаходитись під впливом повздовжньої сили Q , яка прагне зігнути стержень $N'M$ у поздовжньому напрямку, та під впливом сили F_n , яка діє з боку пружини на елемент притискача.

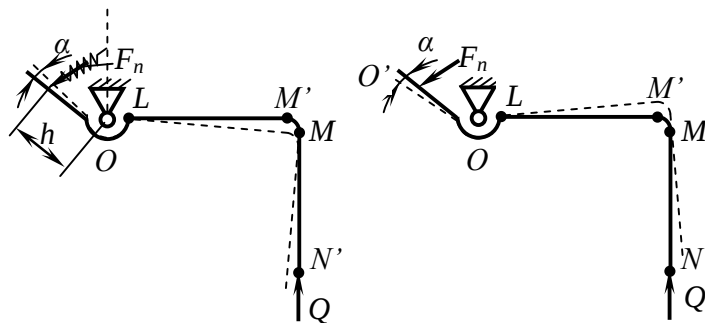


Рис.5.6 - Схема навантаження елемента конструкції притискача

Оскільки система сил, які діють на елемент конструкції притискача, знаходиться в рівновазі, складаємо рівняння рівноваги моментів зовнішніх сил:

$$\sum M_O = -F_n \cdot h + Q \cdot l = 0, \quad (5.11)$$

де h – плече сили F_n , яке визначається відстанню від шарніра O до точки прикладання сили F_n , м;

F_n – сила тиску пружини на важіль:

$$F_n = c_n \cdot h \cdot \alpha, \quad (5.12)$$

де c_n – жорсткість пружини;

α – кут повороту важеля при стисканні пружини.

Рівність моментів, які створюють сили F_n і Q унеможливорює провертання навкруги шарніру O даного елемента притискача. Невиконання умови (5.11) є неприпустимим, оскільки при повертанні елемента, поданого на рис. 5.6, навкруги шарніра O , притискна пластина не буде щільно прилягати до стебел стрічки льону. З іншого боку, можливість незначного провертання є необхідною за умови наїздів притискної пластини на перепони для запобігання її руйнуванню.

З рівнянь (5.11) і (5.12) маємо:

$$\alpha = \frac{Q \cdot l}{c_n \cdot r \cdot h}. \quad (5.13)$$

За формулою (5.13) визначається кут α відхилення елемента OO' притискача від початкового положення. Параметри l , c_n необхідно підібрати таким чином, щоб його верхня частина, з одного боку, мала можливість відхилятися на кут α з метою запобігання руйнуванню, а з іншого – щоб це відхилення не спричинило піднімання нижньої частини притискача над стрічкою (рис.5.3, в).

Іншою важливою задачею, яка потребує вирішення в ході дослідження процесу взаємодії притискача зі стеблами стрічки льону, є виявлення закономірностей впливу притискної пластини на стебла.

Розв'язок даної задачі здійснено з урахуванням двох умов:

1. Притискна пластина повинна забезпечити надійне притискання стебел.
2. Стискання стебел притискною пластиною не повинне привести до їхнього пошкодження.

Визначимо зусилля стискання стрічки льону, яка являє собою масив нерівномірно розподілених по перерізу стебел різного діаметру. Пластина притискного пристрою (рис. 5.7) тисне на стебла з силою F , яка розподіляється

по всій площадці контакту. При притисканні є деяке переміщення стебел у напрямку, перпендикулярному пластині, що веде до виникнення сил тертя між стеблами F_{Ti} . Якщо сила тиску буде зростати, це приведе до збільшення сил тертя.

Стебла у стрічці можуть розташовуватися за наступними схемами (рис. 5.7).

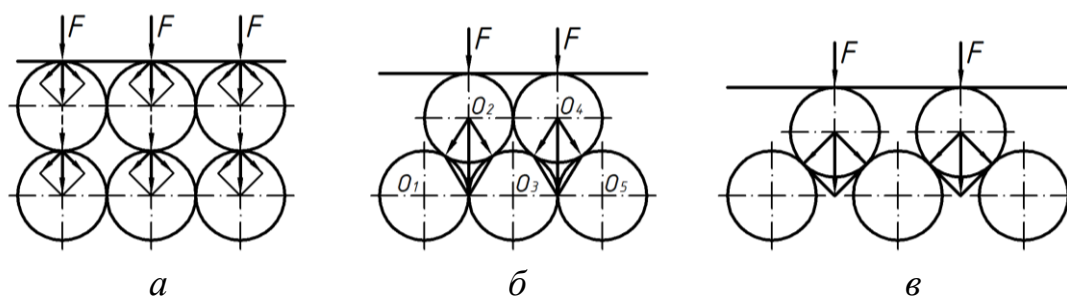


Рис. 5.7 - Схема розташування стебел льону у стрічці та передачі зовнішнього навантаження: *a* – стебла розташовані один над одним; *б* – зигзагом; *в* – у шахматному порядку

Як видно з рис. 5.7, сила тиску, яка діє з боку притискної пластини на стебло верхнього ряду, передається від нього до сусідніх стебел через площадки їхнього контакту. Площа цих площадок зростає за умови прикладання значного стискаючого зусилля, яке веде до пошкодження стебел.

Згідно [67], графік стискання в координатах «тиск p – величина відносного стиску ε » має вигляд, як подано на рис. 5.8.

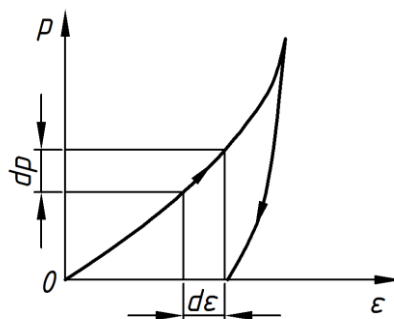


Рис. 5.8 - Закономірність стискання групи рослин льону

З врахуванням рис. 5.8 для стрічки льону можна записати диференціальне рівняння, що характеризує процес її стискання пластиною притискного пристрою:

$$\frac{dp}{d\varepsilon} = \alpha(p_1 + p), \quad (5.14)$$

де α – константа, яка характеризує властивості стебел і їхній початковий стан;
 p_1 – внутрішній тиск у стрічці льону, який створюється внаслідок їхнього притискання одне до одного під дією сил власної ваги;
 ε – величина відносного стиску.

Проінтегруємо рівняння (5.14), маємо:

$$\ln(p_1 + p) = \alpha\varepsilon + C_1, \quad (5.15)$$

де C_1 – постійна інтегрування.

З метою визначення C_1 розглянемо випадок, коли вплив з боку притискного пристрою відсутній ($p = 0$), тоді й $\varepsilon = 0$. За цих умов $\ln p_1 = C$.

