

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.11 - МР.2223 С 2023.12.07. 083 ПЗ

ЛІНЧЕВСЬКИЙ ВАЛЕРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

УДК 629.3.012:631.354.3

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко - технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного

(назва кафедри)

менеджменту імені М.П. Момотенка

Вячеслав БРАТІШКО

(підпис)

(ПІБ)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2024 р.

«___» _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему Удосконалення експлуатаційних режимних параметрів очісуючої
жниварки зернозбирального комбайна**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Братішко Вячеслав Вячеславович

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

Шатров Руслан Володимирович

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

Лінчевський Валерій Володимирович

(підпис)

(ПІБ)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Лінчевському Валерію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення експлуатаційних режимних параметрів очісувача жнивarki зернозбирального комбайна

затверджена наказом ректора НУБіП України від «07» грудня 2023 р. № 2223 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах по вивченню питання режимних параметрів очісувача жнивarki зернозбиральних комбайнів

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стан питання збирання зернових культур очісуванням

2. Теоретичні дослідження взаємодії очісувача жнивarki з рослинами зернових культур

3. Експериментальні дослідження процесу роботи очісувача жнивarki

4. Методичні підходи оптимізації технології збирання зернових культур комбайновим очісуванням

5. Економічна ефективність виробництва озимої пшениці

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 22 слайдах

Дата видачі завдання «10» листопада 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Шатров Р.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Лінчевський В.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновку, списку використаної літератури. Повний обсяг роботи 85 сторінок основного тексту, 57 рисунків та 6 таблиці.

Робота присвячена вирішенню актуальної практичної задачі удосконаленню збирання зернових культур комбайновим очісуванням шляхом удосконалення експлуатаційних режимних параметрів однобарабанных обчісувальних пристроїв, що забезпечують зниження втрат зерна.

В ході вивчення стану питання збирання зернових культур 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 зернових культур була розроблена математична модель процесу контакту колосу із зовнішньою поверхнею обтічника, математична модель визначення середньої швидкості руху вороху в транспортному каналі, а також досліджено процес взаємодії рослин з обтічником жниварки.

Експериментальні дослідження дозволили удосконалити та обґрунтувати режимні параметри процесу збирання колосових культур очісуванням. При очісуванні полеглих рослин зміна кута нахилу очісувальних зубів від 0,35 до 0,70 рад. дозволило знизити величину втрат із 1,16 до 0,62%.

При роботі в польових умовах очисної жниварки ЖОТН-6, оснащеної барабаном з механізмом зміни кута нахилу зубів на масиві з високою ярусністю і кутом нахилу зубів 28° – рівень втрат не перевищує 0,5 %.

Застосування технології збирання зернових колосових культур очісуванням у господарстві площею ріллі 6000 га дозволяє знизити експлуатаційні витрати на 16,6 %, капітальні вкладення в техніку з 271213 до 212950 тис. грн. і збільшити чистий дисконтований дохід на 58263 тис. грн. при терміні окупності 1,37 року.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ЗМІСТ.....	4
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ОЧІСУВАННЯМ.....	8
1.1. Існуючі технічні рішення очісувальних жниварок для збирання зернових колосових культур.....	8
1.2. Переваги і недоліки очісувачих жниварок.....	12
1.3. Аналіз результатів теоретичних досліджень щодо вдосконалення процесу очісування.....	18
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ОЧІСУЮЧОЇ ЖНИВАРКИ З РОСЛИНАМИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	29
2.1. Необхідність подальшого розвитку теорії проектування очисних пристроїв та методів управління ними.....	29
2.2. Дослідження процесу взаємодії рослин з обтічником жниварки.....	30
2.2.1. Процес контакту колосу із зовнішньою поверхнею обтічника...	30
2.2.2. Результати розрахунку енергії удару, отриманої у першій фазі колосом.....	32
2.2.3. Рух колосків озимої пшениці по обтічнику очісувального пристрою.....	34
2.3. Методи застосування математичної моделі процесу руху зерна в транспортному каналі.....	35
2.4. Математична модель визначення середньої швидкості руху вороху в транспортному каналі.....	41
2.5. Результати використання даних для управління збиральним агрегатом.....	43
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ	

РОБОТИ ОЧІСУЮЧОЇ ЖНИВАРКИ.....	49
3.1. Методика проведення досліджень процесу очісування у лабораторних умовах.....	49
3.2. Методика визначення характеристик повітряного потоку в зоні очісування та транспортувальному каналі очисної жниварки.....	53
3.3. Результати проведення експериментальних досліджень процесу очісування пшениці на лабораторній установці.....	53
3.4. Результати очісування сорго зернового сорту та сорго цукрового на лабораторній установці.....	57
3.5. Результати вимірювання швидкості повітряного потоку у робочому просторі лабораторної установки.....	60
3.6. Результати польових випробувань експериментального очісувального зразка жниварки.....	65
РОЗДІЛ 4 МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР КОМБАЙНОВИМ ОЧІСУВАННЯМ.....	68
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....	72
ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81

ВСТУП

Актуальність теми. Процес збирання врожаю зернових культур 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 характеризується 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.

Метою роботи є збирання зернових культур комбайновим очісуванням шляхом удосконалення експлуатаційних режимних параметрів очісуючої жнивarki, що забезпечують зниження втрат зерна.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- удосконалити математичну модель процесу взаємодії рослин, що очісуються, і провести теоретичні дослідження щодо взаємодії обтічника з такими рослинами і руху обчесаного вороху в транспортуючому каналі жнивarki та його впливу на параметри транспортованого зерна;
- визначити параметри руху зерна і обчесаного вороху в транспортному каналі жнивarki і оцінити вплив виникнення втрат зернової фракції при її взаємодії з соломистими компонентами вороху;
- розробити лабораторну установку та провести дослідження з оцінки результатів, отриманих при комп'ютерному моделюванні процесу збирання очісуванням зернових культур;
- провести експериментальні дослідження фізико-механічних

властивостей компонентів вороху озимої пшениці, що включають коефіцієнти тертя, відновлення, при їх контакті з поверхнею обтічника, виконаного з різного матеріалу, і оцінити вплив взаємодії всього масиву рослин з контактуючою поверхнею обтічника на виникнення втрат.

➤ Розрахувати економічну ефективність виробництва озимої пшениці.

Об'єкт досліджень процес очісування зернових культур жнивваркою зернозбирального комбайна.

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

Наукова новизна: розроблена математична модель процесу взаємодії очісуваних рослин з обтічником жнивварки, що враховує властивості матеріалу, що використовується для його виготовлення та фізико-механічні характеристики рослин; встановлена залежність швидкості руху повітряного потоку в транспортуючому каналі жнивварки від частоти обертання, розміру і форми транспортуючого каналу і очисного барабана.

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ОЧІСУВАННЯМ

1.1. Існуючі технічні рішення очісувальних жниварок для збирання зернових колосових культур

Схеми систематизації очісувальних пристроїв за типом, способом їх агрегування, типу робочого органу, способу транспортування вороху, наведені в різних роботах науковців. 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 [13, 18, 25], 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 [10, 12, 14, 15], 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.

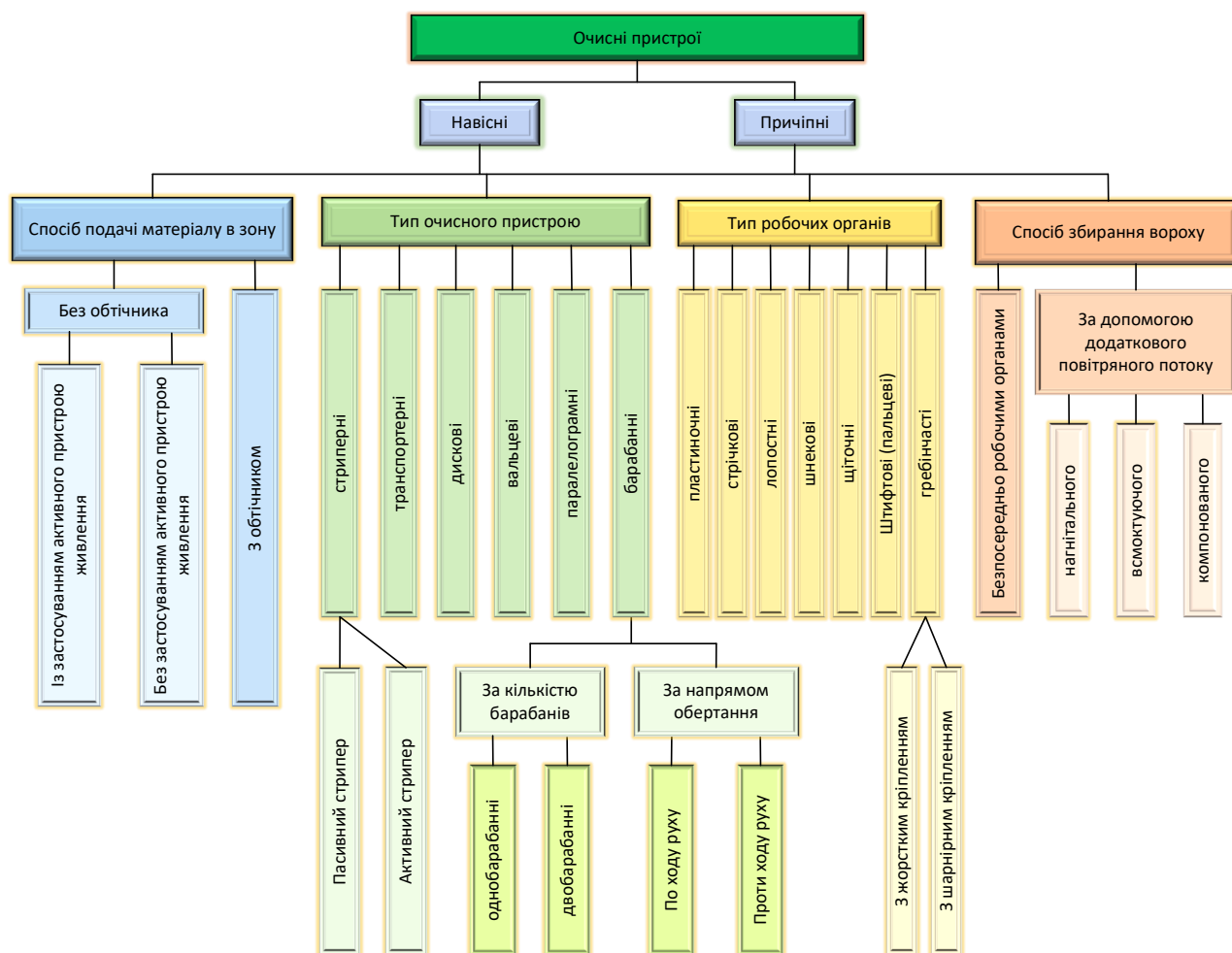


Рис. 1.1. Класифікація очисних пристроїв

Авторам у роботі [16] після вдосконалення конструкції очисної жнивarki транспортного типу з активним живильником, представленим на рис. 1.2., вдалося знизити втрати за жнивarkою до 1,5-3,0 %, при їх допустимому рівні не більше 0,5 % [24]. Однак, досягнутий рівень втрат зерна високий.

У очисувальних пристроїв з обтічником [27, 29], він першим контактує з стеблами, тому необхідно, щоб його конструкція, орієнтація щодо рослин та інших робочих органів очисувального пристрою, забезпечувала перебіг процесу обмолоту рослин на корені з мінімальними втратами, у межах допустимих ДСТУ [34]. Втрати можуть виникати при ударі рослин з суцвіттям з подальшим ковзанням по його поверхні, перед подачею в зону очісування.

