

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БРАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЛЬОНО-
ЗБИРАЛЬНИХ МАШИН НА УЩІЛЬНЕННЯ СТЕБЕЛ
ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЮ”**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62

спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Марчук Віталій Володимирович
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Семен Я.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензенти: к.т.н., доц. Паславський Р.І.
(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

завдання

УДК 631.363:634.22

Дослідження впливу бральних апаратів льонозбиральних машин на ущільнення стебел льону-довгунцю. Марчук Віталій Володимирович. –Дипломна робота. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича. –Дубляни, Львівський НУП, 2024.

60 с. текст. част., 14 рис., 3 табл., 31 джерело.

Проведено аналіз способів та засобів для збирання льону-довгунцю, виявлено недоліки в роботі льонозбирального комбайна, на основі чого обґрунтовано необхідність дослідження якості льону-довгунцю перед обладнанням комбайна додатковим плющильним пристроєм.

Розроблена гіпотеза щодо роботоздатності удосконаленого льонозбирального комбайна під час вибирання стебел льону в різних фазах стиглості, проведені теоретичні дослідження взаємодії плющильних вальців з стеблами льону-довгунцю. Отримані аналітичні залежності для розрахунку основних параметрів та режимів роботи льонозбирального комбайна, обладнаного пристроєм для додаткового плющення стебел льону по всій їх довжині.

Наведено методики та результати експериментальних досліджень на основі двофакторних експериментів для встановлення оптимальних режимів роботи удосконаленого льонозбирального комбайна.

Розроблена карта умов праці на удосконаленому льонозбиральному комбайні та логіко-імітаційна модель процесу виникнення травм під час його технічного обслуговування.

Розраховано основні техніко-економічні показники роботи льонозбирального комбайна, обладнаного пристроєм для додаткового плющення стебел льону по всій їх довжині.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1 Біологічні особливості льону-довгунцю як об’єкта досліджень.....	8
1.2 Аналіз способів збирання льону-довгунцю.....	9
1.3 Аналіз засобів для збирання льону-довгунцю.....	10
1.4 Огляд конструкцій бральних апаратів льонозбиральних машин.....	16
Висновки.....	19
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЮ ВАЛЬЦЯМИ	20
2.1 Теоретичні передумови досліджень процесу збирання льону-довгунцю.....	20
2.2 Обґрунтування конструкції пристрою до льонокомбайна для додаткового ущільнення стебел льону.....	21
2.3 Дослідження процесу ущільнення стебел льону-довгунцю вальцями.....	23
2.4 Дослідження параметрів пружини вальцевого пристрою.....	28
Висновки.....	31
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	32
3.1. Мета і програма експериментальних досліджень.....	32
3.2. Передумови проведення дослідів.....	32
3.3 Методика визначення конструктивних параметрів плющильних вальців для додаткового ущільнення стебел льону-довгунцю.....	33
3.4 Методика визначення жорсткості пружин кріплення вальців та робочого транспортера пресувальної камери.....	35
3.5 Методика визначення параметрів процесу ущільнення стебел льону-довгунцю.....	37
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	39
4.1 Конструктивні параметри плющильних вальців.....	39

4.2 Коефіцієнт жорсткості пружин кріплення вальців.....	40
4.3 Параметри процесу ущільнення стебел льону-довгунцю.....	41
Висновки.....	42
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	44
5.1 Складання карти умов праці під час збирання льону-довгунцю комбайнами.....	44
5.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм.....	47
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА З ПРИСТРОЄМ ДЛЯ ДОДАТКОВОГО УЩІЛЬНЕННЯ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЮ.....	52
Висновки.....	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	58

ВСТУП

Льон-довгунець – традиційна технічна культура, яка культивується в Україні впродовж багатьох віків через сприятливі для цієї сільськогосподарської культури природно-кліматичні умови. Передовсім – це сировина для отримання цінного волокна, яке йде на виготовлення різних тканин та одягу. Додатковою продукцією льону є його насіння – цінний продукт, який є незамінним природним засобом у медицині та харчовій промисловості. З нього виготовляють також лляну олію [11, 15, 30].

Переробляючи льоно-тресту ми отримуємо також кострицю, яка є дуже цінним природним утеплювачем. Крім того з неї можна виготовляти також плити для меблів, додавши відповідних наповнювачів та клейких речовин.

За біологічними особливостями льон-довгунець на період збирання має висоту 90-130 мм з малорозвиненою кореневою системою й волокнами, що простягаються від неї, аж до насінневих коробочок. Саме тому льон-довгунець вибирають (примусово витягують) з ґрунту вручну або механізовано, застосовуючи льонобралки або льонозбиральні комбайни [2, 4, 23, 30].

Актуальність теми. Однією з основних операцій технології збирання льону-довгунцю є його збирання з формуванням рулонів або розселювання тонкою стрічкою на полі де він ріс. Однак, під час вибирання льону-довгунцю з ґрунту робочі органи льонозбирального комбайна витягують його стебла шляхом їх затискання між бральними пасами. Зона затискання рослин при цьому обмежуються шириною паса, а решта довжини стебла вибраного льону залишається в попередньому стані. Поряд з цим цей процес дещо хаотичний оскільки відбувається не тільки виривання стебел із землі, а й їх накладання одне на одне під час переміщення в бральному апараті, поперечному та затискному транспортерах, що може викликати їх пошкодження, надмірне перетискання в окремих зонах, переплітання стебел, тощо. Це може негативно вплинути на якість отриманої після вилежування льоно-трести через нерівномірний розклад пектинових речовин по всій довжині стебла рослини і, як наслідок, зменшення виходу повноцінного волокна.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження, спрямоване на визначення впливу бральних апаратів на якість лону-довгунцю, який піддається додатковому ущільненню за всією довжиною його стебла.

Таким чином, дослідження, спрямовані на підвищення ефективності роботи льонозбирального комбайна і якості отриманої льоносоломки, є актуальними.

Мета досліджень: підвищення ефективності процесу роботи льонозбирального комбайна завдяки рівномірному ущільненні стебел льону-довгунцю по своїй їх довжині.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати патентно-інформаційні джерела з питань біологічних особливостей, способів та засобів для збирання льону-довгунцю.
2. Виконати аналітичні дослідження взаємодії робочих органів льонозбирального комбайна з стеблами льону-довгунцю та обґрунтувати їх основні конструктивно-технологічні параметри.
3. Провести експериментальні дослідження процесу додаткового ущільнення стебел льону-довгунцю з використанням лабораторної установки.
4. Розробити карту умов праці під час збирання льону-довгунцю комбайнами.
5. Визначити техніко-економічні показники використання удосконаленого льонозбирального комбайна.

Об'єкт дослідження – робочі органи льонозбирального комбайна й технологічний процес їх взаємодії зі стеблами льону-довгунцю.

Предмет дослідження – закономірності зміни показників ефективності ущільнення стебел льону-довгунцю від параметрів і режимів роботи льонозбирального комбайна, обладнаного пристроєм для додаткового плющення стебел по всій їх довжині.

Публікації. За результатами досліджень опубліковані 2 статті у матеріалах і тезах наукових конференцій.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Біологічні особливості льону-довгунцю як об'єкта досліджень

Льон – це технічна культура, за біологічними ознаками який поділяється на дві групи – льон-довгунець (рисунок 1.1), який вирощують з метою отримання волокна та льон-кудринець, який вирощують як олійну культуру, основним продуктом котрої є насіння, що йде на переробку й отримання лляної олії [5, 7, 11, 23, 30].

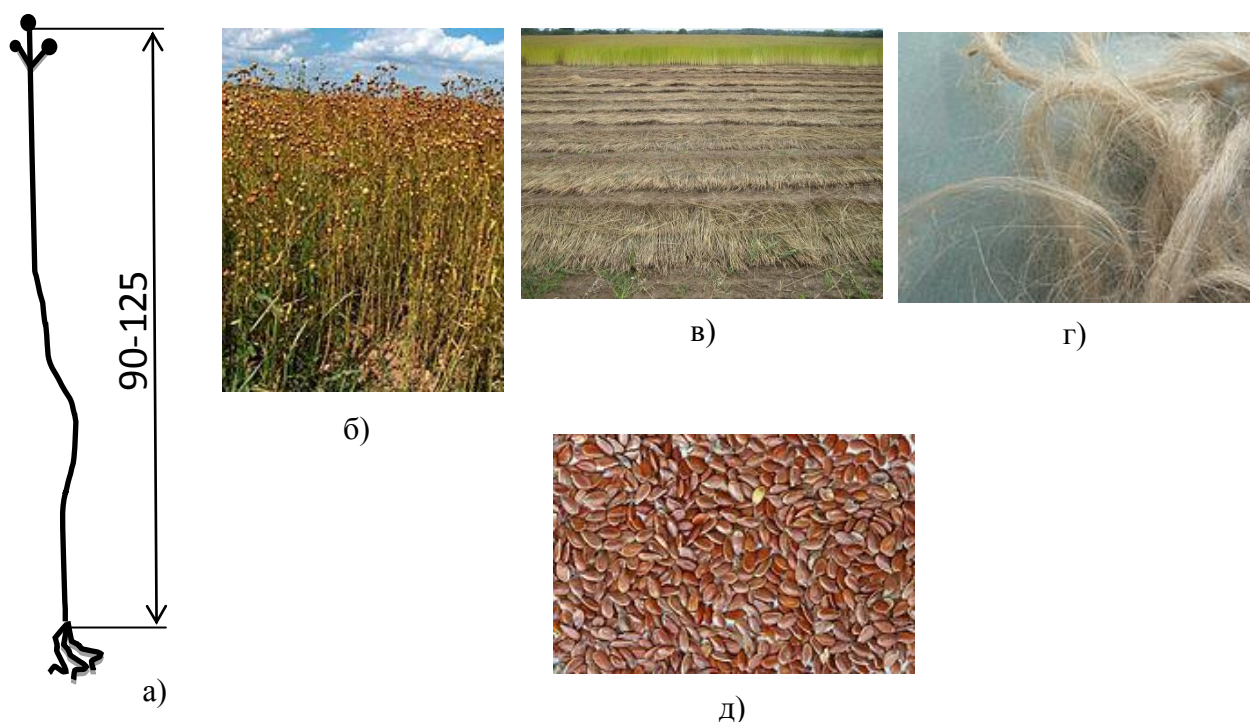


Рисунок 1.1 Характеристика льону-довгунцю в різних фазах розвитку:

а, б) льон-довгунець; в) льон-соломка, льоно-треста; г) льоно-волокно; д) насіння льону

Льон-довгунець може виростати до висоти навіть 160 см, але такі стебла не є міцними і можуть вилягати, переламуватися під дією природніх факторів, що негативно впливає на якість кінцевого продукту – льоно-волокна (див. рисунок 1.1, г).

Щоб добитися високої якості льону необхідно створити для цього сприятливі умови і проводити різні агротехнічні заходи, одним з яких є обробка культури у фазі ялинки препаратами росту для пригнічення росту рослини і утворення доволі міцного її стебла. В цьому випадку отримаємо оптима-

льну для застосування льнозбиральних машин висоту рослини, що не перевищуватиме 125-130 см (див. рисунок 1.1, а, б). Такі рослини більш стійкі до вилягання і мають доволі довге й міцне стебло в яких волокна простягаються від кореневої системи до насінневих коробочок [15, 30].

Якщо вибрати (витягнути) льон із землі й очесати насінневі коробочки, отримаємо перший продукт – льно-соломку (див. рисунок 1.1, в). Її можна здавати на підприємства переробки, але доцільніше розстелити льно-соломку тонкою стрічкою на стелищах, де під дією атмосферних опадів і сонячного проміння в ній розкладаються пектинові речовини й утворюється льно-треста (див. рисунок 1.1, в). Цей процес триває біля місяця і під час вилежування льно-соломку необхідно перевертати, щоб запобігти проростанню трави.

Кінцевим продуктом у технології вирощування льону-довгунцю є волокно (див. рисунок 1.1, г), яке можна отримати шляхом первинної переробки льно-трести на лінії машин льнопереробного пункту.

1.2 Аналіз способів збирання льону-довгунцю

Під час збирання льон-довгунець виривають з ґрунту разом із кореневою системою й насінневими коробочками. Іншими словами відбувається процес бранням стебел льону, який покладено в основу технологічного процесу роботи льнозбиральних машин (комбайнів), які під час роботи просто виривають льон із землі (льнообралки) або виривають льон і одночасно обчисують з нього коробочки з насінням, які згодом обмолочують на стаціонарі.

Льон-довгунець збирають у стадії ранньої жовтої стиглості, коли стебла й головки мають явно виражений світло-жовтий відтінок. У цьому випадку можна добитися найбільшого виходу волокна. У цій стадії стебло має прямі, доволі міцні сформовані волокна, але вологість стебел є доволі високою і може становити 50...60 %. Якщо коробочки не обривають з рослини, то насіння дозріває на ній під час польового сушіння [2, 4, 12, 21, 23, 30].

Під час вирощування льону-довгунцю з метою отримання насіння, його збирають в стадії жовтої стиглості. В цьому випадку волокно буде нижчої якості, оскільки в прикореневій частині стебла волокна починають дещо закручуватися і цей процес є незворотній.

Під час збирання льону-довгунцю застосовують два основні способи: комбайновий і сноповий. Найпоширеніший комбайновий спосіб, за якого послідовно виконують такі елементарні технологічні операції: брання (виривання із землі разом з кореневою системою) стебел, обчісування насінневих коробочок, зв'язування стебел у снопи (коли комбайн обладнаний в'язальним апаратом) або розстилання льоно-соломки на цьому ж полі у тонку стрічку (коли комбайн обладнаний спеціальним столом для розстелювання), обертання стрічок на полі під час вилежування, підбирання льоно-трести (льоно-соломки) і перевезення її у снопах чи рулонах на переробний пункт або завод.

За снопового способу льон-довгунець вибирають льонобралками без очісування насінневих коробочок і укладають стебла у стрічки. Через певний проміжок часу стрічки льону підбирають, зв'язують у снопи та укладають у великі бабки (копиці), де насіння дозріває. Після висихання снопи обмолочують за допомогою льономолотарок МЛ-2,8П безпосередньо в полі. При цьому окремо виділяють насіння, а льоно-тресту можна перевозити на завод, а якщо є потреба, то знову розстеляють у стрічку для остаточного утворення льоно-трести [2, 4, 15, 23, 30].

1.3 Аналіз засобів для збирання льону-довгунцю

Відповідно до способів збирання льону застосовують два ти машин – льонобралки та льонозбиральні комбайни.

Льонобралка ТЛН-1,5А призначена для вибирання льону-довгунцю з одночасним укладанням вибраного льону тонкою стрічкою за ходом руху агрегату. Вона має зварну трубчасту раму 8 (рисунок 1.2), п'ять подільників 15,

змонтованих на рамі з відстанню 380 мм один від одного, що забезпечує загальну ширину брання 1520 мм, чотири прогумовані шківів (диски) 16 діаметром 350 мм, основний бральний пас 6 з ведучими і веденими шківів (роликів), вивідний пристрій у вигляді вивідного паса 11, який приводиться в дію вивідним шківом 10 [2, 4, 22].

