

Допущено до захисту
 “ ____ ” _____ 2025 р.
 Зав. кафедри д.т.н., професор
 (науковий ступінь, вчене звання)
В.В. Дідур
 (підпис) (ініціали, прізвище)

магістр
(назва освітнього ступеня)

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності _____
208 «Агроінженерія»
Кашук В.В.
(прізвище та ініціали)

м. Умань – 2025 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І МЕХАНІЗМІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОПЕРАЦІЙ ПІДБИРАННЯ ТА ПЕРЕВЕРТАННЯ	8
1.1. Механізація процесів збирання льону-довгунця із застосуванням технічних засобів.....	8
1.2. Будова, призначення та різновиди підбирально-обертальних пристроїв	20
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІНОВАНОГО ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ УМОВАХ	24
2.1. Основні напрями підвищення рівня механізації операцій з обробки та транспортування льонотрести.....	24
2.2. Методичне обґрунтування та проєктування технології комбінованого збирання льону-довгунця	30
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	38
3.1. Основні принципи охорони праці у галузі рослинництва	38
3.2. Розробка заходів з охорони праці для механізованого збирання льону-довгунця	38
3.3. Вимоги санітарії та гігієни під час виконання виробничих операцій із шкідливими факторами	40
3.4. Правила пожежної безпеки під час виконання операцій з механізованого збирання	41
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	44
4.1. Оцінка економічної ефективності технологій обробітку льону-довгунця...	44
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53

РЕФЕРАТ

Кашук В.В. Обґрунтування параметрів розрізача стрічки стебел льону (Дипломний проект, Уманський національний університет, 2025: пояснювальна записка на 54 сторінках, у т.ч. 4 розділів, 19 рисунків, 7 таблиці, 17 найменувань літератури).

У дипломному проекті проведено всебічний аналіз актуальних технологій виробництва волокна та насіння льону. Представлено результати досліджень взаємодії елементів конструкції машин для підйому та перевертання стебел (стрічки) льону-довгунця. Обґрунтовано параметри елементів конструкції машин для збирання, підйому та перевертання, враховуючи особливості механізованих технологічних операцій, обумовлені змінами механічних і технологічних характеристик рослинного матеріалу на різних етапах його дозрівання.

Метою дослідження є вивчення взаємодії функціональних елементів обладнання, призначеного для підйому та перевертання стебел льону.

Об'єктом дослідження є технологічний процес обмолоту та отримання лляного волокна, а також характеристики компонентів збиральних машин.

Предмет дослідження – залежності впливу механізованих технологічних операцій підйому та перевертання рослинної маси.

Ключові слова: КОМБАЙН ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНА, ЛЬОНОЗБИРАЛЬНА МАШИНА, ЛЬОН-ДОВГУНЕЦЬ, ЗЕРНОВІ КУЛЬТУРИ, СТРІЧКА.

ВСТУП

Льонарство, як галузь, має значний потенціал для забезпечення людства цінними ресурсами, продукція якого у багатьох випадках є незамінною. Протягом тривалої історії України льон-довгунець традиційно культивувався з метою отримання волокна та насіння, а також костриці, що є додатковим цінним продуктом. З давніх часів український льон експортувався до різних країн, зокрема, шляхами "із варяг у греки" та "із варяг у хазари". Льняне волокно використовувалося для виготовлення рибальських сіток і канатів, льоном конопатили дерев'яні споруди, зокрема, хати та човни, а з лляних тканин виробляли вітрила та одяг. У минулому практично кожна селянська родина займалася льонарством.

Початок розвитку великих лляних мануфактур припадає на часи правління Петра Першого. У 1713 році експорт льону становив 500 тисяч пудів (близько 8 тис. т), а до 1900 року зріс до 11,65 млн. пудів (190 тис. т). У 1910 році площі під льоном сягали 1,2 млн. га (для порівняння, у 2010 році в Україні – лише 2,8 тис. га), а в 1913 році було зібрано 627 тис. т льону, що становило 84,7% світового збору.

Льон-довгунець має давню історію, а льонарство є однією з важливих та стратегічних галузей сільськогосподарського виробництва. Завдяки своїм унікальним властивостям та можливостям використання в різних, зокрема, високотехнологічних галузях економіки, ця культура потребує особливої уваги. Важливою особливістю льону-довгунця є його екологічність, оскільки вся рослина та її продукція використовуються для забезпечення здоров'я людини, збільшення обсягів текстильної сировини та збереження лісових масивів, враховуючи те, що річний приріст деревини з одного гектара площі посіву льону перевищує аналогічний показник для лісу.

У суспільстві зростає усвідомлення ключової ролі технологізації виробництва як невід'ємного стратегічного чинника для досягнення конкурентоспроможності, а також необхідності переходу аграрної галузі на

інноваційний шлях розвитку. Це вимагає узгодження наукових досліджень з метою техніко-технологічного забезпечення розвитку зазначеної галузі.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І МЕХАНІЗМІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОПЕРАЦІЙ ПІДБИРАННЯ ТА ПЕРЕВЕРТАННЯ

1.1. Механізація процесів збирання льону-довгунця із застосуванням технічних засобів

Існують два основних механізованих підходи до збирання льону-довгунця: комбайновий та роздільний [1-3, 5, 16, 17].

Комбайнова технологія передбачає одночасне вибирання стебел льону та очищення насіннєвих коробочок для збору вороху. Згодом формується стрічка зі стебел льону, яка або розкладається на полі для отримання трести, або направляється на льонопереробне підприємство.

Технологічні показники комбайнової технології включають:

- високий ступінь вибирання - 99%,
- високий ступінь очищення - 98%,
- сукупні втрати насіння, що не перевищують 5%,
- видовження стебел у стрічці, що не перевищує 1,2 рази, при цьому стрічка має бути прямолінійною та мати оптимальну щільність.

Під час вилежування соломи виконується перевертання стрічки за допомогою підбирача-перевертача, а також її перегрібання.

При цьому слід дотримуватись наступних критеріїв:

- високий ступінь підбирання - не менше 99%,
- збільшення видовження за один прохід перевертачем, що не перевищує 5%, збільшення кута відхилення стебел за один прохід - не більше 5°.

Рекомендується проводити перевертання стрічки з періодичністю не рідше одного разу на 5...8 діб. Важливо, щоб під час цієї операції зберігалась прямолінійність стрічок без утворення сплутувань та перекручування стебел.

Перегрібання (аерація) льонотрести проводиться з метою покращення її стану перед наступними технологічними операціями, такими як обертання стрічок або підйом льонотрести, особливо у несприятливих погодних умовах. Зокрема, це необхідно у випадках значних опадів або інтенсивного розвитку бур'янів, що призводить до щільного прилягання стрічок до ґрунту. Ефективність аерації має досягати не менше 95%, з допустимим збільшенням кута відхилення не більше 8° та пошкодженням стебел у стрічці, що не перевищує 1,5%.

Зібрана льонотреста у стрічці формується у снопи (ручним способом) або рулони за допомогою прес-підбирачів, після чого транспортується до льонопереробного підприємства. Для завантаження рулонів на транспортні засоби використовуються навантажувачі. Під час підйому льонотрести зі стрічок або паків рулонними прес-підбирачами, рівень вологості льонотрести не повинен перевищувати 23%, при цьому необхідно контролювати, щоб жодна частина льонотрести в рулоні не перевищувала вказаний показник.

Якість підбирання повинна бути не нижче 95%, пошкодження стебел – не більше 5%, збільшення рівня засміченості сировини не більше 3%, а збільшення розтягнутості стрічки в рулонах – до 15% від початкового значення. Габаритні розміри рулону: діаметр від 1 до 1,6 м, товщина від 1 до 1,3 м, маса в межах 250 – 300 кг.

При завантаженні рулонів на транспортні засоби та їх подальшому складуванні слід забезпечити їх вертикальне положення гузирями донизу. Під час транспортування рулони фіксуються спеціальними пристроями.

Домінуючою технологією збирання льону-довгунця в сільськогосподарських підприємствах України є комбайнова, що реалізується за допомогою льонозбиральних комбайнів, зокрема моделей ЛК-4А, ЛКВ-4А, а також сучасних самохідних та причіпних комбайнів іноземного виробництва (рис. 1.1–1.3). Комбайн ЛК-4А виконує одночасне вибирання льону з ґрунту, обчісування коробочок з їх транспортуванням у причіп, а також розстилання

обчесаних стебел на полі, тоді як ЛКВ-4А додатково забезпечує формування соломи у снопи.



Рис. 1.1. Льонозбиральний комбайн ЛК-4А з верхнім центральним механізмом подачі стебел, який використовує дільники змінної форми



Рис. 1.2. Дворядний самохідний льонозбиральний комбайн виробництва компанії «Dehondt»

Організація збирання льону комбайнами, що дозволяє зберегти якість сировини, має бути реалізована у вузький часовий проміжок (приблизно 10-12 днів). Згодом можливе перезрівання або травмування рослин механізмами комбайна, а також збільшення втрат насіння. Комбайновий метод передбачає одночасне збирання соломи та насіння льону. Найкращі результати врожайності та якості волокна досягаються при збиранні льону-довгунця на етапі ранньої жовтої зрілості, в той час як насіння має бути жовтим або повністю стиглим. Збирання повністю стиглого льону призводить до втрат та

погіршення якості волокна і насіння, підвищення рівня захворюваності насіння, збільшення кількості бур'янів на полях, а також до затримки та ускладнення процесу отримання трести. Рекомендується розпочинати збирання товарних посівів наприкінці ранньої жовтої зрілості і завершувати в жовтій, а насінницькі посіви збирати у фазі жовтої зрілості.



**Рис. 1.3. Самохідний дворядний льонозбиральний комбайн U-22
виробництва компанії "Union"**

Одним із суттєвих обмежень комбайнового збирання льону є високий рівень енергозатрат на післязбиральну обробку, зокрема сушіння льоновороху. Залежно від конкретних умов, витрати пального можуть коливатися в межах 120-180 кг/га, а електроенергії – 75-120 кВт·год на тонну сухого вороху [3, 6, 7]. Альтернативним підходом до обробки льоновороху, отриманого після комбайнового збирання, є ручна сепарація, що передбачає відокремлення домішок та бур'янів з подальшим природним сушінням відділених коробочок. Для цього, зокрема, застосовується розстилання тонким шаром (5-10 см) на твердій поверхні. Важливим етапом є доведення вологості льоновороху до рівня 12-18%, що корелює з вологістю насіння 8-12%. Обмолот висушеного вороху здійснюється за допомогою молотарки-віялки МВ-2,5А або модифікованого зернового комбайна. Насіння, отримане після обмолоту

молотаркою-віялкою МВ-2,5А, піддається очищенню на насіннеочисній машині МНС-1,25, що гарантує досягнення чистоти насіння не менше 99%.

Роздільна технологія збирання льону, як один із шляхів оптимізації енергозатрат, пов'язаних із сушінням льновороху, передбачає збирання льону у фазах ранньої жовтої та жовтої стиглості за допомогою льнозбиральних комбайнів (за варіантом без обчісування) або льнобралок. Зібраний льон розкладається у стрічку на льноостелищі для висушування під впливом природних температур. За наявності сприятливих метеорологічних умов, орієнтовно через три-п'ять діб, стрічка може бути підібрана, обмолочена, перевернута та повторно розстелена для подальшої мацерації. Перевагою даного методу збирання є зниження споживання енергії на сушіння, отримання насіння високої якості та потенційне збільшення виходу довгого волокна. Серед недоліків слід відзначити залежність від кліматичних умов. Періодичні опади під час збирання можуть перешкоджати висиханню коробочок льону, створюючи ризик проростання насіння безпосередньо в головках та зниження його якісних показників. Крім того, існує ймовірність пошкодження продуктивних частин стебел у процесі обмолоту.



Рис. 1.4. Схематичне зображення (чи конструкцію) підбирача-очищувача моделі ПОЛ-1,5А



Рис. 1.5. Самохідний дворядний ворущильник льону стрічкового типу виробництва компанії « Dehondt»



Рис. 1.6. Приклад машини ОЛС-01, що призначена для формування стрічок льону

За роздільного методу збирання льону необхідність у перевертанні стрічок льоносоломи зберігається. Розстелену на полі льоносолому піддають перевертанню за допомогою льонозбиральних комбайнів або підбирачів-очісувачів, використовуючи перевертачі моделей ОСН-1, ОЛБ-01, ОЛП-01, ОЛС-01. Основні технічні параметри згаданих перевертачів льону представлені у таблиці 1.2. Протягом періоду вимочування стрічок льону рекомендується здійснювати їх перевертання два-три рази. Альтернативним процесом може бути перегортання стрічок за допомогою перегортачів, наприклад, типу ВЛ-3. Проте, перевертання вважається більш дієвим заходом для поліпшення якості

трести порівняно з перегортанням. При перевертанні забезпечується краща вентиляція стебел, ніж при перегортанні.