З виразу (5.15), з урахуванням останнього виразу, тиск з боку пластини на стебла льону визначається:

$$p = p_1(e^{\alpha\varepsilon} - 1). \quad (5.16)$$

Тоді найбільша сила впливу пластини притискного пристрою на стрічку стебел льону визначиться:

$$F_{\max} = pS_{np} = p_1(e^{\alpha\varepsilon} - 1)S_{np}, \quad (5.17)$$

де S_{np} – площа контакту пластини зі стрічкою льону, m^2 .

Залежність (5.17) дозволяє нам визначити максимальну силу впливу притискача на стрічку льону при її притисканні.

Графічний розв'язок (5.17) подано на рис. 5.9.

Як бачимо з рис. 5.9, сила стискання у деяких межах практично прямо пропорційно залежить від величини площадки контакту і лише при зростанні величини ε відносного стискання ця сила різко зростає. Величина ε залежить від середнього діаметра стебла та його стану (свіжевибрані або вилежані). Тому встановлення притискного пристрою вимагає регулювання з метою недопущення руйнування стебел. Враховуючи потребу у зміні притискного зусилля, нами запропоноване конструктивне виконання притискача за схемою, поданою на рис. 5.10.

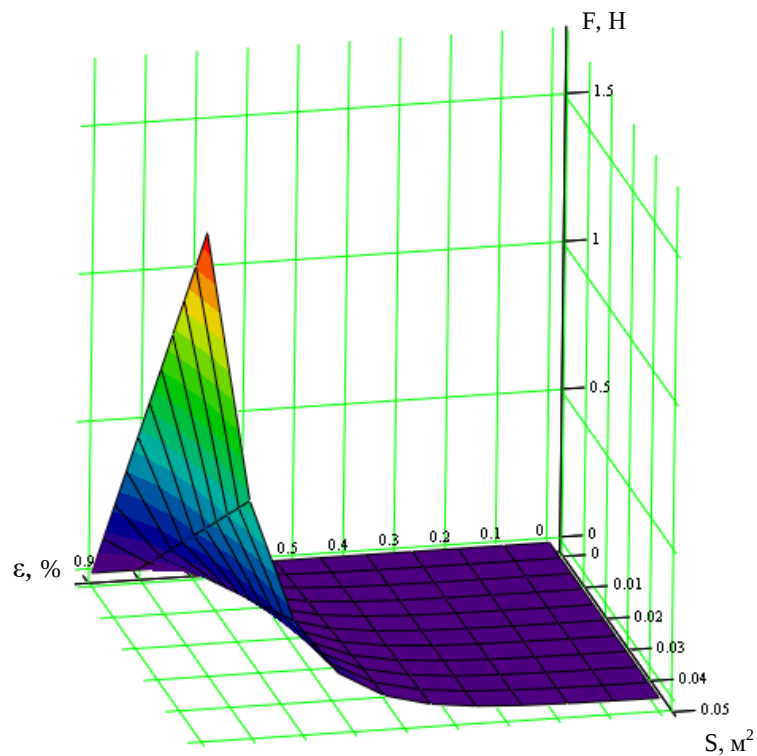


Рис. 5.9 - Залежність сили F стискання від площі S контакту та відносного стискання стебел ε

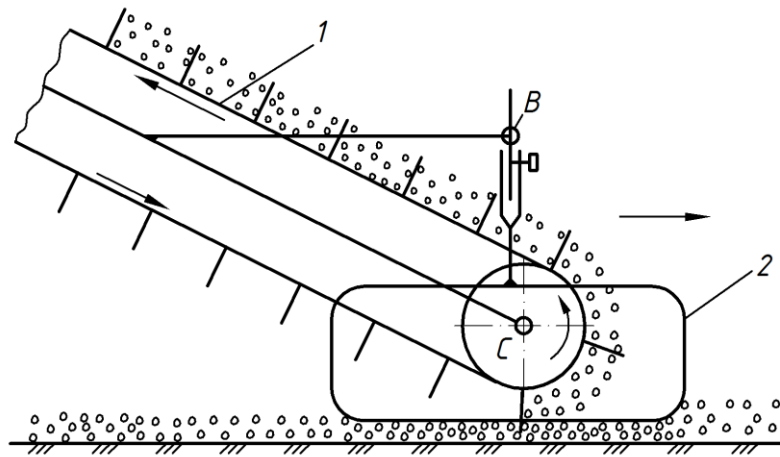


Рис. 5.10- Схема підбирача стрічки льону з притискним пристроєм:

1 – транспортер підбирача; 2 – притискний пристрій

Під час руху агрегата пальці транспортера 1 захоплюють стрічку льону і піднімають стебла стрічки льону вгору. До рами транспортера приєднаний притискач 2, який притискає стебла сусідньої стрічки з метою запобігання їхньому витягуванню.

Пристрій складається з кронштейна, виконаного з трьох жорстко з'єднаних частин. Поздовжня частина кронштейна жорстко з'єднана з рамою транспортера. Вертикальний стрижень кронштейна притискача з'єднаний з трубкою верхньої частини за допомогою гвинта, а передня поперечна частина жорстко з'єднана з рамою притискача 2.

Дана конструкція забезпечує можливість регулювання сили притискання стебел за допомогою вантажу *B* (рис. 5.10). Притискач із регулюючим пристроєм дає можливість адаптувати роботу обертача до параметрів стрічки та рельєфу ґрунту.

5.2 Експериментальні дослідження впливу обертання на показники якості трести

З метою виявлення закономірностей впливу на процес вилежування лляної трести та вирівнювання стрічки за кольором технологічної операції

обертання стрічку на дослідних ділянках обертали 1, 2 і 3 рази. Як показали дослідження, чіткої залежності між кількістю застосованих операцій обертання і якістю трести немає. Під час збирання у фазі зеленої стиглості в умовах західного регіону України якість трести була отримана вища при дворазовому обертанні (табл. 5.1). Під час збирання у ранній жовтій стиглості відповідні показники були нижчими як після одно- так і після дворазового обертання.

Таблиця 5.1 - Показники якості льонотрести після застосування операції обертання (льон сорту Могильовський, зібраний у фазі зеленої стиглості)

Показники	Кількість виконаних операцій	
	1	2
Номер трести	1,25	1,5
Розривне зусилля, даН	13,3	14,1
Група кольору	2,1	3,0
Вміст волокна, %	24,8	27,2

Таблиця 5.2 - Показники якості льонотрести після застосування операції обертання (льон сорту Могильовський, зібраний у фазі ранньої жовтої стиглості)

Показники	Кількість виконаних операцій	
	1	2
Номер трести	1,25	1,25
Розривне зусилля, даН	13,1	13,0
Група кольору	2,0	2,1
Вміст волокна, %	29,6	26,7

Як бачимо з даних, наведених у табл. 5.1, 5.2, у період збирання льону-довгунця у фазі ранньої жовтої стиглості більш високі якісні характеристики отримують при одноразовому обертанні.