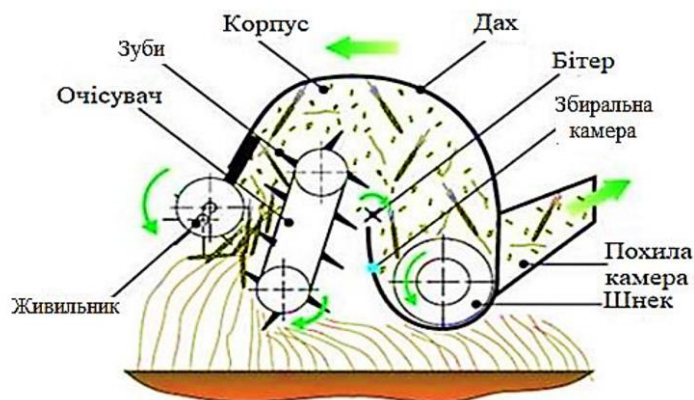


Рис. 1.2. Конструктивна схема очисувальної жнивarki транспортерного типу з активним живильником

На вітчизняному ринку реалізують тільки жнивarki барабанного типу з обтічником, що випускаються різними виробниками. Всі вони виконані у вигляді навішених на комбайн очисувальних пристроїв. Причіпні жнивarki невиробляють ні серійно, ні дрібними партіями. Компанії, що реалізують очисуючі жнивarki обіцяють високу продуктивність за низький рівень втрат при використанні своїх пристроїв.

Одно барабанні очисні жнивarki:

- «Озон» ширина захвату 5 м, 6 м, 7 м виробництва ПАТ «Пензмаш»;
- «Південь» ширина захвату 6 м виробництва ЗАТ «Агротрейд», спільно з «СКНДІМЕСГ»;
- «Shelbourne» ширина захвату 7 м, 9 м виробництва фірми «Shelbourne Reynolds» (Великобританія) [30];

Двобарабанні жнивarki:

- «Слов'янка» ширина захвату 5 м, 6 м, 7 м машинобудівне підприємство «Укр. Агро-сервіс» (Україна) [38].

У їх конструкції використовується кілька основних форм обтічників, схеми яких представлені рис. 1.3.

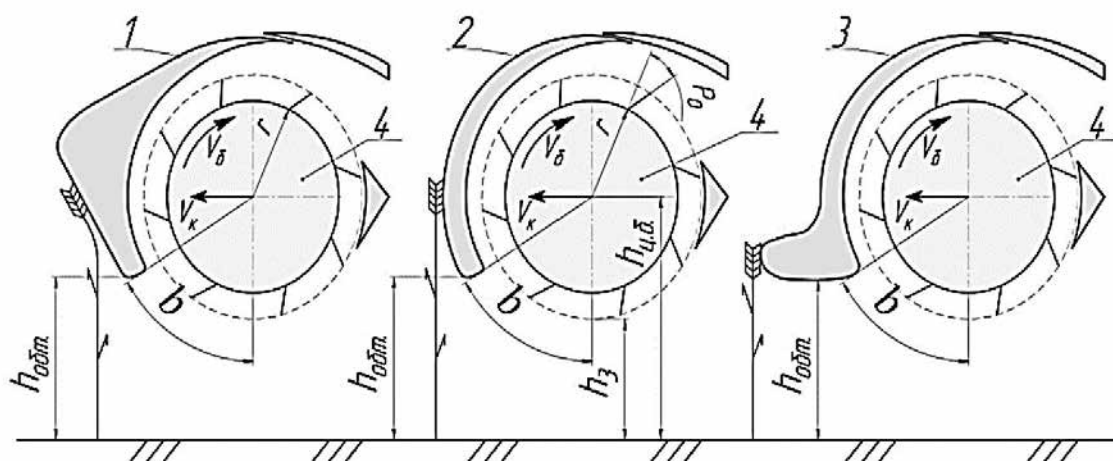


Рис. 1.3. Умовні типи обтічників очісувальних пристроїв для зернових культур, що використовуються у різних технічних рішеннях:

1 - обтічник з прямою похилою контактуючою поверхнею; 2 - обтічник з дугоподібною контактуючою поверхнею; 3 - комбінована контактуюча поверхня обтічника; 4 - очісувальний барабан або інший орган; V_K - швидкість комбайна, м/с; $V_δ$ - окружна швидкість очісувального барабана, м/с; $h_{обт}$ - висота до нижньої кромки обтічника, м; $h_з$ - висота до очісувального зуба, м; $h_{ц.б.}$ - висота до центру барабана, м; P_0 - кут нахилу зубів, рад.

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 велика 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 [40].

1.2. Переваги і недоліки очісуючих жниварок

Застосування очісувальних пристроїв для збирання зернових колосових культур дозволяє скоротити термін збирання за рахунок збільшення продуктивності комбайнів до двох разів, і в той же час зменшити витрату палива до 50%. Стебла рослин, що залишаються після таких жниварок [25] на полі дозволяють в посушливих районах підвищити снігозатримання, також у літні місяці ґрунт краще затінюється і менше піддається впливу прямих сонячних променів. Очісувальні жниварки можуть застосовуватися як для суцільного прибирання очісування, так і для створення стернових куліс, шляхом чергування роботи очісувальних жниварок і жниварок суцільного зрізу. Використання стернових куліс або прибирання очісуванням дозволяє збільшити накопичення вологи в ґрунті до 2,5 разів у порівнянні з контролем, стернею 10-15 см [7], що залишається після жниварок суцільного зрізу.



Рис. 1.4. Соя, яка була посіяна по стерні пшениці після очісування

Розглянемо основні переваги та недоліки очісувальних жниварок. Двобарабанна жниварка «Слов'янка» з шириною захвату 5м, 6м, 7м виробництва «Укр. Агро-сервіс» (Україна, рис. 1.5.) [48, 49].

Це єдина очісувальна жниварка, представлена в двобарабанному виконанні. Перший барабан менший основного очісувального, але також забезпечений граблинами. Головна роль першого барабана - створювати додатковий повітряний потік для запобігання втратам зерна за рахунок ефекту

всмоктування в зоні очісу, також перший барабан відбиває частини рослин, що летять від першого очісувального барабану і направляє їх до транспортувальної зони жнивarki.

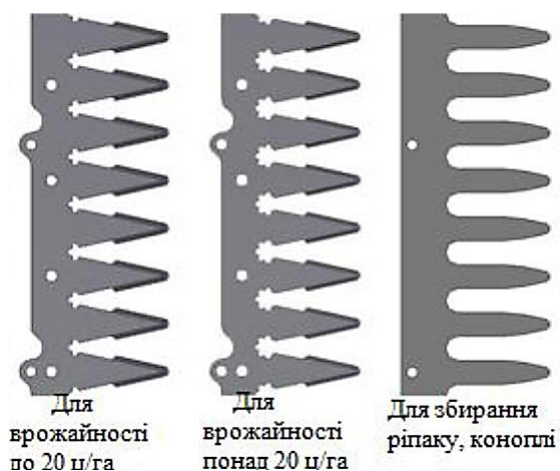


Рис. 1.5. Очісувальна двобарабанна жнивarka «Слов'янка-7»

Основний недолік двобарабанної жнивarki «Слов'янка-7» - її значна маса та збільшення навантаження на передню вісь комбайна, на гідропривід похилої камери. При збиранні рослин з високою різницею по висоті можливе нахльостування колосків, їх відламування від стебла обтічником жнивarki. Однобарабанна жнивarka з шириною захвату 5 і 6 метрів (рис. 1.6.) з повітряно-сепаруючим каналом.

Переваги даної жнивarki [14]:

- попереднє очищення зерна від полови за рахунок наявного повітряно-сепаруючого каналу дозволяє отримати на виході жнивarki чистіше зерно, зменшити навантаження на МСП комбайна;
- різна ширина захвату 5м, 6м для використання з різними по пропускній здатності комбайнами;
- робоча швидкість збирання 7,0-12,5 км/год, що дозволяє збирати до 6,0 га/год, або по зерну до 12 т/год при врожайності не менше 2 т/га.



а - очисна жниварка,

б - змінні очисні зубці

Рис. 1.6. Очісувальна одно-барабанна жниварка з повітряно- сепаруючим каналом

До недоліків слід віднести необхідність заміни гребінок при роботі на різних культурах і різній врожайності (рис. 1.6.). Конструкція обтічника при значній різниці по висоті рослин, що прибираються, призводить до того, що вони захльостуються, відламуються і накопичуються на зовнішній поверхні обтічника (рис. 1.6. а). Так само сам обтічник жниварки виконаний із звичайної пофарбованої прокатної сталі, і після напрацювання та стирання лакофарбового по покриття буде покриватися корозією, що позначиться на якості технологічного процесу та довговічності виробу. Полова та інші дрібні частини рослин з повітряно-сепаруючого каналу летять на похилу камеру та приводи, які там встановлені. Не зрозуміло, наскільки таке рішення відповідає вимогам пожежної безпеки та умовам роботи даних вузлів проектованого комбайна, а також чи потрібно очищати похилу камеру комбайна під час роботи.

Фірма «Shelbourne Reynolds» (Великобританія) випускає жниварки «Shelbourne» (рис. 1.7.) з найбільшою величиною ширини захвату до 9м [40]. Великий асортимент очісуючих жниварок шириною захвату від 5м до 9м дозволить підібрати її практично до будь-якого комбайна. Жниварка має виносний екран (у деяких комплектаціях), який встановлюється в кабінку комбайна і дозволяє налаштовувати частоту обертання варіатора очісувального барабана з точністю до 1 об/хв з кабінки в межах від 470 до 775 об/хв. Також замість варіатора може стояти чотирьох діапазонний редуктор з частотою

обертання очісуючого барабана: 470, 535, 675, 775 об/хв [36]. Обтічник жниварки може бути виконаний з нержавіючої сталі в деяких модифікаціях. Очісуючий зуб виконаний у формі замкового отвору, дозволяє збирати культури: пшеницю, ячмінь деякі трави.



Рис. 1.7. Одно-барабанна очісувальна жниварка «Shelbourne»

До недоліків очісувальної жниварки «Shelbourne» можна віднести малу жорсткість очісувальних зубів, які можуть загинатися при контакті з бур'янами, що мають міцність, більшу, ніж суцвіття культур (амброзія, осот).

На даний момент головний недолік, висока ціна, яка обумовлена курсовою різницею, а також складність із постачанням запчастин, сервісом. При прибиранні на перестояному полі, втрати за жниваркою перевищують допустимі агротехнічні вимоги.

Одно барабанна жниварка «Озон» (рис. 1.8.) від для збирання зернових колосових культур і насінників трав із шириною захвату 5м, 6м, 7м. До переваг можна віднести обтічник, виконаний з нержавіючої сталі (з 2018 року, деякі модифікації). Очісувальні зубці виконані із загартованої сталі та мають дуже високу міцність. Асортимент жниварок дозволяє підібрати жниварку практично до будь-якого комбайна. Також перевагою є невелика вага конструкції в порівнянні з конкурентами.



Рис. 1.8. Жнивварка однобарабанна «Озон-7»

До недоліків можна віднести відсутність варіатора, а значить, частота обертання очісувального барабана, регулюється ступінчасто, причому для цього оператору необхідно виходити з комбайна і змінювати передатне відношення вручну в редукторі жнивварки.

Одно-барабанна жнивварка «Южанка» з шириною захвату 6м, (рис. 1.9.). Жнивварка забезпечена варіатором, який дозволяє безступінчасто регулювати частоту обертання очісувального барабану, обтічник виконаний з нержавіючої сталі. У деяких комплектаціях очісувальний барабан може бути виконаний з механізмом регулювання кута нахилу очісувальних зубів. Необхідність оперативного регулювання кута нахилу обґрунтована в роботі [37], це дозволяє спрямувати потік вороха, що сходить із зубів, з зерном у необхідну зону в транспортувальному каналі.



Рис. 1.9. Однобарабанна очісувальна жнивварка «Южанка-6»

Особливо така необхідність виникає при збиранні полеглих рослин.

Конструктивні рішення по оперативному управлінню безступінчастої зміни частоти обертання очісувального барабану, кута нахилу очисних зубів і положення по висоті копирів розглянуті [22]. До недоліків жниварки можна віднести більшу масу в порівнянні з конкурентами, наприклад, жниварок «Озон».

На рис. 1.10. показані основні зони втрат, які виникають при роботі очісувальної жниварки.

Це втрати:

- зерном вперед за ходом жниварки;
- під очісувачем барабаном при контакті рослин із зубом;
- зтягуванням зерна у щілину між барабаном та передньою стінкою

ложа шнека.

