

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” 20 __ р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
 А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

ДИПЛОМНА РОБОТА
 магістр
(освітній рівень)

тема роботи «ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЗЕРНА МЕТОДОМ
ОБЧІСУВАННЯ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208
 «Агроінженерія»
 Гладинюк Ю.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент Лісовий І.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ магістр _____
Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ **А.В. Войтік**
“ _____ ” _____ 20 ____ р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

студенту _____ **Гладинюку Юрію Миколайовичу** _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження процесу збирання зерна методом обчісування»

керівник роботи _____ **Лісовий І.О., к.т.н., доцент** _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“14” листопада 20 23 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ **20.11.2024 р.**

3. Вихідні дані до роботи: навчальна, наукова та періодична література за темою роботи;

4. Перелік питань, які потрібно розробити: _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як
додаток до доповіді за темою дипломної роботи:

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Техніко-економічне обґрунтування	Лісовий І.О., доцент		

7. Дата видачі завдання 18 квітня 2024 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка

Студент

(підпис)

Гладинюк Ю.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Лісовий І.О.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ЗБИРАННЯ ОЧІСУВАННЯМ	7
1.1 Існуючі технічні рішення очісувальних жниварок	7
1.2 Аналіз результатів теоретичних досліджень	13
1.3 Висновки до розділу	15
1.4 Задачі досліджень	15
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ОЧІСУЮЧОЇ ЖНИВАРКИ З РОСЛИНАМИ	16
2.1 Розрахунок енергоємності процесу збирання насіннєвого вороху	16
Висновки до розділу	18
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	20
3.1 Результати досліджень та їх аналіз	20
3.2 Дослідження процесу збирання насіннєвого вороху польових умовах	22
3.3 Експериментальний збиральний агрегат та його характеристика	23
3.4 Методика проведення польових досліджень	28
Висновки до розділу	36
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	37
4.1 Характеристика і аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути під час збирання врожаю	37
4.2 Розробка організаційно-технічних заходи по забезпеченню нормальних санітарно-гігієнічних умов праці під час збирання врожаю	39
4.3 Моделювання небезпечних ситуацій під час роботи збирального агрегату	40
Висновки до розділу	41
РОЗДІЛ 5 ПІДХОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ОЧІСУВАННЯМ	42
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	45
ДОДАТКИ	51

РЕФЕРАТ

Гладинюк Ю.М. «Дослідження процесу збирання зерна методом очісування». (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2024: пояснювальна записка на 54 сторінках, 21 рисунка, графічна частина підготовлено ілюстративний матеріал у вигляді презентації 12 слайдів як додаток до доповіді за темою магістерської роботи)

Робота присвячена вирішенню актуальної практичної задачі удосконаленню збирання очісуванням шляхом обґрунтування параметрів очісувальних пристроїв, що забезпечують зниження втрат зерна. В ході вивчення стану питання збирання очісуванням було виконано аналіз результатів теоретичних досліджень щодо вдосконалення процесу очісування та проаналізовано існуючі технічні рішення очісувальних жниварок. В ході теоретичних досліджень взаємодії очісувальної жниварки з рослинами була розроблена математична модель процесу, а також досліджено процес взаємодії рослин з робочими органами жниварки. Експериментальні дослідження дозволили обґрунтувати раціональні параметри процесу збирання культур очісуванням.

Запропоновано організацію безпечних умов праці для механізатора під час збирання врожаю.

Застосування технології збирання зернових колосових культур очісуванням дозволяє знизити експлуатаційні витрати, капітальні вкладення в техніку і збільшити чистий дохід.

Ключові слова: КОМБАЙН, ЖНИВАРКА, ОЧІСУВАННЯ, ВТРАТИ ЗЕРНА.

ВСТУП

Актуальність теми. Процес збирання врожаю при вирощуванні продукції сільськогосподарськими підприємствами є однією з найбільш витратних операцій. Для її здійснення необхідні технічні засоби – комбайни, які мають високу вартість. Багато виробників сільськогосподарської продукції не в змозі купувати нову збиральну техніку, для заміни морально застарілої техніки, яка характеризуються суттєвими втратами зерна при виконанні процесу збирання зернових культур. У найближчій перспективі одним із виходів з цієї ситуації може бути застосування технології збирання зернових культур комбайновим очісуванням, при цьому очисні пристрої необхідно адаптувати до характеристик рослин, які збираються. В результаті подачі в молотильний апарат обчесаного вороху, що містить мінімальну кількість соломистої маси, продуктивність комбайна може збільшитися в 1,4-2,0 рази, а витрата палива зменшиться на 45%, тому вдосконалення процесу очісування рослин на корені є актуальним завданням [1-5].

Метою роботи є удосконалення збирання очісуванням та дослідження параметрів агрегату.

Об'єкт досліджень процес очісування жнивваркою.

Предмет досліджень – залежності, що характеризують зміну якісних і кількісних показників втрат жнивваркою.

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ЗБИРАННЯ ОЧІСУВАННЯМ

1.1 Існуючі технічні рішення очісувальних жниварок

Вивченням процесу збирання рослин на корені методом обчісування та удосконаленням конструкцій обчісувальних пристроїв різних типів, способів агрегатування займалася значна кількість вчених, які досліджували процеси, що відбуваються при обчісуванні зернових культур, рису, люпину, сорго. Аналіз виконаних досліджень та винаходів вказує на відсутність надійних конструкцій, здатних якісно виконувати технологічний процес збирання зернової частини врожаю з високою ярусністю, пониклістю, полеглистю та різною за висотою стеблової частини [6, 7].

Дослідження полягає у виконанні системного аналізу конструктивного виконання і особливостей будови робочих органів жниварок обчісувального типу та означення напрямку наукових досліджень з метою підвищення їх ефективності застосування у технологіях збирання сільськогосподарських культур, з врахуванням їх біологічних властивостей [6].

Аналізуючи найбільш просту конструкцію стреперного типу, робочим органом якого є обчісувальна гребінка, можна побачити одну або декілька гребінок, які розміщені з деяким зміщенням по висоті та довжині пристрою для збирання. Гребінка в процесі роботи може знаходитися як в нерухомому стані так і виконувати коливальні рухи в поперечному напрямку. Останній пристрій відноситься до активних стреперів. У процесі обчісування стебла рослин потрапляють в розрізи між зубцями гребінок в результаті сил тертя і ковзання рослини вивільняється насіння з колосу [8, 9].

Недоліками стреперного обчісувального пристрою є великі втрати зерна при збиранні полеглих або багатоярусних рослин, а також велика кількість вирваної стеблової маси, яка защемляється між гребінками. Зменшити забивання гребінок дозволяє обладнання над гребінками мотовила, призначеного для очищення зубців від обчісаної маси. Для збирання багатоярусних культур можна також використовувати шнек, який буде

вирівнювати рослини для кращого обчісування. У пристроях дискового типу робочим органом є ротор, на привідному валу якого змонтовані диски з обчісувальними лопатками. При обертанні ротору диски розділяють рослини на полоси які обчісуються лопатками. Подібні пристрої дозволяють отримати обчісану масу з великим вмістом вільного зерна, але при цьому значні втрати за рахунок травмування. Робочими органами вальцевих обчісувальних пристроїв є вальці з гребінками, які обчісують рослини, за рахунок поступального руху пристрою або встановленим перед ним мотовилом. При збиранні рослин, посіяних широкорядним способом, можуть використовуватися вальці з повздовжнім розміщенням. Вальцеві обчісувальні пристрої на противагу іншим пристроям, можуть збирати рослини з невисокими втратами самовисипання, але не можуть підбирати полегли рослини, суттєвим недоліком є складність конструкції та підвищена матеріалої енергоємність [6-10].

В конструкціях пристроїв паралелогамного типу робочий орган – обчісувальний ротор з шарнірно закріпленими на ньому гребінками, які при обертанні ротору здійснюють плоскопаралельний рух. Обчісувальна гребінка занурюється в хлібну масу, прочісує її і відокремлює зерно. До переваг пристроїв даного типу відноситься низький вміст соломистих домішок в обчісаній масі, до недоліків – підвищений рівень травмування зерна, складність виготовлення та низька надійність. Полегли та багаторусні посіви високо ефективно дозволяють збирати обчісувальні пристрої транспортерного типу. Транспортери можуть бути як стрічкові та ланцюгові. На транспортері закріпленні обчісувальні гребінки, що переміщуються транспортером для подачі рослин в зону обчісування, а при роботі на полеглих полях підіймає рослини до обчісувального транспортеру. З усіх конструкцій, що застосовувалися при збиранні рису та пшениці кращі показники роботи мають барабанні пристрої. На сьогодні найбільш поширені є однобарабанні та двобарабанні. Аналізуючи конструкції та режими роботи в пристроях з одним барабаном можна побачити рішення декількох основних задач при збиранні обчісувальними пристроями [6, 8-10].

Розглянемо основні особливості технологічного процесу збирання обчісуючими жниварками двох типів. У процесі обмолоту робочими органами жниварки (гребінками) які закріплені на обчісуючому барабані, частина обчісаної маси летить вперед по ходу руху агрегату. Якщо цю частину не повернути основний потік, то вона буде втрачена. Щоб цього не відбувалося, в жниварках використовуються спеціальні конструкції та регулювання. В однобарабанних жниварках повернення обчісаної маси в основний потік забезпечується пасивною відбивною поверхнею, вздовж якої обчісуючим барабаном створюється спрямований повітряний потік. Відбившись від пасивної поверхні обчісані частинки уповільнюють свій рух, підхоплюються повітрям потоком і переміщуються в шнек [6, 10]. Ефективність такого процесу багато в чому залежить від пружних властивостей обчісаного матеріалу, його маси, швидкості витання, аеродинамічних властивостей та динамічного тиску повітряного потоку. Якщо кінетичної енергії повітряного потоку не вистачає, то зерна, колоски - втрачаються. Саме з цієї причини в жниварках такого типу передбачено регулювання швидкості обертання барабана та зміна положення пасивної відбиваючої поверхні - переднього обтікача. У двобарабанній жниварці повернення вороху в основний потік здійснюється за рахунок бітера-відбивача. Він виконує дві функції, які істотно впливають на якість роботи жниварки. По-перше, він повертає обчісану масу, що летить вперед в основний потік незалежно від ваги частинок, швидкості їх витання, пружності та інших фізико-механічних характеристик шляхом прямого механічного впливу [7]. По-друге, бітер - відбивач, обертаючись назустріч обчісуючому барабану, створює потужний вакуумний ефект, який сприяє втягуванню стеблової маси в робочу зону для якісного збирання [9]. При збиранні вологих, різновисоких, маловрожайних та зріджених масивів, на полях з пошкодженою стебловою частиною, а також під час роботи агрегату на малих швидкостях, наприклад, при збиранні полеглих або частково полеглих врожаїв та в ряді інших випадків через розглянуті відмінності, втрати зерна завжди вищі за однобарабанною жниваркою. Нехтування правилами налаштування жниварок є основним

фактором, що впливає на втрати врожаю. Недостатня увага до цього питання може викликати низку шкідливих наслідків, таких як недобір зерна, збільшення витрат палива, прискорене спрацювання деяких вузлів зернозбирального агрегату та інших недоліків [8]. Якщо порівнювати експлуатаційні налаштування двох типів жниварок то однобарабана жниварка відповідно до керівництва з експлуатації має значно більшу кількість регулювань. Що в свою чергу потребує вищу кваліфікацію оператора збирального агрегату та більше часу на обслуговування та налаштування жниварки [9, 10].

Схеми систематизації очісувальних пристроїв за типом, способом їх агрегування, типу робочого органу, способу транспортування вороху, наведені в роботах [2, 3, 12, 11]. Однак запропоновані авторами класифікаційні схеми недостатньо повно охоплюють усі відомі до теперішнього часу конструктивно-компонувальні рішення очісувальних пристроїв. Так у них відсутня класифікаційна ознака, підрозділяє конструкції жниварок за способом подачі матеріалу в зону очісу, що полягає в наявності або відсутності обтічника. У свою чергу пристрої без обтічника діляться на пристрої із застосуванням активного живильного пристрою і без нього, коли робочі органи, що очісують, безпосередньо першими контактують з рослинною масою. Класифікація пристроїв, що очісують, наведена на рис. 1.1.

Для очісувальних пристроїв [1, 3, 13, 14, 15], які не мають обтічника та активного живильника, очісувальні робочі органи якого безпосередньо взаємодіють з культурою, що збирається, властивий ряд недоліків. Вони виникають при обчісуванні рослин, які мають підвищену полеглість або високу нерівномірність по висоті рослин. При цьому суцвіття не потрапляють у зону очісу, що призводить до їх недоочісування або втрат зерна осипанням на землю.

Активні пристрої-живильники [1, 3, 11, 16 -18], що виконуються, як правило, у вигляді мотовила, бітера, додаткового транспортера, які рекомендуються до застосування для подачі рослинної маси в зону очісу, можуть призводити до втрат зерном і зламаними колосками. Це відбувається

через незадовільну синхронізацію швидкості активного живильника і швидкості руху жниварки.