Таблиця 5.3 - Показники якості лляної трести після застосування операції обертання (льон-довгунець сорту Томський)

Показники	Фаза стиглості	Кількість виконаних операцій					
		1		2		3	
		2014	2015	2014	2015	2014	2015
Номер трести	зелена стиглість	1,0	1,5	1,25	1,75	1,5	1,75
Вихід довгого волокна, %		12,9	18,3	15,6	19,1	17,2	18,9
Гнучкість, мм		41,4	42,7	42,7	44,0	42,9	44,8
Розривне зусилля, даН		12,8	12,8	12,8	12,9	13,1	13,3
Група кольору		2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,3
Номер трести	рання	1,25	1,5	1,0	1,25	1,25	1,25
Вихід довгого волокна, %	жовта	15,8	18,9	13,9	17,2	14,1	17,0
Гнучкість, мм	стиглість	35,9	36,4	39,1	33,6	39,8	34,7

5.2.1. Дослідження процесу приготування лляної трести за відомою та удосконаленою технологіями

Впровадження запропонованої удосконаленої технології отримання льонотрести передбачає проведення операції обертання (дво- або триразового залежно від погодних умов) з одночасним притисканням стебел у стрічках. З метою оцінки доцільності запровадження удосконаленої технології виготовлено зразки притискачів, фото яких подано на рис. 5.11, а, б.

Притискні пристрої виготовлено згідно із технічними рішеннями, захищеними патентами України на корисну модель (№ 46054 – «Підбирач стрічки

льону з пасовим притискним пристроєм» і № 46055 – «Підбирач стрічки льону з притискним пристроєм») [67, 68].



а



б

Рис. 5.11 - Конструкції притискачів стрічки льону: *а* – з пасовим притискним пристроєм; *б* – з пластинчатим притискним пристроєм

Робота притискних пристроїв досліджувалась за умови оснащення ними підбирача-обертача ОСН-1, з використанням якого виконували операцію обертання лляної соломки під час вилежування.

Ефективність застосування притискних пристроїв залежить не лише від їх геометричних і кінематичних параметрів, а й від агротехнологічних показників

процесу приготування трести. Дослідження процесу приготування трести проводили паралельно за двома варіантами:

- 1) приготування за відомою технологією, яка передбачає здійснення операції обертання трести обертачем;
- 2) удосконалення підбирача-обертача ОСН-1, який оснащено притискним пристроєм.

Перше обертання виконувалось на 5-7 добу після розстилу соломки. Після проведення операції обертання виконали оцінку стану стрічки за наступними показниками:

- збільшення кута відхилення стебел, град;
- збільшення пошкоджень стебел, %.

Оцінка за даними показниками проводилась після другого та третього обертань. Динаміку зміни даних показників відображено на рис. 5.12.

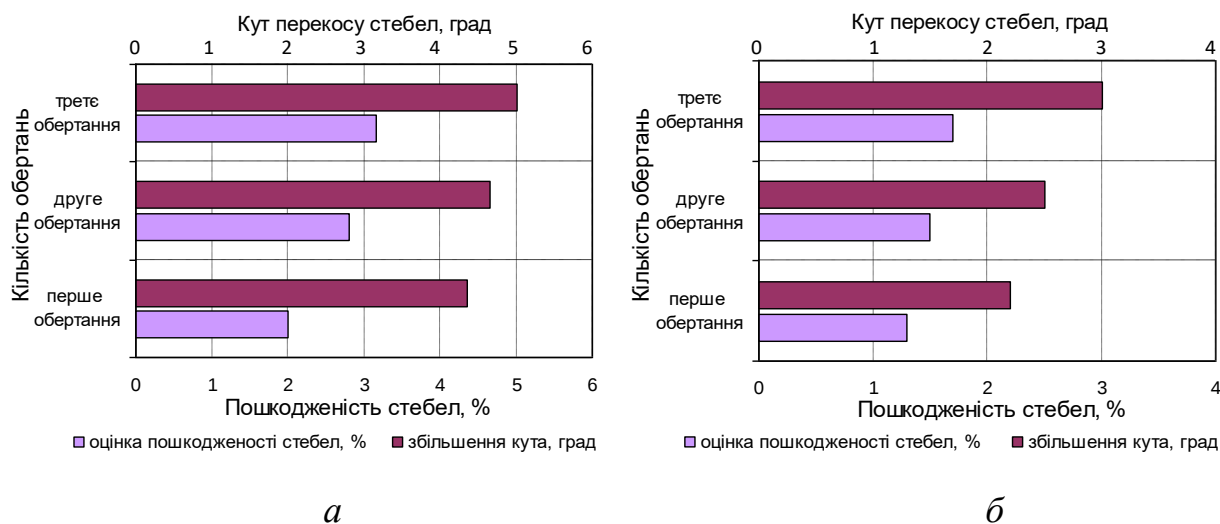


Рис. 5.12 - Динаміка зміни показників стрічки після застосування операцій обертання: *а* – обертання без притискання; *б* – обертання з притисканням

Під час обертання відбувається відрив стрічки від ґрунту, поворот її на кут 180° і розстил на поверхню поля. У проведених нами дослідях застосування обертання із притисканням у порівнянні з вилежуванням льону і його

обертанням без притискання забезпечило новий якісний результат, який полягає у збільшенні сорто-номера (рис. 5.13).

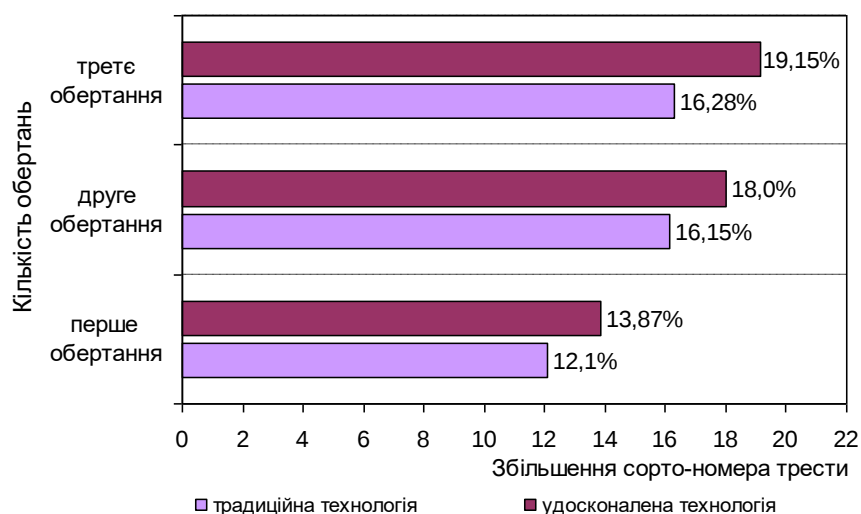


Рис. 5.13 - Вплив застосування удосконаленої технології приготування трести на її якість

У проведених дослідженнях обертання без притискання забезпечило зростання сорто-номера трести на 12,1%; 16,15% і 16,28% після одно-, дво- та триразового обертання відповідно. Причому, як бачимо з рис. 5.13, третє обертання практично не дало приросту сорто-номеру, крім цього, при незначному підвищенні сорто-номеру ми отримали зменшення виходу довгого волокна (рис. 5.14) через зростання перекосу стебел у стрічці (рис. 5.12, *a*), що веде до їхнього переплутування.