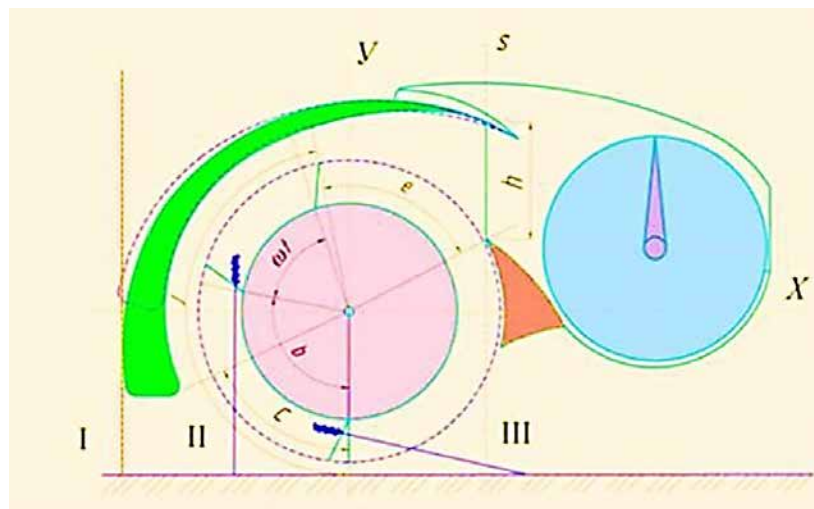


Рис. 1.10. Розташування рослин, що збираються, відносно робочих органів очісувального пристрою та виділення зон ймовірних втрат:

b - кут початку очісування, рад.; $\omega \cdot t$ - кут повороту зуба із зернівкою до її сходу із зуба, рад.; e - кут руху зернівки по транспортувальному каналу, рад.; h - ширина каналу в перерізі S , м; I - зона втрат зерна з колосу при контакті з обтічником; II - зона втрат викиданням зернівок вперед по ходу жниварки; III - зона втрат зерна попаданням його в зазор між барабаном і ложем шнека

У першій зоні на рис. 1.10. втрати викликані обмолотом колоса при його ударі по обтічнику і подальшому русі його зовнішньої поверхні, можуть виникати

як втрати окремих частин зерна, так і всього колоса при його зламі від стебла. Так само в першу зону може бути винесено зерно із зони очісу, якщо режими роботи для очісувального пристрою підбрані невірні. Втрати в другій зоні пов'язані з втратами при взаємодії очісувальних зубів з рослинами, викиданням їх вперед по ходу жнивarki, якщо схід із зуба обчисаного матеріалу відбувається нижче нижньої кромки обтічника. Втрати в третій зоні пов'язані з тим, що частина зерна і фрагментів колосків із зерном, втрачаючи швидкість при русі в транспортувальному каналі, може потрапити в зону між барабаном і передньою стінкою ложа шнека, і бути викинутими вниз жнивarki.

1.3. Аналіз результатів теоретичних досліджень щодо вдосконалення процесу очісування

Значний внесок у розвиток теорії очісування зробили автори [12, 13], які в своїх роботах обґрунтовано визначили параметри робочих органів очісувальної жнивarki та режими її роботи. На рис. 1.11. представлено схему, запропоновану автором [15], для визначення діаметра очісувального барабана в залежності від характеристик збираючих рослин.

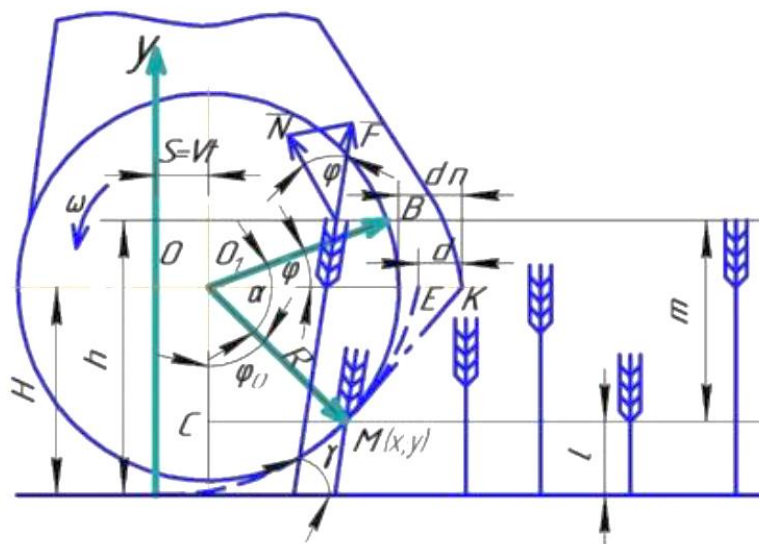


Рис.1.11. Схема, запропонована для визначення діаметра барабана

За схемою, що зображена на рис. 1.11. було запропоновано рівняння (1.1.) для визначення діаметра очісувального барабана:

$$x = \frac{y[V + \omega(H-l)] - Vl - \omega l(H-l) + V \sqrt{R^2 - (H-l)^2} \arccos \frac{H-l}{R} + \omega[R^2 - (H-l)^2]}{\omega \sqrt{R^2 - (H-l)^2}} \quad (1.1.)$$

де V - поступальна швидкість очисного пристрою, м/с;

ω - кутова швидкість обертання барабана, с⁻¹;

H - висота установки осі барабана над поверхнею ґрунту, м;

l - довжина стебла рослини, м;

R - радіус барабана до краюочісувальних зубів, м.

У роботі [20] при дослідженні процесу очісу автор враховує і коливання стебла рослин. Запропоновано рівняння, яке описує рух вільного кінця стебла:

$$y(l, t) = \theta(t)(l - h)^2 = U_0 l \sqrt{l} \sqrt{l - h} \cos \left[\frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{V_{кр}}{V}\right)^2 - 1} \cdot l_{п} \frac{l-h}{l} + \varphi_0 \right] \quad (1.2.)$$

де $\theta(t)$ - амплітудна функція;

l - довжина стебла рослини, м;

V - поступальна швидкість очисного пристрою, м/с;

$V_{кр}$ - критична швидкість, м/с. Критична швидкість очісувальної гребінки, що необхідна для очісування рослин, що збираються, буде виражена:

$$V_{кр} \approx \sqrt[4]{\frac{E \cdot J_{ср}}{l \cdot \left(m_1 + \frac{m_2}{3}\right)}} \quad (1.3.)$$

де m_1 - маса колосу, кг;

m_2 - маса стебла, кг;

$E \cdot J_{ср}$ - жорсткість середини стебла, Н·м²;

l - довжина стебла, м.

Оригінальне рішення щодо вибору форми очісувального паза, запропоновано та обґрунтовано в роботі [11]. На рис. 1.12. показаний процес очісування одно-барабанною жнивваркою «ОЗОН», зуби якої утворюють паз із тангенціальним каналом.

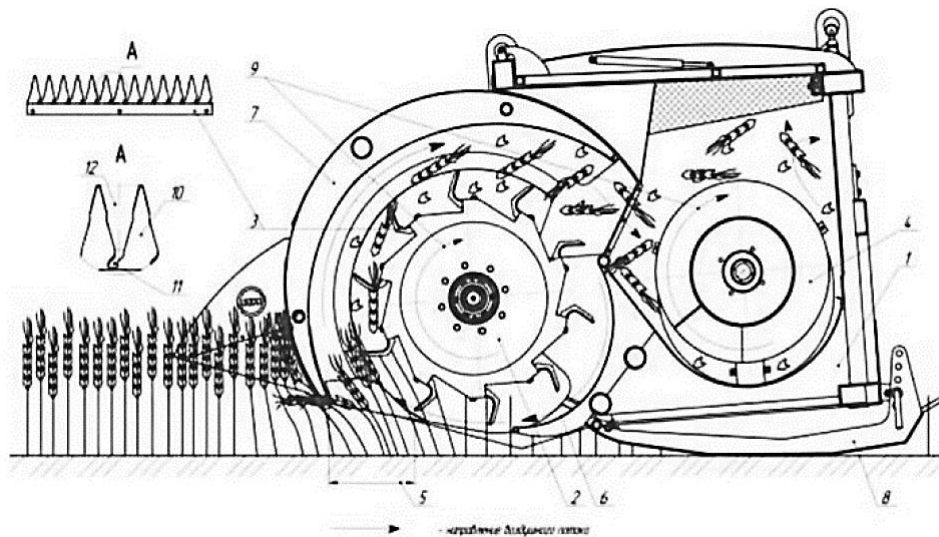


Рис. 1.12. Схема процесу очісування одно-барабанною жнивркою із очісувальними зубами з тангенціальними каналами:

- 1 - корпус жнивarki з силовим каркасом; 2 - очисний барабан; 3 - знімні очісувальні зубці; 4 - шнек; 5 - зона очісування; 6 - під барабанні; 7 - обтічник; 8 - лижа; 9 - напрямки обертання шнека та ротора; 10 - очісувальний зуб; 11 - тангенційний канал; 12 - вільний простір між зубами

Запропоновано теоретичну модель руху зуба з тангенціальними каналами в будь-який момент часу [43, 44].

$$\begin{cases} x = \sqrt{\left\{ \frac{R}{\cos \alpha} \cdot M \right\}} \cdot t \\ y = \begin{cases} \left[\frac{1}{2C} \left[\sqrt{\frac{4C}{1} \cdot B \cdot t^2 + 1} - \frac{1}{2} \log \left(\frac{C \cdot B}{1} \cdot t^2 \right) + \lg \left(-1 + \sqrt{\frac{4C}{1} \cdot B \cdot t^2 + 1} \right) \right] \\ \left[\frac{1}{2C} \left[-\sqrt{\frac{4C}{1} \cdot B \cdot t^2 + 1} - \frac{1}{2} \log \left(\frac{C \cdot B}{1} \cdot t^2 \right) + \lg \left(1 + \sqrt{\frac{4C}{1} \cdot B \cdot t^2 + 1} \right) \right] \right] \end{cases} \end{cases} \quad (1.4.)$$

де M , B та C - коефіцієнти;

t - час дії гребінки з тангенціальними каналами наколос, с;

α - кут звуження між зубами гребінки із тангенціальними каналами, рад.

Проведено розрахунок геометричних параметрів гребінки із тангенціальними каналами. Досліджено морфологічні властивості пшениці сортів Безенчуцька-380, Поволзька-86, Саратовська-90В [21].

У роботі нерозглянуто рух зернівки, незернової частини врожаю після контакту із зубом і далі в транспортуючому каналі. Так само не розглянуті втрати,

що виникають при контакті та русі суцвіть по обтічнику жнивarki та шляхи їх зниження.

Авторами [16] розглянуто процес початкового контакту рослинної маси із обтічником очисної жнивarki. Було прийнято припущення, що стебло рослини жорстке із кріпленням внизу. Прийнято припущення можна вважати некоректним, так як у процесі контакту стебла з обтічником його вигин досягає критичних значень, за яких у реальних умовах відбувається зминання стебла, злам із наступним відділенням колоса. При очісуванні невіривняних по висоті рослин (за високої ярусності), рослини, що мають максимальну висоту, контактують всією площиною стебла та колоса з поверхнею обтічника. Внаслідок цього відбувається або вимолочування колоса, його відрив, або виривання всього стебла рослини із ґрунту (рис. 1.13.).

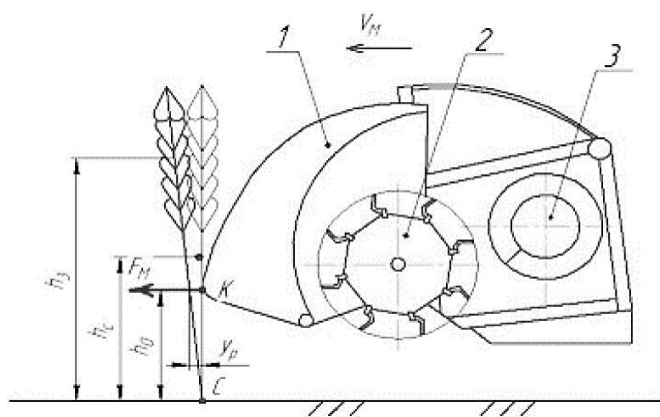


Рис. 1.13. Контакт обтічника очисувальної жнивarki з рослиною:

1 - обтічник; 2 - очисувальний барабан; 3 - інтегруючий шнек; V_M - швидкість агрегату, м/с; h_3 , h_C , h_0 - висота відповідно до центра ваги колоса, стебла і точки контакту, м; F_M - сила при контакті, Н.