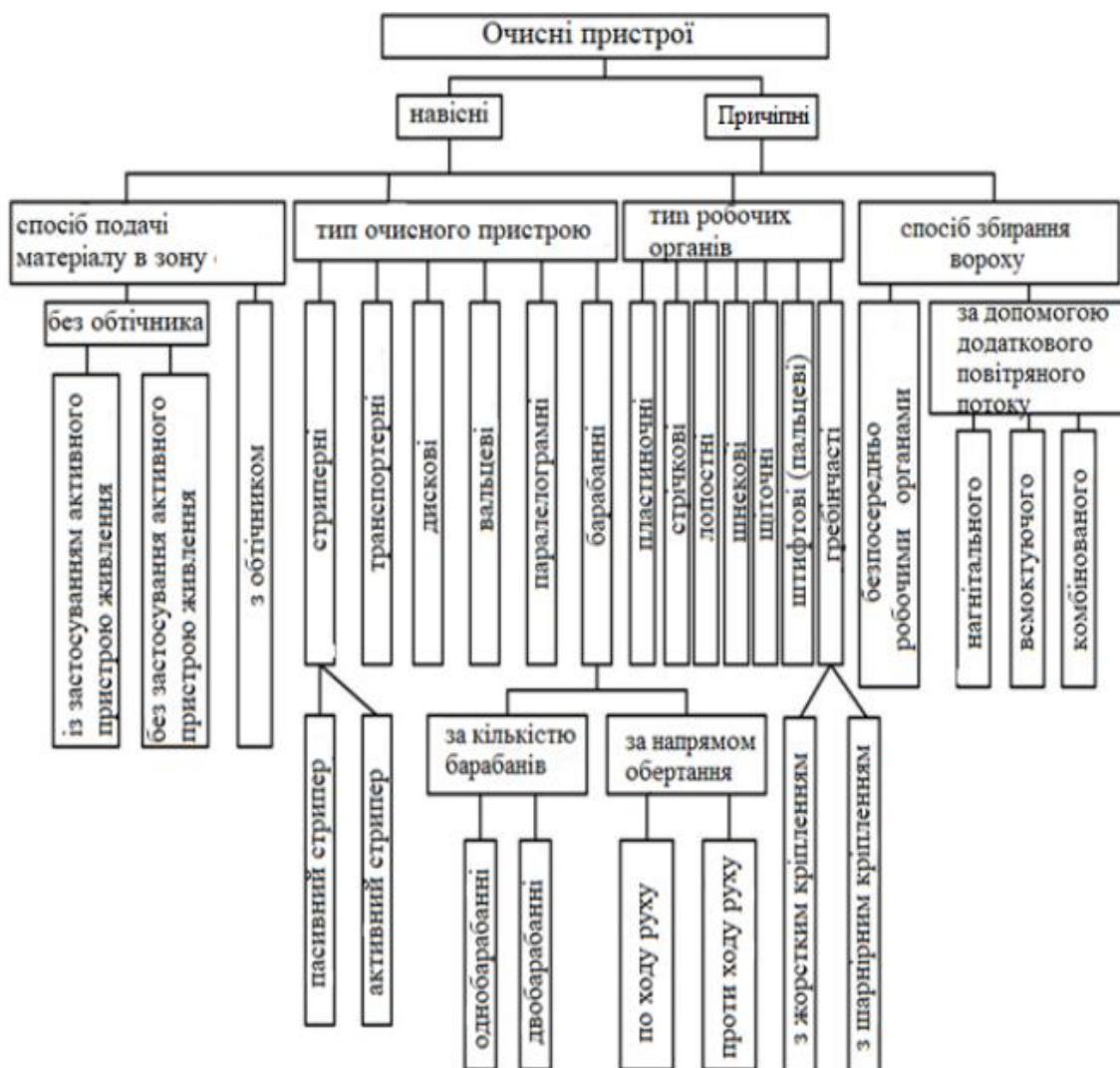


Рис. 1.1 – Класифікація очисних пристроїв [3, 12]

Авторам у роботі [1, 12, 13] після вдосконалення конструкції очисної жниварки транспортерного типу з активним живильником, представленим на рис. 1.2, вдалося знизити втрати за жниваркою до 1,5-3,0 %, при їх допустимому рівні не більше 0,5 % [3, 19] . Однак, досягнутий рівень втрат зерна високий. У очісувальних пристроїв з обтічником [20, 21], він першим контактує з стеблами, тому необхідно, щоб його конструкція, орієнтація щодо рослин та інших робочих органів очісувального пристрою, забезпечувала перебіг процесу обмолоту рослин на корені з мінімальними втратами, у межах допустимих

ДСТУ [22]. Втрати можуть виникати при ударі рослин з суцвіттям з подальшим ковзанням по його поверхні, перед подачею в зону очісування [2-7].

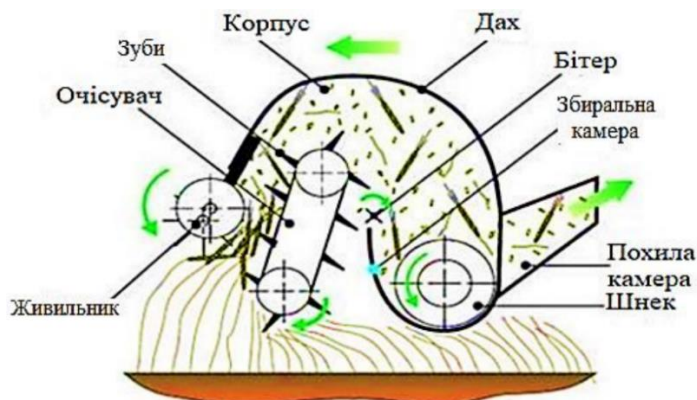


Рис. 1.2 – Конструктивна схема очісувальної жниварки транспортерного типу з активним живильником [5]

На вітчизняному ринку реалізують тільки жниварки барабанного типу з обтічником, що випускаються різними виробниками. Всі вони виконані у вигляді навішених на комбайн очісувальних пристроїв. Причіпні жниварки не виробляють ні серійно, ні дрібними партіями. Компанії, що реалізують очісувачі жниварки обіцяють високу продуктивність за низький рівень втрат при використанні своїх пристроїв [12, 17].

Усі жниварки, що випускаються серійно, мають обтічник, виконаний з металу. У жниварок «Shelbourne Reynolds», «Озон» та «Південка» останніх модифікацій обтічник виконаний з нержавіючої сталі. Це запобігає корозії поверхні обтічника через втрату лакофарбового покриття під час роботи і знижує ймовірність втрат зерна внаслідок зменшення сили тертя суцвіть культури, що забирається об поверхню. Двобарабанні пристрої мають, як правило, обтічник дугоподібної форми, що пов'язано з наявністю другого барабана. Основною причиною несуттєвого поширення двобарабанних жниварок можна вважати її високу вагу та велику складність виготовлення. Головний плюс двобарабанної жниварки – це висока швидкість повітряного потоку, як у транспортувальному каналі, так і в зоні очісу, який сприяє зменшенню втрат зерна зтягуючи його в транспортувальний канал [23].

1.2 Аналіз результатів теоретичних досліджень

Порівняльним аналізом [24, 25] одно- та двобарабанних обчісувальних пристроїв доведена перевага останніх при виконанні процесу збирання врожаю методом обчісування рослин на корені. Основні положення теорії обчісування рослин сільськогосподарських культур та технічних засобів для реалізації означеного процесу було запропоновано в роботах П. А. Шабанова [26] та І. К. Голубєва [27]. Але наявні математичні моделі не розглядають комплексно процес взаємодії рослин з робочими органами обчісувальної жниварки та вплив супутніх процесів, зокрема, повітряного потоку на сепарацію компонентів обчісаного вороху в її зоні, математичні вирази ускладнені або не мають подальшого практичного використання для створення нових ефективних технічних засобів для збирання рослин на корені. Теоретичними дослідженнями [28-31] встановлено, що процес збирання насіння льону олійного розробленою жниваркою обчісувального типу залежить не тільки від її конструктивно-режимних параметрів та фізико-механічних властивостей рослин та компонентів обчісаного вороху, а також від супутніх процесів, що протікають в її області. При вивченні процесів в області обчісувальної жниварки авторами в якості фізичних моделей для чисельного моделювання були застосовані: k - ϵ модель турбулентності сполученої течії, поле сили тяжіння, модель реального газу Ван-дер-Ваальса, осереднене по Рейнольдсу рівняння Нов'є-Стокса [32, 33]. Дослідження течії повітря проводилося з використанням програмного пакету STAR-CCM+, який реалізовано на основі методу кінцевих елементів [34]. Розроблені авторами математичні моделі передбачають комплексний підхід до обчісування рослин на корені двобарабанною жниваркою і представлені у вигляді математичних залежностей у відповідності з послідовністю реалізації процесу взаємодії об'єкта (стебла рослин, компонентів обчісаного вороху) з робочими органами. При цьому враховуються вихідні параметри об'єкта при взаємодії з попереднім робочим органом обчісувальної жниварки. Таке ж урахування відбувається при взаємодії з усіма наступними робочими органами

жниварки. В роботі [35] за результатами теоретичних досліджень процесу згинання рослини льону олійного під дією обтікача жниварки, на основі теорії пружності, отримано рівняння його форми в декартовій системі координат у вигляді полінома другого ступеня в залежності від біометричних параметрів рослин і густоти їх стояння. В роботі одержана раціоналізована форма обтікача жниварки, яка сприяє приведенню рослинної маси культури у «стан обчісування» шляхом нахилу рослин вперед у напрямку руху збирального комбайну, дозволяє компенсувати ярусність рослин і здійснює підготовку стеблової маси до наступного етапу – контакту з обчісувальним барабаном. В роботах [30, 31, 36, 37] автори теоретично дослідили процес коливання рослини льону олійного після взаємодії з обтікачем жниварки, припускаючи здійснення коливань в одній з головній площині стебла рослин та з урахуванням їх біометричних характеристик. За результатами математичного моделювання процесу взаємодії рослини з обчісувальним барабаном та на основі теорії коливань, отримано динамічну функцію зміни кривизни стебла в залежності від його реологічних властивостей і встановлені конструктивні параметри барабану, що забезпечують ефективне виконання процесу обчісування рослин. В іншому дослідженні [7, 24, 30] авторами аналітично досліджено процес взаємодії незв'язаних частинок компонентів обчісаного вороху льону олійного з гребінкою барабану жниварки. На основі законів динаміки вирішено диференціальне рівняння їх руху по поверхні гребінки та встановлено залежність їх загальної швидкості від частоти обертання обчісувального барабану. Диференціальне рівняння, що запропоновано у цьому дослідженні використано для аналізу переміщення компонентів обчісаного вороху по поверхні гребінки пристрою в залежності від режимних параметрів обчісувального барабану жниварки. В роботі [24] автори теоретично встановили вплив конструктивно-режимних параметрів на утворення повітряного потоку та максимальну швидкість в її області, що зумовило визначення раціональної форми кожуха та положення повітряної сітки для відведення легких домішок. Обробкою одержаних результатів чисельного моделювання процесів сепарації

вороху в жниварці обчісувального типу із визначеною криволінійною формою кожуха та врахуванням фізико-механічних властивостей його компонентів встановлено, що значущими факторами процесу є такі конструктивно-режимні параметри: частота обертання бітера-відбивача n_1 і обчісувального барабану n_2 , положення прозорої зони границі L повітряної сітки кожуха та її ширина B . Авторами вирішена компромісна задача щодо максимізації частки відходу домішок δ_h і мінімізації втрат насіння і коробочок з насінням δ_s та теоретично одержані такі раціональні конструктивно-режимні параметри обчісувальної жнивarki: частота обертання бітера-відбивача $n_1 = 782$ об/хв, частота обертання обчісувального барабана $n_2 = 671$ об/хв, положення прозорої зони границь $L = 0,82$ м та її ширина $B = 0,45$ м [24, 31].

1.3 Висновки до розділу

Технологія збирання сільськогосподарських культур методом обчісування доцільно використовувати в технологіях No-till та Mini-till. Але не дивлячись на ряд переваг, його широке використання стримується за рахунок недостатньої адаптації обчісувальних жниварок, які в даний час випускаються на виробництві, великого різновиду культур, сортів, фізико-механічних властивостей рослин, що збираються, за рахунок чого підвищуються втрати зерна в порівнянні з традиційними жниварками [6, 10].

Виходячи з усього вищезазначеного, є підстави вважати, що для підтвердження та доповнення одержаних математичних моделей процесу збирання насіння льону олійного жнивarkою обчісувального типу методом обчісування рослин на корені є необхідність проведення подальших експериментальних досліджень у цьому напрямку [24, 30, 31].