Рис. 1.7. Конструкцію навісного оборотного плуга ОЛБ-01М, що характеризується бічним розташуванням робочих елементів

Таблиця 1.2

Загальні технічні характеристики пристроїв для перевертання льону

Показник	Характеристика показника		
	ОЛС-01	ОЛП-01	ОЛБ-01
Тип пристрою	Самохідна установка	напівпричіпний	напівпричіпний
Виробник двигуна	Д-130 (дизельний двигун з повітряним охолодженням)	-	-
система приводу робочих органів	гідростатична трансмісія.	від ВВП і гідросистеми трактора	від ВВП і гідросистеми трактора
потужність двигуна, кВт	33,1	до 12,4	до 13,2
робоча швидкість, км/год	до 10,9	до 12,4	6,0
обсяг охоплення, м –	1,5 (1 стрічка)	1,5 (1 стрічка)	1,5 (1 стрічка)
Проектна та фактична швидкість руху, км/год			
продуктивність за год, га:	До 23	До 25	До 15
- головного часу	1,25	1,07	0,97
- експлуатаційного часу	0,73	0,46	0,30
загальні розміри машини, мм:	4150	5000	4400
- довжина	2500	1790	2950
- ширина	2500	1100	1550
- висота			
вага машини, кг:	-	1075	845
- конструкційна	2318	1075	845
- експлуатаційна			

Продовження табл.1.2

1	2	3	4
підбирач: - вид	барабанного виду	Барабанний вид з пружинними пальцями	Барабанний вид з жорсткими пальцями, що прибираються
- діаметр, мм	-	480	600
- кількість лінії пальців, шт.	-	5	10
- кількість пальців у лінії, шт.		три подвійних і дві одинарних (у граблині)	2

Окрім цього, як уже зазначалося, розпушувач стебел ефективніше піднімає стебла, що лежать або прилипли до поверхні ґрунту. Для забезпечення якісного підбору трести до неї висуваються такі вимоги: довжина стебел має становити від 40 до 130 см, діаметр — від 0,6 до 2,5 мм, а товщина шару стебел у стрічці не повинна перевищувати 4 см. Кількість стебел на одному погонному метрі стрічки має бути в межах 800–2500 штук. Розтягнутість стрічки відносно середньої довжини стебел допускається до 1,3, кут нахилу стебел у стрічці — не більше 20°, а розрив стрічки — до 5%.

В Україні для здійснення операцій з підбору та завантаження паків і рулонів у транспортні засоби використовується різноманітна техніка. Зокрема, застосовуються універсальні фронтальні навантажувачі загального призначення моделі ПФ-0,5, оснащені спеціальним пристосуванням ППЛ-0,5, завантажувальні вила, поворотні завантажувальні вила, адаптовані до тракторів класу 1.4. Крім того, широко представлені фронтальні навантажувачі іноземного виробництва, у тому числі навантажувачі рулонів моделей ПКУ-0,8-13, універсальні навантажувачі рулонів ПРУ-0,5, фронтальні навантажувачі рулонів ФПР-0,5П, що мають змінне робоче обладнання, а також навантажувачі Т-426 і Т-800 виробництва компанії “SIPMA”. Також використовуються спеціалізовані пристрої, призначені для захвату та навантаження рулонів.

Основні технічні параметри перелічених навантажувачів представлені у таблиці 1.3.

У випадках, коли існує можливість безпосереднього підбору льонотрести із валків, доцільним є використання грабельних підбирачів-порцієутворювачів, зокрема моделі ПНП-3, що агрегуються з трактором Т-25А. Сформовані підбирачем порції трести розміщуються вручну у конусоподібні конструкції з метою забезпечення ефективного просушування. Після досягнення вологості трести у конусах рівня 18%, її розподіляють у валок, формуючи його з трьох-чотирьох рядів конусів. Дана практика сприяє підвищенню продуктивності прес-підбирача, зменшенню механічних пошкоджень трести, а також знижує ймовірність потрапляння небажаних домішок, таких як бур'яни та часточки ґрунту, у сформований рулон. Використання даної технології дозволяє зменшити витрати трудових ресурсів у порівнянні з ручним збиранням трести у 2,0-2,5 рази.

Кожна з методик збирання характеризується певними перевагами та недоліками. Розглянемо детальніше специфіку комбайнової та роздільної технологій.

Суттєвою перевагою комбайнової методики є зниження витрат ручної праці, що супроводжується підвищенням складності машин та агрегатів, які використовуються в процесі. Іншим аспектом комбайнової технології є дещо пізніший початок збирання, порівняно з іншими методиками. Це пояснюється тим, що при обмолоті насіннєві коробочки відокремлюються від стебел самотійно або разом із квітконіжкою чи частиною стебла.

Для незрілих коробочок таке відокремлення є небажаним, оскільки для повноцінного дозрівання насіння необхідне надходження поживних речовин з усієї стеблини, що сприяє кращому наповненню та збільшенню розміру насіння. Для дозрілих коробочок це відокремлення не має істотного значення. З цієї причини, комбайнове збирання розпочинається на декілька днів пізніше, що дозволяє коробочкам досягти більшої зрілості. Підбір розстеленої на полі

трести за допомогою підбирача не завжди відбувається належним чином, що обумовлено особливостями його конструкції та застосування.

Таблиця 1.3

Загальний опис навантажувачів для рулонів льону

Індикатор	Суть				
	Т-800	Т-426	ФПР-0,5П	ПРУ-0,5	ПКУ-0,8-13
Вид	начіпний	начіпний	начіпний	начіпний	начіпний
Гранична вантажність, кг	800	1500	До 500	1100	-
Керування	Трисекційне		-	-	
Вага машини, кг	370	570	880	602	1075
Орієнтація захвата, град	92	94	-	-	-
Маса противаги, кг	600	-	-	-	-
Комбінування, трактори з певною потужністю/тяговою силою	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Висота підйому, м	3,0	3,8	-	3,4	-
Споживана потужність	Не більше 55		-	-	

Четверта проблема комбайнового збирання льону полягає у неможливості тривалого зберігання неочищеної маси у візку, оскільки існує ризик самозігрівання та погіршення якості насіння. У випадку затримки з відправленням вороху на сушку, це негативно впливає на його характеристики. З метою запобігання втратам, необхідно оперативно організувати сушіння, розподіливши масу тонким шаром на доступній площині для швидкого підсихання.

Роздільний метод збирання льону має суттєві переваги, зокрема використання сонячної енергії для сушіння зрілого насіння та стебел з коробочками, а також можливість розпочати збирання трохи раніше, ніж при

комбайновій технології. Крім того, він дозволяє уникнути багатьох ручних операцій, які є характерними для снопової технології.

Роздільна технологія збирання, хоч і має свої переваги, має і певні недоліки. Обладнання, яке вона потребує, є більш вартісним, складним у конструкції та потребує більше матеріалів, ніж техніка, що застосовується для снопового збирання. Окрім цього, слід зазначити такі мінуси:

а) Через розміщення стебел з насіннєвими головками безпосередньо на ґрунті та їхнє тривале перебування там, особливо в умовах вологої погоди, підвищується ризик інфікування насіння різними хворобами;

б) Оскільки підйом стебел підбирачем відбувається двічі (перед обмолотом і під час піднімання трести), показник розтягнутості стебел може значно збільшуватися, що зумовлено специфікою роботи підбирача. Важливою особливістю роботи льонопідбирача є необхідність не лише підняти стрічку льону, але й уникнути зсуву стебел один відносно одного, що може призвести до значного збільшення розтягнутості. Зменшення розтягнутості полегшується за умови прямолінійності стрічки. В такому разі, при прямолінійному русі агрегату та спрямуванні середньої частини підбирача вздовж середньої частини стрічки, можна отримати рулон з незначною розтягнутістю стебел. Проте, якщо стрічка має викривлення, якісно підняти стебла та сформувати рулон з низькою розтягнутістю стає практично неможливо.

Ефективність роботи підбирача-обертача, як загалом, так і окремих його елементів, визначається показниками абсолютної та відносної розтягнутості. Ця розтягнутість суттєво впливає на обсяг виходу довгого волокна при переробці льоносировини.

Розтягнутість виникає на початковому етапі збирання льону, зокрема, під час взаємодії стебел льону з подільниками льонозбирального комбайна. Досвід збирання льону свідчить, що розтягнутість, що виникає при сходженні зі стрижнів подільників, збільшується під час транспортування стрічки льону пасами підбирального апарату. Рекомендовано, щоб розтягнутість стрічки після комбайнового збирання не перевищувала 1,2 рази.

Економічні та технічні параметри машин, що використовуються для збирання льону

Назва та виробник	Продуктивність, га/год	Робоча швидкість, км/год	Конструкційна маса, кг	Втрати насіння, %	Робоча ширина захвату, м	Чистота вибирання, %
КЛС-1,7 “Полесьє-1650”	до 1,4	5–12	4500	—	1,65	—
ЛКУ-1,5 (завод “Львівсільмаш”)	0,7– 1,0	5–7	2200	≤5	1,5	≥99
ЛКУ-4 (Луцький ДТУ)	1,05	до 12	1700	≤5	1,4	≥99
Комбайн дворівчачовий (Depoortere, Бельгія)	—	—	7000	—	2×1,2 = 2,4	—
ЖОН-4 (УкрЦВТ)	2,95	7,5	1250	3,7	4,0	100
“Русич” (причіпний)	1,0	6–8	1950	≤4	1,52	≥99
ЛК-4А (“Бежецьксільмаш”)	1,0	6–7	2100	≤4	1,5	≥99

На викривлення стрічок, що утворюються під час роботи, впливають спосіб пересування техніки, форма поля, його загальний рельєф та нерівності, тобто ступінь його рівності, наявність нахилів та підйомів, погодні умови (зокрема, вітер), потреба в об'їзді перешкод під час руху та інші обставини.

Оскільки для збирання льону потрібно багато техніки, бажано, щоб льонозбиральна машина була багатофункціональною, тобто придатною як для прямого комбайнування, так і для роздільного збирання. При цьому, переналаштування машини з одного режиму роботи на інший має бути простим, з мінімальними змінами в конструкції та швидким.

1.2. Будова, призначення та різновиди підбирально-обертальних пристроїв

Для збирання рослинної маси з валків застосовуються різні типи підбирачів: грабельні, транспортерні та барабанні (див. рис. 1.8). Підбирально-обертальні агрегати містять пристрій для підбирання, транспортувально-обертальний елемент і механізм для зняття стрічки льону з пальців поперечного транспортера [6, 12].