Застосування удосконаленої технології приготування трести забезпечило більш суттєве зростання сорто-номеру трести. І виконання третього обертання сприяло покращенню рівномірності вилежування та не привело до зростання переплутування стебел у стрічці та їх пошкоджень (рис. 5.12). Незначна кількість сплутаних і пошкоджених стебел у стрічці забезпечила, в свою чергу, зростання виходу довгого волокна (рис. 5.14).

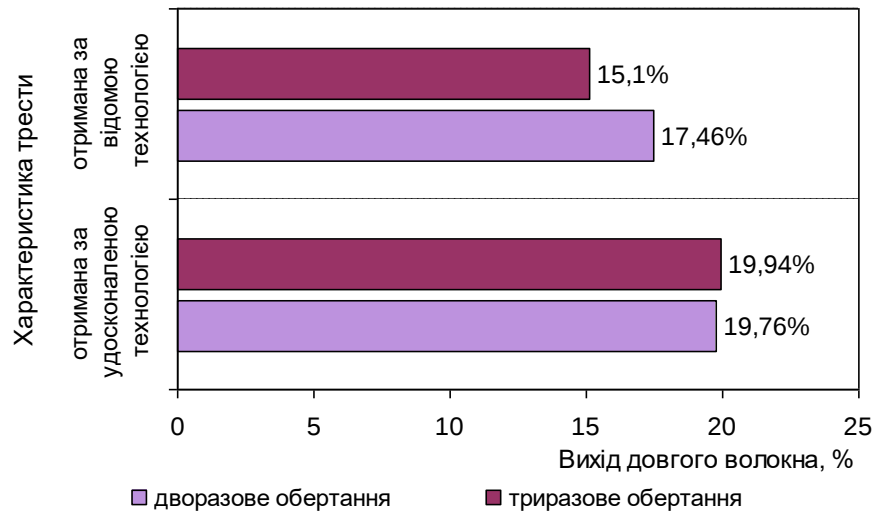


Рис. 5.14 - Ефективність удосконаленої технології

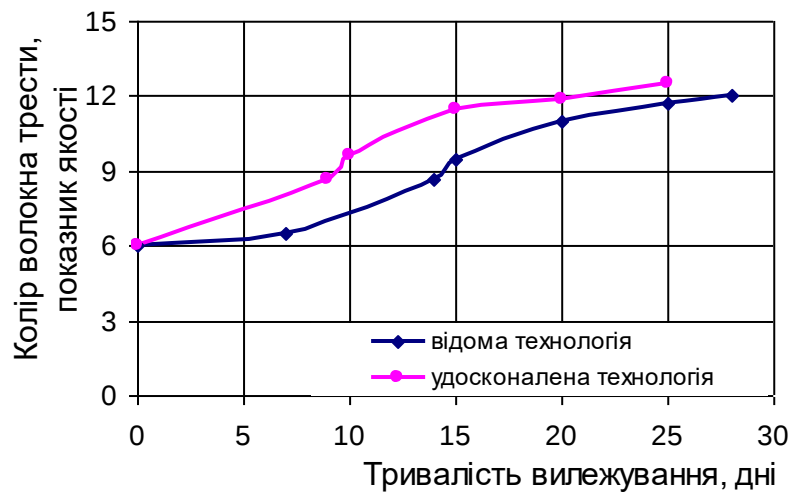


Рис. 5.15 - Динаміка зміни показника кольору волокна трести (2015 рік)

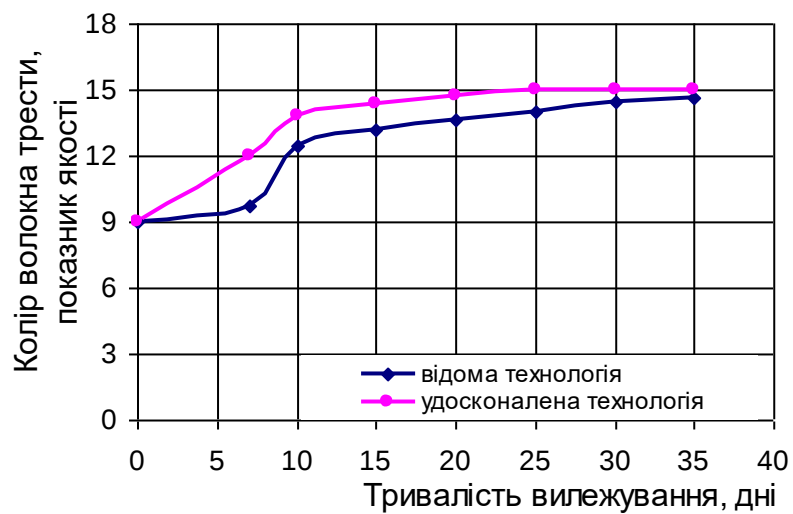
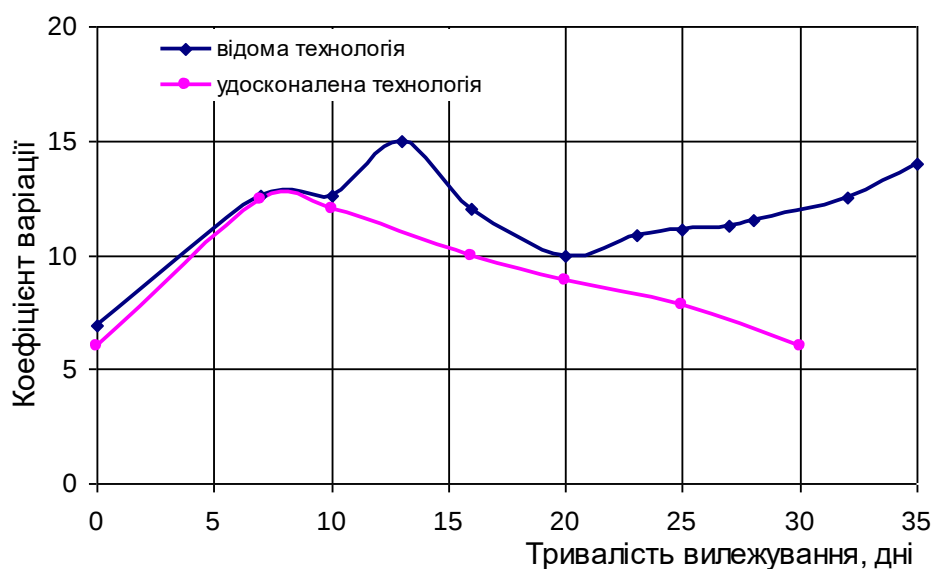