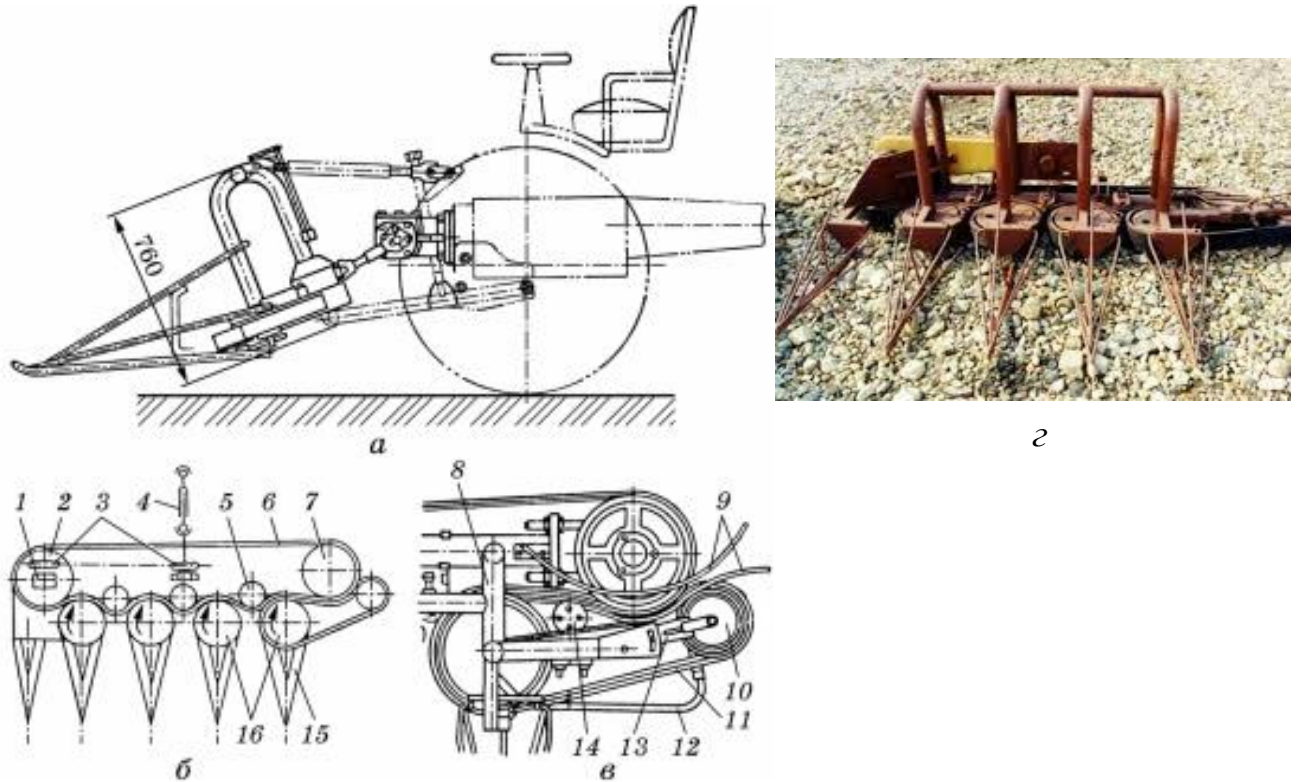


Рисунок 1.2 Льонобралка ТЛН-1,5А:

a – вигляд збоку; *б* – схема функціональна; *в* – пристрій вивідний; *z* – загальний вигляд; 1 – редуктор; 2 – шків ведучий; 3 – передача ланцюгова; 4 – передача карданна; 5 і 14 – ролики притискні; 6 – пас бральний основний; 7 – шків натяжний; 8 – рама; 9 – прутки; 10 – шків вивідний; 11 – пас вивідний; 12 – пруток; 13 – пристрій натяжний; 15 – подільник; 16 – шківів прогумовані.

Подільники 15 нагадують за формою просторовий клин. Вони виготовлені з металевих прутків і мають загнутий вверх носок для запобігання заривання їх в ґрунт. Крім того, подільники 15 шарнірно з'єднані з рамою 8 і здатні копіювати нерівності поля, піднімаючись вверх.

Основний бральний пас 6 – це нескінченна стрічка, яка має прямокутні виступи всередині, якими пас заходить у пази ведучого 2 і натяжного 7 шківів, запобігаючи таким чином його зміщення у горизонтальній площині. Бральний пас контактує з прогумованими шківів (дисками) 16. Разом вони

утворюють пасово-дисковий (стрічково-барабанний) бральний апарат, який приводиться в дію від ВВП енергетичного засобу через карданну 4 та ланцюгову 3 передачі, а також центральний редуктор 1.

Вивідний пристрій служить для укладання вибраних стебел у тонку стрічку. Він складається з вивідного паса 11, який контактує з основним бральним пасом 6 та шківів 10, закріпленого на поворотному важелі.

Працює льонобралка наступним чином. Під час переміщення в загінці подільники 15 поділяють стебла льону на окремі стрічки шириною 380 мм. Стрічки стебел внутрішніми прутками подільників 15 звужуються й надходять у русла, утворені основним бральним пасом 6 та прогумованими шківів (дисками) 16. В цій зоні стебла притискаються до паса 6 шківів 16, вириваються з ґрунту й одразу переміщуються вліво (так передбачено конструкцією льонобралки) за ходом машини. Одночасно працюють усі подільники, а тому пас, переміщуючись з крайнього правого положення переміщує вибрані стебла вліво, де вони накладаються на ще не вибрані стебла і ті, що вже були вирвані бральним апаратом, остаточно вириваються з ґрунту і подаються до вивідного пристрою, яким укладаються на поверхню поля тонкою стрічкою за межами машини.

Таким чином, стебла льону-довгунцю вибираються із землі шляхом їх затискання між бральним пасом і бральними шківів (дисками). Зона затискання рослин при цьому обмежуються шириною паса, а решта довжини стебла вибраного льону залишається в попередньому стані. Поряд з цим цей процес дещо хаотичний оскільки відбувається не тільки виривання стебел із землі, а й їх накладання одне на одне під час переміщення в бральному апараті, що може викликати їх пошкодження, надмірне перетискання в окремих зонах, переплітання стебел, тощо. Це може негативно вплинути на якість отриманої після вилежування льоно-трести через нерівномірний розклад пектинових речовин по всій довжині стебла рослини і, як наслідок, зменшення виходу повноцінного волокна.

Льнозбиральний комбайн ЛКВ-4А призначений для вибирання стебел льону-довгунцю з одночасним очісуванням з них насінневих коробочок, які нагромаджуються у тракторному причепі 9 (рисунок 1.3), приєднаному до льнозбирального комбайна, а льно-соломка може в'язатися у снопи (рисунок 1.3, а) або укладатися на полі тонкою стрічкою (рисунок 1.3, б) [2, 4, 22].

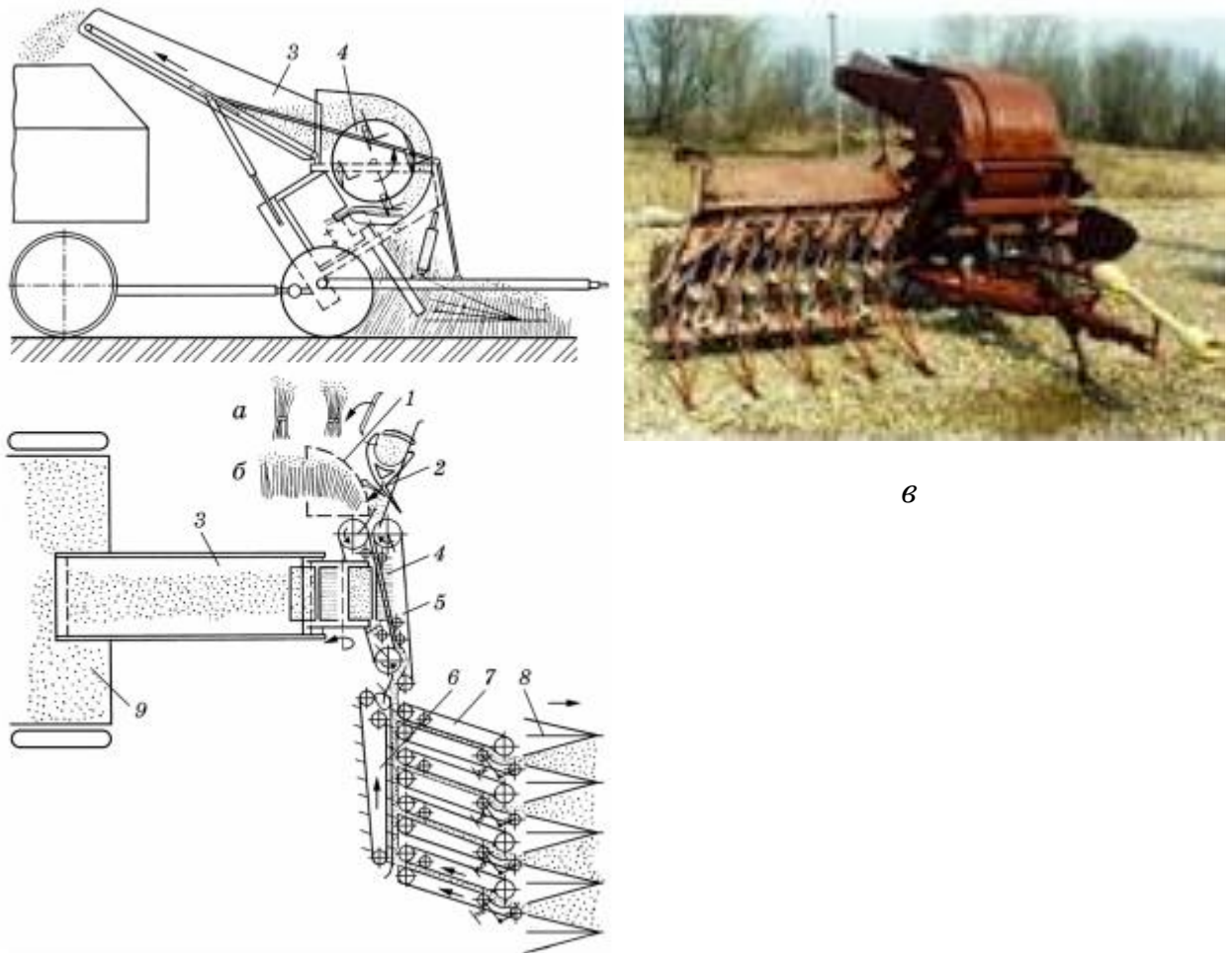


Рисунок 1.3 Функціональна схема льнозбирального комбайна ЛКВ-4А:

а – зв'язування стебел у снопи; *б* – розстилання стебел у стрічку; *в* – загальний вигляд; 1 – щит для розстеляння; 2 – апарат в'язальний; 3 – конвеєр вороху; 4 – барабан обчісувальний; 5 – конвеєр затискний; 6 – конвеєр поперечний; 7 – апарат бральний; 8 – подільник; 9 – причіп.

За конструкцією – це причіпний, правосторонній комбайн, який агрегують переважно з тракторами класу 1,4.

Льнозбиральний комбайн має зварну раму, на якій закріплено п'ять подільників 8, стрічково-роликові бральні апарати 7, ланцюговий поперечний 6 та двопасовий затискний 5 конвеєри (транспортери), обчісувальний апарат

у вигляді барабана 4 з гребінками, щит 1 для розстеляння льоно-соломки або в'язальний апарат 2 та стрічковий конвеєр вороху 3. До льонокомбайна приєднано тракторний причіп 9. Крім того він має гідросистему та причіпний пристрій у вигляді сніці, якою льонокомбайн з'єднують з трактором. Опірається комбайн на три пневматичні колеса. До бральних апаратів крутний момент передається через карданну передачу та механізм передач у вигляді прямозубих шестерень, які знаходяться у масляній ванні закритого редуктора [2, 4, 13].

Бральні апарати 7 змонтовані на рамі льонокомбайна з правого його боку, а тому перед початком роботи потрібно вибрати смуги льону на поворотних смугах та розбити поле на загінки, величина яких повинна орієнтовно відповідати змінній продуктивності агрегату. Бральний апарат виготовлений у вигляді чотирьох секцій прогумованих пасів, які контактують між собою, утворюючи робочі та холості вітки. Привід пасів здійснюється ведучими шківками (роліками), а у нижній частині кожної секції бральних апаратів змонтовані натяжні та ведені шківки (роліки). У верхній частині кожного брального апарата змонтовані напрямні металеві прутки, які підтримують стебла під час їх переміщення до поперечного конвеєра 6, який має три контури втулковороликових ланцюгів із закріпленими на них з певним кроком голками для захоплення і транспортування стебел до затискного транспортера (конвеєра) 5. Голки на ланцюгах розміщені під гострим кутом (65 град.) до горизонтальної вітки ланцюга.

Обчісувальний апарат комбайна складається з барабана 4 (див. рисунок 1.3) та кожуха. Барабан має чотири гребінки, на кожній з яких закріплені вертикальні й горизонтальні лопатки. Гребінки знаходяться під певним регульованим за допомогою ексцентрикового механізму кутом, для забезпечення якості очісування коробочок. Горизонтальні лопатки забезпечують перекидання льоновороху (коробочок з насінням та плутаниною) на стрічковий конвеєр 3, а вертикальні – запобігають намотуванню вирваних стебел на барабан 4.

Затискний конвеєр призначений для транспортування стебел льону і утримання їх в момент очісування в очікувальному апараті. Він складається з нижньої та верхньої секцій.

Нижня секція містить прогумований фігурний пас 1 (рисунок 1.4) відповідного профілю, ведений 2 та ведучий 8 шківи. Верхня робоча вітка паса 1 притискаються до нижньої робочої вітки прогумованого паса 3 верхньої секції за допомогою дев'ятьох підтримувальних опорних роликів 9 [2, 4, 17, 22].

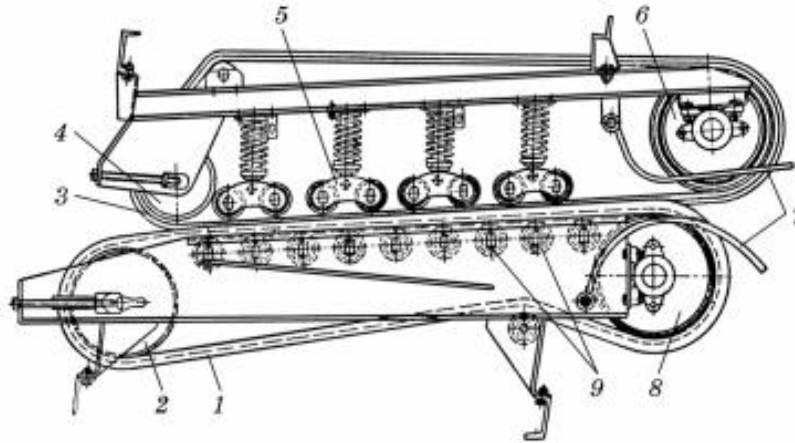


Рисунок 1.4 Затискний конвеєр комбайна ЛКВ-4А:

1 – пас нижній; 2 і 4 – шківи ведені; 3 – пас верхній; 5 – каретки притискні; 6 і 8 – шківи ведучі; 7 – прутки; 9 – ролики опорні.