1.4 Задачі досліджень

Для досягнення поставленої мети вирішувалася наступна задача: - експериментально визначити раціональні параметри жнивarki обчісувального типу для збирання насіння, що зумовлюють зменшення величини втрат при виконанні технологічного процесу.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ОЧІСУЮЧОЇ ЖНИВАРКИ З РОСЛИНАМИ

2.1 Розрахунок енергоємності процесу збирання насіннєвого вороху

Потужність, що необхідна для збирання насіннєвого вороху люцерни, в загальному вигляді можна визначити з рівняння:

$$N_{ag} = N_s + N_{oc} + N_{tr} + N_p, \quad (2.1)$$

де N_{ag} – загальна потужність, необхідна для виконання процесу, кВт; N_s – потужність, що потрібна для переміщення збирального агрегата по полю, кВт; N_{oc} – потужність, яка необхідна для відділення насіннєвого вороху від стеблової маси (обчісування), кВт; N_{tr} – потужність на транспортування обчесаного насіннєвого вороху в бункер-накопичувач або в транспортний засіб, кВт; N_p – потужність, яка потрібна для зрізання стеблової маси після її обчісування, кВт. В свою чергу, потужність, необхідна для переміщення збирального агрегата по полю становить [37]:

$$N_s = N_{tr} + N_{np} + N_{ob} + N_k, \quad (2.2)$$

де N_{tr} , N_{np} , N_{ob} , N_k – потужності на переміщення по полю відповідно трактора, причепа, обчісувального блоку та косарки, кВт. Потужність переміщення трактора з причепом по полю потрібна, в основному, на подолання опору перекочуванню коліс і визначається за відомими виразами [38]. Потужність, необхідна для переміщення обчісувального блоку N_{ob} , складається з потужності на перекочування опорних коліс N_o і потужності на подолання сил тертя, які виникають при формування рослинної маси подільниками-теблепідіймачами N_f :

$$N_f = \frac{V_{az} (n+1)}{10^3} (F_{m_1} + P_{p_1}), \quad (2.3)$$

де V_{ag} – поступальна швидкість руху агрегата, м/с; n – кількість одночасно обчісуваних рядків рослин, шт; P_{p1} – зусилля, необхідне для

подолання сил зчеплення між переплутаними стеблами кожним ребром подільника, Н; F_{t1} – зусилля на подолання тертя рослинної маси по ребру подільника, Н. В свою чергу [10]:

$$F_{m1} = P_1 f, \quad (2.4)$$

де P_1 – зусилля, з яким ребро подільника діє на рослинну масу, Н; f – коефіцієнт тертя рослинної маси по сталі. Для скошування стеблової маси, що залишилась на полі після проходження обчесувального блоку, на збиральному агрегаті встановлено косарку, для переміщення якої необхідна потужність [39]:

$$N_k = V_{ag} P_b = V_{ag} [f \epsilon'_0 + P''_0] B T, \quad (2.5)$$

де V_{ag} – поступальна швидкість руху агрегата, м/с; P_b – зусилля, необхідне для переміщення опорних башмаків по полю, кН; f – коефіцієнт тертя опорних башмаків по стерні, $f = 0,3 \dots 0,5$ [40]; P'_0 , P''_0 – сила тиску на ґрунт відповідно правого і лівого башмаків, кН; B – ширина захвату косарки, м; T – питомий опір проникненню пальців в рослинну масу, кН/м. Потужність процесу обчісування визначається за виразом:

$$N_{oc} = N_{xx} + N_n + N_b + N_E, \quad (2.6)$$

де N_{xx} – потужність на холостий хід обчісувального блоку, яка, потрібна для подолання втрат в трансмісії та втрат на вентиляторний ефект роторів, кВт; N_n – потужність на деформацію пласта рослин лопатями роторів та подолання сил тертя цих лопатей по рослинній масі, кВт; N_b – потужність, яка необхідна для відриву бобів від стебел, кВт; N_E – потужність, що потрібна для надання кінетичної енергії обчесаному вороху, кВт. Відведення із зони обчісування та завантаження в транспортний засіб обчесаного вороху здійснюється пневмотранспортером, на привід вентилятора якого необхідна потужність [41]:

$$N_{np} = \frac{QH_T}{10^3 \eta_n}, \quad (2.7)$$

де Q – витрати повітря вентилятором, м³/с; H_T – теоретичний тиск вентилятора, Па.

$$H_T = \frac{H}{\eta};$$

$\eta = 0,95 \dots 0,99$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії. Потужність, що необхідна для зрізання стеблової маси після обчісування, складається з потужності на роботу різального апарата N_z та потужності на піднімання бруса N_6 : $N_p = N_z + N_6$. Потужність на зрізування стеблової маси визначається за виразом [44]:

$$N_z = P_0 B V_n = B V_{ag} L_0, \quad (2.8)$$

де P_0 – питомий опір різанню рослин, тертю та інерції ножа, кН/м; B – ширина захвату косарки, м; V_n – швидкість ножа, м/с; V_{ag} – швидкість агрегата, м/с; L_0 – питома робота різання стебел, кДж/м. На піднімання бруса різального апарата косарки потрібна потужність [45]:

$$N_6 = \frac{P_1 l}{10^3 t}, \quad (2.9)$$

де P_1 – зусилля піднімання бруса, Н; l – переміщення точки прикладення зусилля P_1 , м; t – час, що витрачається на піднімання бруса, с. В зв'язку з наявністю в складових виразу (2.1) значної кількості показників, які визначаються експериментальним шляхом, можемо підрахувати лише наближене значення потужності, необхідної для роботи збирального агрегата, використавши експериментальні дані, що отримані іншими авторами [5, 46, 47, 48, 50]. Ця потужність становить близько 30 кВт.

Висновки по розділу

Аналіз взаємодії лопатей з рослинною масою дозволив визначити умови стабільного протікання процесу відділення насіннєвого вороху та параметри і режими роботи обчісувальних роторів: діаметр ротора становить $d_p = 0,28$ м при довжині його активної зони $L_p = 0,75$ м; висота зони обчісування стебел без врахування роботи прокочувального ролика $h \approx 0,55$ м при встановленні вершини стеблепідіймача на висоті $h_0 \approx 0,1$ м; число лопатей на кожному роторі $k = 3$ шт.;

поступальна швидкість руху агрегата по полю $V_{az} \approx 1,0$ м/с; діапазон кутової швидкості обертання роторів $\omega = 0,6 \dots 0,9 \text{ с}^{-1}$.

Розрахункова потужність двигуна енергетичного засобу збирального агрегата, що необхідна для виконання технологічного процесу збирання насіннєвого вороху люцерни, становить $N_{дв}$ 30 кВт.

Значна кількість факторів, які впливають на виконання процесу збирання насіннєвого вороху методом обчісування, визначається лише експериментальним шляхом, що не дозволило повністю встановити всі параметри і режими роботи збирального агрегата за допомогою аналітичних залежностей, але ці розрахунки є основою для визначення меж областей варіювання факторів при проведенні експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Результати досліджень та їх аналіз

Прийнявши, що одночасно в робочій зоні пари роторів знаходиться 4...5 кущів люцерни, за методикою [51] визначили потужність, необхідну для обчісування насіннєвого вороху при різній частоті обертання роторів. Загальну потужність на обчісування стебел та на надання обчесаному ворохові кінетичної енергії обчислили як різницю в показниках ватметра на робочому і холостому ходах роторів. Потім обчислили потужність, яка необхідна для надання компонентам обчесаного вороху кінетичної енергії при сходженні їх з лопатей роторів. Різке зростання потужності при збільшенні кутової швидкості обертання роторів вище 70...75 с^{-1} пояснюється вентиляторним ефектом, що створюють лопаті роторів [52] (рис. 3.1)

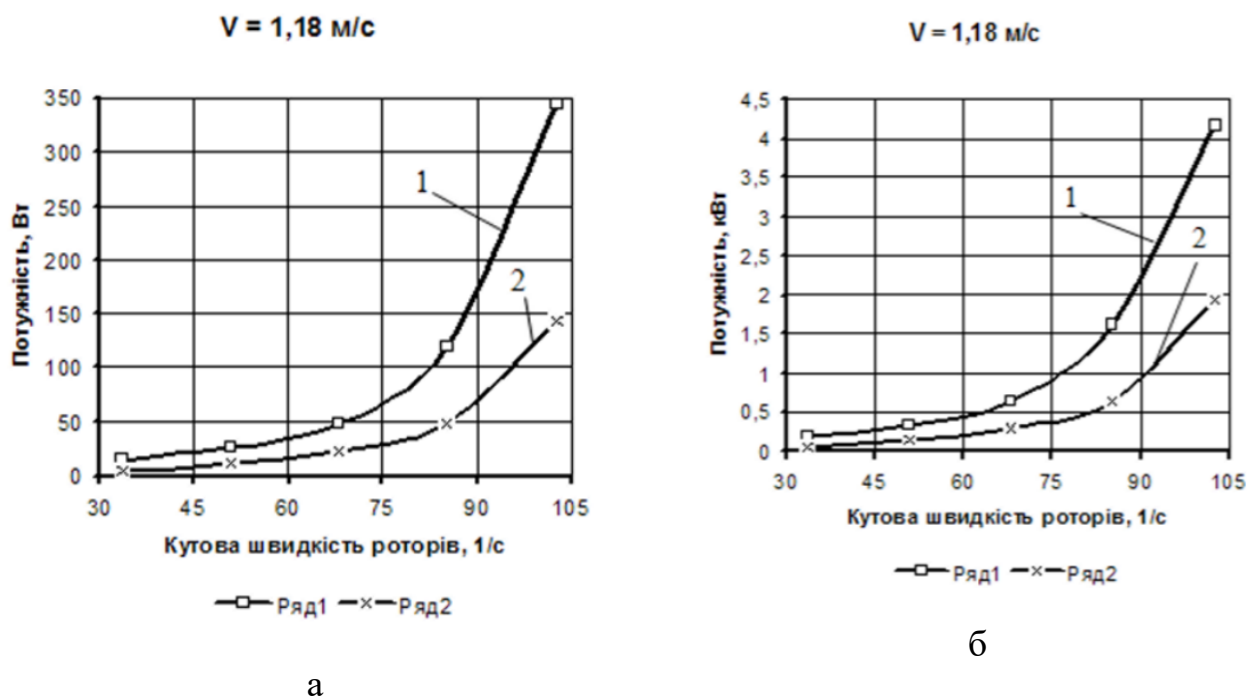


Рис. 3.1 Потужність, що необхідна для обчісування насіннєвого вороху: а) з одного стебла; б) з кущів, що одночасно перебувають в зоні обчісування. Ряд 1 - при одночасній дії лопатей пари роторів, ряд 2 - при почерговій дії лопатей

Як показали результати лабораторних досліджень, потужність, що необхідна для обчисування стебел парою роторів і надання ворохові кінетичної енергії не перевищує 4,75 кВт (рис. 3.2). Це дозволяє в подальшому розрахувати загальну потужність, яка необхідна для роботи трирядного експериментального збирального агрегата, розробленого з урахуванням результатів теоретичних і лабораторних досліджень. В процесі досліджень визначали масу обчисаного вороху на різних режимах роботи роторів і допустивши, що швидкість часток вороху в момент їх сходження з лопатей роторів дорівнює швидкості кромek лопатей ($V_v = \omega r_p$) за виразом обчислили прискорення складових цього вороху. В кожному досліді аналізували фракційний склад обчесаного вороху і визначали залежність обривання стебел та обмолоту насіння від кутової швидкості роторів (рис. 3.3) та від вологості рослинної маси [53] (рис. 3.4).

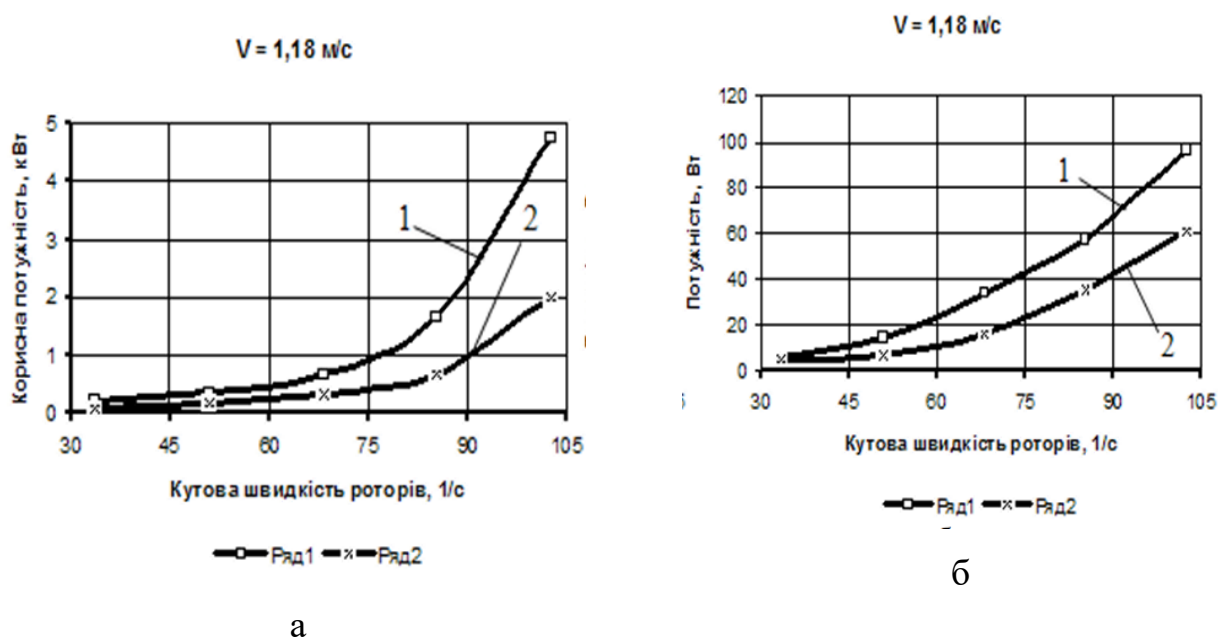


Рис. 3.2 Залежність потужності від кутової швидкості роторів: а) потужність, необхідна для обчисування вороху; б) потужність на надання кінетичної енергії часткам вороху. Ряд 1 – при одночасній дії лопатей пари роторів, ряд 2 – при почерговій дії лопатей

Траєкторії руху часток вороху встановлено шляхом спостережень з використанням стробоскопу СШ-1 та зафіксовано на кіноплівку швидкісною кінокамерою СКС-1 на фоні масштабних екранів згідно з методикою [54].