При цьому не розглянуто взаємодію всього масиву рослин з поверхнею контакту обтічника. Так само не розглянута можливість виробництва контактуючої поверхні з різних матеріалів, і як матеріал обтічника впливає на роботу жнивarki. Визначено оптимальний кут нахилу поверхні обтічника, виготовленого із пофарбованого металу.

При цьому пофарбована поверхня під час руху по ній рослинної маси стирається, аж до повного видалення з поверхні металу, внаслідок чого металева

поверхня піддається корозії та її фізичні властивості значно змінюються.

Запропоновано вираз (1.5.) у роботі [17], який встановлює зв'язок між висотою розташування жнивarki та довжиною стебла рослини:

$$h_{\text{ж}} = h_{\text{ср}} \cdot \frac{h_{\text{н.к.}}}{l_{\text{р}}} + r \cdot \cos \left(\alpha_{\text{об}} - \arccos \frac{r - l_{\text{гр}}}{r} \right) - r, \quad (1.5.)$$

де $h_{\text{ж}}$ - зазор між очісувальними зубами та ґрунтом, мм;

$h_{\text{ср}}$ - висота зрізу для жниварок прямого комбайнування, мм;

$l_{\text{гр}}$ - відстань від стебла рослини до гребінки, мм;

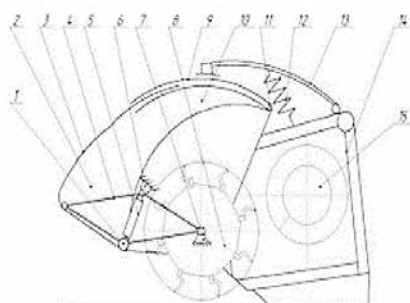
$\alpha_{\text{об}}$ - кут нахилу нижньої поверхні обтічника, °(град.);

$l_{\text{р}}$ - довжина рослини, мм;

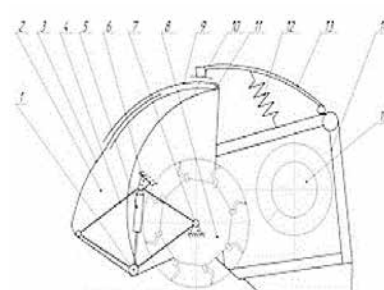
$h_{\text{н.к.}}$ - відстань до нижньої кромки обтічника, мм;

r - радіус барабана, мм.

У звичайних очісувальних пристроях при зміні відстані від землі до лінії сходу рослин з обтічника змінюється і кут його нахилу відносно рослин. Щоб зберегти постійним цей кут нахилу, автором [7] запропоновано нову конструкцію його приводу (рис. 1.14.).



а - обтічник піднятий



б - обтічник опущений

Рис. 1.14. Очісувальний пристрій з обтічником при зміні висоти

положення, якого не змінюється кут нахилу контактуючої поверхні обтічника:

1, 11 - шарнір; 2 - обтічник; 3 - зовнішня поверхня обтічника, що контактує; 4 - паралелограмний механізм; 5 - гідроциліндр; 6 - опори паралелограмного механізму; 7 - шарнір барабана; 8 - очісувальний барабан; 9 - кришка обтічника; 10 - внутрішня поверхня обтічника; 12 - пружина; 13 - кришка корпусу жнивarki; 14 - корпус жнивarki; 15 - консольний шнек

У роботі [3] розглянуто очісування однобарабанною жнивarkою, з зубами

із вирізом у вигляді замкового паза. Розроблено математичні моделі, які, на думку автора, дозволяють використовувати їх для проектування таких пристроїв і дозволять зменшити втрати при їх експлуатації. Автор робить висновок про те, що швидкість граблин повинна бути в інтервалі 14-17 м/с, а швидкість повітряного потоку в зоні входу очісувального барабана не нижче 5 м/с.

Висоту розташування очісувального пристрою в роботі запропоновано визначати за виразом (1.6.) [34]:

$$H_{max} \leq L - l_1 - \Delta l - \frac{R}{\gamma}, \quad (1.6.)$$

де L - висота посіву, м;

l_1 - довжина голови культур, м;

Δl - різниця між найвищою та найнижчою рослиною, м;

R - радіус циліндра, м;

γ - довжина трохіди (рис. 1.15.), м.

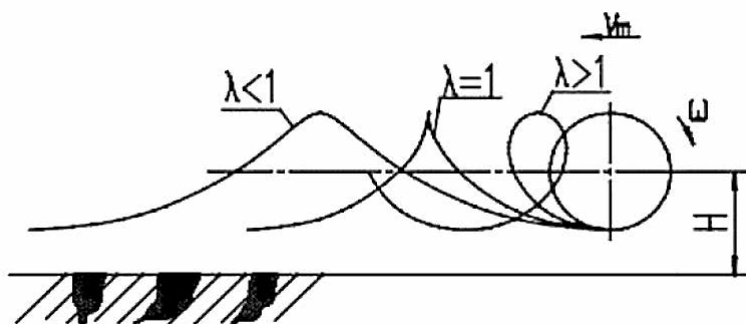


Рис. 1.16. Трасування шляху зуба

При цьому [4]:

$$\gamma = \frac{V_S}{V_m} \quad (1.7.)$$

де V_S - окружна швидкість граблин, м/с;

V_m - поступальна швидкість, м/с.

Для сучасних очісувальних пристроїв значення γ завжди більше одиниці і знаходиться в межах від 6 до 10 в залежності від культури, характеристик хлібостою та ін.

Автором [37] описана частина технологічного процесу, що включає операції контакту суцвіття з очісувальним зубом, його відскоку або руху по зубі

та в транспортному каналі представлена у вигляді послідовно взаємопов'язаних математичних моделей. Взаємне розташування суцвіття і очісувального зуба при їх контакті в момент очісування наведено на рис. 1.17. [7].

Визначати швидкість запропоновано за такими виразами:

до удару -

$$V_{n1} = \omega \cdot r \cdot \cos P_0 + V_k \cdot \cos(b + P_0), \quad (1.8.)$$

$$V_{\tau1} = \omega \cdot r \cdot \sin P_0 + V_k \cdot \sin(b + P_0), \quad (1.9)$$

після удару -

$$V_{n2} = K[\omega \cdot r \cdot \cos P_0 + V_k \cdot \cos(b + P_0)], \quad (1.10.)$$

$$V_{\tau2} = \omega \cdot r \cdot \sin P_0 + V_k \cdot \sin(b + P_0) + f(\omega \cdot r \cdot \cos P_0 + V_k \cdot \cos(b + P_0)) \cdot (1 - K), \quad (1.11)$$

де ω - частота обертання очісувального барабану, c^{-1} ;

r - радіус-вектор очісування, м;

V_k - швидкість руху комбайна, м/с;

b - Кут повороту радіус- вектора від нижнього положення, рад.;

V_{n1} , $V_{\tau1}$, V_{n2} , $V_{\tau2}$ - проекції швидкостей до і після удару, м/с;

f - коефіцієнт тертя колоса по зубові.

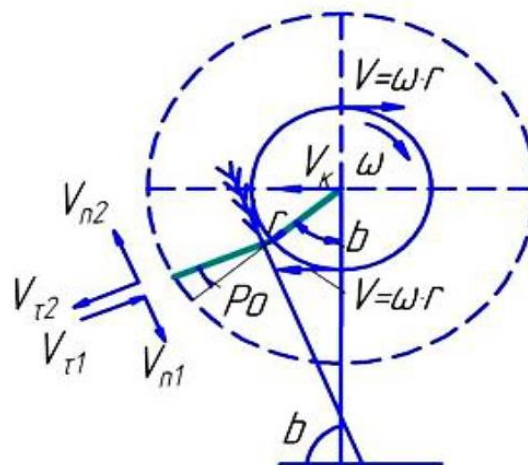


Рис. 1.17. Взаємне розташування суцвіття та очісувального зуба при їх контакті в момент очісування

У роботі [30] автор розробив математичну модель, включаючи модель взаємодії зернівки із очісувальним зубом її рух по ньому і схід із зуба. На рис. 1.18. представлена схема із діючими на зернівку силами під час її руху поверхнею зуба.

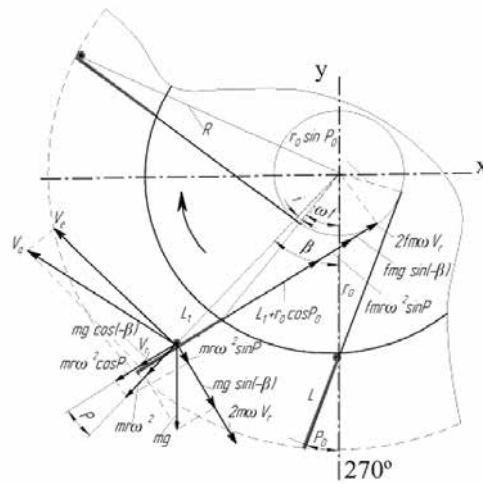


Рис. 1.18. Параметри зернівки при її контакті з зубцем жнивварки

На рис. 1.18. нормальна складова сили, що діє на зернівку, запишеться в наступному вигляді [9]:

$$N = 2 \cdot m \cdot \omega \cdot L' + m \cdot g \cdot \sin \beta - m \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \sin P, \quad (1.12.)$$

де $L'(VR)$ - швидкість зерна по зубові, м/с;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

r - радіус, проведений із центру барабана до зернівки на зубі, м;

ω - кутова швидкість обертання барабана, с⁻¹;

m - маса зернівки, кг;

P - кут нахилу зуба, рад.;

β - кут повороту між радіусами-векторами r та r_0 , рад.

З урахуванням сили тертя $f \cdot N$, диференціальне рівняння руху запишеться:

$$L'' = r \cdot \omega^2 \cdot \cos P_0 + g \cdot \cos \beta - \frac{f-N}{m}, \quad (1.13.)$$

де P_0 - кут нахилу зуба до радіусу, рад.;

f - коефіцієнт тертя зерна.

Тоді [20]:

$$L'' = \omega^2 \cdot L - 2 \cdot f \cdot \omega(L' + V_{\tau 2}) + g \cdot \frac{\sin(P_0+i)}{\cos i} \cdot \sin(270 - (b + \omega \cdot t)) + \\ + g \cdot \frac{\cos(P_0+i)}{\cos i} \cdot \cos(270 - (b + \omega \cdot t) + r_0 \cdot \omega^2) \cdot \frac{\cos(P_0+i)}{\cos i} \quad (1.14.)$$

Автором [26] запропоновано математичну залежність для абсолютної швидкості зерна при його сході з очісувального зуба:

$$V_a = \sqrt{V_r^2 + V_e^2 + 2 \cdot V_r \cdot V_e \cdot \sin \frac{r \cdot \sin P_0}{R}}, \quad (1.15.)$$

де V_r і V_e - швидкість руху у обертовому русі та переносна швидкість руху, м/с.