Верхня секція затискного конвеєра має прогумований пас 3, який тисне на нижню робочу вітку за допомогою чотирьох притискних кареток 5. Пас 3 розміщений між веденим 2 та ведучим 6 шківами.

Внутрішні частини пасів 1 та 3 затискного конвеєра притискаються одна до одної з певним зусиллям, яке залежить від урожайності льону. Під час роботи паси 1 та 3 утримують стебла льону й подають їх до обчісувального апарата, а далі – виводять за межі машини і скеровують на розстилювальний стіл або в'язальний апарат.

Затискний конвеєр 5, обчісувальний апарат та стрічковий конвеєр 3 змонтовані на рухомій рамі, поздовжнє положення якої регулюється гідроциліндром. Воно залежить від висоти й полеглості льону-довгунцю. Одночасно з ними регулюється також положення бральних апаратів.

Технологічний процес роботи льонозбирального комбайна наступний. Під час руху в загінці його подільники 8 поділяють смугу льону, що вибирається на окремі стрічки, шириною 380 мм, звужують їх та скеровують до робочих віток пасів бральних апаратів кожної секції. Робочими вітками бральні паси захоплюють пучки стебел, стискають та виривають з ґрунту, одночасно переміщуючи вибрані стебла вгору. При цьому прутки, змонтовані у верхній частині бральних апаратів запобігають їх заплутуванню.

Спрямовані до поперечного конвеєра 6 стебла льону, захоплюються його голками і рівномірним потоком подаються до затискного конвеєра 5, уникаючи надмірного заплутування і розтягування.

Захоплені робочими вітками затискного конвеєра стебла льону підводяться до гребінок обчисувального барабана 4 і утримуються в момент обчисування. Гребінки барабана, зуби яких мають різну відстань між собою, заходять у верхню частину стебел, спочатку розчісують їх, а потім відривають від них насінневі коробочки, які разом з насінням та плутаниною захоплюються лопатками барабана 4 й скеровуються на стрічковий конвеєр 3, а далі – у кузов 9 тракторного причепа. Обчесані стебла льону-довгунцю подаються затискним конвеєром 5 до в'язального апарата 2 або розстелювального столу, якими формується кінцевий продукт, який падає на поверхню поля у вигляді снопів або стрічок.

Як і у льонобралок у льонозбиральному комбайні спостерігається такий самий недолік – вибрані стебла мають більшу зону ущільнення в місцях їх затискання бральними пасами та затискним транспортером, а тому виникає проблема рівномірності висихання стебел по довжині під час утворення льоно-трести.

1.4 Огляд конструкцій бральних апаратів льонозбиральних машин

У вітчизняних льонозбиральних машинах (комбайнах) застосовують переважно два типи бральних апаратів, які за конструктивними особливостями поділяють на стрічково-роликові (пасово-роликові) та стрічково-

барабанні (пасово-барабанні або пасово-дискові), оскільки основним конструктивним елементом бральних апаратів виступає пас (стрічка), яка контактує або з роликками, або з барабанами (дисками).

Стрічково-роликові апарати можуть бути з лівим або правим розміщенням на рамі машини, обладнуються прямолінійними або криволінійними бральними руслами та фронтальними.

Стрічково-барабанний бральний апарат льонобралки обладнують нескінченим бральним пасом 3 (рисунок 1.5, а), чотирима бральними шківками (дисками) 2, діаметр яких становить 350 мм і кожен з них прогумований. Безпосередньо пас приводиться в дію за допомогою ведучого шківка 4. Для ефективної його роботи додатково на рамі льонобралки монтують натискні роликки 6 та ведений шків [2, 4, 18, 22, 30].

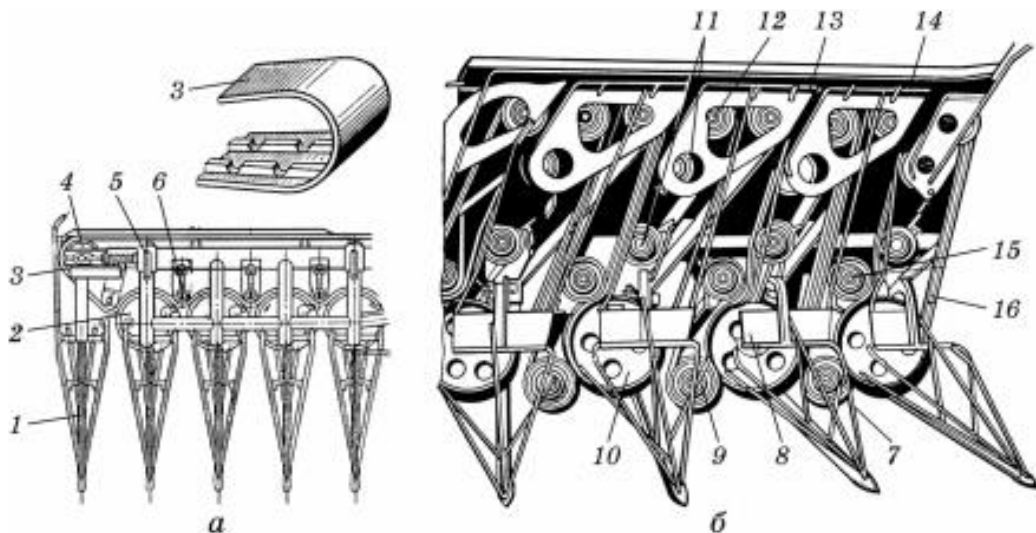


Рисунок 1.5 Бральні апарати:

а – стрічково-барабанний; б – стрічково-роликовий; 1 і 7 – подільники; 2 – шків бральний; 3 – пас бральний; 4 – шків; 5 – рама; 6 – ролик натискний; 8 – кронштейн подільника; 9 і 10 – шківки ведені; 11 і 15 – роликки притискні; 12 – шків ведучий; 13 – конвеєр поперечний; 14 – пруток; 16 – пас.

Бральний пас стрічково-барабанного брального апарату безкінечний плоский. На його внутрішній поверхні містяться два паралельні трапецієподібних виступи з вирізами для огинання шківків. Під час технологічного процесу бральний пас 3 притискується роликками 6 до бральних шківків (дисків) 2. Ведучий шків 4 змонтований безпосередньо на центральному редукторі і та-

кож має дві паралельні клиноподібні канавки, які відповідають профілю браального паса, що забезпечує останній від сповзання з шківів.

Під час технологічного процесу вибирання льону-довгунцю бральний апарат льонобралок установлюють під кутом $10...20^\circ$ до горизонту, щоб повністю виривати усі стебла, які потрапили у смугу, обмежену подільниками 1. Кут регулюють за допомогою центральної тяги начіпки енергетичного засобу. Стебла льону-довгунцю затискаються між пасом 3 та прогумованими шківками 2 й під час переміщення льонозбирального агрегату вириваються з ґрунту [2, 4, 15, 22, 30].

Стрічково-роликовий бральний апарат льонозбирального комбайна з криволінійним бральним руслом має чотири окремі однакові за конструкцією секцій, кожна з яких має два поздовжні прогумовані паси 16 (див. рисунок 1,4, б), які приводяться в дію ведучими верхніми 12 шківками.

Паси притискаються один до одного внутрішніми частини завдяки притискним роликкам 11, 15. Натяжний ролик 15 забезпечує охоплення пасами 16 веденого шківка 10.

Паси робочих русел браального апарату установлюють під кутами від 45 до 65 град. до горизонту задля забезпечення якісного виривання стебел з ґрунту. Під час збирання полеглого чи забур'яненого льону-довгунцю кут обхвату бральним пасом шківка збільшують, але слід мати на увазі, що збільшення довжини криволінійної ділянки паса може призвести до значного пошкодження і розривання вибраних стебел [16].

Із викладеного вище випливає, що під час механізованого збирання льону-довгунцю бральні апарати та інші робочі органи машин затискають стебла на певній ділянці, яка відповідає ширині захоплення ними стебел. Інші ділянки стебла по всій довжині не піддається затисканню, що призводить до зниження якості кінцевого продукту (волокна).

Очевидно, що доцільним є створення пристроїв, які дали б змогу отримати ущільнене стебло льону-довгунцю по всій його довжині. Ці пристрої доцільно монтувати на чинних конструкціях льонозбиральних комбайнів у

зоні виходу стебел з затискного конвеєра. Додаткове обладнання – це два вальці, які мають примусовий привод і стебла льону-довгунцю, які проходять у зазор між ними, ущільнюватимуться рівномірно по всій довжині.

Але створенню такого обладнання мають передувати певні експериментальні дослідження, які передбачено розглянути в даній роботі.

Висновки

1. Для збирання льону-довгунцю застосовують переважно два способи – комбайновий (льон-довгунець збирають у фазі жовтої стиглості) та сноповий, за якого льон-довгунець збирають у фазі ранньої жовтої стиглості.
2. Під час вибирання льону-довгунцю з ґрунту робочі органи льонозбиральних комбайнів (льонобралок) затискають стебла переважно у зоні контакту їх бральних апаратів з стеблами льону-довгунцю.
3. Під час механізованого збирання льону-довгунцю бральні апарати та інші робочі органи машин затискають стебла на певній ділянці, яка відповідає ширині захоплення ними стебел; інші ділянки стебла по всій довжині не піддається затисканню, що призводить до зниження якості кінцевого продукту (волокна).
4. Одним із способів підвищення ефективності брання льону-довгунцю є використання у конструкціях льонозбиральних комбайнів додаткових пристроїв, що забезпечуватимуть ущільнення вибраних стебел по всій їх довжині.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЮ ВАЛЬЦЯМИ

2.1 Теоретичні передумови досліджень процесу збирання льону-довгунцю

В цілому дослідження із взаємодії робочих органів льонозбиральних машин (комбайнів) з рослинами проводяться в таких окремих напрямках:

- вивчення механіко-технологічних властивостей рослинних матеріалів й обґрунтування аналітичних моделей системи «робочий орган – рослина»;
- визначення закономірностей взаємодії робочих органів льонозбиральних машин (комбайнів) з рослинами для забезпечення агротехнічно необхідної якості льонопродукції;
- обґрунтування параметрів і режимів роботи льонозбиральних машин та їх робочих органів;
- дослідження впливу робочих органів льонозбиральних машин (комбайнів) на імовірність пошкодження стебел льону, їх надмірне ущільнення та зниження якості готової продукції.

Вивченню процесів вибирання льону-довгунцю шляхом затискання стебел бральними апаратами комбайнів, а також дослідженню робочих органів для внутрішньо машинного транспортування вибраних стебел у льонозбиральному комбайні присвячені ряд наукових праць багатьох вчених. Особливе місце займають роботи Хайліса Г.А., Налобіної О.О, Горбового А.Ю. та інших вчених, в яких в повній мірі представлені аналітичні дослідження з взаємодії робочих органів льонозбиральних комбайнів з рослинами та їх ущільнення під час виривання із землі й транспортування всередині комбайна [16, 17, 18, 29].

Дослідження технологічного процесу стискання стебел льону-довгунцю у каналах з жорсткими стінками висвітлені в наукових працях Хайліса Г.А. та Коновалюка Д.М. [27, 28]. На підставі виконаних теоретич-

них та експериментальних досліджень були встановлені коефіцієнти поперечних деформацій стебел льону та інших рослинних матеріалів під час їх ущільнення (пресування) в камерах прес-підбирачів поршневого типу.

Теоретичні основи вплив тиску у рівчаку затискного транспортера льонокомбайна на пошкодження стебел льону-довгунцю під час очісування насінневих коробочок розглядається в наукових працях [18]. Зокрема автор дослідила аналітично й підтвердила експериментально закономірності зміни щільності стебел льону-довгунцю в місцях їх затискання робочими органами маси льонозбирального комбайна.

2.2 Обґрунтування конструкції пристрою до льонокомбайна для додаткового ущільнення стебел льону

Під час збирання льону-довгунцю комбайн вибирає (висмикує) стебла із землі й очісує з них насінневі коробочки, які скеровуються у приєднаний до нього ззаду причіп. Отримана льоно-соломка розстелюється комбайном у тонку стрічку для вилежування або її зв'язують у снопи й відправляють на переробку або транспортують до місця вилежування (переважно обирають пасовища).

В процесі очісування можуть травмуватися верхівки стебел, а затискні паси, за неправильного регулювання натягу, можуть надмірно розплющувати стебла льону-довгунцю в середній їх частині. Якщо льоно-соломка вилежить на стелищах до утворення трести, то у верхній частині стебла вона буде перележаною і матиме нижчу міцність, і звичайно гіршу якість. Натомість у середній її частині стебла будуть на 13–15% мати меншу міцність, ніж верхівки, що позначиться на якості отриманого волокна й зниженні його врожайності.

Окрім затискного транспортера на стебла льону-довгунцю діють паси брального апарату, які регулюють на відповідний тиск, який залежить від розвитку кореневої системи рослин, їх міцності, висоти та кількості на квадратний метр. Тому це ще одне джерело надмірного тиску на стебла.

Для усунення вищенаведених недоліків на льонозбиральному комбайні встановлюють додаткове обладнання для плющення стебла нижче від місця затискання під час брання і затискання під час очісування, тобто прикоренева частина рослини піддається плющенню. Це забезпечує рівномірне плющення вибраних стебел по усій їх довжині і сприяє отриманню якісної трести за коротший термін вилежування льоносоломки на стелищі.

Додатковий плющильний пристрій – це верхній 3 (рисунок 2.1) та нижній 4 вальці, встановлені на кронштейнах з підшипниковою опорою 5 [14].