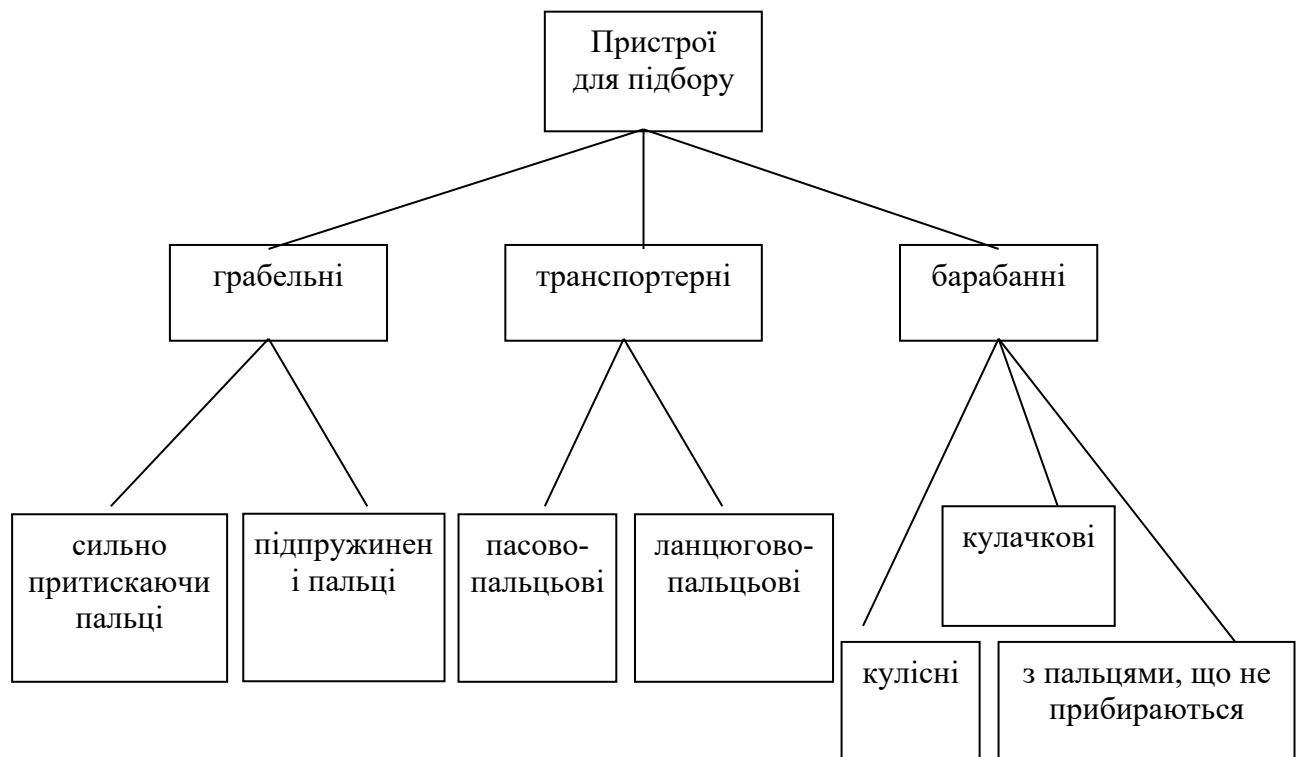


Рис. 1.8. Структурна схема класифікації пристроїв для підбирання трести

У збиральних пристроях для льону відокремлення стебел льону від поля та їх транспортування до піднімального механізму виконується за допомогою неактивних пальців граблів, які можуть бути зафіксовані нерухомо (рис. 1.9, а, б, в) [6] або мати пружинну конструкцію (рис. 1.9, г, д, е) [4, 6]).

Головний мінус цих збиральних апаратів з нерухомими пальцями граблів (рис. 1.9, а, б, в) полягає в тому, що неактивні пальці граблів занурюються в нерівності поверхні поля та відхиляються назад, що призводить до погіршення якості збирання.

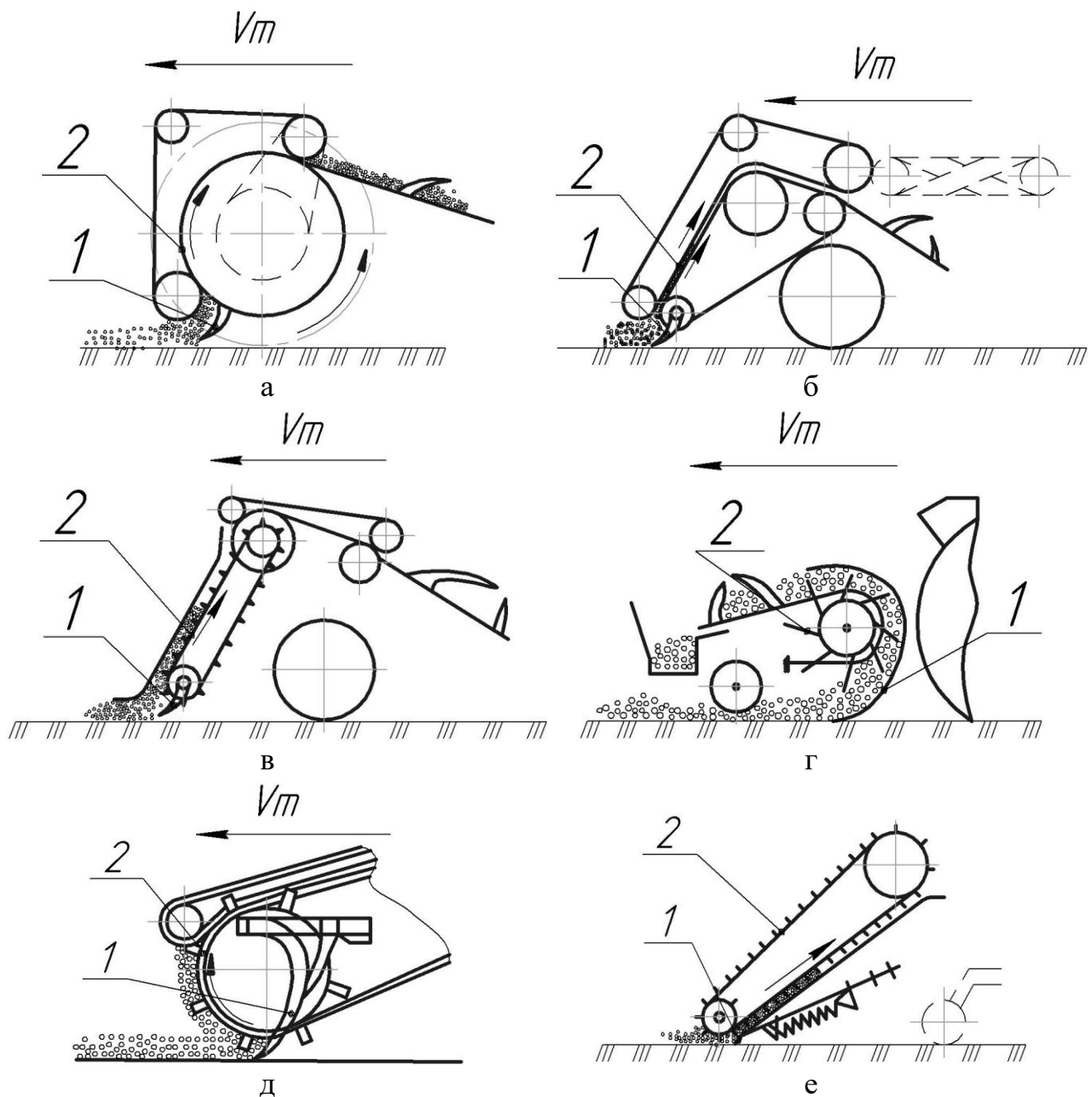


Рис. 1.9. Схеми будови грабельних підбирачів:

1 – пасивні пальці; 2 – пристрій для підйому стебел

Підбиральний апарат використовується для збору розкладених на полі стрічок льону. Його основними елементами є стрижні-пальці, розташовані в ряд на визначеній відстані між собою. Функціонування підбирального апарату можна умовно поділити на три етапи: згрібання стрічки льону з поверхні поля, підняття стрічки вгору, та передача стрічки до транспортувально-обертальних механізмів.

Використання пружин для амортизації пальців грабельних підбирачів, а також застосування полозків для адаптації до нерівностей поля (рис. 1.9, а, б, в), сприяє покращенню якості їхньої роботи. Серед мінусів грабельних підбиральних апаратів варто відзначити їхню схильність до ненадійності, що призводить до намотування та злипання стебел льону, а також сторонніх рослин на зубцях граблів [11,12].

У транспортерних підбиральних апаратах відділення стрічки льону від поля та її подальша доставка здійснюється за допомогою пальців, прикріплених до підйомного механізму. Залежно від типу підйомного механізму, ці підбирачі класифікують на стрічково-пальцеві (рис. 1.10, а) та ланцюгово-пальцеві (рис. 1.10, б).

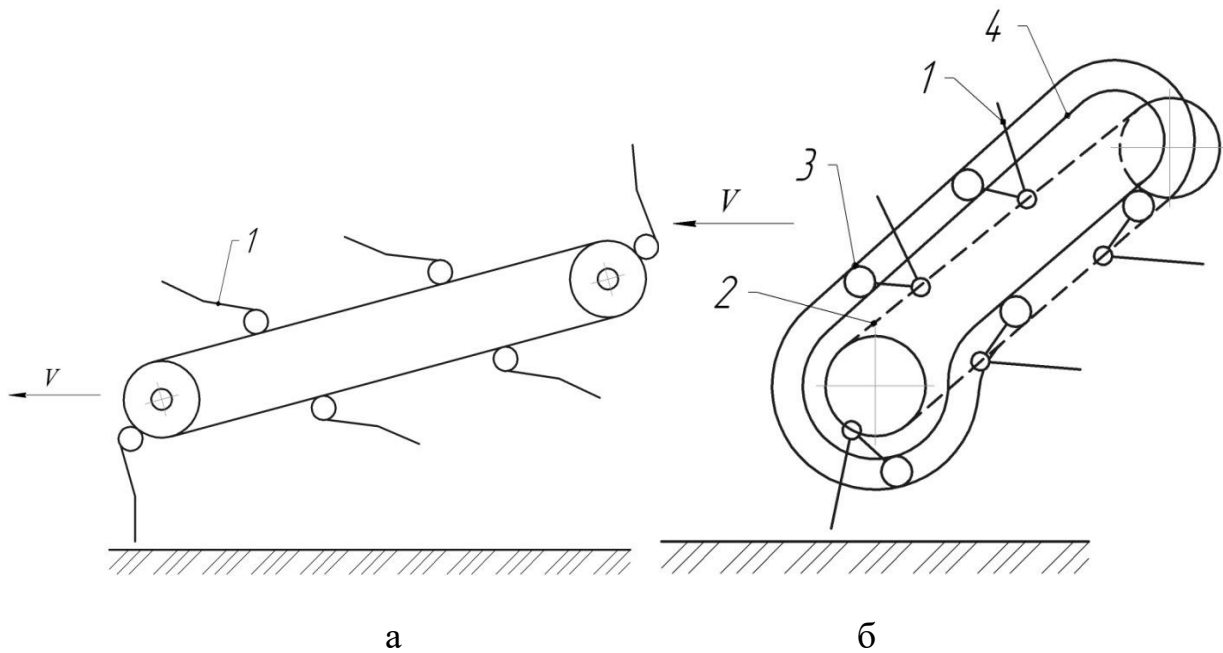


Рис. 1.10. Конструктивні схеми транспортерних підбиральних апаратів:

а – стрічково-пальцевий тип; б – ланцюгово-пальцевий тип; 1 – палець; 2 – ланцюг; 3 – ролик; 4 – напрямна доріжка ланцюга

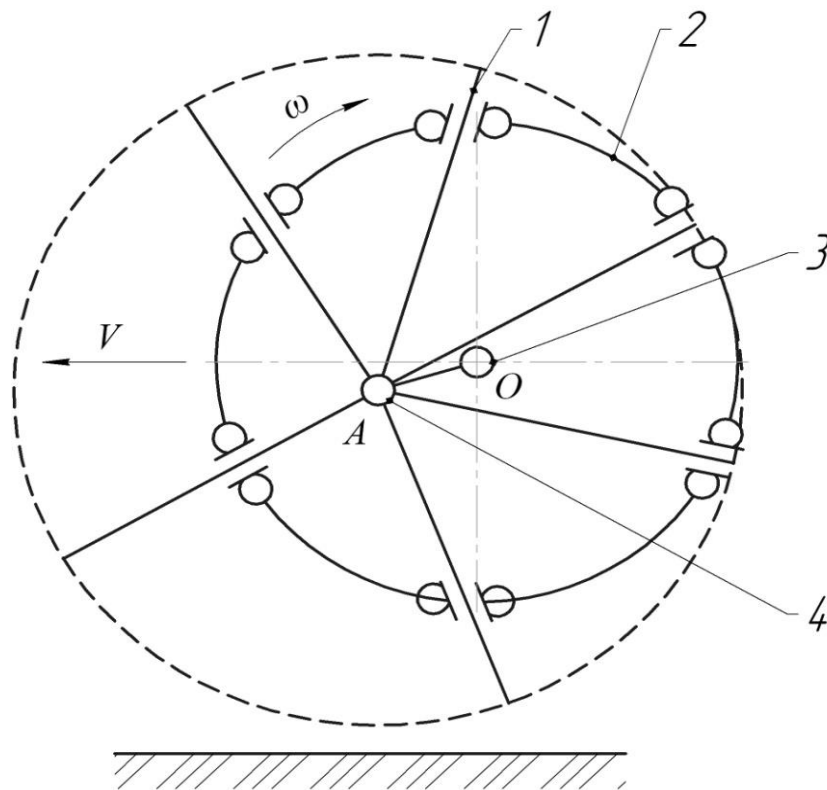
Загальним недоліком цих підбирачів є їхня невисока стабільність роботи у складних умовах збирання (наприклад, при наявності трави на стрічках, їх деформації, або підвищеній вологості). Також існує ризик захоплення стебел льону пальцями транспортерів у місці їх з'єднання з іншими робочими елементами.