Після сходу із зуба зернівка рухається в транспортному каналі. Для опису процесу її руху була запропонована система диференціальних рівнянь [33]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = - \left(\frac{d}{dt} x(t) - \omega_B y - \frac{k_1}{\sqrt{x(t)^2 + y(t)^2}} \cdot \cos(-\omega_B t) \right) \cdot K_{\Pi} \cdot \\ \cdot \sqrt{\left(\frac{d}{dt} y(t) + \omega_B x - \frac{k_1}{\sqrt{x(t)^2 + y(t)^2}} \cdot \sin(-\omega_B t) \right)^2 + \left(\frac{d}{dt} x(t) - \omega_B y - \frac{k_1}{\sqrt{x(t)^2 + y(t)^2}} \cdot \cos(-\omega_B t) \right)^2} \\ \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = -g - \left(\frac{d}{dt} y(t) + \omega_B x - \frac{k_1}{\sqrt{x(t)^2 + y(t)^2}} \cdot \sin(-\omega_B t) \right) \cdot K_{\Pi} \cdot \\ \cdot \sqrt{\left(\frac{d}{dt} y(t) + \omega_B x - \frac{k_1}{\sqrt{x(t)^2 + y(t)^2}} \cdot \sin(-\omega_B t) \right)^2 + \left(\frac{d}{dt} x(t) - \omega_B y - \frac{k_1}{\sqrt{x(t)^2 + y(t)^2}} \cdot \cos(-\omega_B t) \right)^2} \end{array} \right. \quad (1.16.)$$

де ω_B - кутова швидкість повітряного потоку, c^{-1} ;

K_{Π} - коефіцієнт парусності зернівки;

k_1 - приведена витрата повітря, m^2/c .

Якщо ширина транспортуючого каналу очісувальної жнивarki на ділянці 0–3,14 рад залишається постійною, то повітряний потік рухається на ньому з постійною швидкістю. В результаті автором після перетворень виразу (1.16) отримано подану нижче систему диференціальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = -K_{\Pi} \cdot \left[\left(\frac{d}{dt} x(t) \right)^2 - 2 \cdot \frac{d}{dt} x(t) \cdot \omega_B \cdot y(t) + (\omega_B \cdot y(t))^2 \right] \\ \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = -y - K_{\Pi} \cdot \left[\left(\frac{d}{dt} y(t) \right)^2 - 2 \cdot \frac{d}{dt} y(t) \cdot \omega_B \cdot x(t) + (\omega_B \cdot x(t))^2 \right] \end{array} \right. \quad (1.17.)$$

В цілому запропоновані автором [33] теоретичні положення моделювання процесу очісування зернових культур однобарабанною жнивarkою представлені у вигляді послідовно пов'язаного блоку систем рівнянь, в якому результати вирішення попередньої системи рівнянь є вихідними даними для наступної, і виконані у вигляді структурної схеми, представленої на рис. 1.19.

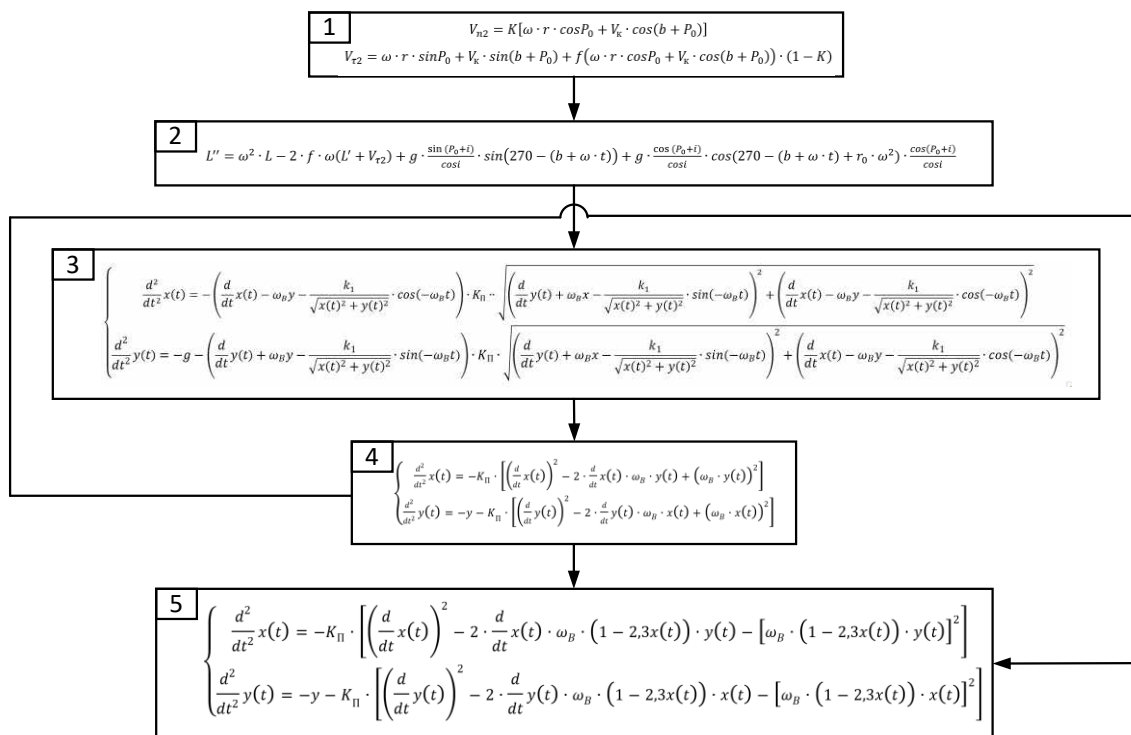
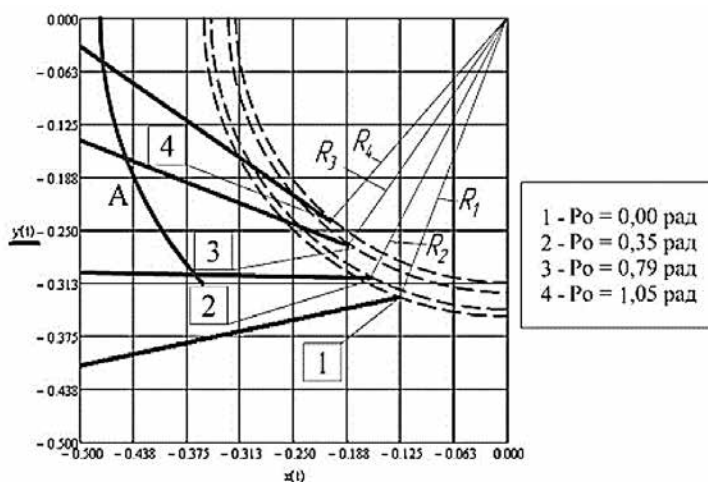


Рис. 1.19. Структурна схема моделювання процесу очісу [40]

Рішення запропонованих автором [41] систем рівнянь здійснювали чисельним методом у пакетах програм «МВТУ» та «MathCAD». В результаті досліджень були отримані параметри руху зернівки по зубу та після сходу з нього при різних кутах початку очісування, положення обтічника та властивостей зерна (коефіцієнта тертя, відновлення) та матеріалу, з якого виготовлені робочі елементи очісувального пристрою. Було доведено, що за певних умов можуть бути присутні втрати зерна викиданням вперед по ходу жниварки. На рис. 1.20 [42] представлені залежності траєкторії руху зерна відкута нахилу зубів.

Рис. 1.20. Траєкторії руху зернівки при різних кутах установки зубців, P_0

Як видно на рис. 1.20, якщо рух зернівки буде по траєкторії 1, вона буде викинута вперед по ходу жнивarki. Для усунення цих втрат автором було запропоновано нове технічне рішення [15], реалізація якого дозволяє оперативно керувати кутом нахилу зубів за допомогою гідроприводу з кабіни комбайна, або вручну механізатором. Результати експериментальної перевірки впливу кута нахилу зубів на величину втрат при збиранні невіривняного та полеглого хлібостою у роботі [17] відсутні.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ОЧІСУЮЧОЇ ЖНИВАРКИ З РОСЛИНАМИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

2.1. Необхідність подальшого розвитку теорії проектування очисних пристроїв та методів управління ними

Широкому впровадженню жниварок, що серійно випускаються вже кількома виробниками, як у нашій країні, так і за кордоном перешкоджає в основному проблема підвищених втрат зерна. Процес, який здійснюється при збиранні очисними жниварками, сильно відрізняється від традиційних жниварок, як технічними рішеннями, так і специфікою її правильного налаштування та застосування, через те, що очісування відбувається в закритій зверху зоні очісу, а далі ворох транспортується в закритому каналі. Загальна схема технологічного процесу очісу одно-барабанною жниваркою з обтічником представлена на рис.

2.1. Першим із рослинами взаємодіє обтічник.

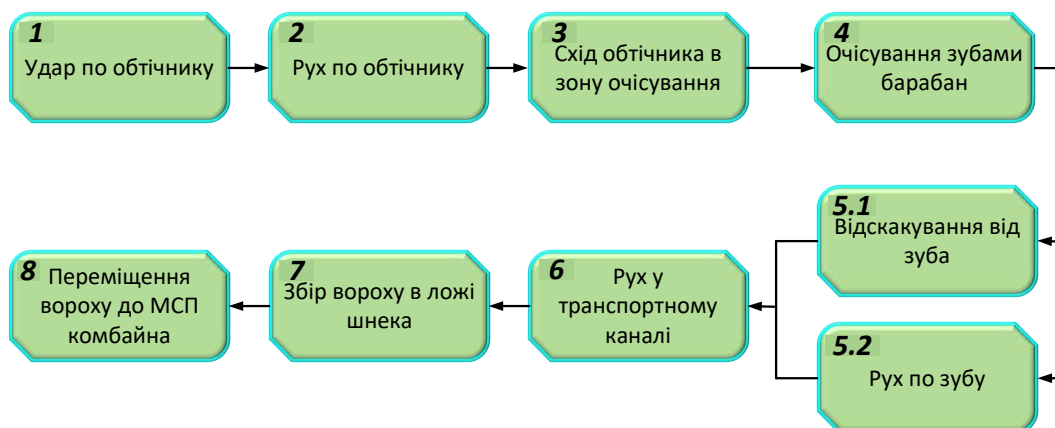


Рис. 2.1. Схема процесу очісування одно-барабанною жниваркою з обтічником

Порівняння переліку операцій, що виконуються одно-барабанною жниваркою з переліком операцій, запропонованих в математичній моделі процесу, наведено в роботі [29] показало, що необхідною умовою є її вдосконалення шляхом теоретичного опису процесів:

- взаємодії рослин, що збираються, з обтічником жниварки;
- руху зерна в транспортувальному каналі після його контакту з обтічником та ймовірності попадання в міжвитковий простір шнека;

- визначення середньої швидкості руху вороха.

Для зниження витрат часу та ресурсів запропоновано процес моделювання різних варіантів процесу виконувати в середовищі CAE, CAD (Computer-Aided Design, Computer-Aided Engineering). Це може бути досягнуто, якщо кожна технологічна операція, що виконується машиною, буде описана за допомогою математичної залежності, що зв'язує взаємодію робочих органів машини з матеріалом, що обробляється. Прагнення максимально наблизити процес, описаний математичними моделями до реального процесу, призводить до того, що розв'язання таких рівнянь або їх систем може бути виконане лише за допомогою спеціальних програм, найчастіше у чисельному вигляді (наприклад, MBTU та MathCAD). Області дослідження параметрів та режимів роботи робочих органів очисного пристрою можна виділяти за аналогією з методами, які використовуються при математичному плануванні експерименту. Оскільки результат моделювання буде мати характеристику локального оптимуму, то отримані результати необхідно попередньо перевіряти на лабораторних установках, що моделюють роботу жнивarki в польових умовах. Проектування таких установок доцільно виконувати за допомогою середовища CAD (наприклад, «Компас»). Такий підхід дозволяє значно прискорити проведення досліджень та суттєво знизити витрати на виготовлення проекрованої машини (жатки).

2.2. Дослідження процесу взаємодії рослин з обтічником жнивarki

2.2.1. Процес контакту колосу із зовнішньою поверхнею обтічника

Зерно в колосі фіксується лусочками та квітколожем. Для виділення зерна з колосу необхідно, щоб енергія, отримана ним при ударі, була більшою за енергію, здатну зруйнувати цей зв'язок [13].

На рис. 2.2. для розуміння подальших перетворень наведено схему взаємодії рослин з обтічником.