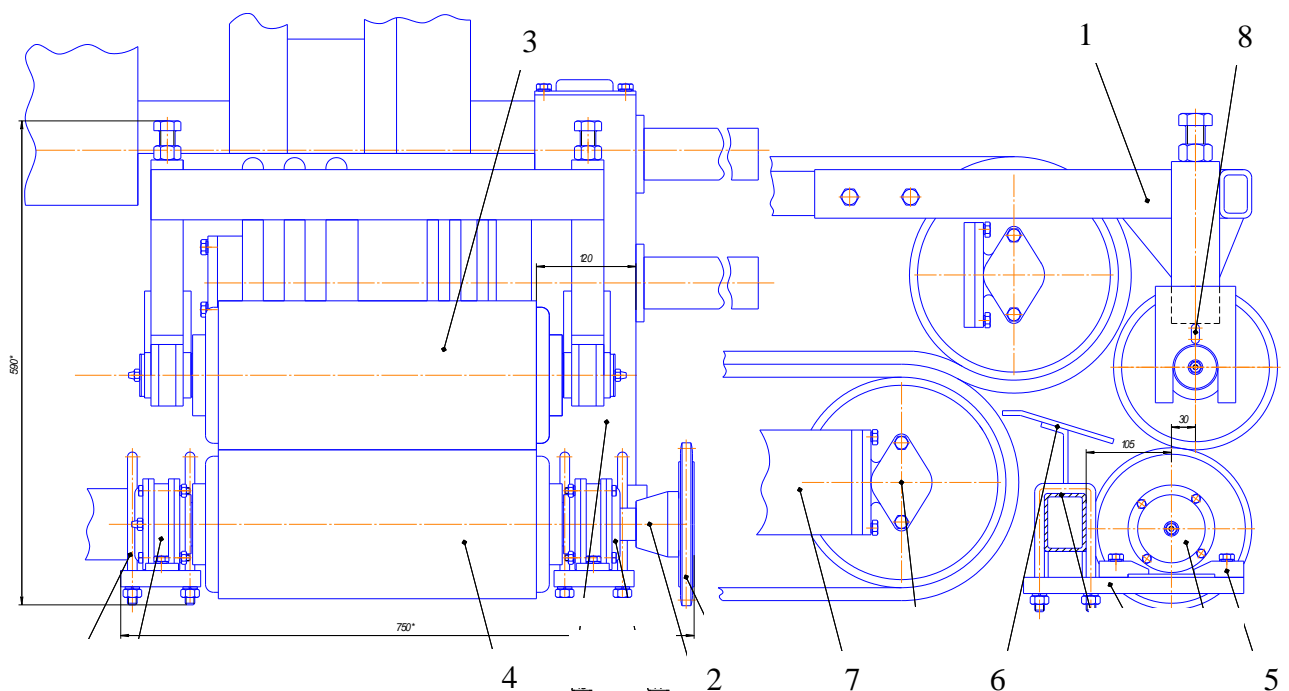


Рисунок 2.1 Пристосування до льонокомбайна для додаткового плющення стебел льону-довгунцю:

1 – кронштейн верхній, 2 – зірочка приводна, 3 – валець верхній, 4 – валець нижній, 5 – опора підшипникова, 6 – стіл, 7 – затискний транспортер, 8 – пружина.

Підшипники верхнього вальця переміщуються по вертикалі й притискаються пружинами 8 так, щоб між вальцями 3 та 4 не було зазору. Додатковий плющильний пристрій на льонокомбайні монтується після затискного транспортера. Вальці розміщують так, щоб плющенню піддавалася частина стебла, ближча до кореневої системи рослини.

Нижній валець пристрою приводиться в дію зірочкою 2 через ланцюгову передачу від головного вала льонокомбайна. Окрім пружини 8 для регу-

лювання зусилля притискання вальців один до одного у кронштейнах 1 верхнього вальця передбачено регульовальний гвинт.

Для запобігання переплітання стебел у стрічці й підвищення ефективності їх зтягування після затискного транспортера 8 безпосередньо перед вальцями 3 та 4 змонтовано приймальний стіл 6 у вигляді сталюї пластини.

2.3 Дослідження процесу ущільнення стебел льону-довгунцю вальцями

Додаткове ущільнення стебел льону-довгунцю відбувається в момент, коли вони виходять із камери очісування, проходячи яку вони були затиснені пасами затискного транспортера.

Беремо до уваги, що використовуємо гладкі вальці, діаметри яких позначимо через D_1 (рисунок 2.2) та D_2 відповідно. Вальці за діаметром встановлені із зазором h_2 і кожен з них обертається з кутовою швидкістю, відповідно ω_1 та ω_2 .

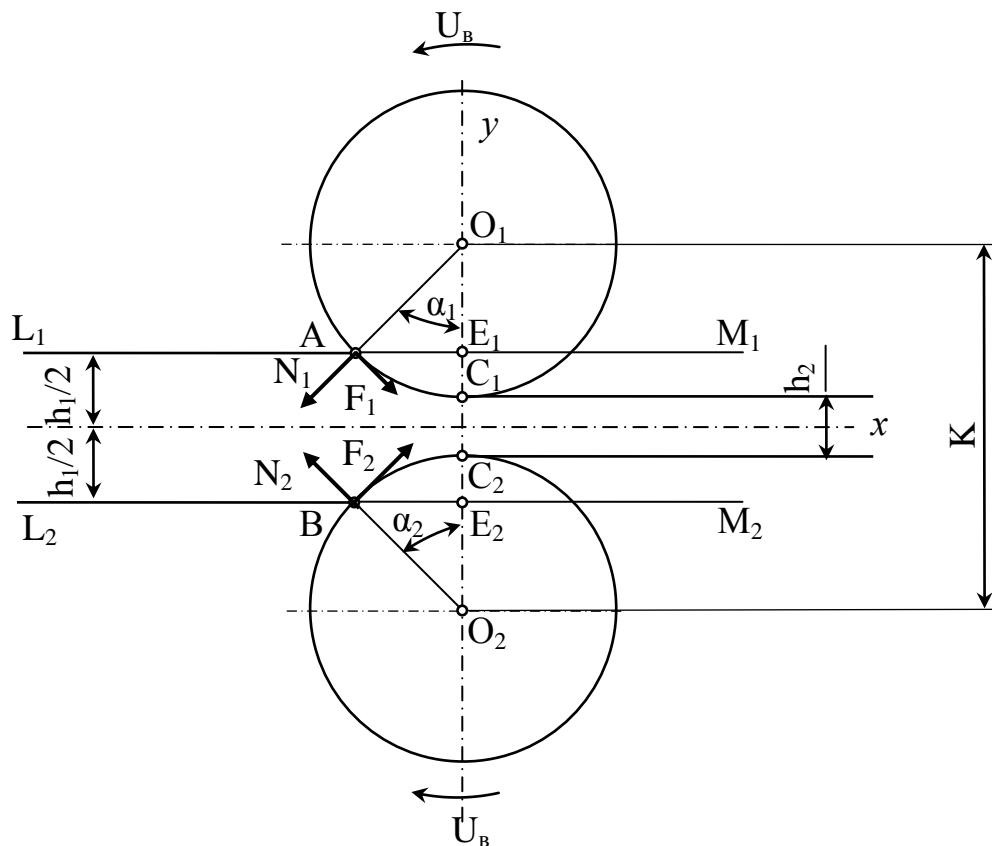


Рисунок 2.2 Схема захоплення стебел льону-довгунцю вальцями

Робочий процес вальців проходить за три послідовні етапи: спочатку відбувається захоплення стебел і затягування їх у зазор між вальцями; потім відбувається їх протягування у зазор; вихід стебел з робочої зони дії вальців.

На початковому етапі пучки стебел, які мають загальну завтовшки h_1 потрапляють у робочий зазор h_2 між двома вальцями.

Згідно схеми (див. рисунок 2.2) товщину h_1 стрічки льону-довгунцю, яка подається на додатковий плющильний пристрій з очісувального апарату льонозбирального комбайна визначаємо з умови [3, 21, 27]:

$$h_1 = \frac{\pi \cdot b \cdot d_c^2 \cdot i \cdot n \cdot V_p \cdot \eta_\kappa}{4 \cdot V_{mp} \cdot \lambda_{mp}}, \quad (2.1)$$

де b – ширина захвату одного діляника, м,

d_c – діаметр стебла льону-довгунцю, м,

i – густина стеблостою, шт. / м²,

n – кількість бральних апаратів, шт.,

η_κ – коефіцієнт, який враховує можливе накопичення маси в затискному транспортері і нерівномірну її подачу,

V_{mp} – швидкість руху пасів затискного транспортера, м/с,

λ_{mp} – коефіцієнт, який враховує заповнення поперечного перетину стрічки льону-довгунцю.

Визначаємо середню кількість шарів стебел в стрічці льону-довгунцю:

$$n_c = \frac{h_1}{d_c}, \quad (2.2)$$

Товщина стрічки на виході з плющильних вальців льонозбирального комбайна становить:

$$h_2 = \frac{d_c \cdot \varepsilon \cdot n_c \cdot \lambda_\varepsilon}{100}, \quad (2.3)$$

де λ_ε – коефіцієнт, який враховує пружні властивості стебел льону-довгунцю,

ε – відносна деформація стебла льону-довгунцю.

Пучок рослин контактує з вальцями відповідно у точках А та В. Саме тут виникають нормальні реакції N_1 і N_2 , які відштовхують рослини від вальців і є перпендикулярними до їх поверхонь та дотичні до них і відповідні сили тертя F_1 та F_2 , які намагаються затягнути рослини у зазор.

Спроектуємо всі сили (див. рисунок 2.2) на вісь x . Для захоплення пучкам стебел льону-довгунцю вальцями необхідно, щоб сума сил тертя була більшою за суму нормальних реакцій зі сторони вальців, тобто виконувалась умова [3, 21, 27]:

$$F_1 \cos\alpha_1 + F_2 \cos\alpha_2 \geq N_1 \sin\alpha_1 + N_2 \sin\alpha_2, \quad (2.4)$$

де α_1, α_2 – відповідні кути захоплення пучка стебел льону-довгунцю.

$$\text{Як відомо [27]: } F_1 = N_1 \operatorname{tg} \varphi_1, \text{ а } F_2 = N_2 \operatorname{tg} \varphi_2,$$

де φ_1 і φ_2 – кути тертя стебел льону-довгунцю по вальцях.

Підставивши значення F_1 та F_2 у нерівність (2.4), будемо мати

$$N_1 \operatorname{tg} \varphi_1 \cos\alpha_1 + N_2 \operatorname{tg} \varphi_2 \cos\alpha_2 \geq N_1 \sin\alpha_1 + N_2 \sin\alpha_2. \quad (2.5)$$

Якщо вважати діаметри D_1 і D_2 вальців однаковими, то з цього випливає, що $N_1 = N_2 = N$, а $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$.

Якщо обидві сторони нерівності (2.5) поділити на $\sin\alpha$ і провести відповідні перетворення, отримаємо умову захоплення пучка стебел льону-довгунцю вальцями:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 \geq 2 \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.6)$$

Ефективна робота вальців в цілому залежить від значень кутів тертя φ_1, φ_2 та кута контакту рослинної маси з вальцями α . Кути φ_1 та φ_2 здебільшого залежать від фрикційних властивостей поверхонь вальців обладнання для додаткового ущільнення стебел льону-довгунцю, а кут α змінюється в залежності від геометричних розмірів (діаметрів) вальців і зазору a між ними та ширини пучка стебел рослинної маси, яка надходить у цей зазор.

$$\text{З рисунка 2.2 видно, що } \cos \alpha = \frac{O_1 E_1}{O_1 A}, \quad O_1 E_1 = \frac{D}{2} + \frac{h_2}{2} - \frac{h_1}{2}, \text{ а } O_1 A = \frac{D}{2}.$$

Після нескладних перетворень отримаємо формулу для визначення кута α :

$$\cos \alpha = 1 + \frac{h_2}{D} - \frac{h_1}{D}. \quad (2.7)$$

З рисунка 2.2 випливає, що величину зазору h_2 можна визначити, скориставшись нерівністю

$$h_2 \geq h_1 - D \cdot (1 - \cos \varphi). \quad (2.8)$$

Звідси розрахунковий діаметр плющильного вальця становить:

$$D \geq \frac{h_1 - h_2}{1 - \cos \varphi}, \quad (2.9)$$

де φ – кут тертя стебел льону-довгунцю по вальцях, який визначається із залежності [26]:

$$\varphi = \arctg f, \quad (2.10)$$

f – коефіцієнт кут тертя стебел льону-довгунцю по вальцях.

З врахуванням особливості роботи затискного транспортера та очісувального апарату льонозбирального комбайна, товщина шару (пучка) стебел льону-довгунцю, які подаються на плющення вальцями не перевищує 60 мм. За таких умов діаметри плющильних вальців з врахуванням кута тертя φ можуть вибиратися в широких межах від 40 до 220 мм.

Частоту обертання плющильних вальців додаткового обладнання до льонозбирального комбайна визначаємо за формулою:

$$n_o = \frac{60 \cdot V_{mp} \cdot \kappa_n}{\pi \cdot D_o}, \quad (2.11)$$

де κ_n – коефіцієнт, що враховує перевищення кутової швидкості обертання вальців над швидкістю переміщення пучка рослин затискними транспортером.

Пучки стебел льону-довгунцю подаються в зазор між вальцями за допомогою від пасів затискного транспортера. Секундну подачу стебел льону-довгунцю до вальців визначаємо, виходячи з урожайності культури, тобто

$$m_c = B_p \cdot V_p \cdot Y \cdot \gamma, \quad (2.12)$$

де B_p – робоча ширина захвату льонозбирального комбайна, м,

V_p – швидкість переміщення стебел пасами затискного транспортера, м/с,

Y – урожайність льону-довгунцю, кг/м²,

γ – коефіцієнт використання ширини захвату льонозбирального комбайна.

При цьому задана порція пучка стебел льону-довгунцю буде проходити крізь зазор між вальцями, якщо їх кутова швидкість ω_ϵ становитиме [1]:

$$\omega_\epsilon = \frac{V_p Y B_p}{h_2 l \epsilon \eta \rho}, \quad (2.13)$$

де ϵ – коефіцієнт, що враховує використання ширини робочої щілини між вальцями,

η – коефіцієнт ковзання вальців відносно стебел льону-довгунцю,

ρ – щільність пучка стебел льону-довгунцю, кг/м³.

Аналітичними дослідженнями встановлено, що секундна подача стебел льону-довгунцю в зазор між пресувальними вальцями додаткового обладнання до льонозбирального комбайна становить 2,52 кг/с за кутової швидкості вальців 5,73 м/с.

Вальці вказаного додаткового обладнання підпружинені, а тому зусилля, з яким вони повинні взаємопритискатись для якісного виконання технологічного процесу можна визначити за формулою:

$$F = \sigma_p \cdot d_c \cdot \alpha_\epsilon, \quad (2.14)$$

де σ_p – напруження, за яких стебло льону-довгунцю може повністю розплющитися, Н/мм²,

α_ϵ – довжина (ширина) вальців плющильного апарату, мм.

Як показали аналітичні розрахунки зусилля з яким повинні притискатися вальці один до одного має становити не більше 250 Н. За такої умови стебла льону-довгунцю не будуть повністю розплющені, а тільки ущільнені по всій своїй довжині.

2.4 Дослідження параметрів пружини вальцевого пристрою

Верхній валець додаткового пристрою для ущільнення стебел льону-довгунцю утримується пружиною. Під час проходження пучків стебел льону-довгунцю навантажується вертикальною силою F (рисунок 2.3, а), максимальне значення якої становить 250 Н. Для визначення параметрів пружини скористаємось схемою її навантаження, прийнявши до уваги те, що кут φ нахилу її витків не повинен перевищувати 10 град.