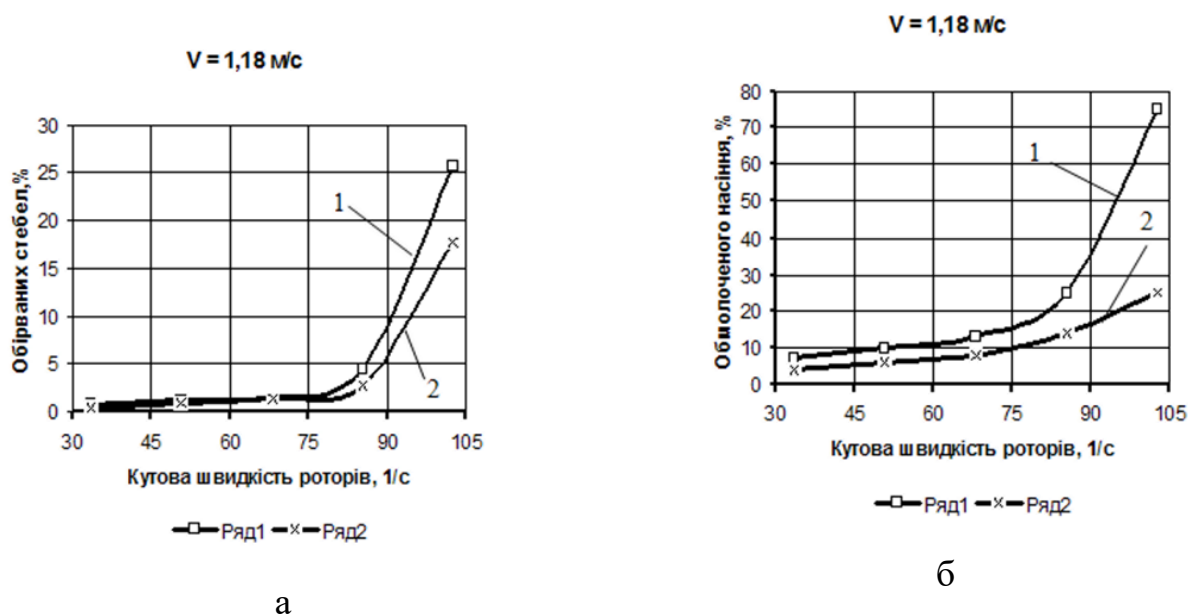


Рис. 3.3 Залежність обривання стебел (а) та обмолоту насіння (б) від кутової швидкості роторів: ряд 1 - при одночасній дії лопатей пари роторів; ряд 2 - при почерговій дії лопатей а б

Отриману інформацію використано при проектуванні приймальних патрубків пневмотранспортера збирального агрегата обчісувального типу [55].

3.2 Дослідження процесу збирання насіннєвого вороху люцерни в польових умовах

Технологію збирання насіння люцерни з застосуванням методу обчісування рослинної маси на корені досліджено у виробничих умовах. Для цього, за результатами теоретичних та лабораторних досліджень з врахуванням фізико-механічних та агробіологічних властивостей люцерни було розроблено універсальний збиральний агрегат зі змінними обчісувальними пристроями різної конструкції. За результатами теоретичних та лабораторних досліджень, а також з урахуванням фізико-механічних і агробіологічних властивостей

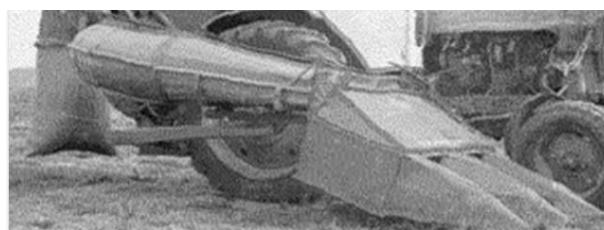
люцерни було розроблено універсальний збиральний агрегат зі змінними обчісувальними пристроями різної конструкції [6, 56].

3.3 Експериментальний збиральний агрегат та його характеристика

Для проведення польових експериментальних досліджень використали фуражир ФН-1,4, який призначений для завантаження з подрібненням соломи та сіна зі скирд в тракторний причіп. Фуражир навісили на трактор, а замість блоку подрібнювальних барабанів встановили обчісувальний пристрій. Це дозволило використати наявну пневмотранспортну систему фуражира ФН-1,4 з потужним всмоктувальним повітряним потоком, яка за технічними показниками задовольняє вимогам щодо збирання та транспортування обчесаного насіннєвого вороху люцерни, а також розширити діапазон застосування та збільшити робочий період завантаження серійного фуражира ФН-1,4. Для проведення досліджень розробили і виготовили декілька зразків обчісувальних пристроїв різної конструкції, які без особливих технічних переобладнань встановлювали на всмоктувальному трубопроводі пневмотранспортера фуражира (конфузори). Ротори обчісувальних пристроїв обертались від ременя приводу блоку подрібнювальних барабанів фуражира через додатковий конічний редуктор і систему ланцюгових передач, або від гідродвигуна ГМШ-100, який встановлено безпосередньо на пристрої і задіяно від гідросистеми трактора, що спростило конструкцію і дозволило розширити діапазон досліджень. Однорядний двохроторний обчісувальний пристрій (рис. 3.4) навішувався на трубопровід пневмотранспортера фуражира замість конфузора і дозволив дослідити якість роботи різних комбінацій обчісувальних робочих органів при зміні поступальної швидкості руху агрегата V_{ag} , швидкості обертання роторів та кута нахилу осей роторів до поверхні поля [6-10].



а



б



в



г



д

Рис. 3.4 Збиральний агрегат з обчісувальним пристроєм: а) однорядним роторним і заднім відбором вороху; б) двохрядним і заднім відбором вороху; в) з загальною приймальною камерою і заднім відбором повітря; г) з загальною приймальною камерою і верхнім відбором повітря; д) з роздільними каналами і верхнім відбором повітря [4]

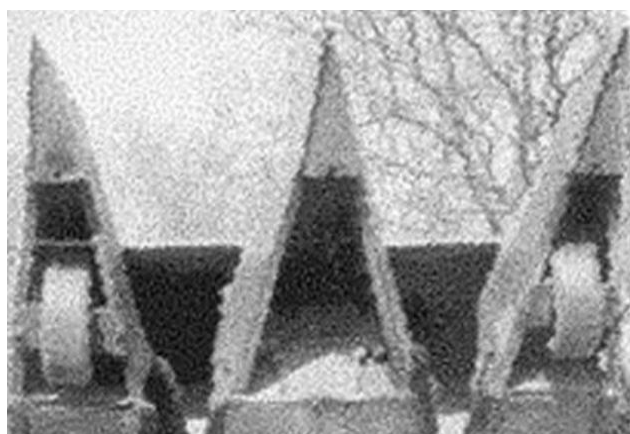
Потужний всмоктувальний повітряний потік в зоні обчісування, що створюється пневмотранспортером, практично зрів до нуля втрати насіння

просипанням, тому дослідження аеродинамічного поля в однорядному пристрої не проводили. Двохрядний обчісувальний пристрій (рис. 3.4) навішувався на конфузор фуражира (ширина 1,2 м) і дав змогу порівняти якість роботи двох типів робочих органів в однакових умовах та дослідити характер розподілу повітряного потоку в приймальній камері пневмотранспортера [23].

Трирядний обчісувальний пристрій навішувався на конфузор фуражира або замість нього і дозволив порівняти показники якості роботи трьох типів робочих органів одночасно при однакових умовах роботи та дослідити різні форми приймальних камер пневмотранспортера. Для вивчення характеру поведінки компонентів обчесаного вороху в повітряному потоці один з каналів пневмотранспортера виготовили із прозорого склопластику. В загальній приймальній камері вирізали оглядові віконця, які також закрили прозорим склопластиком, а зсередини камери на її стінках наклеїли нитки світлого кольору довжиною до 100 мм, що дало змогу спостерігати за характером розподілу в камері повітряних струменів від дії пневмотранспортера та лопатей роторів [47].



а

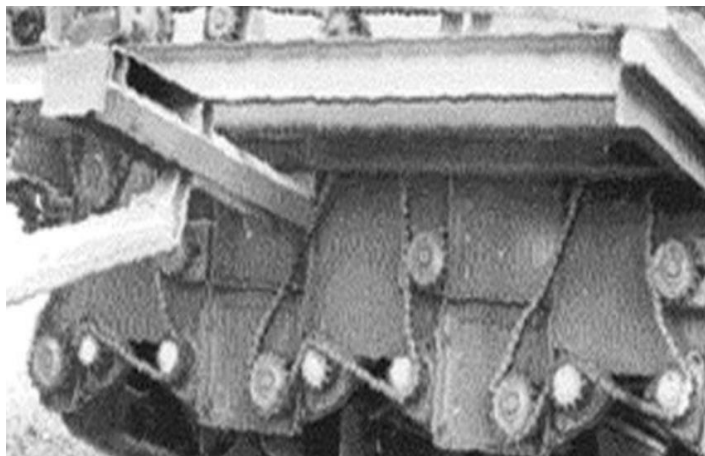


б

Рис. 3.5 Опорні колеса обчісувального пристрою: а) на рамі пристрою з можливістю регулювання по висоті; б) жорстко закріплені на подільниках

На дво- і трирядних пристроях встановили подільники-стеблепідіймачі різної форми і способів кріплення (шарнірне, пружинне, жорстке), під якими для повздовжнього і поперечного копіювання рельєфу поверхні поля розташували

опорні колеса (рис. 3.5). Діапазон поступальної швидкості переміщення агрегата по полю в процесі досліджень підбирали з врахуванням можливостей коробки передач трактора, а кутову швидкість обертання роторів змінювали в межах, які передбачені методикою досліджень, шляхом заміни зірочок ланцюгової передачі [33, 48, 56] (рис. 3.6).



а



б

Рис. 3.6 Система приводу обчісувальних роторів [55]: а) від ременя приводу подрібнювальних барабанів фуражира; б) від гідродвигуна



а



б

Рис. 3.7 Збирання проб обчесаного вороху в пробовідбірники [33]: а) закріплений безпосередньо на дефлекторі фуражира; б) встановлений з застосуванням циклону

При проведенні досліджень обчесаний ворох збирали в пробовідбірники, які встановлювали безпосередньо на дефлектор фуражира, або з використанням циклону (рис. 3.7). Для визначення витрати палива енергетичним засобом (трактором) використовували паливний витратомір (рис. 3.8).



Рис. 3.8 Лічильник палива DFM 100B [53]

Процес збирання насіннєвого вороху люцерни універсальним збиральним агрегатом з обчісувальним пристроєм рядного типу здійснюється таким чином. При проходженні агрегата вздовж рядків подільники-стеблепіднімачі формують рослини у вертикальну стрічку і направляють їх в робочу зону між парою обчісувальних роторів. Лопаті роторів з обох боків рядка прочісують стеблову масу і відділяють від неї насіннєвий ворох. За рахунок кінетичної енергії, яка надана лопатями роторів, обчесаний ворох потрапляє у приймальну камеру, де підхоплюється всмоктувальним потоком пневмотранспортера і по системі каналів завантажується в пробовідбірники. Різні конструкції та компоновочні схеми експериментальних обчісувальних пристроїв дозволили в повному обсязі провести дослідження процесу збирання насіннєвого вороху в порівняльних умовах [56].

3.4 Методика проведення польових досліджень

Для проведення експериментальних досліджень із загального масиву поля виділили дослідну ділянку і провели її агрооцінку згідно з методикою [36]. Розміри ділянки залежали від кількості дослідів, яка, в свою чергу, визначалась матрицею проведення екстремальних досліджень. Перед кожною серією дослідів визначали вологість рослинної маси (по аналогії з лабораторними дослідженнями).

Дослідну ділянку розбили на загінки по одному, два або три рядки в залежності від ширини захвату досліджуваного зразка обчисувального пристрою. Кожна загінка складалась з розгінного відрізка довжиною 5 м і залікового відрізка, довжина якого становила 20 м. Розгінний відрізок необхідний для виведення збирального агрегата на стабільний режим роботи. На заліковому відрізку фіксували час проходження агрегата, витрату палива, втрати насіння просипанням та недоочісуванням на погонному метрі рядка. Насіннєвий ворох, обчесаний на заліковому відрізку, збирали в пробовідбірники, зважували і досліджували його фракційний склад [5, 40].

Щоб відділити втрати насіння просипанням під час проходження збирального агрегата від насіння, що було на ґрунті до його проходження, відміряли один погонний метр рядка із залікового відрізка загінки і на ньому ґрунт закрили плівкою. Втрати насіння недоочісуванням визначали аналогічно як і при проведенні лабораторних досліджень. Загальні втрати насіння визначали як суму втрат насіння просипанням і недоочісуванням. Визначення змінних факторів та рівнів їх варіювання, побудову матриці проведення експериментів та робочої таблиці, а також статистичну обробку результатів експериментів виконували по аналогії з лабораторними дослідженнями. Потужність, яка необхідна для здійснення процесу обчисування насіннєвого вороху при різних режимах роботи збирального агрегата, визначали за витратою палива на цих режимах за допомогою порційного витратоміра, який працює таким чином. Перед початком проведення дослідів електромагнітний клапан

встановлювали в перше положення і заповнювали паливом мірну колбу до верхньої позначки шкали, після чого клапан переводили в друге положення (витратомір відключений). Коли агрегат проходив розгінний відрізок, на заліковому відрізку рядків разом з секундоміром вмикали електромагнітний клапан в третє положення і трактор починав працювати на паливі з мірної колби витратоміра. В кінці залікового відрізка клапан знову переводили в друге положення, зупиняли агрегат і по шкалі мірної колби обчислювали витрату палива на заліковому відрізку конкретного досліду. Керування переключенням електромагнітного клапана здійснювали дистанційно, з кабіни трактора. Потужність двигуна трактора N_i в кожному конкретному випадку визначали за методикою [43, 50]. Окремо проводили дослідження аеродинамічного поля в приймальних камерах різної конфігурації (рис. 3.5-3.8). При цьому визначали швидкість і напрямки повітряного потоку пневмотранспортера в залежності від відстані до конфузора пневмоканалу, вплив повітряного потоку лопатей роторів на аеродинамічне поле в камерах при робочому і холостому ходах збирального агрегата. Швидкість повітряного потоку визначали шляхом заміру динамічного тиску в фіксованих точках із застосуванням трубки Піто-Прандля з мікроманометром, а також анемометром індукційним АІ-30. Точки замірів фіксували координатором, на якому за допомогою затискача закріплювали трубку Піто або анемометр. Переміщуючи затискач координатора вздовж вибраної прямої, отримали профіль розподілу швидкостей повітряного потоку в даному перетині. Заміри проводили в горизонтальних і вертикальних перетинах з кроком 100 мм і результати замірів обробляли згідно з стандартною методикою [15, 35]. За отриманими значеннями швидкостей і напрямків потоків побудовували графіки однакових швидкостей аеродинамічного поля камери (ізотахи), на основі яких визначили вертикальну складову швидкості всмоктувального повітряного потоку. Заміри проводили при вимкнених роторах і при їх роботі при різних режимах (зміні частоти обертання, зміні відносних положень лопатей пари роторів, зміні кількості лопатей). Аналогічну серію дослідів провели і при наявності рослин в зоні обчислення. Напрямки потоків в

різних точках камери визначали за відхиленням ниток, які наклеєні на внутрішній поверхні стінок камери, спостерігаючи за ними через оглядові віконця [27].