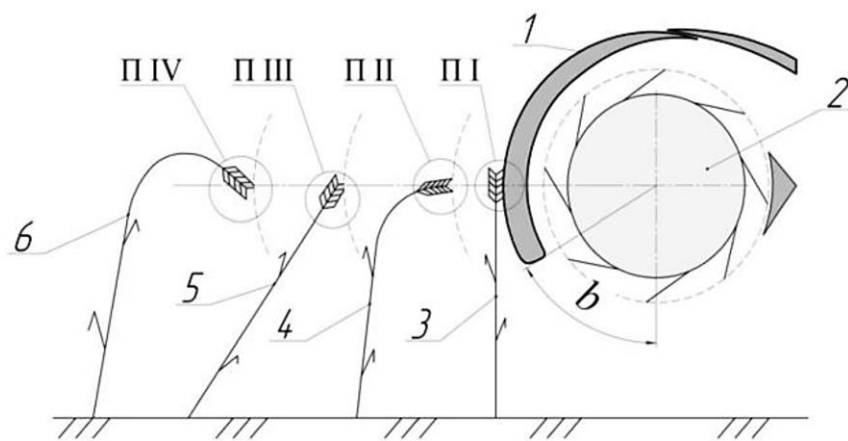


Рис. 2.2. Варіанти контакту суцвіття з обтічником

П I - прямий удар по колосу всією площиною; П II - прямий удар у торець колоса; П III - косий удар з наступним ковзанням вгору-вниз; П IV - косий удар із наступним ковзанням вниз; 1 - обтічник; 2 - барабан очісувальний; 3-6 - рослини, що контактують з обтічником при різному нахилі стебла та колосу

Як видно з представленого рисунка, має місце прямий та косий удар колоса. До удару колос нерухомий. При прямому ударі, враховуючи, що жниварка рухається зі швидкістю V_1 ; а $V_2 = V_1 \cdot K$; тоді енергія, здатна викликати відокремлення зерен від колосу, може бути визначена за виразом:

$$T = \frac{m}{2} \cdot V_2^2 = \frac{m}{2} \cdot (V_1 \cdot K)^2 \quad (2.1.)$$

де V_2 - швидкість колосу після удару, м/с;

m - маса колосу, кг.

З можливих варіантів контакту колоса з обтічником виділили чотири, що відбуваються в межах кута тертя φ . При нахилі вектора швидкості на кут, більший за кут тертя, відбувається удар із ковзанням колоса по поверхні обтічника.

При прямому ударі (варіанти П I та П II) вектор швидкості спрямований перпендикулярно до колосу. У варіанті П III, враховуючи, що кривизна поверхні обтічника мала, вважаємо, що колос контактує з ним усією площиною.

Можливі два випадки, у першому П I (1) колос контактує з обтічником гранню, у другому П II (2) - рубом, коли кількість зерен, що знаходяться в контакті,

вдвічі менша. У варіанті ПІІ колос ударяється торцем об поверхню обтічника. Вектор швидкості руху жнивarki спрямований вздовж осі колоса.

Так як колос до удару нерухомий, то спочатку удару його швидкість дорівнює швидкості руху комбайна V_k , отже, $V_{n1} = V_k$; а $V_{n2} = V_{n1} \cdot K$.

Контакт колосу з обтічником у положеннях ПІІ та ПІV відбувається під кутом до вектора швидкості, але в межах кута тертя, що є характерним для косого удару. Раніше [17] показано, що чисельні значення V_{n1} і $V_{\tau1}$ залежать від $V_{n1} = V_k$ і кута нахилу площини обтічника, тобто $V_{n1} = V_1 \cdot \cos\varphi$; $V_{\tau1} = V_1 \cdot \sin\varphi$, тоді

$$V_{\tau2} = V_{\tau1} \pm f \cdot V_{n1} \cdot (K - 1) \quad (2.2.)$$

Швидкість V_2 дорівнює:

$$V_2 = \sqrt{(V_{n2})^2 + (V_{\tau2})^2} \quad (2.3.)$$

Зробимо відповідні перетворення виразу (2.1.), з урахуванням того, що удар під кутом у межах кута тертя і отримаємо

$$T = \frac{m}{2} \left((V_1 \cdot K \cdot \cos\varphi)^2 + (V_1 \cdot \sin\varphi + f \cdot V_1 \cdot \cos\varphi \cdot (K + 1))^2 \right), \quad (2.4.)$$

Визначення величини виділеної енергії виконували за виразами (2.2.) та (2.4.) у програмі Microsoft Excel 2019.

2.2.2. Результати розрахунку енергії удару, отриманої у першій фазі колосом

Розрахунки були виконані для різних варіантів контакту колосків з обтічником. Від властивостей матеріалу, з якого виготовлений обтічник, зависитиме коефіцієнт відновлення та, отже, швидкість руху зерна після контакту.

Оцінимо вплив характеристик наступних матеріалів, які передбачалося використовувати для виготовлення обтічника: сталь, пластик над високомолекулярний (СВМПЕ) та чорний керамопласт. На рис. 2.3. показана енергія, що отримується колосом при контакті з обтічником, виготовленим із сталі, а на рис. 2.4. - з обтічником із над високомолекулярного поліетилену (СВМПЕ) при різній швидкості руху.

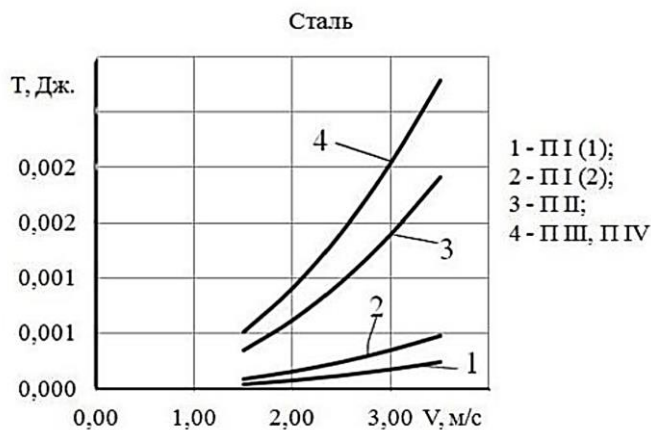


Рис. 2.3. Енергія, отримана при контакті колосу з обтічником зі сталі

Як видно з наведених на рис. 2.3. і рис. 2.4. залежностей та виразу (2.4.), зміна величини енергії при контакті колоса з поверхнею обтічника по лінії, на якій вектор швидкості жнивarki збігається з радіусом кривизни, в межах кута тертя, залежить від швидкості руху агрегату, коефіцієнта відновлення, кількості зерен у колосі, що безпосередньо контактують з ним.

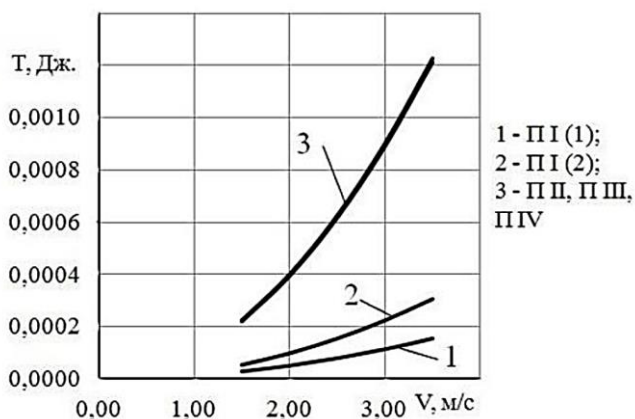


Рис. 2.4. Енергія, отримана при контакті колосу з обтічником із високомолекулярного поліетилену

Максимальна кількість енергії, отримана колосом при його торці, що контактує з обтічником, або при ударі під кутом в межах кута тертя. Після удару об сталевий обтічник швидкість колоса буде вищою, ніж після удару об пластик, оскільки коефіцієнт відновлення більший.

Порівнюючи дані, отримані теоретичним шляхом, з даними наведеними в літературі [58], про величину роботи, що витрачається на виділення одного зерна з колосу озимої пшениці, значення якої змінюється в залежності від термінів збирання та погодних умов 0,0066-0,0086 Дж, бачимо, що величина енергії,

витрачена при ударі у першій фазі, практично не впливає на величину його втрат.

2.2.3. Рух колосків озимої пшениці по обтічнику очісувального пристрою

Після зіткнення колоса з обтічником він починає рухатися і притискається до поверхні наступними рослинами. При русі колоса може відбуватися відрив зерна під впливом сил тертя. Від виду матеріалу, з якого виготовлена поверхня контактуючого обтічника залежить величина коефіцієнта тертя колоса, що рухається по його поверхні. Оскільки сумарна дія сил на колос, який контактує з поверхнею обтічника не може бути визначена теоретично (рис. 2.5.) - розрахунок зусиль виконаний експериментальним шляхом.



Рис. 2.5. Візуальне подання взаємодії маси рослин з поверхнею обтічника

Зусилля, що виникає при русі по зовнішній поверхні обтічника, може бути визначено за наступною залежністю:

$$F_{\text{тр}} = P_{\text{н}} \cdot K_{\text{тр,дв.}}, \quad (2.5.)$$

де $P_{\text{н}}$ - зусилля, що розвивається при контакті колосу з поверхнею обтічника, Н;

$K_{\text{тр,дв.}}$ - коефіцієнт тертя між колосом і матеріалом з якого виготовлена поверхня контактуюча обтічника.

Чисельні значення $P_{\text{н}}$ та $K_{\text{тр,дв.}}$ визначали експериментально.

2.3. Методи застосування математичної моделі процесу руху зерна в транспортному каналі

У роботах [37, 33] показано, що рослини, що збираються, після контакту з обтічником та рухи по його поверхні сходять в зону очісу під дією пружних сил стебла і їх колосся взаємодіють з очісувальними зубами.

За допомогою запропонованих математичних моделей визначали координати контакту колоса з очісувальними зубом та швидкість руху зерна при сході з зуба, які залежать від параметрів рослин і властивостей міцності колосу і зерна, частоти обертання барабана, положення обтічника. Втрати зерна у разі його контакту з внутрішньою поверхнею обтічника можуть виникнути, якщо проекція його швидкості на вісь y , менша за швидкість витання (зони I, II, III див. рис. 1.11.) [29].

При очісуванні хлібостою одно-барабанною жнивваркою можуть мати місце два випадки руху зерна після відриву від колосу:

- зерно рухається по зубу з наступним сходом з нього;
- пряме відбивання та подальший рух по транспортному каналі, якщо цьому явищу не перешкоджають колосся і стебла інших рослин, що контактують із зубом.

Як перший, так і другий випадок можуть мати місце у будь-якій точці контакту колоса.

При русі продуктів очісування в транспортному каналі можливі ситуації, коли вони можуть неодноразово стикатися з його внутрішньою поверхнею. В результаті такого зіткнення знижується швидкість руху, особливо одного з найважливіших компонентів - зерна, його напрямок руху, що, зрештою, може призвести до втрат. Процес контакту зерна з внутрішньою поверхнею транспортного каналу може бути представлений на основі гіпотези Ньютона сухого тертя [52]:

$$V_{\tau 2} - V_{\tau 1} = \pm f \cdot (V_{n2} - V_{n1}), \quad (2.6.)$$

де $V_{\tau 1}$, V_{n1} , $V_{\tau 2}$, V_{n2} - проекції швидкості зерна до і після удару, м/с;

f - коефіцієнт тертя зерна.

При неодноразовій взаємодії зерна з транспортуючим каналом очисного пристрою визначити його подальшу траєкторію руху на основі використовуваних методів в системі САД («MathCad») практично неможливо, так як при цьому можливий повторний контакт з зубами очісувального барабана. Для усунення цього явища пропонується поєднання методів САД та САЕ. Ці методи та математичні моделі, розроблені в [37], використані нами для визначення параметрів та режимів роботи очисних жниварок. Сутність його полягає в тому, що отримані в результаті розв'язування рівнянь (1.17.) у пакеті програм «МВТУ» та (1.13.) «MathCad» є вихідними даними при визначенні розмірів і форм основних робочих органів приладів при її проектуванні в пакеті програм «КОМПАС» [29].

Розглянемо застосування цього на конкретному прикладі, представленому на рис. 2.6. Тут наведені, розглянуті вище, окремі можливі варіанти руху зерна в момент його очісування та сходу із зуба.