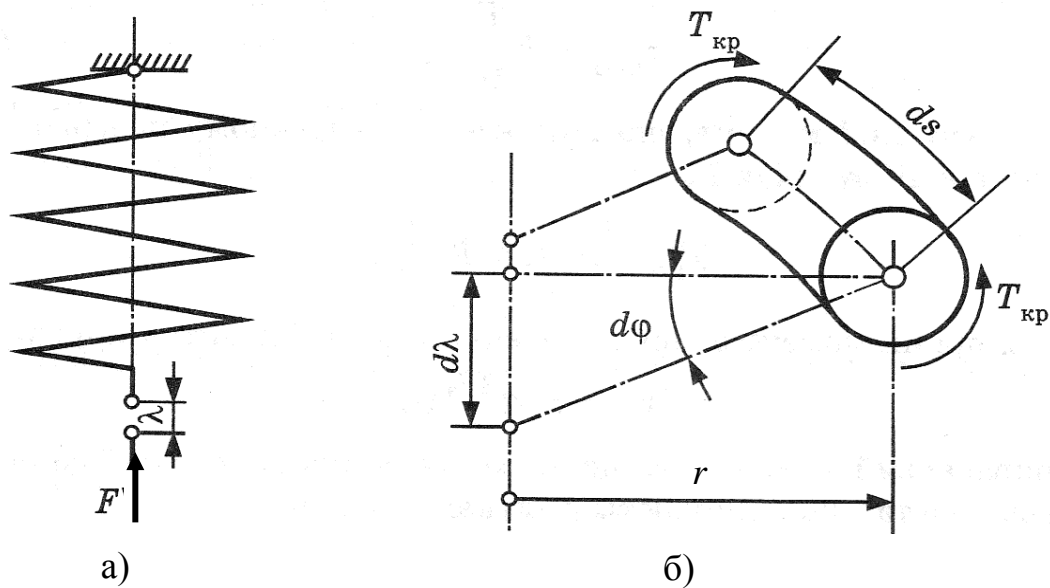


Рисунок 2.3 Схема навантаження пружини кріплення вальців

Дослідимо напруження, які виникають у поперечному перерізі одного витка пружини, навантаженого відомою силою F . На кожен окремий виток пружини діє навантаження, яке можна звести до пари сил з відповідним крутним моментом $T_{кр}$ та вже відомою силою F у площині перерізу [19, 33]. Під дією цих обох навантажень в поперечному перерізі кожного витка пружини виникають дотичні навантаження (див. рисунок 2.3, а, б).

При цьому максимальне сумарне дотичне напруження у крайній внутрішній точці вказаного перерізу становить:

$$\tau_{max} = \tau_{кр} + \tau_F = \frac{T_{кр}}{W_p} + \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi r_1^2} \left(\frac{2r}{r_1} + 1 \right), \quad (2.15)$$

де r_1 – радіус дроту, з якого виготовлена пружина.

Якщо у формулі (2.15) відношення $2 \cdot r / r_1$ буде малим, то значенням у дужках можна знехтувати. Тоді сумарне дотичне напруження у крайній внутрішній точці перерізу наближено становитиме:

$$\tau_{max} \approx \frac{2Fr}{\pi r_1^3}. \quad (2.16)$$

З врахуванням крутного моменту $T_{кр}$, що виникає в поперечному перерізі кожного витка пружини внаслідок дії зусилля F , максимальні дотичні напруження, які виникають можна визначити в остаточному вигляді за наступною формулою:

$$\tau_{max} = k \frac{T_{кр}}{W_p} \quad (2.17)$$

де W_p – полярний момент опору поперечного перерізу витка пружини стиску вальцевого пристрою, який можна визначити за формулою

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}. \quad (2.18)$$

k – поправочний коефіцієнт.

При цьому крутний момент становить:

$$T_{кр} = F \cdot r = F \frac{D}{2} \quad (2.19)$$

Поправочний коефіцієнт k здебільшого залежить від співвідношення між діаметрами дроту і пружини (d/D) й може бути визначений за формулою [19, 33]:

$$k = \frac{1 - 0,25d/D}{1 - d/D} + 0,615 \frac{d}{D}. \quad (2.20)$$

Щоб дослідити, як здійснюється загальне переміщення пружини необхідно достатньо знайти елементарне переміщення умовно виокремленого двома січними площинами елемента, які проходять вздовж вісі досліджуваної пружини (див. рисунок 2.3, б). На цей виокремлений елемент, довжина якого відображена, як ds діють крутні моменти $T_{кр}$, прикладені до кінців цього елемента.

Якщо кінцеві перерізи будуть здійснювати поворот один відносно одного на кут закручування $d\phi$, то це супроводжуватиметься виникненням переміщення $d\lambda$, тобто:

$$d\lambda = rd\phi = r \frac{F \cdot r \cdot ds}{GI_p}, \quad (2.20)$$

де G – модуль зсуву матеріалу, з якого виготовлена пружина,

I_p – полярний момент інерції перерізу дроту пружини, який можна визначити з умови:

$$I_p = \frac{\pi \cdot r^4}{2}. \quad (2.21)$$

Довжина пружини s наближено становить:

$$s \approx 2\pi \cdot r \cdot n, \quad (2.22)$$

де n – число витків пружини вальцевого механізму.

Інтегруванням рівності (2.20) за довжиною витків пружини s будемо мати формулу для визначення сумарного її переміщення λ

$$\lambda = \frac{\pi \cdot n \cdot F \cdot D^3}{4G \cdot I_p} = \frac{8F \cdot D^3 \cdot n}{G \cdot d^4}, \quad (2.23)$$

$$\text{або } \lambda = \frac{F}{C}, \quad (2.24)$$

де C – жорсткість пружини, Н/мм.

З (2.22) випливає, що деформація пружини під дією максимального навантаження залежатиме від її жорсткості C , а саме:

$$C = \frac{F}{\lambda}. \quad (2.25)$$

Отримані рівняння (2.23) та (2.25) дозволяють визначити переміщення та силу (навантаження), за якої починає деформуватися пружина кріплення вальців та її жорсткість, якщо задані діаметри самої пружини та дроту, з якого вона виготовляється.

Таким чином, аналітичними дослідженнями встановлено, що за максимального навантаження на пружину внаслідок переміщення пучків стебел

льону-довгунцю в зазорі між плющильними вальцями льонозбирального комбайна $F_{max} = 0,250$ кН, жорсткість C пружини повинна бути в межах 8,0–10,0 Н/мм, за якої забезпечуватиметься оптимальне плющення усіх стебел льону-довгунцю по усій їх довжині. При цьому середня швидкість подачі пучків стебел льону-довгунцю від пасів затискного транспортера до зазору між вальцями пресувального механізму становить 2,52 кг/с за кутової швидкості пресувальних вальців 5,73 м/с.

Висновки

1. Теоретичними дослідженнями встановлено, що з врахуванням особливості роботи затискного транспортера та очісувального апарату льонозбирального комбайна, товщина шару (пучка) стебел льону-довгунцю, які подаються на плющення вальцями не перевищує 60 мм; за таких умов діаметри плющильних вальців з врахуванням кута тертя φ можуть вибиратися в широких межах від 40 до 220 мм.
2. Аналітичними дослідженнями встановлено, що секундна подача стебел льону-довгунцю в зазор між пресувальними вальцями додаткового обладнання до льонозбирального комбайна становить 2,52 кг/с за кутової швидкості вальців 5,73 м/с.
3. Як показали аналітичні розрахунки зусилля з яким повинні притискатися вальці один до одного має становити не більше 250 Н; за такої умови стебла льону-довгунцю не будуть повністю розплющені, а тільки ущільнені по всій своїй довжині.
4. Аналітичними дослідженнями встановлено, що за максимального навантаження на пружину внаслідок переміщення пучків стебел льону-довгунцю в зазорі між плющильними вальцями льонозбирального комбайна $F_{max} = 0,250$ кН, жорсткість C пружини повинна бути в межах 8,0–10,0 Н/мм, за якої забезпечуватиметься оптимальне плющення усіх стебел льону-довгунцю по усій їх довжині.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Мета і програма експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводились з метою визначення конструктивних параметрів вальців плющильного апарату для додаткового ущільнення стебел льону-довгунцю по всій їх довжині, визначення показників процесу ущільнення стебел льону-довгунцю в пресувальній камері лабораторної установки, дослідження жорсткості пружини кріплення вальців лабораторної установки.

Для досягнення вказаної мети розроблена програма експериментальних досліджень, яка охоплювала наступне:

1. Дослідження конструктивних параметрів вальців плющильного апарату для додаткового ущільнення стебел льону-довгунцю по всій їх довжині з використання лабораторної установки;
2. Визначення показників процесу ущільнення стебел льону-довгунцю в пресувальній камері лабораторної установки;
3. Визначення жорсткості пружини кріплення вальців та робочого транспортера пресувальної камери лабораторної установки.

3.2 Передумови проведення дослідів

Об'єктом досліджень з визначення параметрів процесу додаткового ущільнення стебел льону-довгунцю по всій їх довжині була взаємодія робочих органів додаткового обладнання (плющильних вальців) до льонозбирального комбайна з стеблами льону-довгунцю.

Експерименти проводились на лабораторному обладнанні кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича Львівського національного університету природокористування.

Експерименти проводились згідно загальноприйнятих методик [20, 28], а для визначення параметрів окремого конкретного показника, зокрема діа-

метрів ущільнювальних вальців модернізованого льонозбирального комбайна були розроблені ще й часткові методики. Експериментальні дані згодом оброблялись на основі методів математичної статистики й теорії ймовірності [27].

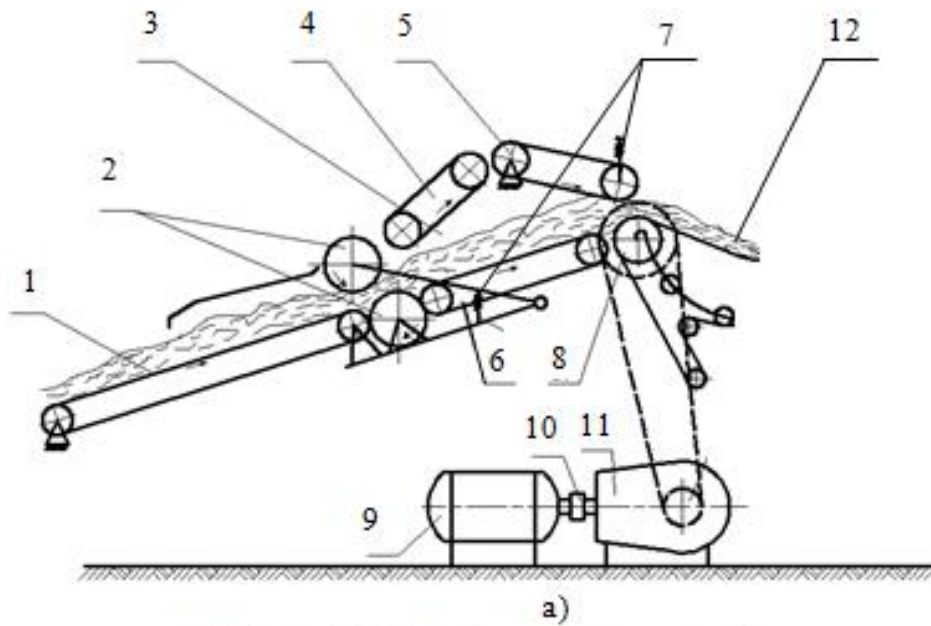
На подібних методиках базувалась обробка результатів усіх виконаних експериментальних досліджень. Підбір емпіричних формул, які описують експериментально отримані закономірності зводився до вибору типу формули та визначенні її коефіцієнтів, скориставшись методом найменших квадратів [27, 28, 29].

3.3 Методика визначення конструктивних параметрів плющильних вальців для додаткового ущільнення стебел льону-довгунцю

Для отримання якісної льоно-трести необхідно забезпечити рівномірне ущільнення стебел льону-довгунцю під час вибирання їх із ґрунту, внутрішньомашинного транспортування й очісування насінневих коробочок з них. Щоб добитися такої рівномірності льонозбиральний комбайн обладнують додатковим плющильним апаратом у вигляді двох вальців, встановлених з певним зазором. Самі вальці повинні мати відповідний діаметр та обертатися з однаковою швидкістю. Саме тому необхідно експериментально визначити діаметр вальців, які будуть ефективно працювати в умовах різної за товщиною подачі пучків стебел льону-довгунцю до них.

Суть запропонованої методики полягала у визначенні конструктивних параметрів вальців, виходячи з умови повного захоплення стебел льону-довгунцю. Для проведення експериментів використовувалась стаціонарна лабораторна установка з електроприводом робочих органів. Установка містить подаючий транспортер 1 (рисунок 3.1) та робочі транспортери 4, 5 і 6 попередньої камери ущільнення, саму камеру ущільнення 8 та підпружинені ущільнюючі вальці 2 [14].

Лабораторна установка використовувалась для визначення діаметрів вальців та параметрів процесу ущільнення стебел льону-довгунцю.



б)

Рисунок 3.1 Схема лабораторної установки:

а) схема; б) загальний вигляд; 1 – подаючий транспортер; 2 – ущільнюючі вальці; 3 – попередня камера; 4, 5, 6 – робочі транспортери попередньої камери; 7 – пружина; 8 – пресувальна камера; 9 – електродвигун; 10 – запобіжна муфта; 11 – редуктор; 12 – ущільнена маса.

Під час проведення експериментів стебла льону-довгунцю подавались транспортером 1 у камеру попереднього їх ущільнення – між два підпружинені вальці 2, які обертались з однаковою швидкістю. Експерименти проводились на двох типах вальців – сталених та прогумованих. Вони мали також різний діаметр. Експериментальні дослідження проводились з льonosоломкою, зібраною вручну у фазі ранньої жовтої та жовтої стиглості льону-

довгунцю. Під час дослідів пучки льону-довгунцю подавалися на подавальний транспортер лабораторної установки висотою шару рослин 10-60 мм.

3.4 Методика визначення жорсткості пружин кріплення вальців та робочого транспортера пресувальної камери

Під час проходження пучка льону-довгунцю між двома вальцями пружини, через які кріпиться верхній валець навантажуються зусиллям від сили, що виникає в процесі ущільнення рослин, завдяки чому можна було отримати різну ступінь плющення стебел льону-довгунцю за всією їх довжиною. Аналогічно діяли пружні елементи, встановлені на кріпленнях робочого транспортера пресувальної камери, де відбувалось остаточне формування кінцевого продукту.

Пружини стиску 7 (див. рисунок 3.1), які використовувалися в конструкції лабораторної установки характеризуються коефіцієнтом жорсткості, який залежить від діаметра пружини та дроту, з якого вона виготовлена. Попередньо пружина підбирається з врахуванням зусилля навантаження, яке може виникати під час максимального шару стебел льону-довгунцю між двома вальцями.

Під час експериментальних досліджень жорсткість пружин визначалась в лабораторних умовах з використанням стенда, який містить дві вертикальні балки із змонтованими на яких зрівноваженими між собою великою 7 (рисунок 3.2) та малою 5 противагами. Мала противага конструктивно пов'язана з проградуйованим важелем 2, а велика, через станину 8, в якій кріпилася пружина 9, – з гвинтом 10.