Найбільш популярними та широко використовуваними в льонозбиральній техніці є барабанні підбирачі. Їх можна класифікувати за типом механізму: з кулісним, кулачковим механізмом, або з фіксованими пальцями. Пальці можуть бути жорсткої конструкції, пружинними або підпружиненими.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІНОВАНОГО ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ-
ДОВГУНЦЯ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ УМОВАХ2.1. Основні напрями підвищення рівня механізації операцій з
обробки та транспортування льонотрести

Кулісний підбиральний апарат (рис. 2.1) представляє собою активний кожух 1 барабанного типу, який обертається відносно нерухомої осі $O-O$, коліно 2 якої виконує роль другої осі O_1-O_1 . На останній шарнірно встановлено жорсткі пальці 3 так, що їх вільні кінці проходять через прорізь у корпусі барабана [14, 15].



**Рис. 2.1. Конструктивна схема кулісного підбирального апарата з
прибиральними пальцями:**

1 – палець, що прибирається; 2 – барабан; 3 – вісь барабана; 4 – вісь пальців

Привод зазначеного пристрою реалізований за допомогою пасової передачі, де корпус барабана інтегровано в систему як один зі шківів. Пас,

окрім передачі обертального руху, виконує функцію транспортування матеріалу або його підйому.

Суттєвим недоліком апаратів з таким принципом підбирання є обмежена здатність жорстких пальців адаптуватися до нерівностей поверхні поля. Особливо це проявляється у складних умовах збирання, таких як наявність валків з переплетеною рослинністю або підвищеною вологістю. Крім того, при контакті з камінням та іншими сторонніми предметами, пальці зазнають деформацій або руйнування, що призводить до виходу з ладу підбирального механізму.

У підбиральному пристрої кулісного типу з пружними пальцями нерухомої конструкції ексцентрикова вісь барабана 2 зберігає динамічне положення завдяки дії пружини 5 та обмежувальних елементів, змонтованих на каркасі підбирача. При взаємодії пальців з об'єктами перешкоди відбувається пружна деформація пружини та обертання ексцентрикової осі. Внаслідок цього пальці переміщуються всередину барабана, змінюючи вертикальне положення над поверхнею поля, що сприяє адаптивному копіюванню контуру рельєфу. Після подолання перешкоди пружина повертає ексцентрикову вісь до первинного стану.

Обмеженням даного підбирального пристрою є його конструкція, що передбачає жорстке з'єднання циліндричних секцій, які містять два ряди (по чотири в кожному) пружних пальців нерухомої конструкції з механізмом періодичного втягування. Це призводить до погіршення умов підбору стрічок льону, що характеризуються варіативною довжиною стебел та нерівномірною формою, оскільки оптимальне положення центра підбирального барабана (орієнтація по центру мас стебел на відстані $1/3$ довжини стебла від кореневої частини) не завжди досягається, що негативно впливає на надійність технологічного процесу.

Підбиральний пристрій, що використовує кулачковий механізм і фіксований захисний елемент (згідно з рисунком 2.2), характеризується наявністю захоплюючих елементів (1), інтегрованих у секції, змонтовані на

валах (2). На кінцях валів розташовані кривошипи (3) з роликами. Вали трубчастої конструкції (2) розміщені в підшипниках дисків (6), які жорстко з'єднані з валом (4), забезпечуючи їх обертання. Ролики кривошипів (3) рухаються по замкненій траєкторії авсd, що визначається конфігурацією нерухомого кулачка (5). В результаті, захоплюючи елементи (1), обертаючись разом із валом (4), здійснюють регульований поворот відносно осей валів трубчастої конструкції (4) у відповідний момент часу.

До загальних недоліків даного підбирального пристрою слід віднести конструктивну складність. У випадку експлуатації в ускладнених умовах (підвищена засміченість маси льону з високим вмістом вологи) спостерігається тенденція до затягування стебел у проміжки фіксованого захисного елемента, що може призвести до блокування та порушення стабільності технологічного процесу. Існують різні типи захоплюючих елементів: жорсткі підпружинені та еластичні. Використання еластичних захоплюючих елементів може не забезпечувати достатньої ефективності підбирання, особливо на нерівній поверхні поля, а також на масивах, де присутня проросла рослинність, щільно притиснута до ґрунту. Це зумовлено їх недостатньою здатністю до деформації. Кулачковий механізм збільшує складність конструкції підбирача, а також підвищує показники матеріало- та енергоємності. Під час захоплення та підйому маси льону ролики рухаються по відповідній циліндричній частині профілю кулачка, в той час як при подачі стебел до транспортувального пристрою під час реверсивного руху – по ділянці спеціалізованої конфігурації.

Негативні динамічні ефекти, притаманні функціонуванню кулачкового механізму, зумовлюють виникнення локалізованого зношування на поверхнях кулачка та копіра. Пальці зазнають імпульсних ударних навантажень і пружних коливань, що в перспективі спричиняє їх деструкцію в зонах фіксованого з'єднання з валом. При експлуатації підбирального апарату в умовах засмічених стрічок з підвищеним рівнем вологості, спостерігається захоплення стебел у щілини пасивного кожуха, що призводить до порушення технологічного циклу.

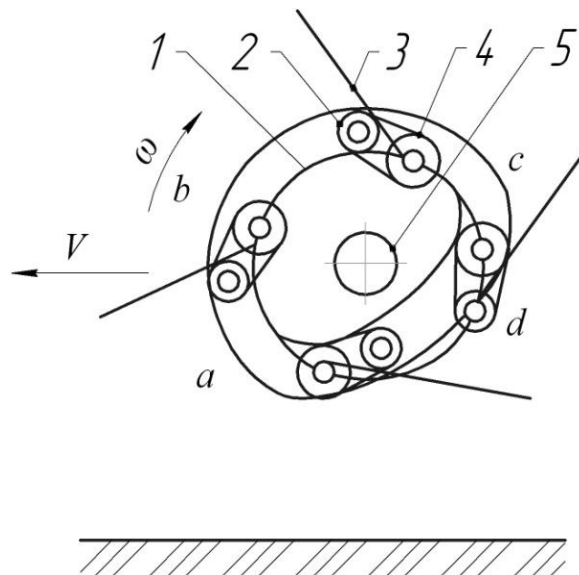


Рис. 2.2. Конструктивна схема підбирального барабана з кулачковим механізмом керування пальцями:

1 – пальці; 2 – вали; 3 – кривошини з роликами; 4 – приводний вал; 5 – кулачок

Підбиральний барабан барабанного типу з нерухомими пальцями обладнаний двома рядами пружних елементів, виготовлених із сталевого дроту, які міцно зафіксовані на циліндричній поверхні барабана (див. рис. 2.3).

Функціонування подібних підбиральних механізмів не завжди гарантує задовільну якість підбирання, особливо при експлуатації на нерівних поверхнях поля або при роботі з валками, щільно прилеглими до ґрунту. Даний недолік обумовлений недостатньою пружністю пальців.

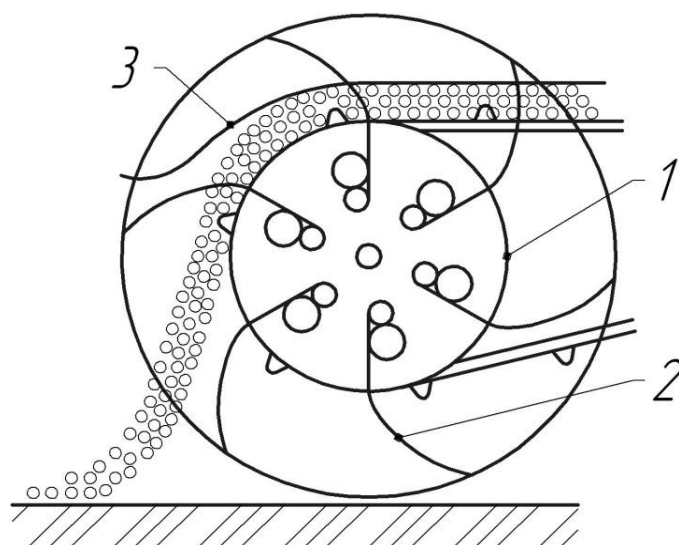


Рис. 2.3. Схема підбирача з пружинними пальцями, що не прибираються:

1 – кожух; 2 – пальці; 3 – притискний пристрій

Транспортувально-обертальні пристрої призначені для транспортування та обертання стрічки льону. Їх конструкції поділяються на:

- обертальні пристрої з перехресним пасом;
- пристрої зі стрічково-роликовим перехресним транспортером;
- пристрої з конічним барабаном, обладнаним пальцями, які не прибираються.

Найбільш поширеною групою є саме транспортувально-обертальні пристрої. Вони містять гвинтоподібний канал, який утворено перехресним пасом із пальцями та гвинтоподібними направляючими прутками. У компонованні робочих органів цей тип пристрою застосовується як подавальний транспортер (рис. 2.4, а, б) або як спеціальний транспортер для обертання стрічки (рис. 2.4, в–е).

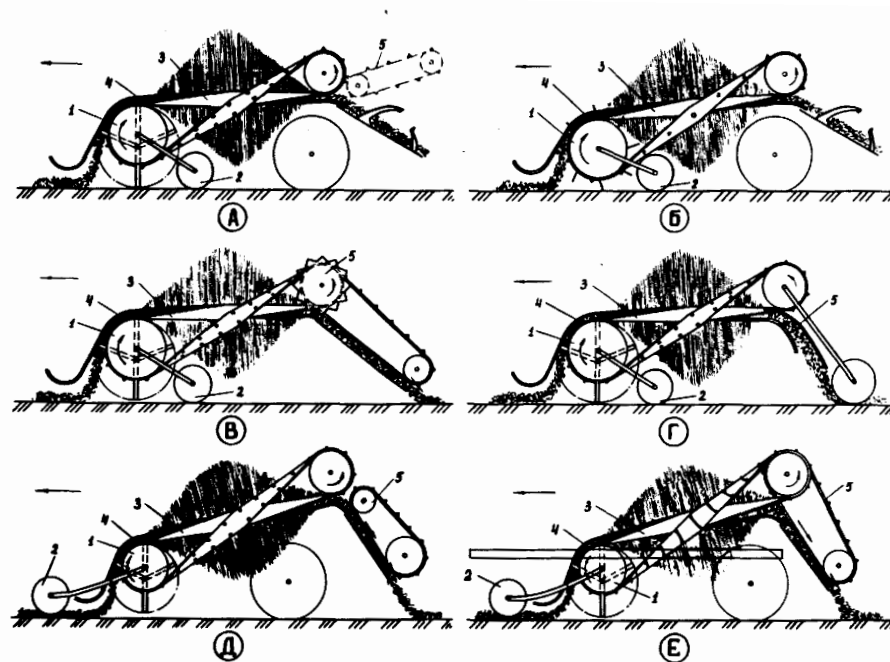


Рис. 2.4. Конструктивні схеми підбирально-обертальних пристроїв з перехресним пасом та гвинтоподібними напрямними прутками для подачі та обертання стрічки льону:

1 – підбиральний апарат; 2 – пристрій для копіювання; 3 – пристрій обертання; 4 – гвинтоподібні напрямні прутки; 5 – механізм знімання стрічки льону

Найпростіша конструкція характерна для транспортувально-обертального пристрою з перехресними ремнями. Однак, спіральні напрямні, фіксовано приєднані до кронштейнів рами вздовж робочої частини, унеможливають регулювання зазору в спіральному каналі під час функціонування. Внаслідок цього, при підйомі та обертанні неоднорідних за товщиною, забруднених мас, можливе блокування каналу рослинними рештками, що негативно впливає на технологічний процес.

На рисунку (2.5, а) представлено схему транспортувально-обертального пристрою зі стрічково-роликовим конвеєром. Перевертання стебел у цьому пристрої відбувається за допомогою двох безперервних ремнів, які контактують один з одним та мають поздовжні і поперечні ділянки.

Переміщення та обертання льонової стрічки в підбирачі-обертачі (рис. 2.5,б) відбувається шляхом затискання та переміщення стрічки між двома широкими перехресними ремнями, які контактують робочими поверхнями. Обертач на (рис. 2.5, в) окрім затискного перехресного транспортера має направляючу гвинтоподібну пластину.

До загальних недоліків цих пристроїв для переміщення та обертання слід віднести їхню складну будову та значне споживання енергії.