Точка відскоку збігається з точкою контакту T_1 (рис. 2.6). Величина та напрямок вектора швидкості в момент сходу в точці B_1 істотно відрізняються від названих параметрів у точці B_1 . Третій випадок відрізняється від другого тим, що відрив зерна від колоса відбувається на початку зуба. При цьому зуб повернеться із зерном, що рухається по ньому, від кута початку очісу на кут $\omega \cdot t_2$, точка сходу з нього зерна максимально наблизиться до зони входу в ложішнека, тобто вже на цьому етапі дослідження процесу очісу можна робити попередні висновки про перевагу того чи іншого варіанта.

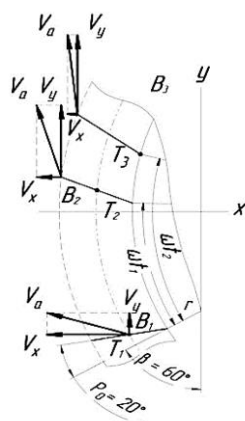


Рис. 2.6. Напрямок векторів швидкості зерна та їх проекцій на осі x та y в

момент його сходу із зуба при $\beta = 60^\circ$: T_1, T_2, T_3 - точки контакту колоса відповідно: в середній частині зуба з відскоком зерна; у середній частині зуба, з рухом зерна по ньому; на початку зуба, з рухом зерна по ньому

Дані про координати зерна після його відскоку або сходу із зуба, а також величину і напрям вектора швидкості використовували для визначення траєкторії руху в каналі транспортному жнивarki. Витрату повітря визначили експериментально. Режими повітряного потоку визначали для трьох типів форм очісувальних барабанів при їх різних частотах обертання. Значення швидкості повітряного потоку було необхідне для визначення параметрів руху зерна за виразом (1.16.).

Вирішення системи рівнянь (1.16.) здійснювали в пакеті програм MathCad. Результати вирішення виводяться як графіків $F = y(x)$; $F = y(t)$; $F = x(t)$; $F = V_x(t)$; $F = V_y(t)$; $F = \frac{d^2}{dt^2} x(t)$; $F = \frac{d^2}{dt^2} y(t)$. Моделювання проводили для випадку, коли колос контактує із зубом у точці, розташованій у його середині, при куті початку очісування 1,047 рад. У цьому прикладі лінію внутрішньої поверхні обтічника радіусом 0,5 м будували на графіку $F = y(x)$, за допомогою якої визначали можливе місце контакту зерна з ним (рис. 2.7). Перетин траєкторії руху зерна та контуру внутрішньої поверхні обтічника встановлювали, використовуючи інструмент «трасування» (рис. 2.7.).

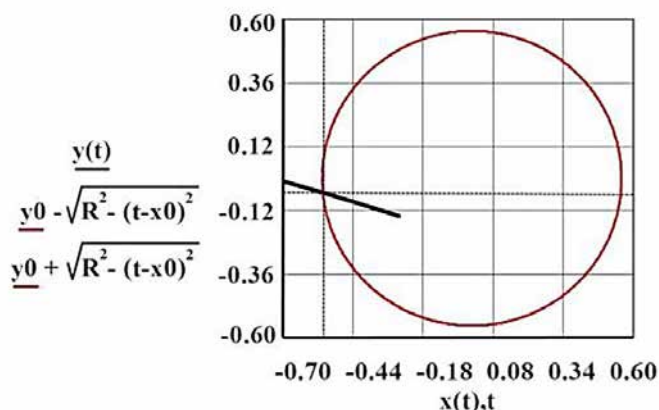
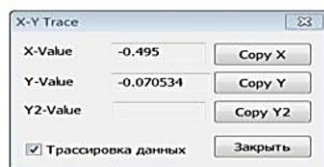


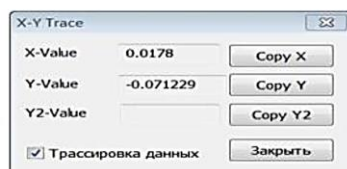
Рис. 2.7. Визначення місця взаємодії зерна із внутрішньою поверхнею обтічника за допомогою трасера

На графіку $F = y(t)$ (рис. 2.8. б) за допомогою трасера визначали

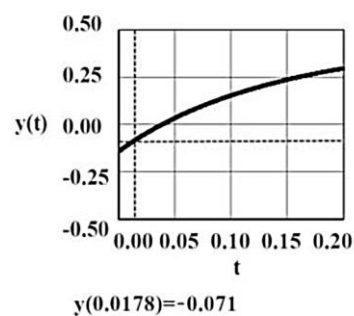
параметри точки перетину траєкторії та значення y (рис. 2.9).



а



в



б

Рис. 2.8. Визначення параметрів руху зерна в транспортувальному каналі жнивarki

Координати точки контакту знаходили за його активації (рис. 2.8. а). Час руху зерна до контакту з обтічником становив 0,178 с (рис. 2.8.). Проекцію швидкості зерна на вісь до його удару, рівну 3,725 м/с, визначили використовуючи відоме значення часу руху (рис. 2.9). Проекцію швидкості зерна $V_x = -11,98$ м/с визначили за наведеною вище послідовністю (рис. 2.10.).

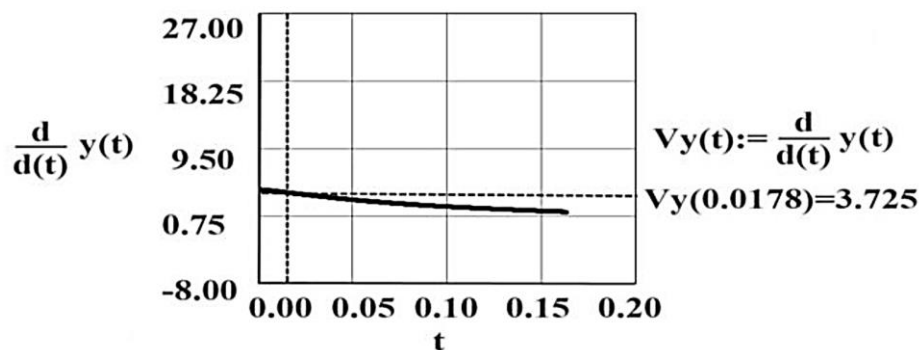


Рис. 2.9. Визначення проекції швидкості руху на вісь Y до удару

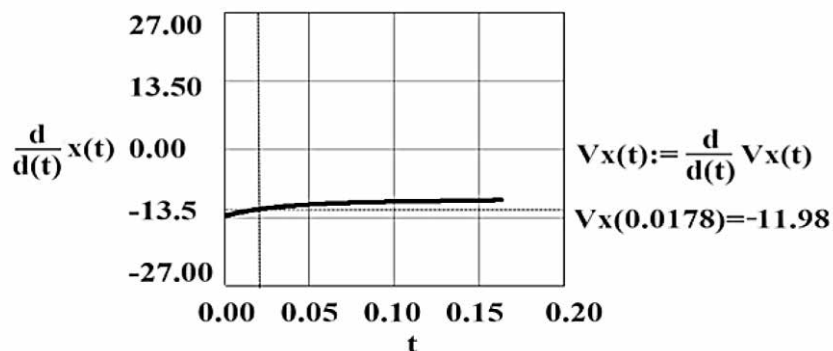


Рис. 2.10. Визначення проекції швидкості руху на вісь X до удару

Швидкість зерна до та після удару описується виразом (2.6.). Для визначення значень V_x , V_y відповідно до (2.6.) визначали чисельні значення V_{n1} ; $V_{\tau1}$. Подальше визначення параметрів виконували у пакеті програм САЕ. На рис. 2.11. наведено параметри зерна при контакті з обтічником.

При побудові в пакеті програм «КОМПАС» параметрів жнивarki та параметрів руху зерна (рис. 2.11.) визначаємо графічно, використовуючи дані, отримані в «MathCAD» і зображені на малюнках 2.7.–2.10:

$$V_1 = (V_x^2 + V_y^2)^{0,5} = ((11,98)^2 + (3,73)^2)^{0,5} = 12,48 \text{ м/с}$$

Так як $\delta = \arcsin V_y/V_1 = 0,297$ рад.; $\gamma = \arcsin y/R_{\text{обт}} = 0,140$ рад.,

де $R_{\text{обт}}$ - радіус кривизни внутрішньої поверхні обтічника, м то:

$$V_{n1} = V_1 \cdot \cos(\delta \pm \gamma) = 12,48 \cdot \cos(0,297 + 0,140) = 11,26 \text{ м/с}$$

$$V_{\tau1} = V_1 \cdot \sin(\delta \pm \gamma) = 12,48 \cdot \sin(0,297 + 0,140) = 5,27 \text{ м/с}$$

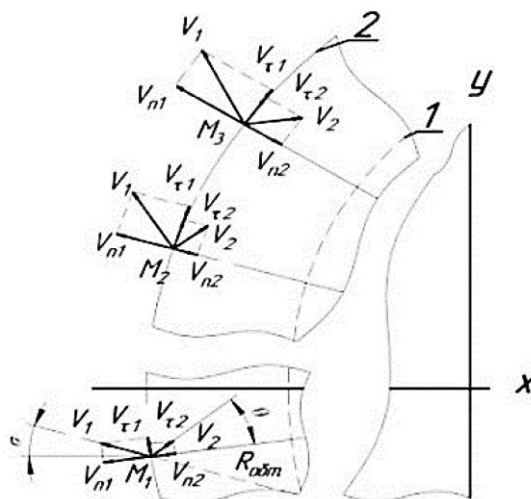


Рис. 2.11. Параметри зерна до та після контакту з внутрішньою поверхнею обтічника: 1 - лінія дуги, що описується кінцями очісувачих граблин; 2 - лінія внутрішньої поверхні обтічника; M_1 ; M_2 ; M_3 - точки контакту зерна з внутрішньою поверхнею обтічника при сході із зуба на його початку, середині та наприкінці

При розташуванні точки контакту зерна нижче осі X кут між вектором V_1 і V_{n1} дорівнює $(\delta + \gamma)$, в іншому випадку $(\delta - \gamma)$.

Параметри швидкості після удару з врахуванням (2.9.):

$$V_{n2} = K \cdot V_{n1} = 0,5 \cdot 11,26 = 5,63 \text{ м/с}$$

$$V_{\tau 2} = \pm f \cdot V_{n1} \cdot (K - 1) + V_{\tau 1} = 3,52 \text{ м/с}$$

Тоді

$$V_2 = \sqrt{V_{n2}^2 + V_{\tau 2}^2} = 6,64 \text{ м/с}$$

Тоді при розташуванні точки контакту нижче осі X

$$\theta + \gamma = \arccos(V_{n2}/V_2) + \gamma = 0,558 + 0,140 = 0,698,$$

де $(\theta + \gamma)$ є кут нахилу вектора швидкості зерна після відскоку від обтічника.

На рис. 2.11. наведено варіанти, в яких при постійному куті початку очісу, залежно від місця контакту колосу з поверхнею зуба та точки його сходу, визначено швидкість руху зерна після його відскоку від поверхні обтічника в точках M_1 , M_2 та M_3 .

Нижче наведено результати руху зерна з точки M_1 до його влучення в ложе шнека проєкції швидкості V_2 на осі X і Y:

$$V_{2x} = V_2 \cdot \cos(0,698) = 5,09 \text{ м/с}$$

$$V_{2y} = V_2 \cdot \sin(0,698) = 4,27 \text{ м/с}$$

Швидкості V_{2x} , V_{2y} підставляли систему рівнянь (1.16.). Як видно з рис. 2.11., траєкторія руху зерна після відскоку з точки M_1 буде спрямована вгору і в бік барабана, що очісує (лінія 1, рис. 2.12.). При зіткненні з зубами барабана, що очісує, зерно повторно відскочить від них і по траєкторії, обчисленої за рівнянням (1.16.), знову зіткнеться з внутрішньою поверхнею обтічника в точці M_3 . Аналогічно визначили траєкторію руху (лінія 3, рис. 2.12.) зерна в точці M_3 .