Характеристику ділянки, на якій проводили дослідження в різних кліматичних зонах.

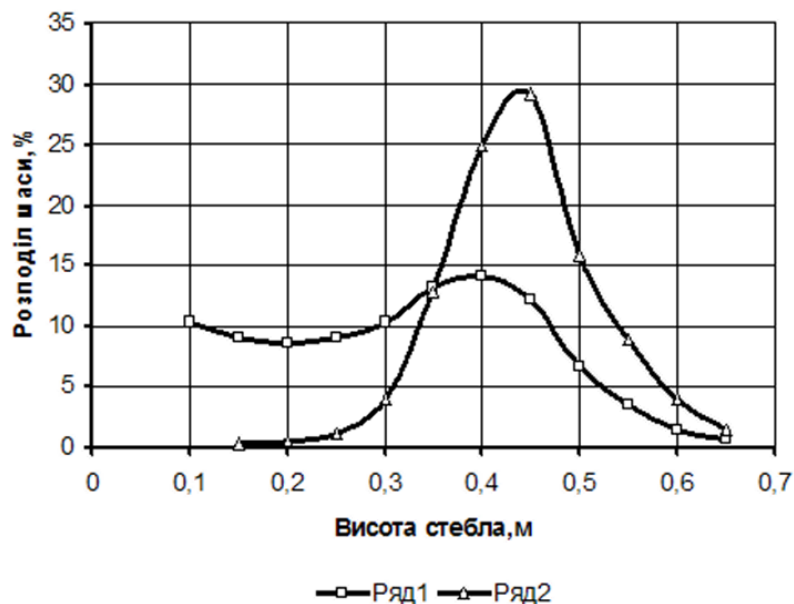
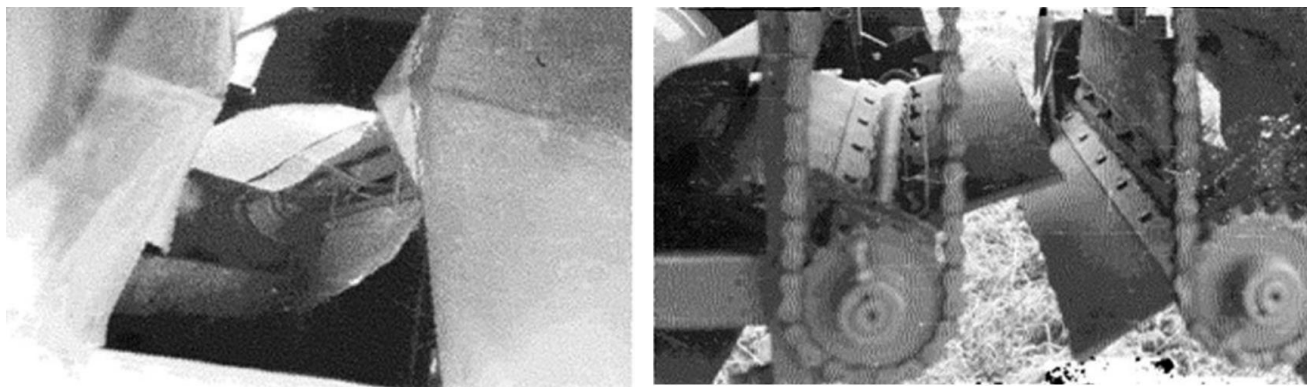


Рис. 3.9 Розподіл вегетативної маси (ряд 1) та маси насіння (ряд 2) по висоті стебел на дослідній ділянці

Аналіз вибірки з 100 шт. продуктивних стебел показав, що середня вага одного продуктивного стебла становить 0,6463 г, причому боби з насінням складають 29,5 % ваги стебла, а насіння – 13,7 %. Вегетативна маса і боби з насінням розподілені по висоті стебел нерівномірно. Основна маса насіння розміщена на висоті 0,35...0,55 м, а до висоти 0,15 м від поверхні поля насіння практично відсутнє (рис. 3.9). За даними лабораторних досліджень кращі показники як по якості обчисування насіння, так і по фракційному складові вороху, отримали при використанні лопатних роторів. Форму і розміри лопатей, а також їх кількість на кожному роторі, визначили при проведенні польових досліджень. Серія попередніх пошукових дослідів показала, що найбільш раціональна форма лопаті – прямокутна трапеція, передня торцева сторона якої скошена для кращого входження рослинної маси в робочий зазор між лопатями

пари роторів (рис. 3.10). Застосування різних лопатей призводить до намотування стебел на вали роторів та до їх обривання, а зубчатий профіль кромки лопаті знижує якість обчісування за рахунок слабшого защемлення стебел між лопатями [17, 42].



а

б

Рис. 3.10 Лопаті обчісувальних роторів: а) вид спереду; б) вид з боку приводу

В однорядному обчісувальному пристрої мінімальні втрати насіння отримали при встановленні на роторах трьох лопатей, а трирядного - чотирьох (рис. 3.11). Це пояснюється тим, що чотирилопатні ротори створюють більш потужний повітряний потік, ніж трилопатні при однакових режимах роботи (частоті обертання), знижуючи втрати насіння просипанням. В однорядному обчісувальному пристрої при будь-яких роторах і режимах роботи потужний повітряний потік пневмотранспортера не допускає втрат насіння просипанням. Збільшення поступальної швидкості руху агрегата по полю до 1,72 м/с призводить до зростання втрат насіння недоочісуванням, що пояснюється частковим "завалюванням" рослин подільниками і швидким проходженням стебел зони обчісування. Раціональна швидкість руху агрегата становить 1,02...1,49 м/с. При такій швидкості відбувається "протягування" стебел в робочому зазорі лопатей, чим забезпечується їх прочісування по всій довжині (рис. 3.12) [5].

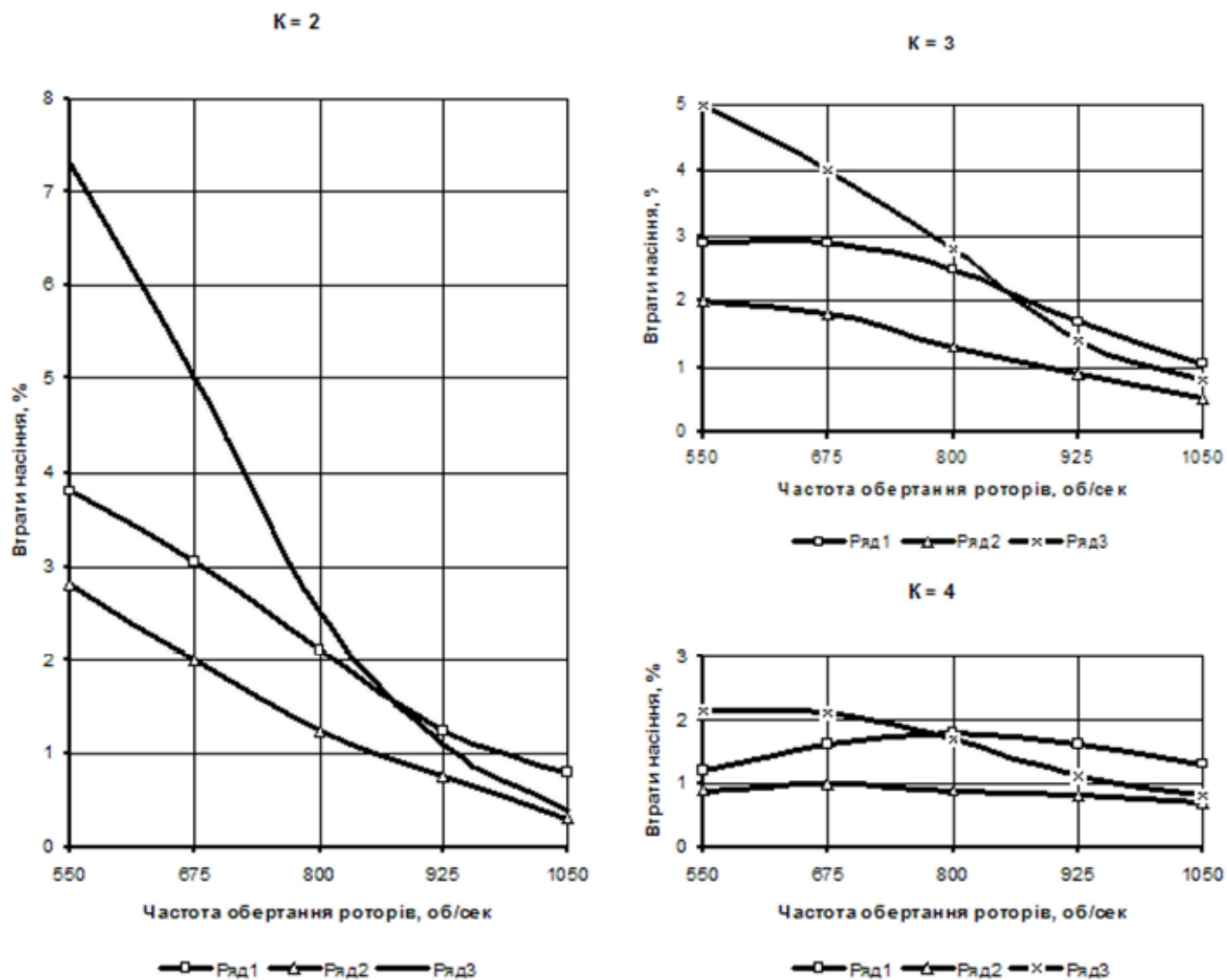


Рис. 3.11 Залежність втрат насіння від частоти обертання роторів при різній кількості лопатей на роторах: ряд 1 - при $V_{ag} = 0,79$ м/с; ряд 2 - при $V_{ag} = 1,25$ м/с; ряд 3 - при $V_{ag} = 1,72$ м/с

При швидкості руху агрегата $V = 1,25$ м/с і вологості рослинної маси $W = 16\%$ (рис. 4.26) практично при будь-якій частоті обертання роторів забезпечується достатня якість роботи обчисувального пристрою (втрати насіння не більше 2%). Перед початком кожної серії досліджень заміряли вологість рослинної маси. Наявність в обчесаному ворохові значної кількості часток вегетативних стебел з вологістю 52...60 %. підвищила його середню вологість до 35 %. Після 6 годин перебування в такому ворохові вологість бобів з насінням зросла до 25,5 %, хоча саме насіння зволожувалось мало (до 13...15 %) [17, 43].