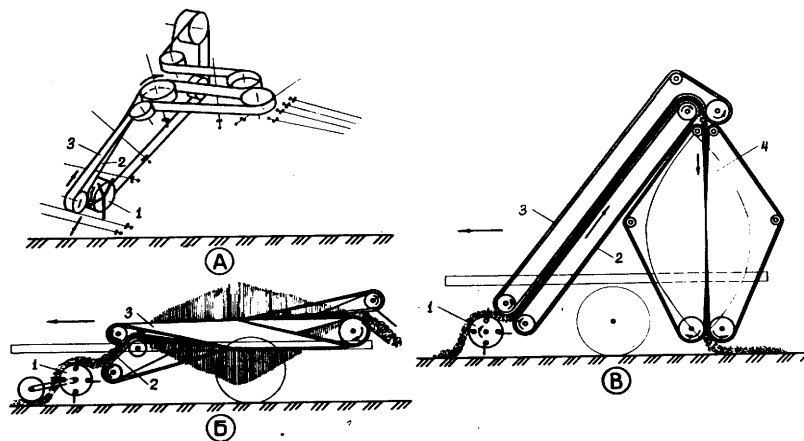


Рис. 2.5. Схематичне зображення підбирально-обертальних пристроїв, що використовують стрічково-роликовий транспортер:

1 – підбиральний механізм; 2 – нижню стрічку транспортера, призначену для фіксації об'єкта; 3 – верхню стрічку транспортера, також задіяну у процесі фіксації; 4 – спіральний лист

Для здійснення процесу зняття стебел льону з пальців перехресного транспортера та їх рівномірного розподілу на вихідній ділянці гвинтоподібного каналу використовуються спеціалізовані пристрої пасивного або активного типу, призначені для впливу на обернену стрічку льону. Ці пристрої можна класифікувати як знімні направляючі прутки (пасивна дія), зубчасті диски з пасово-пальцевим транспортером та пасово-пальцевий транспортер (активна дія).

Поточні умови, що склалися в лляному секторі аграрного виробництва, зумовлюють необхідність більш радикальних рішень у сфері збиральної техніки. Тому, зусилля розробників зосереджені на створенні нового покоління машин, які характеризуються високим рівнем адаптованості до регіональних вимог та відповідають найсуворішим потребам сільськогосподарських виробників. До перспективних напрямків розвитку належать самохідні збиральні агрегати блочно-модульної конструкції. Гідравлічний привід їхньої ходової частини та функціональних елементів забезпечує не тільки плавне регулювання робочої швидкості та режимів роботи технологічних вузлів, але й можливість реверсування всіх робочих органів. Льонозбиральна машина складається з наступних основних модулів: брального, що включає пристрій для плющення відземкової частини стебел, обчісувально-затискного, стрічкорозстилочного та підбирально-обертального.

2.2. Методичне обґрунтування та проєктування технології комбінованого збирання льону-довгунця

Наразі, через значну вартість пального та технічного обладнання, витрати на висушування насіннєвого матеріалу за показниками врожайності волокна 0,7 т/га та насіння 0,3 т/га при комбайновій збиральній кампанії льону у фазі початкової жовтої зрілості на 1940 грн./га вищі, ніж у фазі жовтої зрілості. Це призводить до збільшення сукупних витрат на культивування

льону в середньому на 31,3% при зростанні доходу від продажу трести льону лише на 6,3%, що економічно недоцільно.

Отже, головною модернізацією, що сприяє поліпшенню технології збирання льону-довгунця та підвищенню її продуктивності за всіма основними параметрами, є перехід на технологію поєднаного збирання, яка відповідає вимогам пристосованості до різних природно-кліматичних зон. Рекомендується за умови досягнення посівами початкової жовтої зрілості застосовувати технологію роздільного збирання, а згодом технологію комбайнового збирання в міру досягнення культурою кінця жовтої та повної зрілості. Важливою умовою використання цієї технології збирання льону-довгунця є її впровадження у льоносіючих господарствах у достатньо великих обсягах.

Для агропідприємств із землеробством площею від 2500 до 3000 гектарів, при вирощуванні льону, оптимальна площа посіву цієї культури, за винятком малопродуктивних земель, складе приблизно 230 – 280 гектарів.

Збирання льону-довгунця на початкових стадіях дозрівання за допомогою роздільного методу дозволяє зменшити масу та вологість льоновороху в середньому вдвічі. Це призводить до того, що витрати на збирання стають порівнянними з витратами на пряме комбайнування у фазі жовтої стиглості без сепарації вороху. Крім того, роздільне збирання вирішує ряд інших важливих питань.

Перш за все, це дозволяє узгодити дві різні цілі виробництва: отримання якісного льоноволокна та якісного насіння, що є проблемою при комбайновому збиранні. Це пов'язано з тим, що волокно та насіння досягають фізіологічної стиглості в різний час. При цьому, дозрівання насінневих коробочок відбувається нерівномірно через різний час їх формування на рослинах [9, 33].

Раннє комбайнування льону в фазі жовтої стиглості, хоча і дозволяє отримати насіння з задовільною схожістю, призводить до неоднорідності посівного матеріалу за ступенем дозрівання. Застосування штучної сушки лише підсилює цю неоднорідність, впливаючи на фізичні та врожайні характеристики насіння. У подальшому це негативно відображається на

рівномірності стеблостою та знижує якість кінцевої продукції з льону.

В даний час всі агровиробники, які спеціалізуються на льоні, вимушені самотійно займатись виробництвом посівного матеріалу. Через недостатній рівень технологій та значні втрати під час збирання, середня врожайність насіння льону в Україні за останні 10 років становить лише 0,22 т/га при 78% схожості. Така врожайність не завжди забезпечує навіть просте відтворення насіннєвого фонду, враховуючи, що норма висіву насіння з належною схожістю у звичайних господарствах коливається в межах 0,11-0,125 т/га.

Під час комбайнового збирання льону-довгунця виникає складна технологічна дилема між якістю насіння та якістю волокна. Якщо основний акцент робити на отриманні насіння вищої якості, що досягається шляхом збирання льону на стадії жовтої та повної стиглості, це негативно впливає на фізичні та технологічні властивості волокна. Волокно в цей період уже має підвищену жорсткість, меншу еластичність і здатність до розпушення, що знижує його промислову цінність.

З іншого боку, прагнення отримати високоякісну лляну тресту шляхом збору на ранніх стадіях стиглості, коли волокно ще більш ніжне та еластичне, унеможливорює одержання повноцінного насіння з оптимальним вмістом білка та жирів. Це створює конфлікт між технологічними вимогами до насіння та волокна, що потребує розробки збалансованої комбінованої технології збирання, яка дозволяє одночасно отримувати насіння та волокно високої якості. Така технологія передбачає оптимальне визначення моменту збирання, конструктивне удосконалення машин і регулювання режимів роботи підбиральних та обертальних апаратів для мінімізації втрат і пошкодження сировини.

Розв'язанням цієї проблеми є впровадження ключового елементу технологічного процесу – забезпечення збирання посівів у фазі ранньої жовтої стиглості з широким використанням роздільного збирання. Успішність цього підходу залежить від високої врожайності льону, що досягається шляхом покращення технології вирощування через її інтенсифікацію та розробку різних

технологій, що враховують цільове призначення посівів: виробництво високоякісного волокна або насіння. Специфічні характеристики технологій, розрізнених за цією ознакою, представлені на рис. 2.6.

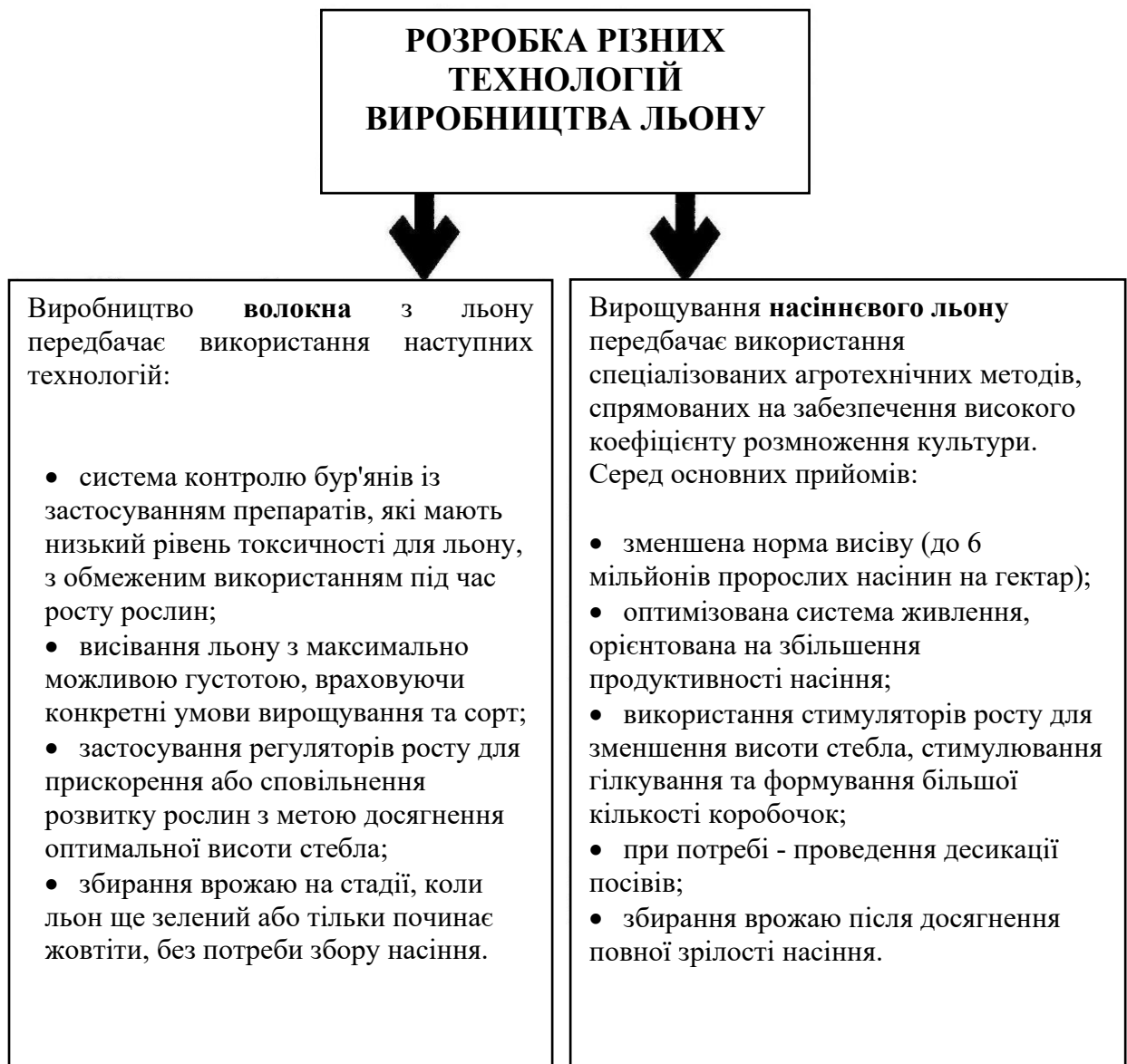


Рис. 2.6. Диференційовані технології виробництва льону: ключові особливості

Для оптимізації показників технології роздільного збирання, в якій ми беремо участь, було здійснено масштабні наукові дослідження та випробування в реальних умовах аграрних підприємств, що спеціалізуються на вирощуванні льону.

Використання адаптованих технологій дозволяє: значно покращити характеристики волокна завдяки перенесенню часу обробки трести на більш підходящий період та збиранню стебел у більш ранні терміни; знизити витрати

на виробництво трести та волокна, що підвищить конкурентоспроможність української льонарської галузі на ринку; вирішити проблему недостатньої кількості насіннєвого матеріалу льону-довгунця та прискорити процес зміни і оновлення сортів.

Позитивний ефект від покращення якості льонопродукції при впровадженні технології роздільного збирання досягається за рахунок підвищення показників схожості насіння та якості довгого волокна (рис. 2.7 і 2.8) внаслідок збирання в оптимальні строки (відповідно до стадії стиглості) та витримування льоносоломи в сприятливих умовах для утворення трести.