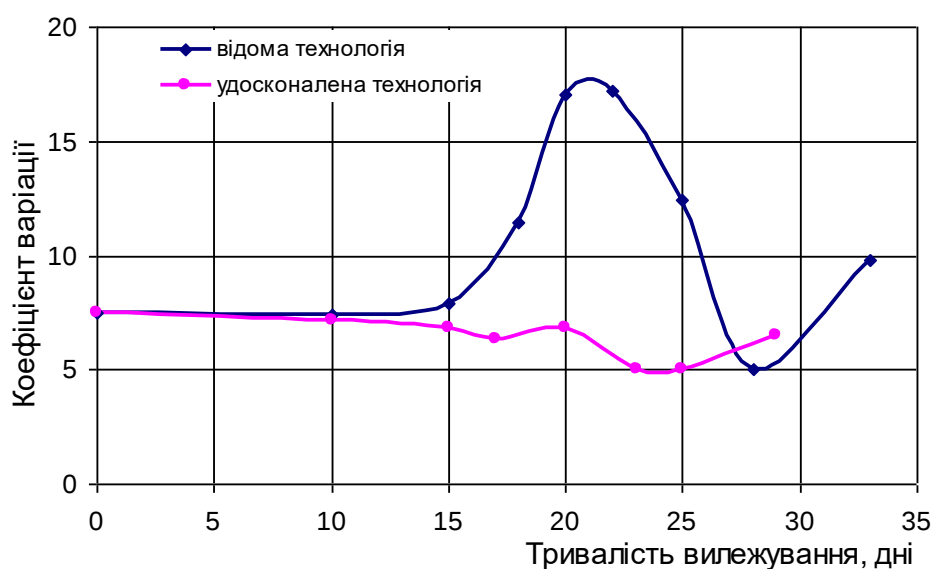
Рис. 5.16 - Динаміка зміни показника кольору волокна трести (2016 рік)

Аналіз процесу вилежування трести дозволив встановити, що запровадження удосконаленої технології дозволило покращити колір та вирівняти за кольором стебла трести.

Отримані під час оцінювання кольору значення варіювались за товщиною стрічки. Причому варіювання значень (рис. 5.17) за умови застосування нової технології було незначним, що дало можливість отримати вищий номер як трести, так і волокна.



а



б

Рис. 5.17 - Динаміка зміни коефіцієнта варіації:

а – за дослідями 2015 року; *б* – за дослідями 2016 року

Показник відокремлюваності дає можливість встановити оптимальність вилежування трести.

Оптимальність ступеня вилежування трести оцінюють відокремлюваністю волокна. Зовнішньою ознакою нормального вилежування трести вважають сірий колір стебел і легке відшарування волокна від деревини. Згідно ДСТУ 4149:2003 «Треста лляна» нормально вилежаною вважається треста, яка має показник відокремлюваності від 4,1 до 7,0 (2,1-4,0 – недолежана, а понад 7,0 – перележана). Показник відокремлюваності, насамперед, пов'язаний з діяльністю пектин-розкладаючої мікрофлори [56]. Показник може змінюватись як по товщині стрічки, так й по довжині стебла.

Проведені дослідження виявили, що показник відокремлюваності по товщині стрічки для варіанту застосування удосконаленої технології змінювався в значно менших межах, ніж для варіанту приготування трести за відомою технологією. Запропонований варіант технологій забезпечив також більш сприятливі умови для незначного варіювання показника відокремлюваності по довжині стебел і, як наслідок, зменшення строків приготування трести (рис. 5.18).

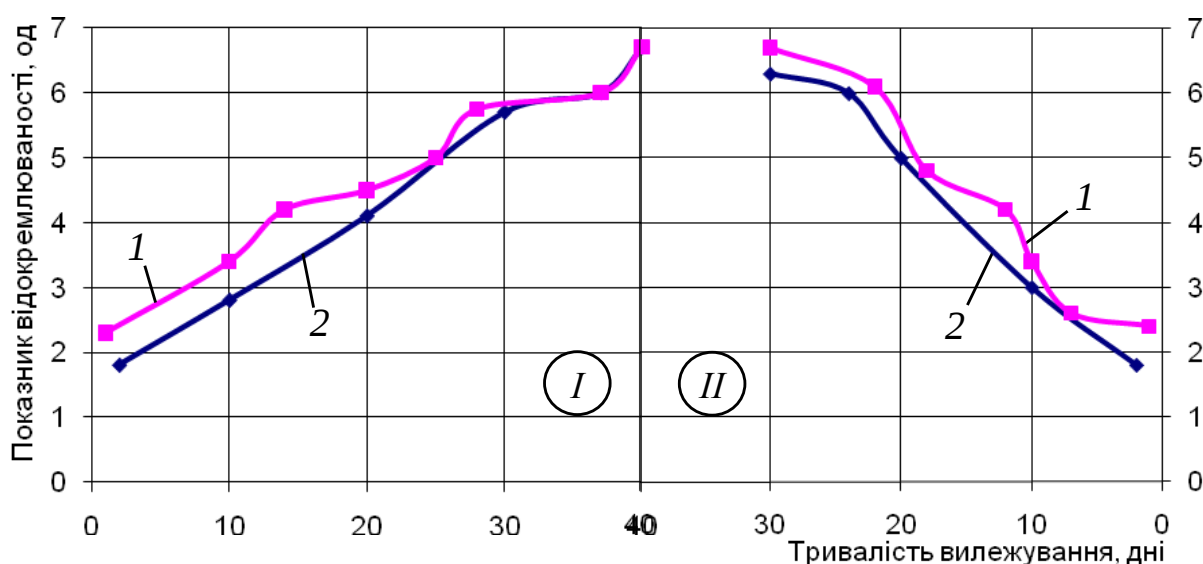


Рис. 5.18 - Динаміка зміни показника відокремлюваності для: I – відомої технології; II – удосконаленої (1 – дані, отримані під час аналізу стебел, взятих з верхніх шарів стрічки; 2 – з нижніх)

5.2.2. Результати дослідження впливу розтягнутості стрічки льону у процесі приготування трести за удосконаленою технологією на вихід довгого волокна

У ході досліджень обертання стрічок трести здійснювали дво- та триразове за відомою та удосконаленою (із застосуванням притискних пристроїв) технологіями. Результати, отримані під час досліджень, наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Результати досліджень процесу формування розтягнутості