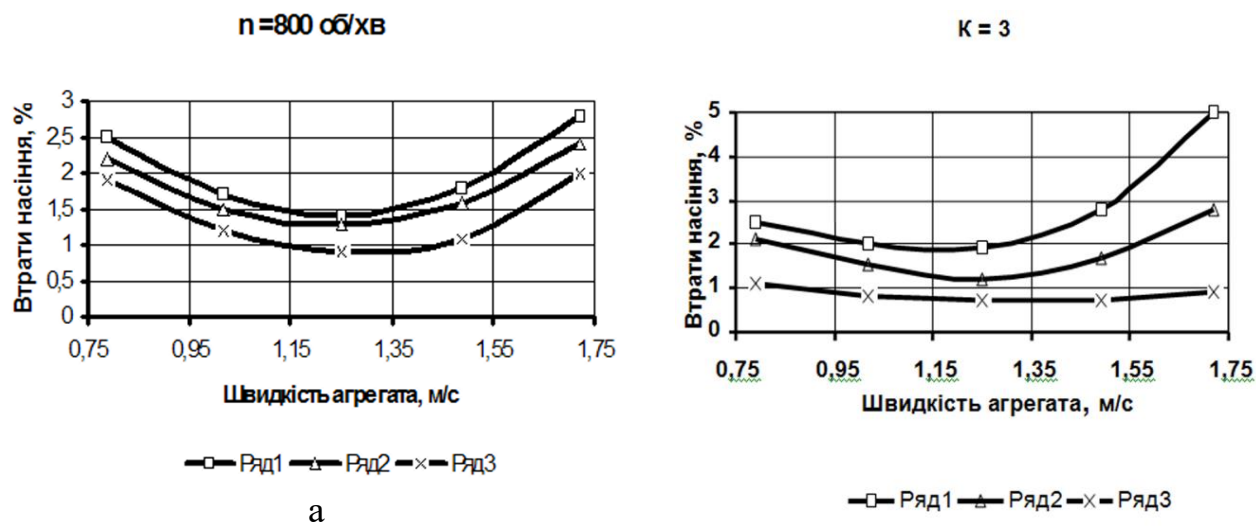


Рис. 3.12 Залежність втрат насіння від швидкості руху агрегата: а) ряд 1 - при $k = 2$, ряд 2 - при $k = 3$, ряд 3 - при $k = 4$; б) ряд 1 - при $n = 550$ об/хв, ряд 2 - при $n = 800$ об/хв, ряд 3 - при $n = 1050$ об/хв

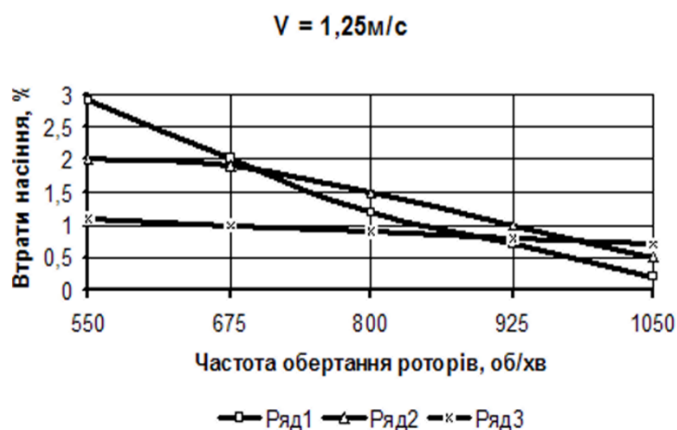


Рис. 3.13 Залежність втрат насіння від частоти обертання роторів: ряд 1 - для двохлопатного ротора; ряд 2 - для трилопатного ротора; ряд 3 - для чотирилопатного ротора

Вологість продуктивних стебел в процесі досліджень впливала на показники якості роботи обчисувального пристрою та на вибір режимів його роботи. Середня вологість обчесаного вороху визначає лише термін і спосіб його зберігання та переробки. Ворох вологістю вище 30 % потребує перед обмолотом попереднього просушування, або, якщо це можливо, з нього необхідно виділити вологомісткі частки вегетативних стебел та бур'янів [19, 43].

На відміну від лабораторних досліджень загальні втрати насіння при обчісуванні насіннєвого вороху в польових умовах складаються з двох частин: втрати недоочісуванням на стеблах і втрати насіння просипанням на ґрунт. Якщо перша складова втрат, як і при лабораторних дослідженнях, залежить від режимів роботи обчісувальних роторів, то друга характеризує якість роботи пневмотранспортера і визначається шириною захвату (кількістю рядків) обчісувального пристрою та формою приймальної камери. Встановлено, що зі збільшенням рядності (ширини захвату) обчісувального пристрою втрати насіння просипанням при задньому відборі вороху із зони обчісування зростають. Тому на трирядному пристрої застосовано верхній відбір вороху, для чого додатково встановлено окремі приймальні патрубки над кожною обчісувальною камерою, що в кінцевому результаті дало змогу знизити втрати насіння до 2 %, а це відповідає агрономогам. Фракційний склад обчесаного вороху (рис. 3.14) залежить від режимів роботи обчісувального пристрою та вологості рослинної маси [5, 8, 29, 40, 42, 55].

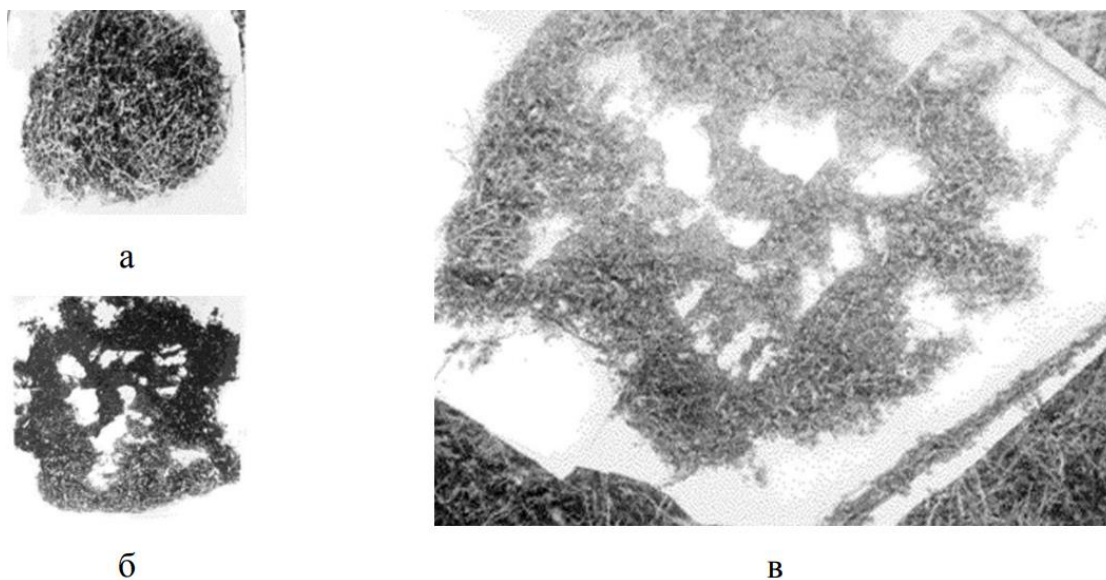


Рис. 3.14 Насіннєвий ворох люцерни після обчісування: а) стеблова маса; б) боби з насінням; в) загальний вигляд проби

Найбільш суттєво на склад зібраного вороху впливає частота обертання роторів, особливо при низькій вологості рослинної маси (рис. 3.15).

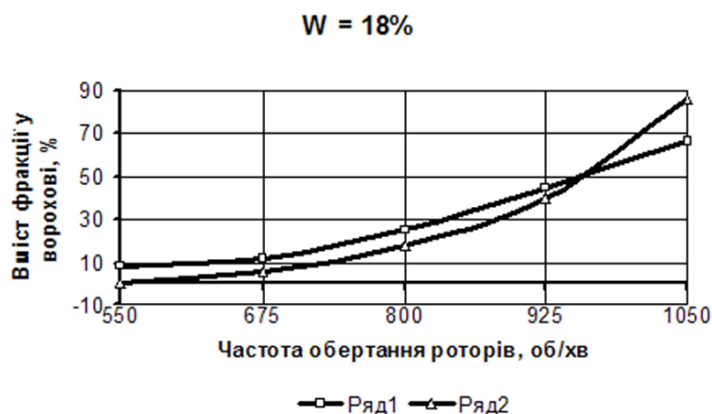


Рис. 3.15 Вміст фракцій у насіннєвому ворохові: ряд 1 - обмолоченого насіння відносно зібраного; ряд 2 - стебел в загальній масі вороха

Фракційний склад обчесаного вороху з різних дослідних ділянок, який визначено з проб при однакових параметрах і режимах роботи обчісувальних пристроїв, приведено в (додаток Б). Повітряний потік, який утворено вентилятором пневмотранспортера в обчісувальній камері, характеризується швидкістю V_p та напрямком. При частоті обертання крилача вентилятора $n = 1350$ об/хв його продуктивність становить $Q = 23,76 \cdot 10^3 \text{ м}^3 / \text{год}$, а швидкість повітряного потоку в приймальному вікні вентилятора – $V_p = 33,34 \text{ м/с}$. З врахуванням втрат в трубопроводах пневмосистеми, швидкість всмоктувального потоку на вході в приймальну камеру практично не перевищує $18...20 \text{ м/с}$. Дослідження характеру розподілу повітряного потоку в загальній приймальній камері та в окремих каналах кожного рядка рослин показали, що з збільшенням відстані швидкість повітря в загальній приймальній камері згасає швидше, ніж в окремих каналах. В загальній камері зовнішні рядки рослин майже не підпадають під вплив повітряного потоку, що призводить до втрат насіння просипанням. В окремих приймальних каналах на відстані до $0,5 \text{ м}$ від їх нижнього зрізу швидкість повітряного потоку пневмотранспортера перевищує критичну швидкість компонентів насіннєвого вороху ($V_b = 8,5 \text{ м/с}$), що з урахуванням вентиляторного ефекту, який створюється від роботи лопатних роторів, достатньо для надійного всмоктування і відведення з зони обчісування насіннєвого вороху [13, 43].

Висновки до розділу

Пневмотранспортна система фуражира ФН-1,4, що використовується в збиральному агрегаті, дозволяє якісно зібрати обчесаний насіннєвий ворох з трьох рядків рослин при ширині міжрядь 0,6 м (ширина захвату - 1,8 м) з застосуванням роздільних приймальних камер, які сходяться в загальний колектор пневмотранспортера.

Потужність, що необхідна для приведення в дію трирядного обчісувального пристрою, яка визначена аналітичним шляхом і підтверджена дослідженнями, становить 4,09 кВт, а з урахуванням роботи вентилятора та системи приводів – 10,78 кВт. Загальна потужність, що потрібна для роботи збирального агрегата з обчісувальним пристроєм становить 27,61 кВт.

Конструкція збирального агрегата дозволяє зібрати насіннєвий ворох люцерни з вологістю до 60 %, що потребує його подальшого просушування. Підвищення вологості рослинної маси зумовлює збільшення частоти обертання роторів до 105 с^{-1} для забезпечення необхідної якості обчісування (втрати насіння не більше 2%). При цьому лопаті пари роторів необхідно орієнтувати таким чином, щоб вони діяли на рослини одночасно з обох боків рядка. З іншої сторони, це призводить до обривання стебел, тому режими роботи обчісувального пристрою вибираються окремо в кожному конкретному випадку.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

На сьогоднішній день сучасне сільськогосподарське виробництво широко впроваджує інтенсивні технології, високоефективні машини і механізми, зростає рівень електрифікації та хімізації, що супроводжується появою додаткових небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які негативно впливають на здоров'я й безпеку працівників в агропромисловому комплексі. Поява таких факторів формує додаткові труднощі в створенні здорових та безпечних умов праці. Успішно розв'язувати питання охорони праці шляхом впровадження окремих профілактичних заходів в сучасних умовах не вдається. Тільки системний підхід спроможний дати позитивний результат, а це можливо тільки за допомогою системи управління охороною праці (СУОП). СУОП встановлює єдиний порядок організації та проведення роботи з охорони праці, обов'язковий до виконання усіма роботодавцями, спеціалістами, службовцями та працівниками АПК [57].

4.1 Характеристика і аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути під час збирання врожаю

Під час технологічного процесу збирання льону можливе виникнення небезпечних і шкідливих виробничих чинників. При роботі льонозбирального комбайна існують небезпечні зони (рис. 4.1), і при знаходженні людей в цих зонах механізатор повинен проявляти підвищену увагу.

Знаходження людини у вказаних на рисунку небезпечних зонах під час технологічного процесу представляє загрозу для процесу збирання і для самої людини. Людина при попаданні в ці зони знаходиться під загрозою отримати серйозні травми або під загрозою смерті [45]. Небезпечна зона 1 утворюється при русі тракторного агрегату вперед передньою поверхнею трактора. Вона може мати різну конфігурацію залежно від напрямку руху прямолінійно або на повороті чи розвороті. Небезпечні зони 2 створюється рухом трактора вперед

або назад або бічною поверхнею агрегату. Небезпечні ситуації в них створюються, у більшості випадків при запуску або повороті агрегату. Форма зон залежить від напрямку руху машино-тракторного агрегату : прямолінійно, на повороті в русі або на місці [56].

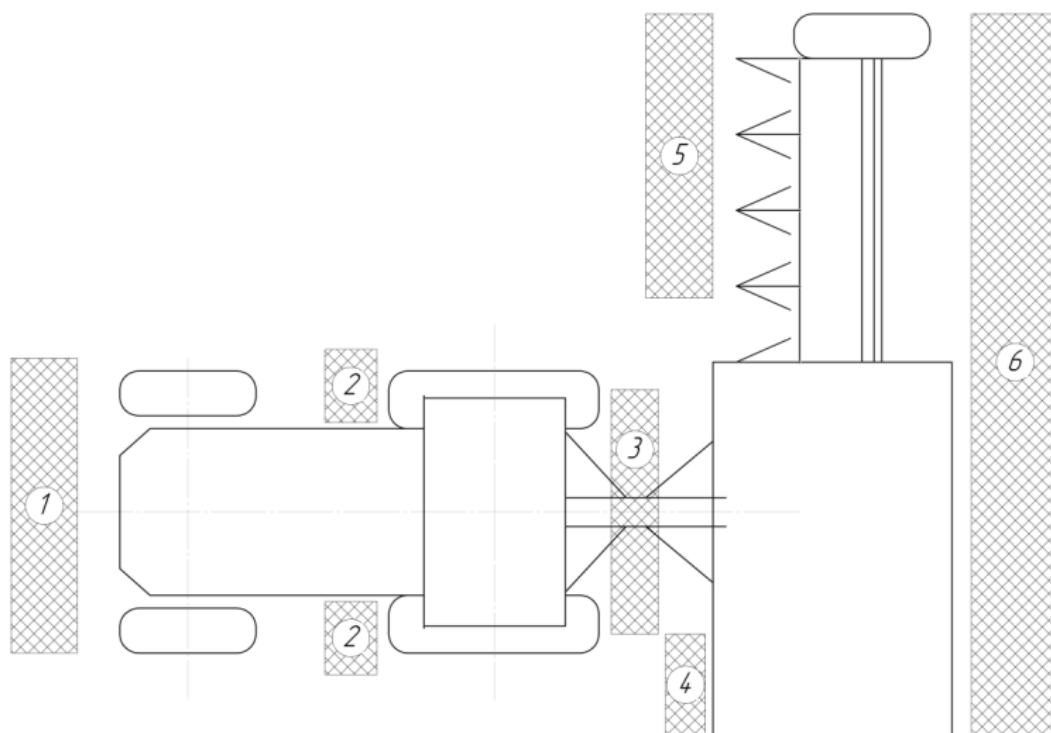


Рис. 4.1 Небезпечні зони при роботі льонозбирального агрегату 1 – зона утворена передньою поверхнею трактора; 2 – зона утворена бічною поверхнею трактора; 3 – зона утворена задньою частиною трактора; 4 – зона утворена передньою поверхнею причіпної машини; 5 – зона утворена передньою частиною льонозбирального комбайна; 6 – зона утворена задньою поверхнею машинотракторного агрегату [4]

Небезпечна зона 3 утворюється задньою частиною трактора і сільськогосподарською машиною включає небезпечні чинники окремих вузлів машино-тракторного агрегату, можуть проявити себе як при рухомому агрегаті, так і при нерухомому. Небезпечна зона 4 утворюється передньою поверхнею причіпленої машини з лівого боку по ходу руху машино-тракторного агрегату. Форма зони залежить від напрямку руху машино-тракторного агрегату. Знаходження людей в зоні може бути постійним і випадковим. Небезпечна зона

5 утворюється передньою частиною льонозбирального комбайна і включає небезпечні чинники окремих вузлів машино-тракторного агрегату, можуть проявити себе як при рухомому агрегаті, так і при нерухомому. Наприклад, ролики, що обертаються із руслами підбирачів. Небезпечна зона 6 утворюється задньою поверхнею машинотракторного агрегату при русі його заднім ходом. Зона періодично оглядається, але не за усією величиною. Залежно від знаходження людей її можна характеризувати як зону з постійним або випадковим знаходженням людей. Більшість травм відбуваються в 5 і 6 зонах, оскільки оскільки робочий процес супроводжується періодичними поломками і технологічним обслуговуванням агрегату без зупинки BOM [4].