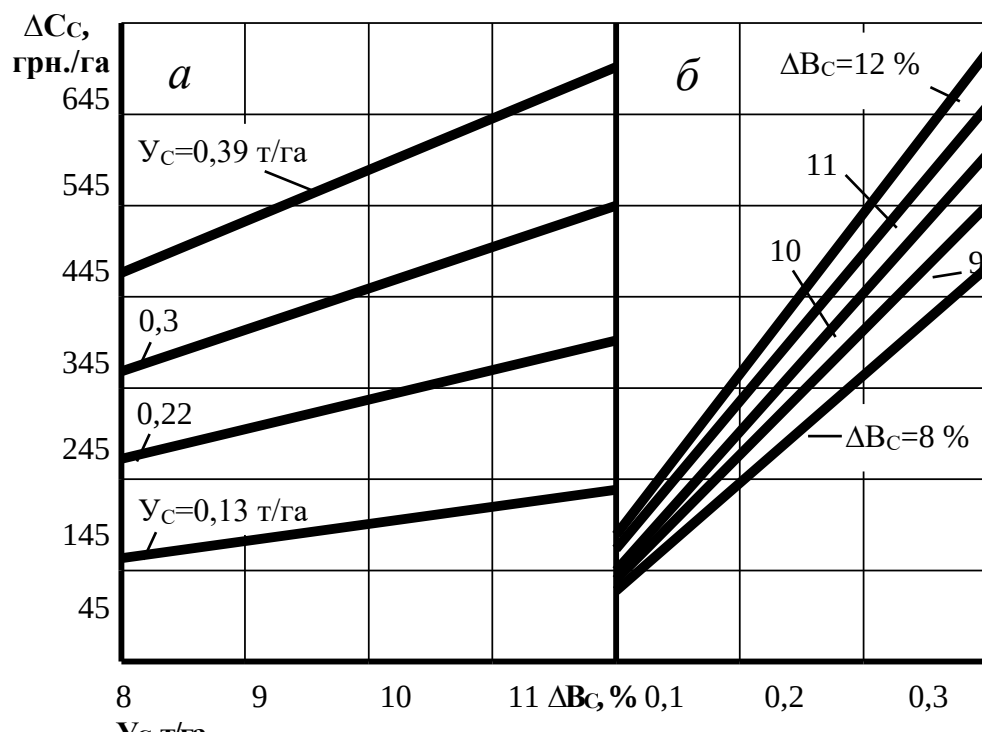


Рис. 2.7. Вплив підвищення схожості ΔB_c і урожайності Y_c на зміну вартості насіння льону ΔC_c при середній ціні 6,1 тис. грн/т (клас II)

Вартість отримання волокна майже не залежить від характеристик льоносировини, проте ціна кінцевого продукту – волокна – прямо пропорційна якості обробленої трести льону. Впровадження прогресивних технологій обробки сировини, що збільшують вихід довгого волокна (коефіцієнт μ), призводить до прискореного зростання прибутковості, яке описується параболічною кривою з опуклістю вгору (рис. 2.7, а). Збільшення врожайності (Y_B) сприяє лінійному зростанню вартості (ΔC_B) волокнистої продукції (рис.

2.7, б).

Роздільний спосіб збирання забезпечує збільшення виходу довгого волокна з трести на 1,0 – 2,97% (абс.) та покращує його якість на 0,96 – 1,12 номера порівняно з комбайновим методом.

Дозрівання насіннєвих коробочок у валках природним шляхом покращує схожість насіння на 8,0 ... 10% у порівнянні з комбайновим збиранням. Роздільний спосіб збирання, проведений у більш ранні терміни, скорочує тривалість вимочування трести на 5-10 днів.

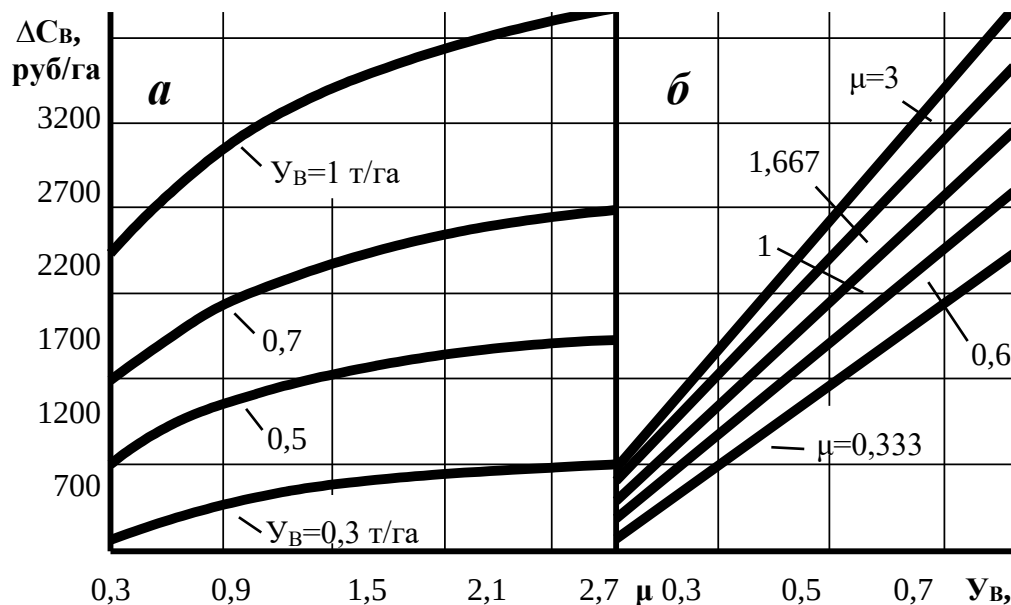


Рис. 2.8. Вплив коефіцієнта μ (а) і урожайності Y_v (б) на приріст вартості волокнистої продукції ΔC_v ; μ – відношення маси довгого волокна до короткого з 1 га

Отже, з метою підвищення економічної ефективності вирощування льону, зокрема збільшення вартості насіння та волокнистої продукції, доцільним є використання технології роздільного збирання. Важливо також працювати над підвищенням урожайності та покращенням характеристик льоносировини, а також збільшенням виходу довгого волокна в процесі переробки на льонозаводах, що досягається шляхом впровадження сучасних технологій.

Застосування роздільного збирання сприяло поліпшенню структурно-технологічних показників льоновороху завдяки збільшенню частки вільних

коробочок насіння та зниженню рівня його вологості. Тривалість процесу сушіння льонороху при роздільному збиранні була в 1,6 – 3,0 рази коротшою, ніж при комбайновому збиранні, залежно від початкової вологості. Відповідно, витрати пального на сушіння льонороху також зменшилися в 2,0 – 3,0 рази [25].

Запровадження технології роздільного збирання на всій площі посівів є економічно невиправданим, оскільки за несприятливих метеорологічних умов під час збирання існує ризик проростання насіння у валках та їх повної втрати. Отже, роздільне збирання не може розглядатися як універсальна альтернатива прямому комбайнуванню, зважаючи на те, що кліматичні умови в різні роки, як правило, виявляються більш сприятливими для одного з методів.

Використання комбінованого збирання забезпечує більшу стабільність виробничого процесу та сприяє мінімізації негативного впливу екстремальних погодних явищ. Цей підхід дозволяє перенести збиральні роботи на період з більш сприятливими погодними умовами. Якщо у третій декаді липня та першій декаді серпня вірогідність виникнення періодів несприятливої для збирання погоди тривалістю понад сім днів становить 30,5%, то у другій та третій декадах серпня вона зростає до 40,7%. Якість льонотрести, вилежаної у серпні, на один сортономер вища, ніж у вересні. Обсяг виходу довгого волокна збільшується при цьому в 1,23 рази.

Застосування виключно роздільної технології на всій площі збору льону є нераціональним з огляду на значні ризики зниження якості насіння, а іноді і повної його втрати за несприятливих погодних умов. Крім того, питомі витрати при такому підході вищі на 15% у порівнянні зі збиранням комбайнами, навіть при використанні сепарації вороху у фазі жовтої стиглості. Збирання всієї площі за роздільною технологією на етапі ранньої жовтої стиглості вимагатиме значного збільшення кількості льонобралок, підбирачів-очісувачів та техніки для піднімання трести, що зумовлено близькими термінами завершення процесів вилежування на різних ділянках, що робить цей підхід економічно невиправданим. Відтак, найбільш економічно доцільним є комбінований метод

збирання, який починається з роздільного збирання у фазі ранньої жовтої стиглості, з подальшим переходом на комбайновий метод при досягненні повної стиглості посівів, що забезпечує отримання високоякісного посівного матеріалу [10, 25].

Підтверджено, що в українському льонарстві ефективною є спеціалізація окремих господарств на вирощуванні льону на насіння. Це економічно вигідніше для господарств, що займаються виробництвом льоноволокна, ніж створення власної матеріально-технічної бази для насінництва. Аналіз свідчить, що спеціалізація технологій є економічно обґрунтованою, якщо ціна однієї тонни насіння льону в насінницьких господарствах буде нижчою за 7,3 тис. грн, що є реалістичним показником.

З огляду на це, стратегія розвитку галузі визначає наступні цільові показники застосування технології комбінованого збирання: 70% льону збиратиметься роздільним способом на початковій стадії жовтої зрілості, насамперед для виготовлення високоякісного волокна. Решта 30% врожаю збиратиметься комбайнами для забезпечення отримання надійного посівного матеріалу, за умови використання льонозбиральних комбайнів під час повної зрілості льону.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Основні принципи охорони праці у галузі рослинництва

Охорона праці в сільськогосподарських підприємствах є важливим аспектом діяльності, оскільки вимагає значних зусиль, спрямованих на збереження здоров'я та життя працівників. Перед початком експлуатації машино-тракторного агрегату необхідно ретельно перевірити та налагодити його компоненти, а також забезпечити належне змащування всіх вузлів і механізмів. Важливо, щоб трактори та сільськогосподарська техніка були оснащені системою аварійної сигналізації з обох боків, вогнегасником, засобами для прибирання (мітла, лопата), необхідним інструментом та аптечкою для надання першої медичної допомоги [9].

Основною метою заходів з охорони праці для механізаторів є оперативне виявлення та ліквідація технічних несправностей обладнання, а також поліпшення умов праці на робочих місцях.

3.2. Розробка заходів з охорони праці для механізованого збирання льону-довгунця

Інструкція з охорони праці при роботі на агрегаті Case Magnum 310 та сівалці «Horsch – Агро-Союз» ATD 18.35 для посіву льону. Загальні положення:

до роботи допускаються лише працівники, які пройшли інструктаж на робочому місці, ознайомлені з усіма вимогами охорони праці та мають необхідні навички для роботи з агрегатом. Агрегат повинен бути справним, перевіреним на відповідність технічним вимогам та нормам безпеки. Робоче місце має бути впорядкованим, без зайвих механізмів, вузлів, сторонніх предметів і не повинно допускати перебування сторонніх осіб, які не беруть участь у роботі. На робочому місці обов'язково повинна бути аптечка першої

медичної допомоги та засоби пожежогасіння. Призначений старший слідкує за дотриманням правил безпеки всіма працівниками. Кожен працівник несе персональну відповідальність за порушення інструкції та правил охорони праці.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

перед початком роботи працівники повинні одягнути спеціальний робочий одяг, застібнути всі гудзики, забезпечити чистоту та порядок на робочому місці, дотримуватися правил особистої гігієни. Агрегат перевіряється на справність всіх вузлів, механізмів, гідравлічних та електричних систем, а також на відповідність вимогам охорони праці. Працівники повинні перебувати на закріплених робочих місцях, самовільне переміщення на інші робочі місця забороняється, щоб уникнути травматизму та порушення технологічного процесу.

Вимоги безпеки під час роботи:

у процесі роботи необхідно використовувати лише справний інструмент та пристрої, виконувати всі регулювання та підтягування кріплень обережно і тільки справним інструментом. Забороняється сходити з трактора під час руху агрегата, перебувати під робочими органами агрегата та виконувати регулювання, очищення або ремонт робочих органів на ходу або при піднятому агрегаті під час працюючого двигуна. Під час заправки агрегата забороняється користуватися відкритим вогнем та палити, щоб уникнути виникнення пожежі. Під час роботи працівники повинні суворо дотримуватися технологічного процесу та правил безпеки, зберігати уважність і обережність, особливо при русі агрегата на поворотах або нерівностях поля.

Вимоги безпеки після закінчення роботи:

після завершення роботи необхідно очистити та прибрати всі інструменти, пристрої та робоче місце, оформити відповідну документацію щодо виконаних робіт, перевірити стан агрегата та підготувати його до наступного використання. Працівники зобов'язані повідомити керівника про всі порушення техніки безпеки, які сталися під час роботи. Також слід

дотримуватися особистої гігієни, привести в порядок одяг і робоче місце, щоб підтримувати безпечні та комфортні умови праці.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях:

у разі отримання травми або нещасного випадку необхідно негайно зупинити агрегат, надати першу медичну допомогу постраждалому та при необхідності відправити його до медичного пункту або викликати швидку допомогу. При виникненні пожежі необхідно негайно повідомити пожежну службу за номером 01, застосувати наявні засоби пожежогасіння та організовано приступити до ліквідації пожежі, дотримуючись правил безпеки та інструкцій щодо гасіння [10].