№ п/п	Умови фіксування показника розтягнутості	Розтягнутість, L, раз (сер.)	
Отримання трести за відомою технологією			
1	Після розстилання соломки ЛК-4А	1,15	
2	Перше обертання	1,17	
3	Друге обертання ОСН-1	1,19	
4	Третє обертання ОСН-1	1,24	
5	Після розстилання ТЛН-1,5	1,18	
6	Перше обертання з обчісуванням ПМЛ-1	1,19	
7	Друге обертання ОСН-1	1,22	
8	Третє обертання ОСН-1	1,25	
Отримання трести за удосконаленою технологією			
№ п/п	Умови фіксування показника розтягнутості	Пластинчас- тий притискач	Пасовий притискач
1	Після розстилання соломки ЛК-4А	1,15	1,15
2	Перше обертання ОСН-1 з притискним пристроєм	1,17	1,18
3	Друге обертання ОСН-1 з притискним пристроєм	1,176	1,19
4	Третє обертання ОСН-1 з притискним пристроєм	1,19	1,20
5	Після розстилання ТЛН-1,5	1,18	1,18
6	Перше обертання з обчісуванням ПМЛ-1	1,18	1,19
7	Друге обертання ОСН-1 з притискним пристроєм	1,18	1,19
8	Третє обертання ОСН-1 з притискним пристроєм	1,19	1,20

Аналіз отриманих даних доводить ефективність застосування удосконаленої технології. Застосування притискного пристрою дозволило здійснити триразове обертання без значного зростання відносної розтягнутості стебел у стрічці льону, що, в свою чергу, веде до збільшення виходу волокна (табл.5.5).

**Таблиця 5.5 - Результати оцінювання процесу переробки льонотрести
на волокно**

(треста отримана з триразовим обертанням)

Розтягнутість стрічки, раз	1,18	1,24	1,25	1,19
Вихід волокна, %	29,43	19,10	18,40	27,30

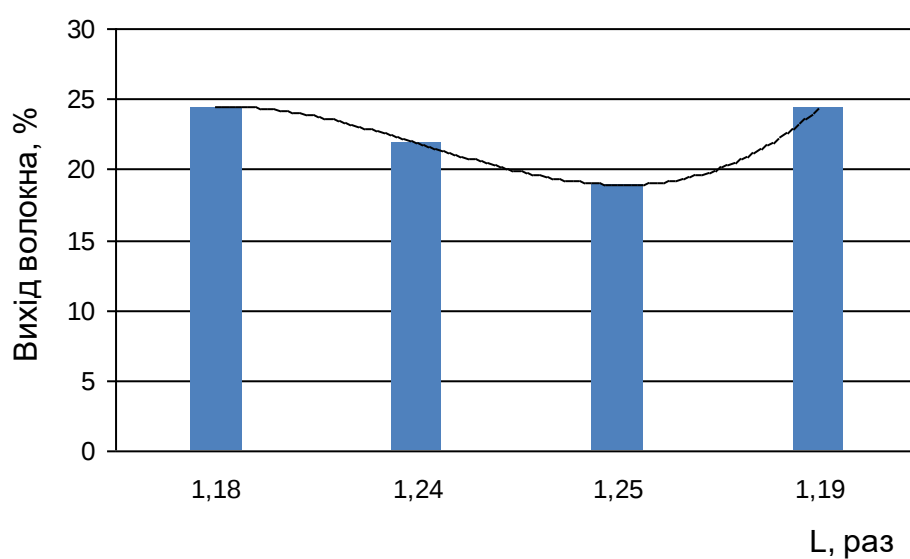


Рис. 5.19 - Вплив розтягнутості стебел у стрічці льонотрести на показник виходу волокна

Заключення

Для організації ефективного протікання технології отримання трести важливу роль відіграють попередні процеси, а саме процеси, пов'язані з вирощуванням і збиранням льону-довгунця. До технологічних процесів, які формують параметри якості процесу вилежування трести можна віднести: брання, обчісування, транспортування, розстилання стебел у ході збирання льону-довгунця та обертання стрічки в ході її вилежування. За рахунок раціональної організації вище означених технологічних процесів можна значно покращити якість сланкої трести та волокна, отриманого з неї.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог української колекції льону-довгунця. Вип. 2. Інститут луб'яних культур УААН. – Глухів, 2000. – 70с.
2. Поздняков Б.А. Оргационно-экономические аспекты технологизации льняного комплекса: [монография] / Б.А. Поздняков, М.М Ковалев. – ГУПТО Тверская областная типография, 2006. – 208 с.
3. Зеленко В.И. Влажность вороха и содержащих в коробочках семян льна: труды ВНИИ льна / В.И. Зеленко. – Торжок, Вып. 12, 1974 – 341с.
4. Хайлис Г.А. Льноуборочные машины / Г.А. Хайлис [та ін.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.
5. Хайліс Г.А. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин / Г.А. Хайліс, Д.М. Коновалюк. – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.
6. Налобіна О.О. Льнозбиральні комбайни (основи теорії і розрахунку механізмів та питання експлуатації): монографія / Налобіна Олена Олександрівна. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2006. – 208 с.
7. Налобіна О. О. Механіко-технологічні основи взаємодії робочих органів льнозбирального комбайна з рослинним матеріалом: дис. ... доктора техн. наук: 05.05.11 / Налобіна Олена Олександрівна. – К., 2008. – 341 с.
8. Герасимчук О.П. Системно-технологічне обґрунтування модернізації льнобралки: дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: спец. 05.05.11«Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва / О.П. Герасимчук. – Луцьк., 2011. –240с.
9. Шлыков М. Льноуборочный комбайн / М. Шлыков. – М.: Машгиз, 1949. – 478 с.
10. Быков Н.Н. Справочник механизатора льновода / Н.Н. Быков, В.М. Луценко, В.И. Смирнов. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 240 с.
11. Гуревич Л.Ю. Исследование и обоснование основных параметров очесывающе-транспортирующего устройства льноуборочного комбайна: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / Гурвич Леонид Юрьевич. – М., 1967. – 149 с.

12. Исследование рабочего процесса очесывающего аппарата льнокомбайна ЛК-7: записки Ленинградского сельскохозяйственного института; [за ред. П.Ф. Прибыткова]. – Л.: Ленинград, 1961 – 2833 с. – т. 85.
13. Махов И.М. Исследование, создание и внедрение в производство машины для уборки льна, обмолота конопли и кенафа: доклад, обобщающий работы, представленные на соискание ученой степени к.т.н. / И.М. Махов. – М.: ВИСХОМ, 1967. – С.15-25.
14. Можаров Б.П. Исследование, обоснование и разработка аппаратов для обмолота льна–долгунца: дисс. ... док. техн. наук: 05.20.01 / Можаров Борис Петрович. – М.: ВИСХОМ, 1973. – 200 с.
15. Ковалев М.М. Ресурсосберегающая технология и оборудование для переработки льносырья: интенсификация машинных технологий производства и переработки льнопродукции: мат. межд. науч.-практ. конф. / М.М. Ковалев, А.П. Апыхин, Ф.В. Зубов, Д.Г. Дьяченко. – Тверь, 2004. – С. 16-26.
16. Налобіна О.О. До питання взаємодії затискного транспортера та обчисувального апарата льнокомбайна / О.О. Налобіна. – Київ: Науковий вісник НАУ № 80, 2005. – С.177-184.
17. Ковалев М. Плющильные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория и расчет): монография. / М. Ковалев. – Тверь, 2002– 208 с.
18. Пашин Е.Л. Совершенствование приготовления тресты на льнище / Е.Л. Пашин, В.И. Савинова, В.В. Мухин. – Кострома, 2004. – 32 с.
19. Дударев Е.И. О расстиле свежесвытеребленного льна / Е.И. Дударев // Лен и конопля. – 1959.– №10.– С.29-31.
20. Коб'яков С.М. Удосконалення технології приготування трести льону біологічними способами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с-г. наук: спец. 05.18.03 «Первинна обробка, зберігання зерна та іншої продукції рослинництва» / С.М. Коб'яков. – К., 1993. – 22 с.
21. Макаєв В.І. Результати розробки вальцювого молотильного апарата для льнопідбирача-молотарки / В.І. Макаєв // Вісник Сумського НАУ. – Суми: СНАУ, 2001. – Вип. 7 – С. 43-48.