4.2 Розробка організаційно-технічних заходи по забезпеченню нормальних санітарно-гігієнічних умов праці під час збирання врожаю

Перед роботою на жниварці обов'язково ознайомтеся з інструкціями виробника щодо безпечної експлуатації та охорони праці. Носіть відповідний захисний одяг, такий як робочі куртки, брюки, захисні окуляри, взуття з металевим носком і захисні рукавички. Уникайте носити вільний одяг, що може потрапити в рухомі частини машини. Перед початком роботи перевірте жниварку на наявність будь-яких пошкоджень, відсутність витоків рідин та правильне функціонування всіх систем. Регулярно проводьте обслуговування жниварки, змазуючи мастильні точки та замінюючи зношені або пошкоджені деталі. Регулярно змащуйте рухомі частини машини, якщо це передбачено в інструкції з експлуатації. Будьте обережні під час руху жатки, особливо на нерівних або крутих теренах, щоб уникнути зіткнення з перешкодами або іншими людьми. Завжди користуйтеся доріжками безпеки та пересічною інформацією, якщо така доступна. Уникайте заходити під машину під час її роботи або вмикання/вимикання. Зберігайте достатній відстань від інших працівників та перешкод. Перш ніж зупинити або розпочати роботу з жаткою, переконайтеся, що всі рухомі частини зупинені і безпечно вимкнені. Уникайте

роботи з жнивваркою в сухих або високої температури умовах, оскільки це може збільшити ризик пожежі через тертя або іскри. Забезпечте достатнє навчання та інструктаж для всіх працівників, які працюють з жаткою, щодо правильного використання, безпечної експлуатації та дій у випадку аварійних ситуацій. Заздалегідь плануйте дії в екстрених ситуаціях, таких як аварії чи травми, і забезпечте наявність необхідних засобів для надання першої допомоги. Завжди майте можливість зв'язатися з іншими працівниками та координувати роботу на майданчику. Регулярно проходите медичні огляди та перевіряйте стан вашого здоров'я, особливо у зв'язку з можливими ризиками на робочому місці [4, 5, 56].

4.3 Моделювання небезпечних ситуацій під час роботи збирального агрегату

Отже, проаналізувавши та виявивши небезпечні зони можна змоделювати виникнення небезпечних умов, а в подальшому і ситуацій при недотриманні хоча б однієї з вище перерахованих вимог. Наприклад розглянемо по одній небезпечній умові, що може виникнути в кожній небезпечній зоні [35, 36] (додаток А)..

Небезпечна умова один НУ1 – надлишковий тиск у гідросистемі. НУ2 – машина знаходиться у відчепленому стані поза майданчиком. НУ3 – комбайн пофарбований в темні кольори. НУ4 – працівник не провів ТО у встановлений строк. НУ5 – рухомі частини агрегату не захищені. НУ6 – механізатор не пройшов інструктаж перед початком робіт. НУ7 – нехтування вимогами виробничої санітарії [35, 36].

Наведені вище небезпечні умови при поєднанні з небезпечними діями працівника можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій, а в подальшому і до отруєнь, аварій, травм чи захворювання. Так, НД1 – працівник знаходиться поблизу гідросистеми. НД2 – навіска агрегатів до трактора. НД3 – працівник не розрахував габарити МТА. НД4 – налагодження чи проведення технічного огляду МТА. НД5 – робота без засобів індивідуального захисту. НС1

– порив магістралей гідросистеми. НС2 – падіння агрегатів при під'єднанні до трактору. НС3 – наїзд на працівника. НС4 – травмування працівника при налагодженні агрегату. НС5 – зоонозні захворювання можуть потрапити організм працівника [35, 36].

Для попередження виникнення аварій, травм, отруєнь чи захворювання необхідно дотримуватись всіх вимог безпеки в усіх небезпечних зонах, так як порушення хоч однієї з них в кінцевому результаті може призвести до небажаних наслідків [35, 36].

Висновки по розділу

Формування механізмів та систем управління охороною праці на підприємстві є реакцією їх менеджменту на виклики зовнішнього та внутрішнього середовища, які є наслідком прояву дії відповідних ризиків та загроз. Таким чином, запропоновані пріоритетні напрями та заходи щодо підвищення захищеності підприємства від нещасних випадків та професійних захворювань не тільки сприятимуть стабілізації процесів (економічних, виробничих, соціальних, інше) на підприємстві та нівелюванню ризиків і загроз з боку персоналу, але і їх реалізація дозволить покращити рівень формування та забезпечення техногенної і пожежної безпеки на підприємствах, що, своєю чергою, гарантуватиме максимально ефективне та стабільне їх функціонування з питань охорони праці [58].

РОЗДІЛ 5 ПІДХОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ОЧІСУВАННЯМ

При впровадженні технології збирання комбайновим очісуванням зростає у півтора – двічі продуктивність комбайна, на 45 – 50 % знижується витрата палива. При нестачі комбайнів у господарствах впровадження технології збирання очісування дозволяє скоротити термін проведення збиральних робіт та знизити втрати зерна осипанням. Збереження обчісаного стеблестою дозволяє знизити втрати вологи, у тому числі за рахунок снігозатримання. Однак додаткова обробка стерні, що залишилася після очісування, необхідна при підготовці полів під озимі культури. Недоліком запропонованої технології також є підвищені втрати зерна, причини яких полягають як у недосконалої конструкції пристроїв, так і в низькому рівні кваліфікації персоналу [3, 42].

Реально оцінити ефективність збирання зернових колосових культур очісуванням можна лише з урахуванням перелічених вище переваг та недоліків та її впливу на обсяги та вартість наступних за нею механізованих робіт. Як і будь-яка інша технологія, комбайнове прибирання очісуванням буде ефективним за певних умов. Впровадження технології прибирання очісуванням викликає зміну потреби в техніці не тільки на зрибиранні, а й на інших видах робіт, наприклад, з'являється додатковий вид механізованих робіт з обробки стерні. У такому разі економічні показники ефективності впровадження технології визначають за результатами вибору оптимальної структури МТП типового господарства – за критерієм сукупні витрат [3].

Величина втрат від умов праці та впливу на навколишнє середовище в порівнюваних варіантах мало відрізняються. Тоді розрахунки виконують за величиною експлуатаційних витрат з урахуванням капітальних вкладень та фінансових втрат, пов'язаних зі зниженням урожайності, спричиненої тривалістю збирання вище за нормативну. Розглянутий метод оцінки економічної ефективності технологій та комплексів машин реалізовано в алгоритмно-програмному комплексі «Система автоматизованого проектування

механізованих технологій та технічного оснащення рослинництва», який був застосований нами при оцінці ефективності комбайнового очісування [3].

У роботі [8] показано, що при визначенні величини експлуатаційних витрат, як на окремо взятій операції, так і на всіх механізованих роботах, що виконуються в господарстві, для виконання розрахунків з достатньою точністю необхідно, щоб: фактична тривалість роботи МТА, після округлення їх кількості до цілих чисел зменшилася пропорційно до збільшення числа МТА; нормативне завантаження енерго- та сільгоспмашин, прийняте на першій ітерації, максимально наближалось до фактичного, а потрібна кількість МТА, задіяна на кожній операції, була цілою. Однак річне завантаження при проведенні розрахунків приймають відповідно до рекомендацій зональних НДІ, які можуть відрізнятися від реального значення в конкретних умовах господарства в 1,5-2,0 рази. Рішення приймається у вигляді послідовних етапів. Перший виконаний рішенням завдання лінійного програмування. За його реалізації виходять нецілочисленні результати рішення. Для отримання цілочислового рішення виконується штучний метод, сутність якого полягає в тому, що після визначення складу оптимального МТП не цілочисловим методом обчислюють різницю між нормативним завантаженням машини, прийнятим на етапі початку рішення, і фактичним, отриманою в результаті рішення. Після першого округлення до цілого числа визначають відхилення нормативного завантаження, застосовуючи вираз (5.1). Надалі ця операція виконується на кожному кроці округлення в той чи інший бік (додаток Б) [3, 9, 10, 40].

$$\frac{|\Gamma_{\text{факт}}^i - \Gamma_{\text{норм}}^i|}{\Gamma_{\text{факт}}^i} < \Delta, \quad i=1 \dots N, \quad (5.1)$$

де $\Gamma_{\text{факт}}^i$ – фактичне завантаження машин, год; $\Gamma_{\text{норм}}^i$ – нормативне завантаження машин, год; N – кількість змінних, год.; Δ – допустима величина відношення різниці між фактичною та нормативною завантаженнями до фактичної, яку прийняли в межах 5 % [3, 5, 53].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Експериментальними дослідженнями, проведеними за методикою оптимального планування експерименту, встановлено доцільність обчісування насіннєвого вороху люцерни з обох боків парою повздовжніх похилих роторів з еластичними радіальними лопатями, розмірами 120 750 мм, розміщеними під кутом 120° одна до одної. Це збільшило експозицію обчісування і зменшило витрати енергії на переформування рослинної маси. Математична модель, яка встановлює взаємозв'язок між основними факторами, що впливають на якість виконання процесу збирання насіннєвого вороху люцерни, показала, що частота обертання роторів змінюється в залежності від умов збирання в межах від 65 с^{-1} до 95 с^{-1} при швидкості руху агрегата до 1,49 м/с. Для надійної подачі рослинної маси перед роторами доцільно встановлювати подільники-стеблепідіймачі пасивного типу з можливістю їх відхилення при зустрічі з перешкодою.

Аналіз траєкторій руху складових вороху після обчісування дозволив визначити форму і розміри приймальної камери пневмотранспортера. Встановлено, що відбирати насіннєвий ворох від обчісувальних робочих органів доцільно з швидкістю повітряного потоку $V_{\text{п}} \geq 8.5 \text{ м/с}$ через окремі для кожного рядка рослин пневмоканали, які встановлено в верхній частині обчісувальної камери.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сисолін П. В., Коваль С. М., Іваненко І. М. Машини для збирання зернових культур методом обчісування колосків. «КОД». 2010. ISBN 978-966- 1508-34-6
2. Kachru RP, Gupta RK, Alam A. Physico-chemical constituents and engineering properties of food crops. 1st ed. Jodhpur: Scientific Publishers; c1994.
3. Чернятинський, В. А., & Купчук, І. М. Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів очісуючої жнивarki зернозбирального комбайна. <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/30243.pdf>
4. Щербіцький А. Ю. Обґрунтування параметрів очісуючого пристрою льонозбирального комбайну : кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю „133 — галузеве машинобудування“ / А. Ю. Щербіцький. — Тернопіль: ТНТУ, 2021. — 67 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/36796>
5. Бардега Н.І. Підвищення ефективності збирання льону-довгунця з використанням комбайна ЛК-4В із модернізованим бральним механізмом : дипломний проєкт. Львів, 2023. 63с. <https://repository.lnup.edu.ua/jspui/handle/123456789/687>
6. Пахучий, А. М., Олексієнко, О. М. (2021). Технічні засоби для збирання сільськогосподарських культур на корені.
7. Козаченко О.В., Пахучий А.М., Шкрегаль О.М. Вплив конструктивнорежимних параметрів формування повітряного потоку обчісувальної жнивarki. Техніка та енергетика. Київ. 2020. №11. С. 21-27.
8. Пахучий А. М., Козаченко О. В., Дьяконов С.О., Гончаров В.В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів обчісуючого барабану жнивarki. Інженерія природокористування. 2019. Вип. 1 (11). С. 75-85.
9. Пахучий А. М., Дьяконов С. О. Єфективність використання обчісувальної жнивarki при збирання зернових. Технічний прогрес в АПВ: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2024 р. Харків:

ДБТУ, 2024. С. 175-177. URI:
<https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/54594>

10. Пахучий А. М. Експлуатаційні налаштування при збиранні обчисувальними жниварками. Технічний прогрес в АПВ: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 177-179.
<https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/54595>
11. Coskuner Y, Karababa E. Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). J Food Eng. 2007;78(3):1067-1073.
12. Гунько І.В., Коваль Л.Г. Енергоощадні безконтактні методи діагностування показників технічного стану мобільної сільськогосподарської техніки. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2016. №3 (95). С. 89-93.
13. Грицун А.В., Бабин І.А., Грицун О.А. Деякі результати досліджень мобільного подрібнювача-роздавача стеблових кормів. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2015. №3 (92). С. 17-20.
14. Гунько І.В., Холодюк О.В., Кузьменко В.Ф. Обґрунтування параметрів пристрою для доподрібнення зерна при заготівлі кукурудзяного силосу. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2018. № 3 (102). С.28-36.
15. Ільченко В.Ю., Пономаренко Н.О., Яропуд В.М., Бондаренко А.С. Дослідження першочерговості постановки тракторів на зберігання. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. № 2 (98). С. 49-55.
16. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навч. посіб.; за ред. Д. Г. Войтюка. Суми: Унів. кн., 2008. 543 с.
17. Грицун А.В., Бабин І.А., Грицун О.А. Дослідження впливу кута встановлення робочої грані молотка на зусилля руйнування стеблових матеріалів. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2015. №1 (91). С. 29-32.
18. Грицун А.В., Грицун О.А., Яропуд В.М. Розробка та дослідження нового гичкозбирального робочого органу. Зб. наук. праць ВНАУ Серія: Технічні науки. 2014. № 1 (84). С. 85-92.
19. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: навч. посіб. для студ. вищ.