Суть методики полягала у визначенні жорсткості досліджуваних пружин, спочатку послідовно навантажуючи їх до повного стискання витків, а потім – розвантажуючи через заданий крок навантажувального зусилля.

Під час кожного досліду система виводилась з рівноваги завдяки переміщенню вручну повзуна 3 по проградуйованому важелю 2. Прокручуючи за важіль 11 гвинт 10 переміщував плити станини 8, які сходились між собою,

стискаючи пружину 9 до повного зрівноваження системи ваг. Після остаточного зрівноваження мірним інструментом проводилось вимірювання переміщення пружини від заданого на шкалі проградуйованого важеля 2 навантаження.

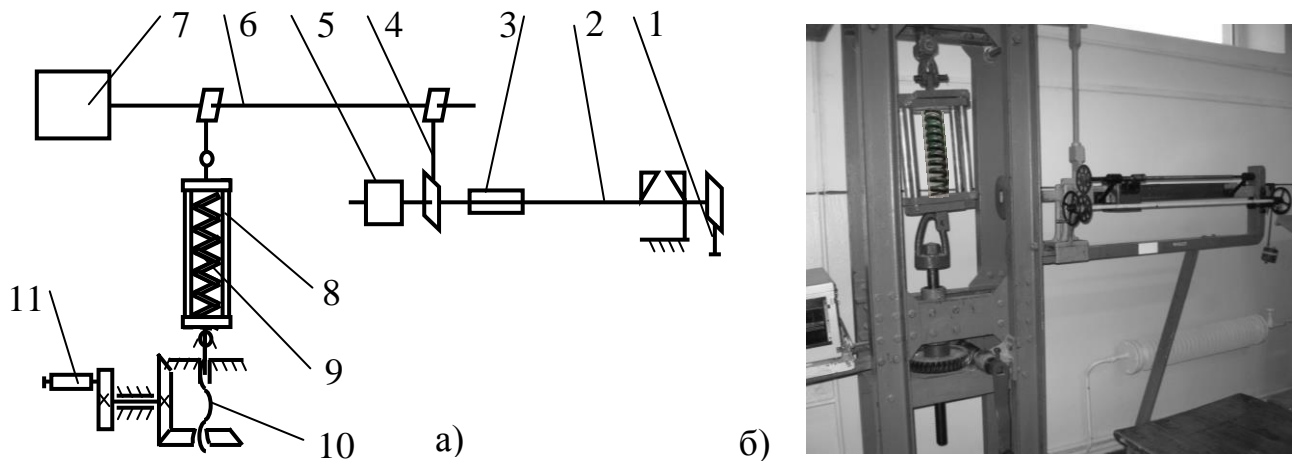


Рисунок 3.2 Лабораторна установка для визначення жорсткості пружини:

1 – терезотримач; 2 – важіль; 3 – повзун; 4 – тяга; 5 – мала противага; 6 – важіль; 7 – велика противага; 8 – станина; 9 – пружина; 10 – гвинт; 11 – важіль.

Під час експериментів за допомогою лабораторного стенда створювались навантаження Q_1, Q_2, \dots, Q_n , причому до кожного наступного навантаження пружини додавали попередні й щоразу робили заміри переміщення.

За результатами дослідів кожному навантаженню Q_i відповідало певне переміщення l_i пружини. Таким чином визначали середнє значення жорсткості пружини, закономірність якого підпорядковується співвідношенню:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n l_i}, \quad (3.1)$$

де Q_i, l_i – відповідно зусилля навантаження та відповідне йому переміщення пружини під час i -го вимірювання у досліді,
 n – число вимірювань кожного досліді.

Експериментальні дослідження проводились для циліндричних пружин стиску (діаметр дроту 2, 4 та 6 мм) у трикратній повторюваності.

3.5 Методика визначення параметрів процесу ущільнення стебел льону-довгунцю

На процес додаткового ущільнення стебел льону-довгунцю впливають різноманітні чинники. Для визначення вагомості впливу на перебіг процесу ущільнення стебел льону-довгунцю потрібно проводити велику кількість експериментів, головним завданням яких є встановлення закономірностей впливу окремих показників фізико-механічних властивостей стебел льону-довгунцю й режимів роботи вальців додаткового обладнання льонозбирального комбайна на ступінь їх ущільнення по всій довжині стебла.

Використана методика базувалась на встановленні ступеня ущільнення стебел льону-довгунцю вальцями й робочими транспортерами лабораторного обладнання (див. рисунок 3.1) через оцінювання кількості сплюснених стебел льону-довгунцю при різній вхідній товщині пучка рослин від 10 до 60мм.

Експерименти проводились в лабораторних умовах. Для експериментів вибирались стебла льону-довгунцю, вибрані у стадіях жовтої та ранньої жовтої стиглості льону.

Для аналізу якості плющення відбирався жмут зі ста стеблин льону-довгунцю при кожній повторюваності. Потім стебла льону-довгунцю розподілялись на сплющені та несплющені.

Проведення дослідів базувалась на методиці планування багатофакторного експерименту на двох рівнях з метою встановлення впливу окремих чинників на якість плющення стебел льону-довгунцю [17, 29].

Результати кодованих факторів, які найсуттєвіше впливають на ступінь плющення стебел льону-довгунцю по всій їх довжині N (%) наведено в таблиці 3.1.

За незалежні змінні приймали – зусилля стискання шару стебел льону-довгунцю підпружиненими вальцями P , Н; товщина шару стебел льону-довгунцю h_n , мм; функцією відгуку було максимальне значення ступеня плющення стебел льону-довгунцю N (%).

Таблиця 3.1–Результати кодування факторів з визначення ступеня плющення стебел льону-довгунцю N (%)

Фактор і одиниця виміру	Дійсне позначення	Кодоване позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання дійсних значень			Рівні варіювання кодovаних значень		
				Верхній	Нульовий	Нижній	Верхній	Нульовий	Нижній
Зусилля стис- кання, Н	P	X_1	50	300	200	100	+1	0	-1
Товщина шару рослин, мм	h_n	X_2	20	60	40	20	+1	0	-1

Усі результати оброблялись методами математичної статистики з отриманням рівняння регресії в кодovаних і дійсних значеннях та проведено їх аналіз.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Конструктивні параметри плющильних вальців

Експериментальні дослідження проводились для двох типів вальців – сталевих та прогумованих. Дослідженнями підтверджено вищу здатність захоплення стебел льону-довгунцю прогумованими вальцями. Як показали експерименти впливовим на здатність захоплення має також вологість рослин, тобто фаза, у якій збирають льон-довгунець. Відомо, що стебла льону-довгунцю, зібрані у фазі ранньої стиглості (сноповий спосіб збирання) мають дещо вищу вологість стебел і ймовірність їх захоплення вальцями дещо знижується в порівнянні зі стеблами льону-довгунцю, вибраних комбайновим способом у фазі жовтої стиглості (рисунок 4.1).

Під час захоплення стебел льону-довгунцю плющильними вальцями існує певна закономірність між діаметром вальців та товщиною шару (пучка) рослин, що надходять у зазор між ними (рисунок 4.1).

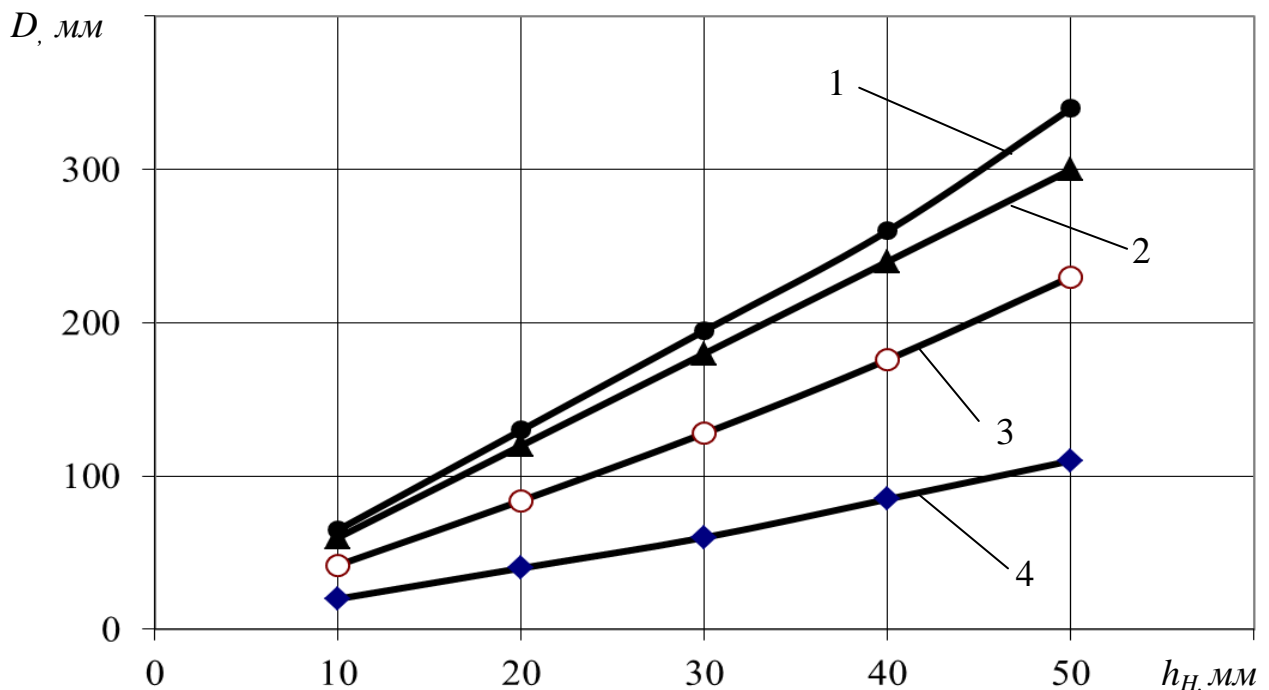


Рисунок 4.1 Залежність діаметра вальців від товщини h_H шару стебел льону-довгунцю, що надходить на додаткове ущільнення за різної стадії стиглості рослин: 1 – сталеві вальці (рання жовта стиглість льону); 2 – сталеві вальці (жовта стиглість льону); 3 – прогумовані вальці (рання жовта стиглість льону); 4 – прогумовані вальці (жовта стиглість льону).

На основі аналізу отриманих на рисунку 4.1 закономірностей встановлено, що за товщини шару пучків стебел льону-довгунцю, які потрапляють в зазор між плуцильними вальцями лабораторної установки 20...30мм надійна та ефективна робота ущільнювального механізму для стебел льону-довгунцю, зібраних у фазі жовтої стиглості буде забезпечена за діаметра вальців 120...180мм зі сталеву поверхнею та 45...65мм з прогумовану.

Для якісного ущільнення пучка стебел льону-довгунцю такої самої товщини, але вибраних у фазі ранньої жовтої стиглості сталевими плуцильними вальцями необхідно, щоб їх діаметр знаходився в межах 130-200мм. Для таких же умов роботи можна використовувати прогумовані вальці з діаметром, що знаходиться в межах 90-120мм.

4.2 Коефіцієнт жорсткості пружин кріплення вальців

На підставі виконаних експериментів окремих циліндричних пружин кріплення вальців плуцильного апарату для додаткового ущільнення стебел льону-довгунцю побудовано графіки (рисунок 4.2) закономірностей зміни довжин пружини від прикладеного до неї вертикального навантаження.

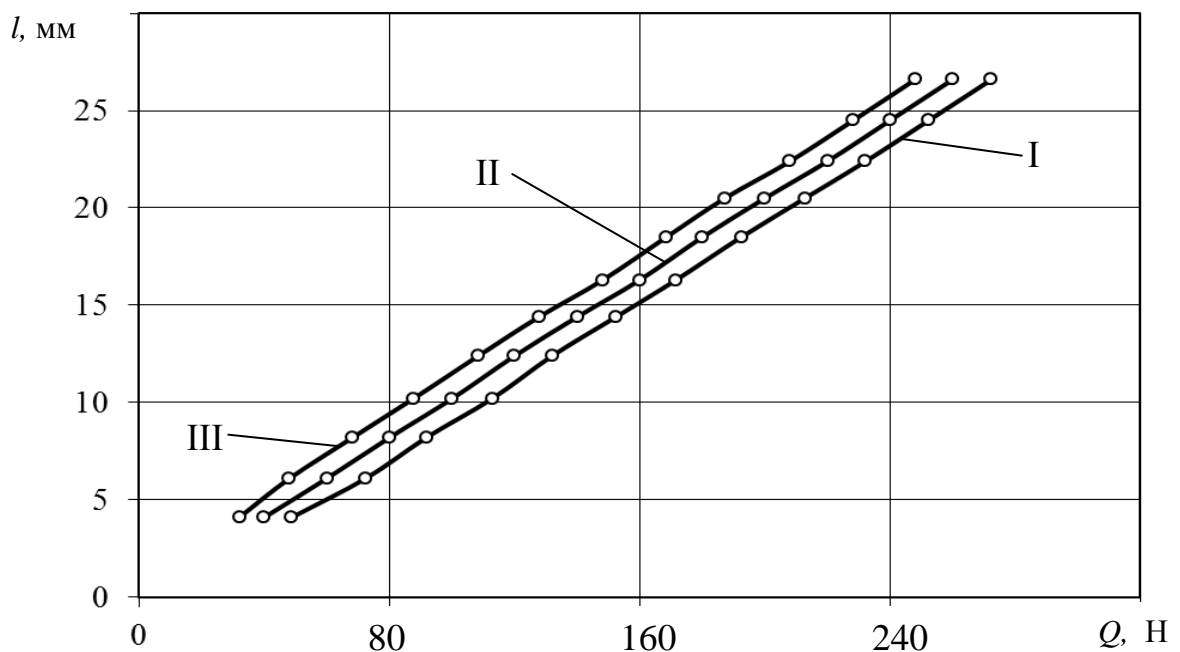


Рисунок 4.2 Закономірність переміщення циліндричних пружин під час їх стискування від прикладеного навантаження за діаметра дроту: 6 (I), 4 (II) та 2 (III) мм.

З наведених графіків (див. рисунок 4.2) видно, що спостерігається наближено лінійна закономірність зміни довжин циліндричних пружин стиску від прикладених до них навантажень не залежно від їх діаметра. Поряд з цим діаметр дроту з якого виготовлена пружина впливає на необхідність прикладання до цієї пружини більшого (меншого) зусилля для її деформації на одну й ту ж відстань (переміщення).

Проведеними експериментами визначено середню жорсткість циліндричних пружин стиску на основі закономірності (3.4). Так, для діаметра дроту пружини 2 мм $C_{(III)}=9,41\text{Н/мм}$; для діаметра $d=4\text{мм}$ – $C_{(II)}=10,02\text{Н/мм}$; для діаметра $d=6\text{мм}$ – $C_{(I)}=10,67\text{Н/мм}$.

Таким чином, для кріплення плющильних вальців додаткового обладнання для ущільнення стебел льону-довгунцю доцільно використовувати циліндричну пружину з діаметром дроту 4мм.