22. Налобіна О.О. Ефективність обертання льонотрести / О.О. Налобіна, С.С. Нікольчук, В.І.Макаєв // Сільськогосподарські машини. – Луцьк, 2009. – №19. – С. 132–134.
23. Налобіна О.О. До питань механізації ворущіння льону за умови приготування трести на полі / О.О. Налобіна, О.Ю. Філін, О.В. Шовкомуд // Сільськогосподарські машини. – Луцьк, 2009. – № 18. – С. 325-330.
24. Максимов Е.М. Механизированное оборачивание лент тресты / Е.М. Максимов, Н.Н. Быков, М.М. Боярченкова // Лен и конопля. – 1973. – №7. – С. 22-24.
25. Быков Н.Н. Машинный способ оборачивания соломки льна / Н.Н. Быков, В.И. Соснов // Лен и конопля. – 1972. – №8. – С.16-17.
26. Коренский Н.Г. Исследование сушіння льна, толщини расстила и переворачивания соломки при вылежке на льнище в условиях Белорусской ССР: автореф. дис. канд. с.-х. наук / Н.Г. Коренский. – Жодино. – 1969. – С. 27.
27. Лесик Б.В. Значение условий выращивания и способов приготовления тресты на повышение качества волокна / Б.В. Лесик // Сб. тех. культ. Труды научной сессии УСХА. –К., 1960. – Вып. 3.– С. 71-74.
28. Маят А.С. Перспективы механизации подъема льняной тресты [Текст] / А.С. Маят, В.И. Соснов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1986 –№ 11. – С. 9.
29. Романіка В.М. Досвід вирощування високих врожаїв льону-довгунця/ В.М. Романіка. – Київ: Урожай, 1968. – 66 с.
30. Карпець І.П. О сроках уборки и некоторых особенностях послеуборочной сушіння льна-долгунца: автореф. дисс. канд. с.-х. наук / И.П. Карпець. – Кострома, 1965. – 24 с.
31. Карпець І.П. Обоснование, разработка и внедрение системы приемов повышения качества льнопродукции в процессе уборки и послеуборочной доработки урожая: автореф. дис. докт. с.-х. наук / И.П. Карпець. – М, 1980. – 29 с.

32. Кукреш Л.М. Изменение хозяйственно-ценных признаков и свойств при созревании льна-долгунца в условиях Белоруссии: автореф. дис. канд. с.-х. наук / Л.М. Кукреш. – Жоди́но, 1968. – 24 с.
33. Боярченко́ва М.М. Влияние сроков подъема тресты на ее качество / М.М. Боярченко́ва, Н.Н. Быков // Лен и коно́пля. – 1980. – №6 – С. 32-33.
34. Точність (прави́льність і преци́зійність) методів та результа́тів вимірюва́ння. Части́на 1. Основні положення та визна́чення: ДСТУ ІСО 5725-1:2005 (ГОСТ ІСО 5725-1:2003, ІДТ) – [Чинний від 2006-01-07]. – К., 2005. – 62 с. – (Державний комітет Украї́ни з пита́нь техноло́гічного регулюва́ння та спожи́вчої полі́тики).
35. Ті́хосова Г.А. Обґрунтува́ння одержання трести із лляно́ї соломи розсти́ланням / Г.А. Ті́хосова // Агро́екологі́чний жу́рнал. – 2002. – № 3. – С. 64-65.
36. Кругли́й Д.Г. Вплив первинно́ї вологості на одержання лляно́ї трести в процесі розсти́лу / Д.Г. Кругли́й, Г.А. Ті́хосова // 36. наук. пр. інститу́ту землеробства УААН. – К., 2000. – Вип. 3-4. – С. 101-105.
37. Рожко В.І. Удоскона́лення біологі́чного спосо́бу приготува́ння трести: Авторефе́рат дис....к.т.н. 05.18.03/В.І. Рожко – Ки́їв, 1999. – 21 с.
38. Ті́хосова Г.А. Техноло́гія одержання однотипно́ї трести розсти́лання лляно́ї соломи: авторефе́рат дис. ...к.т.н. 05.18.03/ Г.А. Ті́хосова – Херсон, 2003. – 21с.
39. Хилеви́ч В.С. Интенсифика́ция выле́жки льняно́й соломы с приме́нением аммиакосодержа́щих соедине́ний / В.С. Хилеви́ч, В.М. Мокринский // Амони́йнокарбонатные соедине́ния и регуля́торы роста расте́ний в сельском хозяйстве: сб. НИР. – К.: Науко́ва думка, 1995. – С. 86-92.
40. Патент № 2181797 МПК D01C1/04 Росси́я спосо́б получе́ния стланцево́й тресты льна-долгунца в контро́лируемых усло́виях / Матару́ева И.А., Виногра́дова В. С., Прядки́на Н.О. № 2000116024/12. Заявл. 19.06.2000, опубл. 27.04.2002, Бю́л. № 4.