Ця інструкція є обов'язковою для виконання всіма працівниками та спрямована на забезпечення безпечного і ефективного процесу посіву льону, зниження ризику травмування та забезпечення збереження робочого агрегата.

3.3. Вимоги санітарії та гігієни під час виконання виробничих операцій із шкідливими факторами

Сільське господарство характеризується тим, що значна частина виробничих процесів відбувається під впливом погодних умов. Працівники часто піддаються впливу великої кількості небезпечних речовин.

Недостатнє освітлення, гучність, коливання, забруднене повітря і нерациональна організація робочого місця можуть призводити до нещасних випадків, оскільки негативно впливають на працівників, зменшують їх пильність та інше. Робота в несприятливих умовах здатна викликати хвороби.

Для створення прийнятних умов праці необхідно забезпечувати герметичність кабін тракторів та інших самохідних машин. Для протидії негативним виробничим факторам використовуються спеціалізовані пристрої: системи обігріву, опалення, освітлення, вентиляції, кондиціонери, датчики, що сигналізують про наявність шкідливих речовин у повітрі, а також засоби для зменшення шуму.

3.4. Правила пожежної безпеки під час виконання операцій з механізованого збирання

Важливість протипожежного захисту на об'єктах агропромислового комплексу зумовлює необхідність активного застосування протипожежних засобів працівниками пожежної охорони. Найбільш поширеними причинами займань є іскри відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння, недбале поводження з відкритим вогнем, а також електричні несправності.

Посівний агрегат для льону слід забезпечити одним вогнегасником (ОП-2), розміщеним у легкодоступному місці. Трактор і агрегат мають бути обладнані двома мітлами, а на рамі трактора слід встановити ящик з піском. Усе це обладнання має бути чітко видимим та легкодоступним [11].

3.5 Висновок за розділом

У розділі розглянуто комплекс питань, що стосуються забезпечення безпеки праці в рослинництві, технічних вимог до експлуатації машинно-тракторних агрегатів, санітарно-гігієнічних норм та правил пожежної безпеки. Аналіз показав, що охорона праці є ключовим елементом організації виробництва, особливо при виконанні механізованих операцій.

Особливу увагу приділено вимогам безпеки під час механізованого збирання та посіву льону-довгунця. Розроблена інструкція з охорони праці для агрегату Case Magnum 310 та сівалки «Horsch – Агро-Союз» АТД 18.35 визначає порядок дій працівників перед початком роботи, у процесі виконання технологічних операцій та після їх завершення. Встановлено, що дотримання регламентів технічного обслуговування, справність механізмів та належна підготовка персоналу є запорукою безпечного виконання польових робіт.

У рамках розділу також розширено вимоги охорони праці щодо **комбайнового способу збирання льону**, який відзначається підвищеною

складністю та небезпекою через одночасну роботу ріжучих, стеблепереробних і транспортних механізмів. Під час експлуатації льонозбиральних комбайнів встановлено необхідність:

- забезпечення огляду та регулювання ріжучих апаратів лише при повній зупинці двигуна;
- дотримання безпечної дистанції від робочих органів через ризик затягування стебел;
- контролю за справністю транспортерно-сушильних систем, які працюють у режимах підвищеного нагріву та потребують регулярного очищення від стеблових залишків;
- використання працівниками засобів індивідуального захисту з урахуванням пиловиділення під час роботи комбайна;
- недопущення перебування сторонніх осіб на полі у момент проходження комбайна та виконання розворотів;
- суворого дотримання правил пожежної безпеки, оскільки суха льонова маса є легкозаймистою.

Усі ці вимоги спрямовані на мінімізацію виробничих ризиків та підвищення безпеки механізаторів, які працюють на комбайнах під час збирання льону.

Також у розділі наведено аналіз санітарно-гігієнічних умов праці в умовах впливу шкідливих виробничих факторів. Встановлено, що на організм працівника негативно впливають шум, вібрація, мікрокліматичні умови та забрудненість повітря. Для їх нейтралізації необхідно забезпечувати належну вентиляцію, застосовувати засоби захисту органів дихання та слуху, а також дотримуватися регламентів перебування в кабіні підвищеної запиленості.

Досліджено також правила пожежної безпеки під час виконання комбайнових і тракторних робіт. Основними умовами запобігання займанню є використання вогнегасників, наявність ящика з піском, недопущення витоків пального та систематичне очищення техніки від рослинних залишків.

Узагальнюючи викладене, можна зробити висновок, що впроваджені заходи з охорони праці забезпечують безпечне і безперебійне виконання механізованих операцій у рослинництві, зменшують ризики травматизму, покращують умови праці та сприяють збереженню технічних ресурсів господарства. Дотримання вимог безпеки при комбайновому збиранні льону є особливо важливим, оскільки забезпечує ефективність технологічного процесу та захист життя і здоров'я працівників.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Оцінка економічної ефективності технологій обробітку льону-довгунця

Виробництво льону-довгунця орієнтоване переважно на отримання довгого волокна. Зазвичай, стебла льону вилучаються спеціальними апаратами разом з корінням і розміщуються у вигляді стрічок, вирівняних паралельно. Важливо, щоб ця паралельність зберігалася протягом усього технологічного процесу: від відокремлення насінневих коробочок до обробки трести на відповідному обладнанні. Удосконалення техніки спрямоване на мінімізацію деформацій стебел, запобігання їх зміщенню. Це сприяє підвищенню продуктивності та збільшенню виходу довгого волокна за рахунок покращення його характеристик. Отже, якість продукції є ключовим фактором і головним пріоритетом усього виробничого циклу. На жаль, в українському сільському господарстві не завжди заохочувалося підвищення якості продукції. Часто на першому місці був обсяг, а не якість. Зниження якості в льонарстві є значною причиною зменшення інвестицій та занепаду всієї галузі.

Якість виробництва льону залежить від багаторічного досвіду у створенні спеціалізованого обладнання, врахування біологічних властивостей рослини та уважного ставлення до льону на всіх етапах обробки. Значна кількість факторів ускладнює виробничий процес. Поліпшення елементів машин і механізмів відбувається з урахуванням складних біологічних змін, які відбуваються у стеблах льону під час перетворення на тресту. Значні зусилля розробників спрямовані на розширення можливостей машин, чітку функціональність кожного пристрою, об'єднання декількох операцій в агрегатах.

Основою для результативного виробництва високоякісної лляної продукції є коректний вибір технології та технологічних комплексів машин для реалізації всіх виробничих етапів, враховуючи природні, кліматичні та господарські умови аграрних підприємств.

Найбільш складним та важливим етапом культивування льону є його збирання. Для існуючих трьох методів збирання (снопового, роздільного та комбайнового) створені спеціальні набори машин [32]. Найбільш розповсюдженими та перспективними, як зазначалося раніше, у найближчій перспективі є останні два.

В Україні останнім часом проведено дослідження альтернативного способу збирання льону, у якому замість традиційної операції брання застосовується косіння жниварками з подальшим обмолоченням насіння зернозбиральними комбайнами. В результаті цих досліджень були розроблені технологічні регламенти виробництва льону-довгунця та визначені енергоекономічні показники, зокрема собівартість, експлуатаційні, приведені та прямі витрати виробництва за різними способами збирання. Встановлено, що собівартість виробництва льону-довгунця становить (грн/га): за роздільної технології — 4956,65; роздільної без збирання насіння — 4886,46; комбайновим способом — 5343,49; альтернативним способом із використанням зернозбиральних комбайнів КЗС-9-01 — 5569,42.

За роздільної технології збирання льон у ранньо-жовтій та жовтій стиглості вибирається льонокомбайнами ЛК-4А, ЛКВ-4А у варіанті без очісування або льонобралками ТЛН-1,5 (запропонований варіант збирання) і розстеляється в стрічку на льоностелищі, де під дією природного тепла висушується. За сприятливих погодних умов через три-п'ять діб стрічку підбирають, обмолочують, обертають і повторно розстеляють для подальшого вилежування. Перевагами цієї технології є зменшення енергозатрат на сушіння, одержання високоякісного насіння та потенційне збільшення виходу довгого волокна. Основним недоліком є залежність ефективності збирання від погодних умов.

Як різновид роздільної технології збирання був розроблений технологічний регламент виробництва льону-довгунця на волокно. За цією технологією обчісування насінневих коробочок не проводиться або може виконуватися на етапах первинної переробки льону; у запропонованому варіанті обчісування не застосовується. Комбайнова технологія передбачає одночасне збирання льоносоломи та насіння, наприклад, із використанням льонокомбайна ЛК-4А. Найвищі показники врожайності та якості волокна досягаються при збиранні льону в ранній жовтій стиглості, а насіння — у жовтій та повній стиглості. Збирання в повній стиглості призводить до втрат і зниження якості волокна та насіння, підвищення ураженості насіння хворобами, збільшення засміченості посівів та затримок у виконанні робіт із виготовлення трести.

Також розроблено технологічний регламент та визначено енергоекономічні показники виробництва льону-довгунця на коротке волокно за альтернативною технологією збирання. За цією методикою стебла льону скошують жниварками з подальшим обмолотом насіння спеціально підготовленими зернозбиральними комбайнами. Дослідження показали, що при висоті зрізання 150–400 мм біологічна маса врожаю зменшується на 29–45 %, а втрати непросепарованого насіння в молотильному барабані комбайна можуть досягати 20 %. При цьому сировина, що складається з хаотично розташованих стебел льону та бур'янів, є новим та недостатньо вивченим матеріалом, що потребує додаткових досліджень і технологічної адаптації.

Зростання собівартості збирання врожаю комбайновим способом на 7,8%, а альтернативним – на 12,4% відносно роздільного, зумовлене вищими витратами на парк техніки, що використовується для збирання культури.

Операційні витрати альтернативного способу збирання на 33% перевищують відповідні показники роздільного та становлять 2213,9 грн./га. Водночас, операційні витрати комбайнового способу досягають 2011,72 грн./га, що на 21% більше, ніж при роздільному збиранні.

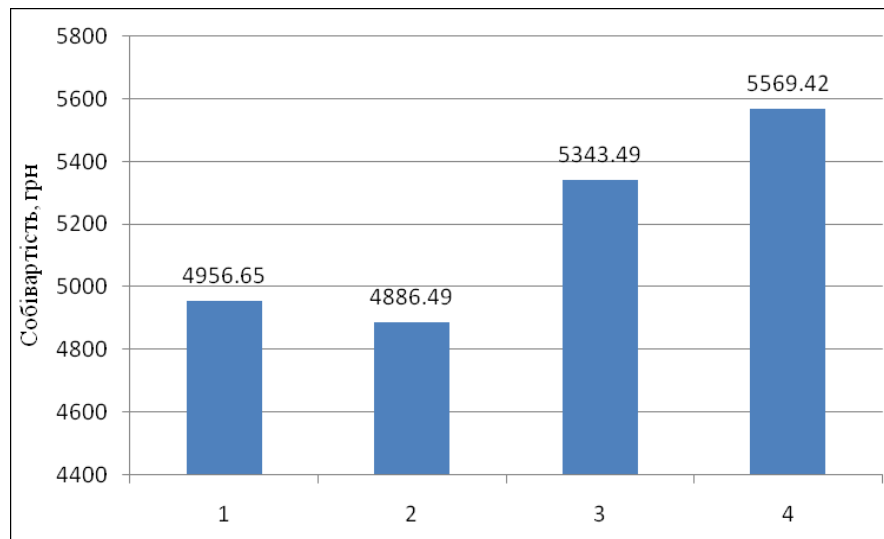


Рис. 4.1. Порівняння собівартості вирощування льону-довгунця залежно від обраної технології збирання:

1 – роздільна технологія; 2 – роздільна технологія без збору насіння; 3 – комбайнова технологія; 4 – альтернативна технологія із застосуванням зернозбирального комбайна

Альтернативний метод збирання має найменшу частку витрат на паливно-мастильні матеріали (29,9% від загальних експлуатаційних витрат), на відміну від роздільного (35,5%) та комбайнового (32,5%) способів. Однак, для альтернативного методу характерні найбільші витрати на ремонт і утримання техніки (31,4%), тоді як для роздільного вони складають 25,5%, а для комбайнового – 26,7%.