4.3 Параметри процесу ущільнення стебел льону-довгунцю

На підставі проведених експериментів встановлено основні чинники, які є впливовими на параметри процесу ущільнення стебел льону-довгунцю плющильними вальцями лабораторної установки, а саме зусилля, яке діє зі сторони вальців на шар рослин під час їх захоплення і затягування в зазор між вальцями $P, \text{Н}$; товщина шару (пучка) стебел льону-довгунцю $h_n, \text{мм}$.

Залежність якості плющення стебел льону-довгунцю (кількості сплющених стебел льону-довгунцю, %) від вищенаведених чинників наближено можна відобразити поліномом другого ступеня:

$$N = 947,71 - 0,833 \cdot P + 0,007 \cdot P^2 - 31,17 \cdot h_n + 0,35 \cdot h_n^2. \quad (4.1)$$

Подальший аналіз результатів експериментальних досліджень проводився графічно (рисунок 4.3) з використанням методу двовірних перетинів.

Аналізом отриманих результатів встановлено, що рівень плющення стебел льону-довгунцю (біля 80...85%) досягається за умови стискання шару (пучка) рослин товщиною до 15мм із зусиллям, не меншим за 250...300Н.

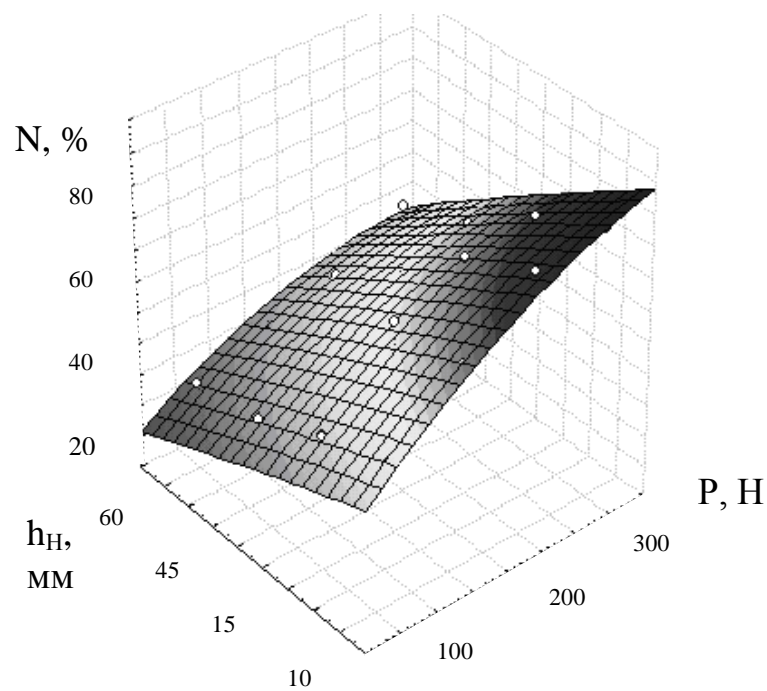


Рисунок 4.3 Залежність рівня плющення N (%) стебел льону-довгунцю, вибраного у фазі жовтої стиглості від товщини шару h_n (мм) й зусилля стискання рослин вальцями P (Н)

Слід відмітити, що стебла льону-довгунцю, вирвані з ґрунту в стадії ранньої жовтої стиглості піддавались більш суттєвій дії (плющенню) за тих самих умов плющення, що рослини, зібрані у стадії жовтої стиглості. Це вказує на те, що на процес плющення незначний вплив має також вологість самих стебел льону-довгунцю.

Висновки

1. Експериментальними дослідженнями встановлено, що за товщини шару пучків стебел льону-довгунцю, які потрапляють в зазор між плющильними вальцями лабораторної установки 20...30мм надійна та ефективна робота ущільнювального механізму для стебел льону-довгунцю, зібраних у фазі жовтої стиглості буде забезпечена за діаметра вальців 120...180мм зі сталеву поверхнею та 45...65мм з прогумованою.
2. Для якісного ущільнення пучка стебел льону-довгунцю такої самої товщини, але вибраних у фазі ранньої жовтої стиглості стальними плющильними

вальцями необхідно, щоб їх діаметр знаходився в межах 130-200мм. Для таких же умов роботи можна використовувати прогумовані вальці з діаметром, що знаходиться в межах 90-120мм.

3. Проведеними експериментами визначено, що середня жорсткість циліндричних пружин стиску для діаметра дроту $d=2$ мм становить $C_{(III)}=9,41$ Н/мм; для діаметра $d=4$ мм – $C_{(II)}=10,02$ Н/мм; для діаметра $d=6$ мм – $C_{(I)}=10,67$ Н/мм.
4. Аналізом отриманих результатів встановлено, що рівень плющення стебел льону-довгунцю (біля 80...85%) досягається за умови стискання шару (пучка) рослин товщиною до 15мм із зусиллям, не меншим за 250...300Н.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Складання карти умов праці під час збирання льону-довгунцю комбайнами

Для сучасного сільськогосподарського виробництва характерним є вплив на організм людини різних технічних, біологічних та інших факторів. З метою прогнозування цих факторів необхідно провести паспортизацію робочого місця механізатора.

Метою паспортизації санітарно-технічного стану робочого місця є виявлення усіх виробничих небезпек для розробки проектів та прийняття інженерно-технічних і організаційних рішень, спрямованих на створення безпечних і нешкідливих умов праці. Відповідно до типової ієрархічної структури сільськогосподарського виробництва (цех, ділянка, робоча зона бригади, робоче місце) одиничним елементом виробництва є робоче місце. На ньому проявляються всі небезпечні і шкідливі фактори, які діють на працюючого і визначають ефективність його виробничої діяльності. Базовим елементом паспортизації є карта умов праці, в якій представлені фактори безпеки по трьох напрямках факторів небезпеки: трудовому, санітарно-гігієнічному та технічному.

Карта умов праці передбачає виявлення на робочому місці шкідливих і небезпечних виробничих факторів та причин їх виникнення; дослідження санітарно-гігієнічних факторів виробничого середовища, важкості й напруженості трудового процесу, комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці на відповідність їх вимогам стандартів, норм і правил; обґрунтування віднесення робочого місця до відповідної категорії з шкідливими умовами праці, підтвердження (встановлення) права працівників на пільгове пенсійне забезпечення та інші пільги залежно від умов праці [6].

Карта умов праці на робочому місці становить основу санітарно-технічного паспорту виробничої ділянки (бригади, майстерні, ферми тощо).

Паспорт господарства складається з паспортів діляниць і містить додаткову характеристику засобів загальногосподарського користування, об'єкти колективного захисту. Кожний головний спеціаліст господарства організовує обстеження умов праці і стан технічної безпеки і підпорядковані їй йому галузі. Значно зменшити об'єми робіт при паспортизації можна шляхом групування типових робочих місць.

За гігієнічною класифікацією праці та іншими джерелами визначається перелік факторів умов праці на робочому місці, для яких з нормативних документів встановлюються гранично допустимий рівень або гранично допустиму концентрацію (ГДР, ГДК), які заносять в графи 1, 2 та 3 (таблиця 5.1).

Складаємо карту умов праці робочого місця механізатора під час механізованого знімання плодів, виконавши розрахунки окремих коефіцієнтів за наступними формулами.

Коефіцієнт нормозабезпеченості визначаємо за формулою

$$K_n = 1 \pm \frac{A_e - A_n}{A_n}, \quad (5.1)$$

де A_e – фактичне значення умов праці;

A_n – гранично допустимий рівень або концентрація.

Коефіцієнт небезпечності від дії фактора можна визначити з виразу:

$$K_{\partial\phi} = K_n \cdot T_{\partial\phi}, \quad (5.2)$$

де $T_{\partial\phi}$ – час дії фактора у частках тривалості зміни.

Коефіцієнт небезпечності від усіх факторів становить:

$$K = \frac{K_{\partial\phi}}{n}, \quad (5.3)$$

де n – кількість факторів умов праці.

Під час складання умов праці на робочому місці механізатора використовуємо дані нормативних документів:

- ДСТУ 12.1.003-83 – Шум. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 12.1.005-86 – Повітря робочої зони. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 23.00-93 – Вібрація, терміни та визначення;

Таблиця 5.1–Карта умов праці під час збирання льону-довгунцю

Фактори умов праці	Нормативне значення фактора		Фактичне значення фактора умов праці, A_v	Коефіцієнт нормозабезпечення, K_n	Час дії фактора		Коефіцієнт небезпечності	
	Гранично допустимий рівень або концентрація (ГРД, ГДК), A_n	Нормативний документ			В годинах	Частках довготривалості зміни, $T_{дб}$	Від дії фактора, $K_{дф}$	Від усіх факторів, K
1. Рівень шуму	80 дБ	ДСТУ 12.1.009-83	85 дБ	1,06	8	0,8	0,85	
2. Вібрація	0,65 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	ДСТУ 23.00-93	0,72 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	1,1	8	0,8	0,88	
3. Температура повітря (серпень)	Відкриті території, +25,8°C	ДНАОП 0.00-1*	+22°C	0,85	8	0,8	0,68	
4. Пари нафтопродуктів	100 мг/м ³	ДСТУ 12.1.005-86	107 мг/м ³	1,1	8	0,8	0,88	
5. Сенсорні навантаження:								
5.1. Щільність сигналів	75%	ДНАОП 0.00-1*	80%	1,1	8	0,8	0,88	
5.2. Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження	5%	ДНАОП 0.00-1*	6%	1,2	8	0,8	0,96	
6. Робоча поза	Вільна	ДНАОП 0.00-1*	Перебування у фіксованій позі більше 50% часу	0,5	8	0,8	0,8	
Всього								0,85

– ДНАОП 0.00-1* – Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

На підставі аналізу даних таблиці 5.1 можна зробити висновок, що фактичне значення умов праці механізатора під час збирання льону-довгунцю комбайном дещо перевищують граничні показники, регламентовані відповідними нормативними документами. Особливо шкідливими є вібраційні фактори, пов'язані з технологічним процесом взаємодії льонозбирального комбайна з рослинним матеріалом під час якого на остов енергетичного засобу передаються вібраційні коливання від роботи плющильного апарату. Вальці обертаються з досить великою швидкістю, що супроводжується надмірним шумом їх привідних ланцюгів.

Шкідливими є також пари нафтопродуктів (дизельного палива, оливи гідросистеми та гідроприводу). Для запобігання шкідливої дії вказаних небезпек механізатору необхідно щогодини робити технологічні перерви на 5-10хв., вимкнувши при цьому двигун та покинувши кабіну трактора.

5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, робочих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій, травм або катастроф залежно від досліджуваного явища.

Для того щоб оцінку рівня небезпек певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірності будь-кого випадкового явища. Основні принципи цього методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварії або травмонезбезпечні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головними.

Після вибору головної події розпочинають побудову моделі. Використовуючи оператори „і” та „або”, виконують набір ситуації, які можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна.

Після визначення відповідних аварійних, травмонебезпечних або катастрофічних ситуацій та їх кількості, визначають інші події, що входять до кожної такої ситуації, логічним аналізом із використанням операторів „і”, „або”. Процес побудови моделі триває поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Повністю побудована модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірність базових подій визначають за даними виробництва. Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність становить 1, якщо контроль ідеальний, відповідна ймовірність дорівнює 0.

1. Нехай дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „і” входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити за формулою

$$P_3 = P_1 \cdot P_2.$$

2. За допомогою оператора „і” три події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 формують четверту подію P_4 , яку обчислюють

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

3. Оператор „і” об’єднує n подій з ймовірностями $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$. Тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n.$$

4. Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „або” входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2.$$

5. Оператор „або” об’єднує три базові події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

6. Якщо в оператора „або” входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення аж поки не залишиться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції.

Так, поступово обчислюють ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Значення ймовірності головних подій, що досліджуються, нажаль, не можна порівняти з нормативними значеннями певного ступеня ризику для певної людино-машинної системи, бо таких даних просто не існує. Але значення ймовірностей тієї чи іншої події, обчислені при дослідженні конкретної моделі, дає уяву про високу, середню і незначну небезпеку.

Для проведення обчислень ймовірності травми використаємо логіко-імітаційну модель процесу її формування (рисунок 5.1)

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,2.$$

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0,2.$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 + P_3 \cdot P_6 = 0,32.$$

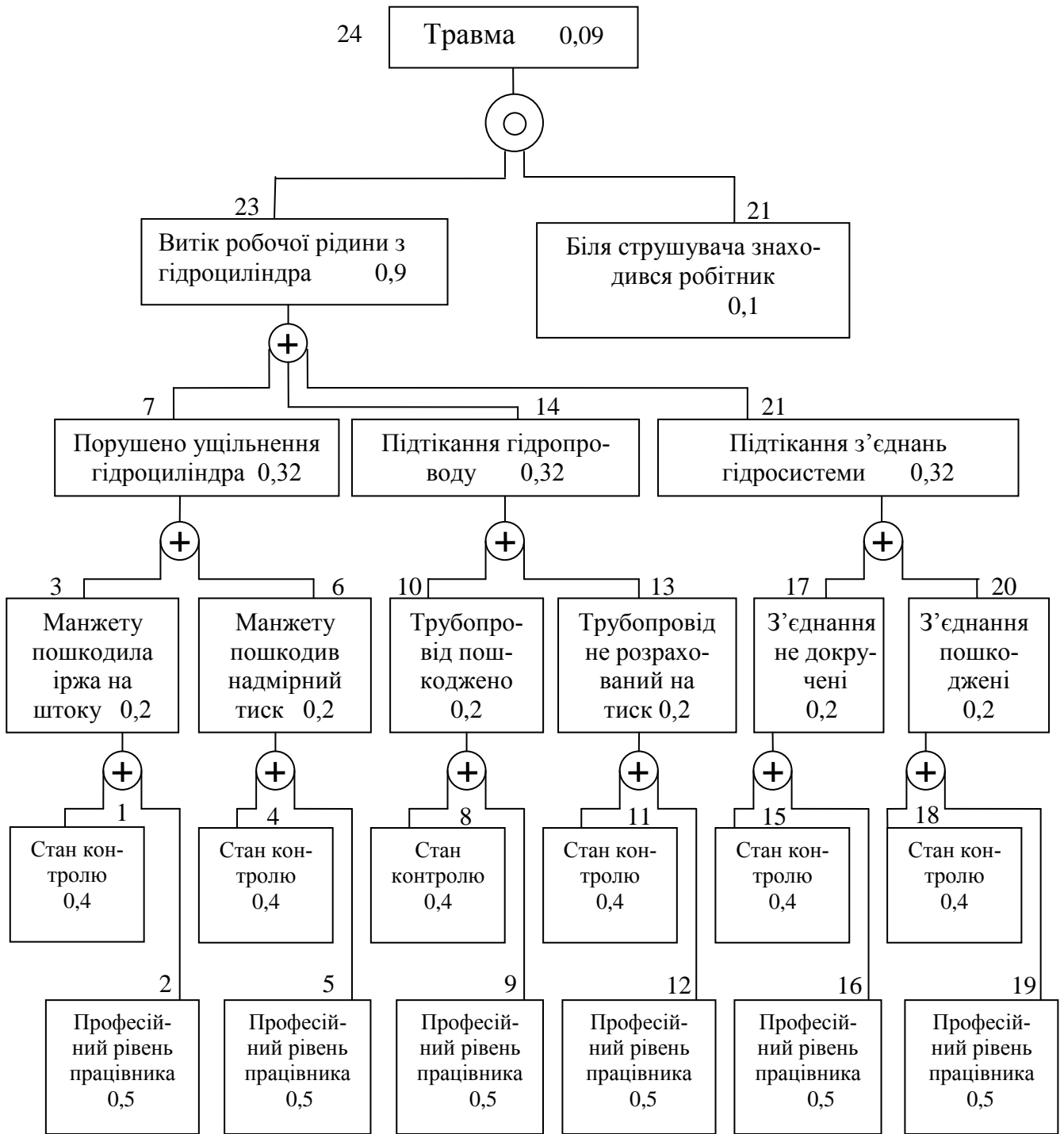
$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,2.$$

$$P_{13} = P_{11} + P_{12} - P_{11} \cdot P_{12} = 0,2.$$

$$P_{14} = P_{10} + P_{13} - P_{10} \cdot P_{13} + P_{10} \cdot P_{13} = 0,32.$$

$$P_{17} = P_{15} + P_{16} - P_{15} \cdot P_{16} = 0,2.$$

$$P_{20} = P_{18} + P_{19} - P_{18} \cdot P_{19} = 0,2.$$



Оператори:



Рисунок 5.1 Схема логіко-імітаційної моделі процесу виникнення травм при технічному обслуговуванні льонозбирального комбайна:

1, 2, 3 – номери подій; 0,3; 0,4 – ймовірність подій.

$$P_{21} = P_{17} + P_{20} - P_{17} \cdot P_{20} + P_{17} \cdot P_{20} = 0,32.$$

$$P_{23} = P_7 + P_{14} + P_{21} - P_7 \cdot P_{14} \cdot P_{21} = 0,9.$$

$$P_{24} = P_{23} \cdot P_{22} = 0,09.$$

Таким чином, на робочому місці під час технічного обслуговування льонозбирального комбайна за наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,0 травм. Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень робітників, поліпшити контроль та замінити пошкоджені елементи гідроприводу), то можна побачити на моделі, шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки до 1.

Слід мати на увазі, що на даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть до травми з інших причин [8, 10].

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів з охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонезбезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого робочого місця, а також поведінку механізатора і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА З ПРИСТРОЄМ ДЛЯ ДОДАТКОВОГО УЩІЛЬНЕННЯ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЮ

Основними техніко-економічними показниками роботи льонозбирального комбайна є прямі питомі експлуатаційні затрати, витрата палива, продуктивність та затрати праці [1, 21, 24].

Прямі питомі експлуатаційні затрати визначаються за формулою

$$I = Z_n + A + R + P + Z_{зб}, \quad (6.1)$$

де Z_n – сума заробітної плати механізаторів і допоміжних працівників, грн./га;

A – амортизаційні відрахування, грн./ га;

R – відрахування на ремонт і технічне обслуговування, грн./ га;

P – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн./ га;

$Z_{зб}$ – відрахування на зберігання, грн./ га.

Відрахування на зарплату визначаються з виразу

$$Z_n = \Sigma (n_i \tau_i k_i) / W_{зм}, \quad (6.2)$$

де n_i – чисельність i -го виробничого персоналу, чол.;

τ_i – годинна тарифна ставка працівників, грн./год;

k_i – коефіцієнт, що враховує всі види доплат і нарахувань;

$W_{зм}$ – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Визначаємо годинну продуктивність агрегату за формулою:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (6.3)$$

де τ – коефіцієнт використання часу зміни, що визначається за формулою:

$$\tau = T_p / T_{зм}, \quad (6.4)$$

Чистий робочий час в загинці:

$$T_p = \varphi (T_{зм} - T_{зуп}), \quad (6.5)$$

де $T_{зм}$, $T_{зуп}$ – відповідно тривалість зміни та зупинок з працюючим двигуном, год.;

Амортизаційні відрахування всіх складових агрегату визначаються з виразу:

$$A = \Sigma (B_i a_i / (W_{зм} T_{ф.р.i})), \quad (6.6)$$

де B_i – балансова вартість i -ої складової агрегату та допоміжного обладнання, грн.;

a_i – коефіцієнт відрахувань на реновацію усіх складових агрегату;

$T_{ф.р.i}$ – тривалість фактичного річного використання складових МТА, год.

Відрахування на ремонт і технічне обслуговування визначаються за формулою

$$R = \Sigma (B_i (p_i + \kappa_i) / (W_{зм} T_{н.р.i})), \quad (6.7)$$

де p_i – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування i -ої складової агрегату;

κ_i – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт трактора або складних самохідних машин;

$T_{н.р.i}$ – нормативне річне завантаження i -ої складової агрегату, год.

Вартість паливно-мастильних матеріалів можна визначити з виразу

$$П = QЦ / W_{зм}, \quad (6.8)$$

де Q – витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/год:

$$Q = \frac{G_{зм}}{W_{зм}} = \frac{G_p T_p + G_x T_x + G_z T_z}{0,1 B_p V_p T_{зм} \tau}, \quad (6.9)$$

де G_p, G_x, G_z – годинна витрата палива двигуном відповідно при роботі з навантаженням, на холостому ходу агрегату та роботі двигуна на зупинках, кг/год;

T_p, T_x, T_z – час роботи агрегату, який визначають залежно від умов роботи, год.

$Ц$ – комплексна вартість нафтопродуктів, грн./кг.

Витрати на зберігання машин визначаються виходячи із затрат на їх консервацію та підготовку до використання й приймаються в межах 6,5 % від витрат на ремонти і технічне обслуговування, тобто

$$З_{зб} = 0,065 R. \quad (6.10)$$

Затрати праці на виконання операції:

$$Z_{зб} = P_o / W_{зм}, \quad (6.11)$$

де P_o – чисельність обслуговуючого персоналу, чол.

Вихідні дані для проведення досліджень техніко-економічних показників використання льонозбирального комбайна вибирались на основі найсприятливіших умов його застосування.

Ціна техніки вибиралась на основі рекламної інформації заводів-виготовлювачів станом на 1.09.2023 р. [25]; годинні тарифні ставки обслуговуючого персоналу визначались з умови отримання середньої заробітної плати в межах 16500 грн.

Результати розрахунків техніко-економічних показників використання льонозбирального комбайна зводимо в таблицю 6.1 для остаточного аналізу.

Таблиця 6.1 – Техніко-економічні показники використання льонозбирального комбайна

Показники	КИЙ 14820 + ЛК-4Т
1	2
Продуктивність годинна, га/год.	0,89
Витрата палива, кг/га	15,2
Прямі затрати, грн./га на:	
- оплату праці	123,60
- паливно-мастильні матеріали	912,0
- ТО, поточний і капітальний ремонт	2327,80
- реновацію	1663,65
- затрати на зберігання	151,31
- всього прямих затрат	5178,35
Затрати праці, люд. год/га	0,16

Як видно з проведених розрахунків годинна продуктивність льонозбирального агрегату в складі трактора КИЙ 14820 та льонозбирального комбайна ЛК-4Т становить 0,89 га/год. При цьому сума прямих питомих експлуатаційних затрат сягає 5178,35 грн/га, а затрат праці – 0,16 люд. год./га.

Висновки

1. Під час збирання льону-довгунцю льонозбиральним комбайном, обладнаним додатковим пристроєм для плющення стебел льону-довгунцю по всій їх довжині його годинна продуктивність становить 0,89 га/год.

2. Прямі питомі експлуатаційні затрати під час використання вказаного льонозбирального комбайна становлять 5178,35 грн./га.

3. Затрати праці під час використання льонозбирального комбайна становлять 0,16 люд.год./га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- 1 Для збирання льону-довгунцю застосовують переважно два способи – комбайновий (льон-довгунець збирають у фазі жовтої стиглості) та сноповий, за якого льон-довгунець збирають у фазі ранньої жовтої стиглості.
- 2 Під час вибирання льону-довгунцю з ґрунту робочі органи льонозбиральних комбайнів (льонобралок) затискають стебла переважно у зоні контакту їх бральних апаратів з стеблами льону-довгунцю.
- 3 Під час механізованого збирання льону-довгунцю бральні апарати та інші робочі органи машин затискають стебла на певній ділянці, яка відповідає ширині захоплення ними стебел; інші ділянки стебла по всій довжині не піддається затисканню, що призводить до зниження якості кінцевого продукту (волокна).
- 4 Одним із способів підвищення ефективності брання льону-довгунцю є використання у конструкціях льонозбиральних комбайнів додаткових пристроїв, що забезпечуватимуть ущільнення вибраних стебел по всій їх довжині.
- 5 Теоретичними дослідженнями встановлено, що з врахуванням особливості роботи затискного транспортера та очісувального апарату льонозбирального комбайна, товщина шару (пучка) стебел льону-довгунцю, які подаються на плющення вальцями не перевищує 60 мм; за таких умов діаметри плющильних вальців з врахуванням кута тертя φ можуть вибиратися в широких межах від 40 до 220 мм.
- 6 Аналітичними дослідженнями встановлено, що секундна подача стебел льону-довгунцю в зазор між пресувальними вальцями додаткового обладнання до льонозбирального комбайна становить 2,52 кг/с за кутової швидкості вальців 5,73 м/с.
- 7 Як показали аналітичні розрахунки зусилля з яким повинні притискатися вальці один до одного має становити не більше 250 Н; за такої умови стебла льону-довгунцю не будуть повністю розплющені, а тільки ущільнені по всій своїй довжині.

- 8 Аналітичними дослідженнями встановлено, що за максимального навантаження на пружину внаслідок переміщення пучків стебел льону-довгунцю в зазорі між плющильними вальцями льонозбирального комбайна $F_{max} = 0,250$ кН, жорсткість C пружини повинна бути в межах 8,0–10,0 Н/мм, за якої забезпечуватиметься оптимальне плющення усіх стебел льону-довгунцю по усій їх довжині.
- 9 На робочому місці під час технічного обслуговування модернізованого льонозбирального комбайна за наявності проаналізованих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 місць, можна очікувати 9,0 травм.
- 10 Під час збирання льону-довгунцю льонозбиральним комбайном, обладнаним додатковим пристроєм для плющення стебел льону-довгунцю по всій їх довжині його годинна продуктивність становить 0,89 га/год.
- 11 Прямі питомі експлуатаційні затрати під час використання вказаного льонозбирального комбайна становлять 5178,35 грн./га.
- 12 Затрати праці під час використання льонозбирального комбайна становлять 0,16 люд.год./га.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бендера І.М., Грубий В.П., Роздорожнюк П.І. та ін. Експлуатація машин та обладнання. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І. 2013. 576 с.
2. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
3. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вища освіта, 2005. 464 с.
4. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 2004. 448 с.
5. Вплив способів збирання на урожайність льону олійного. Електронний ресурс: URL: https://web.znu.edu.ua/herald/issues/2011/bio_2011_2/019-22.pdf
6. Жидецький В.І. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / В.І. Жидецький., В.С. Джигерей., В.М. Сторожук та ін; За ред. Жидецького В.І. Львів : Афіша, 2000. 352 с.
7. Ковальов В.Б., Смик Д.С. Індустріальна технологія у льонарстві. Київ: Урожай, 1985. 72 с.
8. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. та ін. Основи охорони праці. Київ : Основа, 2000. 416 с.
9. Лехман С. Д. та ін. Довідник з охорони праці в сільському господарстві (запитання і відповіді). Київ: Урожай, 1990. 400 с.
10. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ : Урожай, 1993. 268 с.
11. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 2-е вид., виправ. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
12. Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф., Іващук П.В., Корнійчук О.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур 3-є вид., виправ., допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.

13. Льюнозбиральний комбайн: пат. 645 Україна: МПК А01D45/06. № и 2000010412; заявл. 25.01.2000; опубл. 16.10.2000, Бюл. № 5.
14. Марчук В. Лабораторна установка для додаткового плющення стебел льону-довгунцю. *Студентська молодь і науковий прогрес: тези доп. Міжнарод. студ. наук. форуму*, 4-6 жовт. 2023 р. [Електронний ресурс]. Львів, 2023. С. 391.
15. Мельник І.П., Панченко С.І., Ковальов В.Б. Механізація робіт у льонарстві. Ужгород: Карпати. 1988. 134 с.: іл.; табл.
16. Налобіна О.О. До визначення довжини зони притискання роликми пасів затискного транспортера. *Сільськогосподарські машини: Зб. наук. статей*. Луцьк: Волинське обл. відділення ІАУ, 1997. Вип.3. С. 87-91.
17. Налобіна О.О., Тхорук Є.І. Результати тензометрування затискного транспортера льонокомбайна. *Сільськогосподарські машини: Зб. наук. статей*. Луцьк: Волинське обл. відділення ІАУ, 1997. Вип.3. С. 92-95.
18. Налобіна О.О. Вплив тиску у рівчаку затискного транспортера льонокомбайна на пошкодження стебел. *Сільськогосподарські машини: Зб. наук. статей*. Луцьк: Волинське обл. відділення ІАУ, 1997. Вип. 3. С. 83-91.
19. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ: Техніка, 2004. 512 с.
- 20.Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів : ЛДАУ, 1998. 264 с.
21. Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2013. 224 с.;
- 22.Рудь А.В., Бендера І.М., Войтюк Д.Г. та ін. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т1. Київ. Агроосвіта, 2012. 584 с.; іл.
- 23.Рудь А.В., Бендера І.М., Войтюк Д.Г. та ін. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т2. Київ. Агроосвіта, 2012. 432 с.; іл.

24. Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві: Навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 384 с.
25. Трактор КИЙ 14820. Електронний ресурс: URL: <https://traktor-trade.com.ua/traktora/traktor-kij-14820/>
26. Хайліс Г.А., Горбовий А.Ю., Гошко З.О., Ковальов М.М. Налобіна О.О., Юхимчук С.Ф. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Навч. посібник. Луцьк: ЛДТУ, 1998. 267 с.
27. Хайліс Г.А. Основи теорії і розрахунку сільськогосподарських машин: Навч. посібник. Київ : УСГА, 1992. 240 с.
28. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник. Київ : НМК ВО, 1992. 320 с.
29. Хайліс Г.А., Налобіна О.О., Головачук І.П. Теоретичний аналіз процесу транспортування стебел у льонозбиральній машині. *Механізація сільськогосподарського виробництва: Зб. наукових праць Національного аграрного університету*. Київ: НАУ, 1999. Т.VI. С. 103-108.
30. Хайліс Г.А., Налобіна О.О., Залужний В.І. Технології збирання льону та проблеми механізації льонарства. *Техніка АПК*. 2004. № 1-2. С. 17-19.
31. Шваб'юк В.І. Опір матеріалів: Навч. посіб. Київ: Знання, 2009. 380 с.