- навч. закл. Т. 1. Ч. 1. Машина та знаряддя для обробітку ґрунту. М-во освіти і науки України, М-во аграр. політики України, Харк. держ. техніч. ун-т с.-г. – Х.: ОКО, 2001. 443 с.
20. Калетнік Г.М., Шаргородський С.А., Браніцький Ю.Ю. Розробка кінематичної схеми причіпного комбайна для збирання енергетичної верби. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. №3 (102). 2018. – С. 11-21
 21. Ковбаса В.П., Солоня О.В., Спірін А.В., Цуркан О.В. Про спрощення критерію вигляду напружено-деформованого стану суцільного середовища. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. № 1 (100), Том 1. С. 44-49.
 22. Kaletnik H., Adamchuk V., Bulgakov V., Kyurchev V., Nadykto V. Main problems in the field of agricultural mechanization in Ukraine. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2016. №3 (95). С. 6-12.
 23. Хоменко М.С., Вожик Ю.Г., Герасимчик В.Г. Підвищення якості роботи сільськогосподарської техніки. Київ: Урожай, 1987. 212 с.
 24. Козаченко О. В., Пахучий А. М., Шкрегаль О. М., Калайда В. М., Бережної А. В. Оптимізація параметрів двобарабанної обчисувальної жниварки для збирання насіння льону олійного. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2020. № 22. 109-122 с. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/3042>
 25. Шокарев, О., Шегеда, К., Болтянський, Б., & Шокарев, О. (2023). Різальні пристрої для збирання незернової частини врожаю при комбайновому збиранні зернових культур методом обчисування рослин на корені. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*, 12(1), 1 з 9. <https://doi.org/10.31388/sbtsatu.v12i1.285>
 26. Білокур Ю.В., Фіряєв С.І., Лісовий І.О. Перспективи методу обчисування на корені. Abstracts of XV International Scientific and Practical Conference. Munich, Germany. Pp. 306-308.
 27. Козаченко О. В., Бобрик М. С. Застосування обчисувальних пристроїв у сучасних технологіях збирання врожаю. Молодь і індустрія 4.0 в ХХІ столітті: матеріали ХХ Міжнар. форуму молоді, 4-5 квіт. 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024.

- С. 5. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/53783>
28. Козаченко О. В., Дьяконов С. О., Пахучий А. М. Обґрунтування форми обтікача обчисувальної жниварки для збирання льону олійного. Механізація та автоматизація виробничих процесів. Вип. 5 (33). Суми. 2018. С. 48-52.
 291. Козаченко О.В., Дьяконов С.О., Гончаров В.В., Пахучий А.М. Дослідження режимних параметрів обчисувального барабану жниварки. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків: ХНТУСГ. 2019. Вип.199. С.388-396.
 30. Oleksiy Kozachenko, Andriy Pahuchiy Modeling of Interaction with Plants Linseed Occupancy Drum TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. 2019. Vol. 19. No 1. 59–64.
 31. Kozachenko O., Pakhuchyi A., Shkregal O., Sorokin S, Dyakonov S., Gusarenko N, Kadenko V. Experimental Substantiation of the Rational Parameters for a Reaping Machine of the Comb Type for Harvesting Oil Flax Seeds. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. Vol 5, № 1 (107), 2020. с. 64- 69.
 32. Горбунов, І.О. Удосконалення конструкції обчисуючої жатки комбайна ДОН-1500 для збирання зернових культур : кваліфікаційна магістерська робота : спец.133 «Галузеве машинобудування» / наук. кер. Р. В. Кісільов; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 60 с. URI: <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/13173>
 33. Boltianskyi B., Sklyar R., Dereza S., Grigorenko S., Syrotyuk S., Jakubowski T. The Process of Operation of a Mobile Straw Spreading Unit with a Rotating Finger Body-Experimental Research. Processes, 2021, 9(7), P. 1144; <https://doi.org/10.3390/pr9071144>
 34. Aliev E.B., Bandura V.M., Pryshliak V.M., Yaropud V.M., Trukhanska O.O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry / E.B. Aliev, // INMATEH – Agricultural Engineering – Vol. 54, No. 1, 2018. P. 95-104.
 35. Білокур Ю.В. Розробка та обґрунтування технології обчисування насіннєвого

- вороху. Магістерська робота. Умань, УНУС, 2023: 72с.
36. Фіряєв С.І. Удосконалення методу обчісування насіннєвого вороху на корені. Кваліфікаційна робота (дипломний проект), перший (бакалаврський рівень). Умань, УНУС, 2024: 42с.
 37. Бережний, А. В., & Калайда, В. М. (2021). Обґрунтування конструктивних параметрів обчісувального барабану жнивarki. https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/11033/1/tezy_molod_i_sg-2021-4.pdf
 38. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference. Bordeaux. 2020. P. 478-480.
 39. Шегеда, К. О., Шокарев, О. М., Болтянський, Б. В., & Шокарев, О. О. (2022). Збирання незернової частини врожаю комбайном обчісувального типу. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 12(2). DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-8
 40. Шегеда К. О., Шокарев О. М., Шокарев О. О. Механікотехнологічні особливості взаємодії обчесаних стебел з робочими органами різального пристрою Праці ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2015. Вип. 15, т. 3. 360 с.
 41. Sheheda K., Shokarev O., Kiurchev S., Danchenko M., Mykhailova L. Results of research of combine harvester cutterbar. Engineering for Rural Development. 2021. Vol. 20. P. 1632-1637. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF350.
 42. Мороз М.М. Обґрунтування параметрів і режимів роботи очісувальної жатки для збирання зернових колосових культур: Автореф. дис. канд. техн. наук, Кіровоград, 2001. – 16 с.
 43. Машков О.М. Обґрунтування параметрів очісувального пристрою для обмолоту зернових культур на корені: Автореф. дис. канд. техн. наук, Сімферополь, 2000. – 19 с.
 44. Лабораторна установка для дослідження параметрів і режимів процесу обчісування сільськогосподарських культур: пат. 135514 У Україна: МПК А01Д 41/00. № у 201811954; заявл. 03.12.18. опубл 10.07.2019, Бюл № 13.

45. Алесін, Д. В. Аналіз констукцій обчісувальних жниварок. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ», 2023. С.267-268.
46. Головльов В.А., Леженкін О.М. Експериментальні дослідження робочого процесу пневмотранспортера обчісаного вороху. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. Кропивницький : ЦНТУ, 2021. Вип. 51. С. 46-53. URI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2021.51.46-53>
<https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/11889>
47. Головльов В.А., Леженкін О.М. Методика проведення експерименту робочого процесу пневмотранспортеру обчісаного вороху. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ. 2020. Вип.20., Т.3. С. 74-79.
48. Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Мірошніченко М.С. Інформаційна технологія проектування системи автоматичної стабілізації потоку хлібної маси на вході до молотарки зернозбирального комбайну Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. Вип. 5 (36). Ч. 2. С. 103–109.
49. Осадчий, С. І., Віхрова, Л. Г., & Мірошніченко, М. С. (2023). Аналіз автоматичної системи стабілізації потоку хлібної маси на вході молотарки зернозбирального комбайну.
50. Родіонова, В. В. Механізація вирощування пшениці з удосконаленням конструкції обчісувальної жатки : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 208 «Агроінженерія» / наук. кер. Д. І. Петренко ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – 55 с.
<https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/14648>
51. <https://patents.su/2-400265-ustrojjstvo-dlya-obmolota-steblejj-zernovykh-kulbtur-na-kornyu.html>

52. Очісуючі жатки: найефективніше для збирання у No-Tilll <http://www.soyuz-st.com/machinery/uborka/>
53. C.J.M. Tado, P. Wacker, H.D. Kutzbach, D.C. Suministrado, Development of Stripper Harvesters: A Review, Journal of Agricultural Engineering Research, Volume 71, Issue 2, 1998, Pages 103-112, ISSN 0021-8634, <https://doi.org/10.1006/jaer.1998.0318>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021863498903183>)
54. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Athens, Greece 2021. P. 231-233.
55. Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. Engineering of nature management. 2021. №1(19). P. 7–12.
56. Бондаренко, Б. Т. Удосконалення конструкції зернобобової жатки ЖЗБ-4,2 : кваліфікаційна магістерська робота : спец. 133 «Галузеве машинобудування» / наук. кер. П. Г. Лузан ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т.- Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – 73 с. URI <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/14635>
57. Ярошович, І. Г., Чайковський, Б. П., Ярошович, В. І., & Шалько, А. В. (2024). Охорона праці (Охорона праці в галузі): навч. посіб. для контролю та перевірки знань здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. URI: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/683>
58. Курепін В. М. Особливості системи управління охороною праці в аграрних підприємствах: економічні аспекти розвитку . Modern Economics. 2021. № 29(2021). С. 107-114. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V29\(2021\)-17](https://doi.org/10.31521/modecon.V29(2021)-17).

ДОДАТКИ

Характеристика дослідної ділянки

Назва показника	Один. виміру	Значення показника		
Сорт	-	"Зайкевича"	"Ярославна"	"Ярославна"
Ширина міжрядь	м	0,6	0,63	0,6
Кількість кущів в рядку	шт/м	6,6	3,8	5,2
Кількість стебел в кущі, всього,	шт	17,6	13,8	23,4
в тому числі:				
- продуктивних	шт	5,3	4,1	5,6
- вегетативних	шт	12,3	9,7	17,8
Висота стебел	м	0,195-0,961	0,256-0,562	0,23-0,873
Зона розміщення бобів	м	0,161-0,893	0,157-0,549	0,186-0,871
Урожайність рослинної маси, всього,	г/м	467,9	379,7	412,6
в тому числі:				
- продуктивні стебла з насінням	г/м	285,9	197,7	269,7
- вегетативні стебла	г/м	145,7	164,3	78,1
- інші рослини	г/м	36,3	17,7	64,8
Урожайність насіння, всього,	г/м	31,5	50,5	40,72
в тому числі на корені	г/м	29,3	46,4	35,82
Втрати насіння самоосипанням	г/м	2,2	4,1	4,9
	%	6,98	8,1	12,0
Частка насіння в рослинній масі	%	6,73 (6,26)*	13,3 (12,2)*	9,87 (8,68)*
Маса 100 шт насіння	г	1,7	2,6	2,1
Забур'яненість	%	7,76	4,66	15,7
Ступінь полягання	%	15,8	6,7	13,2

* – на корені (без врахування самообсипання насіння).

Фракційний склад обчесаного вороху

Назва компоненту вороху	Одиниця виміру	Значення компоненту		
1	2	3	4	5
Маса навіски , всього	г	564,67	678,85	238,795
Об'ємна маса вороху	кг/м ³	34,7	32,6	38,1
Зібрано вороху (в % до всього біологічного урожаю)	%	33,8	32,6	37,03
Вміст насіння, всього	г(%)	70,27(12,44)	134,045(19,7)	68,015(31,1)
в тому числі:				
- вільне насіння	г(%)	63,245(11,2)	129,9(19,1)	61,85(28,5)
- насіння в бобах	г(%)	7,025(1,24)	4,145(0,6)	6,165(2,6)
Маса бобів з насінням та дрібного вороху	г(%)	260,04(46,1)	295,38(43,5)	67,94(28,4)
Частки стебел, всього	г(%)	133,335(23,6)	150,1(22,1)	93,69(39,16)
в тому числі:				
- довжиною до 0,1м	г(%)	77,565(13,7)	69,05(10,2)	74,92(31,3)
- 0,1...0,15м	г(%)	29,27(5,2)	25,08(3,7)	12,16(5,1)
- 0,15...0,2м	г(%)	13,65(2,4)	15,19(2,3)	5,28(2,2)
- 0,2...0,25м	г(%)	5,96(1,1)	20,08(2,9)	1,02(0,43)
- більше 0,25м	г(%)	6,89(1,2)	20,7(3,0)	0,31(0,13)
Органічні домішки	г(%)	108,03(19,1)	102,9(15,2)	15,415(6,5)