Витрати на експлуатацію при збиранні льону-довгунця зернозбиральним комбайном на 33% вищі, а прямі витрати на 13,6% вищі порівняно з роздільним методом. Крім того, цей метод збирання не сприяє покращенню якості сировини, що негативно впливає на економічну ефективність виробництва через зменшення виходу довгого волокна. Також, використання важких зернозбиральних комбайнів погіршує умови праці та негативно впливає на ґрунт, у порівнянні з використанням спеціалізованої льонозбиральної техніки.

Для збирання льону комбайновою технологією необхідні: комбайн для льону, обладнання для обробки вороху, підбирач-перевертач стебел, прес-підбирач рулонів та навантажувач рулонів. У випадку поганої погоди може

знадобитися додаткове обладнання для перевертання або розпушування льону, а також система для активної вентиляції вороху. За сприятливих погодних умов система вентиляції може бути непотрібною, але для збирання льону в повній стиглості з отриманням чистого насіння все одно необхідний льонокомбайн.

Для роздільної технології збирання льону потрібні: льонобралка, льонопідбирач-обчісувач або льонопідбирач-молотарка, системи для активної вентиляції вороху, обладнання для обробки вороху, прес-підбирач рулонів та навантажувач рулонів. У випадку несприятливої погоди також може бути потрібне обладнання для перевертання або розпушування льону. Якщо льонопідбирач забезпечує перевертання обмолоченої стеблової стрічки, використання окремого підбирача-перевертача не потрібне. Однак, якщо необхідно двічі перевернути стрічку, то для роздільного способу збирання знадобиться додатковий підбирач-перевертач.

Впровадження запропонованих методів збирання виглядає багатообіцяючим, оскільки дозволяє зменшити кількість етапів, а також асортимент і обсяг обладнання. Наприклад, при застосуванні роздільного способу можна виключити сушарку і підбирач-перевертач, а при комбайновому – оптимізувати кількість етапів і машин, якщо відмовитися від перевертання стебел і сушіння маси, що при збиранні зрілого льону має низький рівень вологості і може сушитися активною вентиляцією або взагалі не потребує сушіння. Щодо перевертання стебел у фазі повної зрілості, то цей процес не сприяє покращенню характеристик волокна, оскільки вихід і якість його зі стебел, зібраних у повній стиглості, в цілому невисокі (незалежно від перевертання).

В Україні розвиток галузі та її потенціал можливо реалізувати за умови впровадження комплексу заходів (правових, соціальних, економічних, технічних, технологічних тощо), спрямованих на підтримку виробництва продукції з льону. На сьогодні, за винятком (прес-підбирачів, навантажувачів рулонів, причепів, причепів-платформ), в нашій країні зупинено випуск спеціалізованої техніки для льонарства. Основна частина технологічних

операцій за комбайновою або роздільною технологією, включаючи підготовку та транспортування льонотрести, здійснюється за допомогою застарілої, відновленої техніки, яка вже вичерпала свій ресурс.

4.1 Висновок до розділу

У результаті аналізу технологій збирання льону-довгунця встановлено, що вибір способу збирання суттєво впливає як на якість волокна, так і на економічні показники виробництва. Дослідження підтверджують, що роздільна технологія залишається найбільш економічно обґрунтованою та забезпечує найкращі умови для отримання довгого волокна високої якості.

Порівняння собівартості свідчить, що:

- **4956,65 грн/га** — собівартість роздільної технології;
- **4886,46 грн/га** — роздільної технології без збору насіння;
- **5343,49 грн/га** — комбайнового способу;
- **5569,42 грн/га** — альтернативного методу із застосуванням зернозбирального комбайна.

Зростання витрат комбайнового методу на **7,8%**, а альтернативного — на **12,4%** щодо роздільного зумовлено значними витратами на техніку та обслуговування. Операційні витрати альтернативного способу становлять **2213,9 грн/га**, що на **33%** більше від роздільного, тоді як операційні витрати комбайнового методу — **2011,72 грн/га** (на **21%** більше порівняно з роздільним способом).

Дослідження засвідчили, що при використанні альтернативного методу за висоти зрізу **150–400 мм** біологічна маса зменшується на **29–45%**, а втрати непросепарованого насіння можуть сягати **20%**. Це негативно впливає на якість сировини та знижує економічну доцільність методу.

Аналіз структури витрат показав, що частка паливно-мастильних матеріалів найнижча саме в альтернативному способі (**29,9%**) порівняно з роздільним (**35,5%**) та комбайновим (**32,5%**). Водночас витрати на ремонтно-

обслуговуючі операції є найбільшими при альтернативній технології — **31,4%** проти **25,5%** і **26,7%** відповідно.

Встановлено, що роздільна технологія забезпечує не лише меншу собівартість, але й більш високі показники якості волокна, що робить її найдоцільнішою для вирощування льону-довгунця на довге волокно. Комбайновий спосіб, хоча й дозволяє скоротити кількість операцій, негативно впливає на структуру стебел, погіршує умови праці та сприяє ущільненню ґрунту через використання важких машин.

Впровадження удосконалених технологічних схем збирання показує перспективність оптимізації виробничого процесу через скорочення кількості операцій та технічних засобів. Це може підвищити економічну привабливість галузі, за умови модернізації машинного парку та відновлення виробництва спеціалізованої техніки, оскільки нині більшість технологічних операцій виконуються за допомогою застарілих машин, що практично вичерпали свій ресурс.

Таким чином, результати дослідження показують, що найбільш ефективною для виробництва якісного волокна та економічно вигідною для підприємств є **роздільна технологія збирання льону**, яка забезпечує оптимальне співвідношення собівартості, якості продукції та технічної доцільності.

ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень встановлено, що ефективність вирощування та збирання льону-довгунця значною мірою залежить від правильно обраної технології та технічного забезпечення всіх виробничих процесів. Аналіз існуючих методів збирання підтвердив суттєві відмінності як у витратах, так і у впливі на якість кінцевої продукції. Роздільна технологія продемонструвала найкраще співвідношення витрат і якості довгого волокна, що робить її найбільш економічно доцільною в сучасних умовах виробництва.

Порівняння собівартості показало:

- **4956,65 грн/га** — роздільна технологія;
- **4886,46 грн/га** — роздільна технологія без збору насіння;
- **5343,49 грн/га** — комбайнова технологія;
- **5569,42 грн/га** — альтернативна технологія із застосуванням зернозбирального комбайна.

Комбайновий спосіб збільшує собівартість на **7,8%**, а альтернативний — на **12,4%** порівняно з роздільним. Операційні витрати альтернативного методу досягають **2213,9 грн/га**, що на **33%** більше роздільного, а витрати комбайнового — **2011,72 грн/га**, або на **21%** більше. Крім того, при альтернативному способі втрати непросепарованого насіння можуть сягати **20%**, а зменшення біологічної маси при зрізанні на висоті **150–400 мм** становить **29–45%**.

Окремо встановлено, що альтернативна технологія має найменшу частку витрат на ПММ (**29,9%**), проте найбільші витрати на ремонт та обслуговування техніки — **31,4%**, що перевищує показники роздільної (**25,5%**) та комбайнової (**26,7%**) технологій. Це свідчить про технічну недосконалість і високу енергоємність такого підходу.

Дослідження взаємодії робочих елементів машин, призначених для підйому та перевертання стеблової стрічки, показали значні недоліки сучасних технічних засобів. Наявні підбирачі та перевертачі не забезпечують стабільного

контролю за рухом матеріалу, що ускладнює формування якісної стрічки і знижує вихід довгого волокна. Встановлено, що фізико-механічні властивості стебел, конструктивні параметри перевертачів та режими роботи агрегатів суттєво впливають на якість сформованої трести та ефективність подальших стадій переробки.

За результатами аналізу експлуатаційних характеристик зернозбиральних комбайнів підтверджено, що їх використання збільшує витрати на **33%** порівняно з роздільним способом, а прямі витрати — на **13,6%**, не забезпечуючи при цьому поліпшення якості сировини. Крім того, важкі зернозбиральні комбайни погіршують умови праці та призводять до ущільнення ґрунту.

Отже, комплексний техніко-економічний аналіз підтверджує необхідність модернізації машин для збирання льону-довгунця, зокрема обладнання для підйому, перевертання та транспортування стебел. Для підвищення конкурентоспроможності галузі доцільним є впровадження диференційованого виробництва льону залежно від цільового продукту (насіння або волокно), оптимізація режимів роботи машин та розробка техніки нового покоління, здатної забезпечувати точний контроль за станом льонопродукту на всіх етапах збирання.

Узагальнюючи результати, найбільш ефективною технологією збирання льону-довгунця на волокно залишається **роздільний спосіб**, який забезпечує мінімальні витрати, високу якість продукції та стабільність технологічного процесу. Разом з тим удосконалення конструкцій робочих органів та оновлення технічного парку є критично важливими для підвищення економічної ефективності та розвитку льонарської галузі України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хайлис, Г. А. Теория и расчет льноуборочных машин [Текст] / Г. А. Хайлис // Труды Великолукского СХИ. – Елгава, 1973. – Вып. XXVI. – С. 123 – 131.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : навчальний посібник / Г. А. Хайліс, А. Ю. Горбовий, З. О. Гошко [та ін.]. – Луцьк : Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1998. – 268 с.
3. Шлыков, М. И. Основные свойства льна // Теория, конструкция и производство сельхозмашин : т. II; под ред. акад. В. П. Горячкина. – М. – Л. : Сельхозгиз., 1936. – С.123 – 125.
4. Крагельский, И. В. Физико–механические свойства лубяного сырья// Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин: т. II; Под ред. акад. В. П. Горячкина– М. : Сельхозгиз, 1936. – С.167 – 169.
5. Хайлис, Г. А. Механика растительных материалов. – К. : УААН, 2002.
6. Кузьміна, Т. О. Розвиток теорії і технології одержання модифікованих лляних волокон функціонального призначення [Текст] // автореф. дис. ...докт. техн. наук / Т. О. Кузьміна. – Херсон, 2008. – 44 с.
7. Ковалев, М. М., Обоснование комбинированой технологии уборки льна-долгунца [Текст] // М. М. Ковалев, Б. А. Поздняков // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – №8.-С.17-18.
8. Быков, Н. Справочник механизатора-льновода [Текст] / Н. Н. Быков, Н. Н. Быков, В. Н. Бухаркин, Г. К. [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985. – 232 с.
9. Сидорчук, О. В. Наукові принципи управління проектами систем машин адаптивного рільництва [Текст] / О. В. Сидорчук // Агромех-2004 : матер. Міжнар. наук.- прак. конф. ЛДАУ. – Львів : ДАУ, 2004. – С. 3 – 8.
10. Хайліс, Г. Необхідні машини для механізованих способів збирання льону [Текст] / Г. Хайліс, В. Шейченко // Техніка АПК. – 2007. – № 4-5. – С. 6 – 8.

11. Довідник з льонарства [Текст] / за ред. В. М. Євмінова. – К. : Урожай, 1980. – 120 с.
12. Довідник по технічних культурах [Текст] / В. М. Євмінов, І. П. Карпець, М. В. Шпита [та ін.] ; за ред. Г. І. Сенченка. – К. : Урожай, 1989. – 256 с.
13. Сидорчук, О. В. Інженерний менеджмент: системотехніка виробництва [Текст] : навчальний посібник / О. В Сидорчук, С. Р. Сенчук. – Львів : ДАУ, 2006. – 127 с.
14. Сидорчук, О. В. Методика побудови концептуальних моделей комплексів сільськогосподарських машин у сучасних адаптивних механізованих технологіях [Текст] : навчальний посібник / О. В Сидорчук. – Львів : ДАУ, 2006. – 75 с.
15. Luostarinen, M. Comprehensive utilization of flax cultivation and processing Techniques in Finland/M. Luostarinen, J. Pirkkamaa // Producing for the market/ Proceedings of the 4th European regional workshop on flax.-Rouen, France, September 25-28, 1996. – P. 51-52.
16. Kovalev M. Current situation and future on flax production in Russia: plant cultivation and fiber production M. Kovalev, I. Uscnaptovki // Proceedings of 6 international Symposium «Materials made of Renewable Resources» 6-7 September 2007. – Erfurt, Germany, 2007. – P. 91.
17. Rexroth, E. Natural fibre flax-A Research and Development Project of the German Free State of Saxony / E. Rexroth, T. Brückner, J. Schulz, C. Röhricht // Producing for the market/Proceedings of the 4th European regional workshop on flax.-Rouen, France, September 25-28, 1996. – P. 37-40.