41. Патент № 2326190 МПК D01C1/00 Россия Способ стимуляции процесса созревания стланцевой тресты льна-долгунца/ Матураева И.А., Медведева Д.С., Арыкова Н.С. № 2006125290/12. Заявл. 13. 07. 2006, опубл. 20.02.2008.
42. Лесик Б.В. . Совершенствование способов послеубоочной обработки соломы льна-долгунца на стлищах / Б.В. Лесик, Г.М. Варенье // Лен и конопля. 1992. -№4, 5, 6. - С. 38-40.
43. Особов В.И. Машины и оборудование для уплотнения сено-соломистых материалов //В.И. Особов, Г.К. Васильев, А.В. Голяновский. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.
44. Ковалёв М.М. Плющильные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория и расчёт) /Монография. – тверское областное книжно-журнальное изд., 2002. – 208 с.
45. Хайлис Г.А. Плющильный аппарат льнокомбайна: расчёт расхода энергии на привод /Г.А. Хайлис, М.М Ковалёв, А.Н. Овчарук //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1994. №3. С. 19-22.
46. Баранов И.В. О влиянии плющения стеблей льна на качество продукции /И.В. Баранов //Труды ВНИИ льна.: Торжок, 1976, Вып. 14. С. 51-54.
47. Быков Н.Н. Эффективность плющения комлей /Н.Н. Быков, Р.Н. Моторина //Лен и конопля. 1985, №4. С. 38-39.
48. Козлов В.П. транспортирование стеблей вальцовочными аппаратами /В.П. Козлов // Мех. И электрификация сельского хозяйства. – 2001. №13. С. 9-12.
49. Євтушенко В.В. Вплив плющення стебел лляної соломи на інтенсифікацію процесу розстилу //Проблеми легкої і текстильної промисловості України: матер. Всеукр. науково-технічної конференції.
50. Ковалёв М.М. Расчет режима работы плющильного аппарата льнокомбайнов /М.М Ковалёв, В.П. Козлов //Аграрная наука. – 1999. №5. С. 15-17.
51. Боярченкова М.М. Эффективность плющения стеблей льна в комлевой части при тереблении / М.М. Боярченкова, М.М. Ковалёв, В.И. Смирнов, А.Д. Иванов //Льняное дело. – 1995. №4. С. 18-22.

52. А. с. 1044237 СССР, МКИ А 01 D 45/06. Выравниватель стеблей льна / А.И. Броцман, М.М. Ковалев, И.П. Сергеев, Г.А. Хайлис (СССР). – №3463268/30; заявл. 05.07.82; опубл. 30.09.83, Бюл. №36.
53. Черников В.Г. Изыскание и исследование рабочих органов для подъема и выравнивания лент тресты. Дисс. ... канд. техн. наук. / В.Г. Черников. – Торжок, 1969. – 168 с.
54. Пат. 2277319 Российская Федерация, МПК А01D45/06. Устройство для выравнивания стеблей льна / Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Конохов В.Ю. – №2004131951/12; заявл. 01.11.04; опубл. 10.06.06, Бюл. №16.
55. Пат. 2288568 Российская Федерация, МПК А01D45/06. Устройство для выравнивания стеблей льна / Ростовцев Р.А., Черников В.Г., Ковалев М.М., Конохов В.Ю. – №2005118728/12; заявл. 16.06.05; опубл. 10.12.06, Бюл. №34.
56. Пат. 56774 на ПМ РФ, МПК А01D45/06. Устройство для выравнивания стеблей льна / Ростовцев Р.А., Конохов В.Ю., Ковалев М.М. Черников В.Г. – №2006112224/22; заявл. 10.12.06; опубл. 27.09.06, Бюл. №27.
57. Конохов В.Ю. Механико-технологические основы підбора и подравнивания стебельной ленты: автореф. дисс. на соиск. науч. ст. канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологи и средства механизации сельского хозяйства» / В.Ю. Конохов. – М., 2007. – 24 с.
58. Пат. на КМ 928 Україна А01D45/06. Підбирач стрічки льону / О.О. Налобіна, Л.М. Дацюк, В.С. Пуць, Г.А. Хайліс (Україна) – №20001060898; заявл. 30.10.00; опубл. 16.07.01, Бюл. №6.
59. Пат. 40899 А Україна А01D45/06. Вирівнювач стебел льону/ Г.А. Хайліс, О.О. Налобіна, С.Ф. Юхимчук, В.С. Пуць (Україна) – №2000105790; заявл. 13.10.00; опубл. 15.08.01, Бюл. № 7.
60. Пуць В.С. Про підрівнювання стеблової стрічки льону при механізованому збиранні / В.С. Пуць // Сільськогосподарські машини. – Луцьк: ЛДТУ. – 2001. – №8. – С. 213-218.

61. Пуць В.С. Про способи підрівнювання стеблової стрічки на льонозбиральних машинах / В.С. Пуць // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛНТУ. – 2003. – № 13. – С. 265-271.
62. Черников В.Г. Изыскание и исследование рабочих органов для подъема и выравнивания лент тресты: дисс. ... канд. техн. Наук / В.Г. Черников – Торжок, 1969. – 168 с.
63. Солома льняная. Требования при заготовках: ГОСТ 28285-89. – [Действующий от 01-07-1990] – М.: Стандартинформ, 2006. – 18 с. (Межгосударственный стандарт).
64. Налобіна О.О., Селезньов Д.Е., Хайліс Г.А. Плющильно-очісувальний апарат. Патент на корисну модель № 59976. Україна. Заявл. 01.11.2010. Опубл. 10.06.2011. Бюл. № 11.
65. Треста лляна. Технічні умови: ДСТУ 4149:2003. – [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 17 с.
66. Пат. 55604 Україна, МПК A01D45/00. Підбирач стрічки льону з притискним пристроєм / [Хайліс Г.А., Іваненко І.М., Налобіна О.О., Шовкомуд О.В., Мартинюк В.Л., Федорусь Ю.В.]. – № u 2010 01880; заявл. 22.02.2010; опубл. 27.12.2010, Бюл. № 24.
67. Хайлис Г.А. Горбовий А.Ю., Налобіна О.О. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів Хайлис Г.А. - Луцьк.- Ред.-вид. відділ ЛДТУ, Міністерство агропромислового комплексу України, Міністерство освіти України, 1998. - 265 с.
68. Пат. 46054 Україна, МПК A01D45/06. Підбирач стрічки льону з пасовим притискаючим пристроєм / Налобіна О.О., Хайліс Г.А., Шовкомуд О.В. – № u 2009 05527; заявл. 01.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23.
69. Пат. 46055 Україна, МПК A01D45/06. Підбирач стрічки льону з пластинчастим притискачем / Налобіна О.О., Хайліс Г.А., Шейченко В.О., Шовкомуд О.В. – № u 2009 05529; заявл. 01.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Налобіна Олена Олександрівна
Горбовий Артур Юліанович
Герасимчук Олександр Павлович
Пуць Віталій Степанович
Шовкомуд Олександр Володимирович**

Наукове видання

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИЛЕЖУВАННЯ ТРЕСТИ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ ШЛЯХОМ
ЗАПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ**

Монографія

Налобіна О.О. Горбовий А. Ю. Герасимчук О.П. Пуць В. С. Шовкомуд О.В.

Н 23 Удосконалення технології вилежування трести льону-довгунця шляхом запровадження нових конструктивних рішень. Монографія. – Рівне, Луцьк, 2018. – 145 с.

ISBN 978-83-948896-9-2

У монографії викладено результати теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих на покращення показників якості трести льону – довгунця.

Результати досліджень, представлені в монографії, можуть бути корисними для наукових та інженерно-технічних працівників, які спеціалізуються у галузі льонарства, а також для студентів, аспірантів, викладачів вищих технічних навчальних закладів.

УДК 677.021.11

ББК 37.2