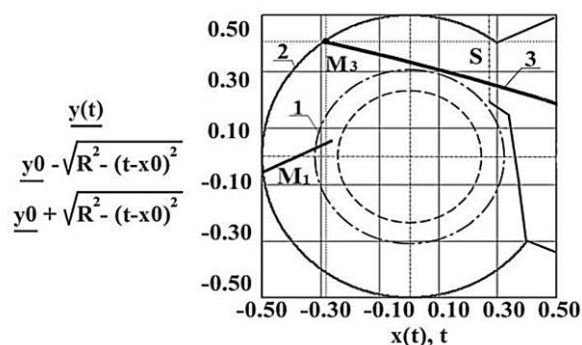


Рис. 2.12. Варіант схеми руху зерна, за якого забезпечується його доставка у міжвитковий простір шнека

Розроблений метод проектування одно-барабанного очисного пристрою

проілюстрований на прикладі, коли обтічник жниварки і очисні зубці жниварки виконані зі сталі, а культура, що прибирається, пшениця. Як показали результати експериментальних досліджень, для проектування універсальних очисних пристроїв, зайнятих на збиранні різних видів культур, необхідно мати інформацію про їх фізико-механічні характеристики.

У робочій зоні очисної жниварки знаходиться зерно, половно- соломисті фракції з різними характеристиками, що характеризують їх пружні властивості, швидкість витання. Розроблені вище математичні моделі руху продуктів очісу можуть використовуватися тільки при оцінці руху кожної фракції окремо, так як в них вводяться дані компонент вороху, що характеризують їх коефіцієнт тертя, пружні властивості і швидкості видання. Проведені обчислення показали, що при очісуванні через пружні властивості та меншу парусність зерно після відскоку від зуба отримує більш високу швидкість, ніж інші компоненти. При попаданні в транспортуючий канал, переміщаючись з великою швидкістю, воно може гальмуватися компонентами, що мають меншу швидкість. Якщо швидкість зерна після контакту буде нижчою за швидкість витання, то можлива його втрата. Цього явища можна уникнути, якщо швидкість зерна разом з компонентами вороху буде вищою за швидкість витання. Цю швидкість можна визначати як середню швидкість руху вороха, що обчислюється на основі закону збереження кількості руху [17].

2.4. Математична модель визначення середньої швидкості руху вороху в транспортному каналі

Параметри руху різних компонентів вороху в каналі, що транспортує, залежать від кута початку очісу, який визначається мінімальною висотою рослини, що очесається, висотою розташування жниварки, положенням обтічника, швидкості обертання барабана, форми його поверхні і транспортуючого каналу. Тому для визначення параметрів руху кожної компоненти вороху необхідно обчислити швидкість її руху в каналі, що транспортує, починаючи рішення з визначення точки взаємодії колоса з

очісуючим зубом, обчислення параметрів його руху по зубу і сходу з нього.

При цьому, як зазначалося раніше, результати розв'язання попередньої системи рівнянь є вихідними даними для наступних.

Швидкість руху частинок вороху по зубу V_{cp} , окружна V_e і кутова ω обертового очисного барабана визначають кут $\omega \cdot t$, на який повернеться зуб з ворохом, що рухається по ньому, а отже, і координати точки його сходу, а також вектор абсолютної швидкості V_a . Ці параметри руху вороха в момент сходу з зуба є вихідними даними для визначення його подальшого переміщення в каналі, що забезпечують попадання в ложі інтегруючого шнека і виключення втрат p , збираного матеріалу.

Переносна швидкість потоку вороху дорівнює

$$V_B = \omega \cdot \sqrt{(r_0 \cdot \cos\varphi_0 + L)^2 + (r_0 \cdot \sin\varphi_0)^2}. \quad (2.7.)$$

Абсолютна швидкість потоку вороху в момент його сходу із зуба, нахилоного вперед по ходу обертання, визначиться з наступної залежності:

$$V_{a.cp} = \sqrt{V_{r.cp}^2 + V_B^2 + 2 \cdot V_{r.cp} \cdot V_B \cdot \sin \frac{r \cdot \sin\varphi_0}{R}}. \quad (2.8.)$$

На підставі даних, отриманих за виразом (2.7.), підставлених у (1.16.), визначаємо траєкторію руху кожної компоненти в каналі, що транспортує.

При русі різномірних частинок в потоці вони взаємодіють один з одним. В результаті зерно, що рухається з більшою швидкістю при його контакті з половинистими та соломистими фракціями, віддає їм частину кількості руху відповідно до закону збереження кількості руху. Тоді, якщо обчесаний ворох включає у своєму складі n фракцій, з них m_1 зерна і m_2 статі, інших m_i , то його середня швидкість може бути визначена з виразу:

$$V_{r.cp} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot V_{r.i}}{\sum_{i=1}^n m_i} = \frac{(m_1 \cdot V_{r1} + m_2 \cdot V_{r2} + \dots + m_n \cdot V_n)}{(m_1 + m_2 + \dots + m_n)} \quad (2.9.)$$

У виразі (2.9.) замість мас фракцій можна ввести їх часткове співвідношення, прийнявши за одиницю частку зерна.

Якщо отримане значення середньої швидкості руху, а значить і швидкість руху зерна, буде більшою за швидкість його витання, то втрати будуть виключені.

2.5. Результати використання даних для управління збиральним агрегатом

У вироблюваних нині очисних жниварок барабани забезпечені 8-10 рядами зубів. Для адаптації очисних пристроїв до характеристик хлібостою, що прибирається, вони забезпечені пристроями, що забезпечують зміну висоти розташування жниварки, нижньої кромки обтічника, очисного барабана і частоти його обертання. Якщо висота рослин змінюється в широкому діапазоні (20% і більше), то розташування нижньої кромки обтічника (рис. 2.13.) визначиться залежно від [31]:

$$h_{\text{обт.}} = h_2 \leq h_{\text{ц.б.}} = r + l \cdot \cos P_0 + h_3. \quad (2.10.)$$

де $h_{\text{обт.}}$ - висота від нижньої кромки обтічника до поверхні поля, м;

h_2 - довжина мінімального стебла рослини, що забирається, м;

$h_{\text{ц.б.}}$ - відстань від центру барабана до поверхні ґрунту, м;

h_3 - відстань від кінця зубів барабана до поверхні ґрунту, м;

l - довжина зуба, м;

r - радіус очисного барабана, м;

P_0 - кут нахилу зуба, проведений до радіусу барабана, рад.

Висота установки жниварки залежить від довжини мінімального за висотою стебла рослини. Якщо при заданих значеннях радіуса барабана та довжині зуба опустити жниварку нижче неможливо, тоді для забезпечення основної умови $h_{\text{обт.}} = h_2$ буде зменшений кут початку очісування β . З виразу (2.10.) випливає:

$$\beta = \arccos((r + l \cdot \cos P_0) + h_3 - h_2 / (r + l \cdot \cos P_0)), \quad (2.11.)$$

Зменшення кута початку очісу рослин малої довжини, практично, не вплине на режим очісу при попаданні їх на зуб барабана жниварки, розташування якої по висоті залишається незмінним. При цьому кут нахилу стебел рослин, що мають максимальну довжину, значно зменшиться, а точка закріплення їх у ґрунті зміститься назад щодо вертикальної осі, що проходить через центр барабана жниварки. Якщо при цьому, як уже зазначено вище, підняти жниварку неможливо, то виникає ймовірність контакту з барабаном рослини максимальної

довжини не колосом, а стеблом.

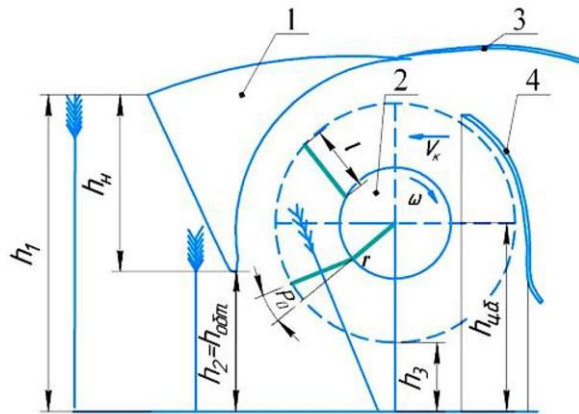


Рис. 2.13. Схема контакту рослин, що забираються, мають різну довжину з очісуючими зубами барабана: 1 - обтічник очисного пристрою; 2 - очісуючий барабан із зубами; 3 - корпус жниварки; 4 - поверхня, що утворює ложе шнека

Удари по стеблі, колос якого знаходиться на початку транспортуючого каналу, але не контактує з зубом, що очісує, викликають його коливання, що призводять до вимолочування зерен та їх втрат. Розглянуті режими роботи жниварок є граничними для їх застосування. Для визначення граничних режимів роботи жниварок, що вже перебувають в експлуатації, та обґрунтування параметрів та режимів роботи новостворених, призначених для збирання культур із заданими характеристиками та діапазоном їх варіювання, пропонується метод, що базується на застосуванні систем САЕ («Компас»).

При його застосуванні найбільш складно визначити параметр h_3 , так як положення нижньої кромки обтічника визначається висотою стебла рослини мінімальної довжини, значення якої візуально визначити дуже складно через специфічну форму корпусу жниварки і не існує методу визначення h_3 і $h_{обт}$ при високому ступені ярусності рослин. Необхідність правильного вибору значення h_3 впливає з умови виключення контакту зубців барабана, що очісують, з поверхнею поля при русі прибирального агрегату. У той самий час, якщо величина h_2 , що характеризує стебло мінімальної довжини досить мала, то дотримання першої частини виразу $h_{обт} = h_2$ необхідно опустити обтічник, що призведе до зменшення кута початку очісування b .

При фіксованому значенні вологості хлібостою, його некерованими

характеристиками будуть ярусність (нерівномірність рослин за висотою) та її нерівність на окремих ділянках поля. Тим часом, при проведенні досліджень на одному полі за визначенням ступеня нерівномірності рослин за висотою для одного сорту в межах окремих його ділянок, було з'ясовано, що чим більша висота рослин, що мають максимальну довжину, тим більші й лінійні розміри рослин мають мінімальну довжину.

Можливість використання названих систем для сформульованих вище цілей перевіряли шляхом моделювання процесу очісу озимої пшениці на реальному полі, характеристики хлібостою якого було визначено відповідно до методики [16]. Отримані дані показали, що на досліджуваному полі має місце ярусність хлібостою. Явище ярусності спостерігається і інших полях. На величину ярусності впливають природні та технологічні фактори. Розміри зовнішньої поверхні обтічника та розташування його нижньої кромки щодо поверхні поля при проектуванні необхідно визначати виходячи з максимальних та мінімальних значень висотирослин [21, 28].

На рисунках 2.14., 2.15. показані дані, отримані при моделюванні процесу очісу жнивркою в точках B_{10} і A_6 . Взаємні параметри розташування робочих органів жнивarki визначали на математичних моделях, пакетах програм «МВТУ» та «MathCad», а їхнє взаємне розташування в пакеті програм «Компас». Виконані процедури щодо побудови конкретної ситуації взаємного розташування рослин та кромки обтічника наведено на рис. 2.14.

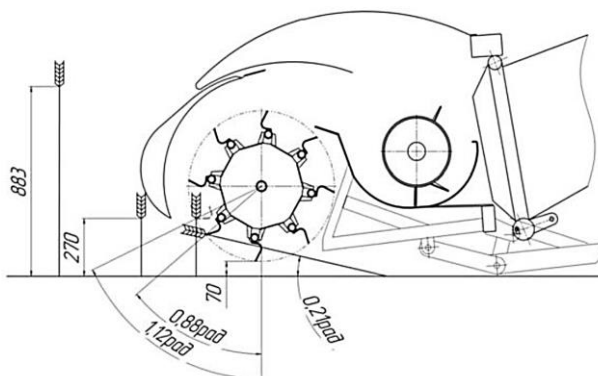


Рис. 2.14. Взаємне розташування обтічника та робочих органів барабана з розмірами рослин, що забираються в точці A_6

Якщо стебла мінімальної довжини рослин дорівнюють 0,27 м, а кут початку їх очісу b , дорівнює 1,12 рад., то зерно, виділене з їх колосків, потрапить у канал жнивarki, що транспортує. Зерно з колосків рослин верхнього ярусу, в цьому випадку буде втрачено, внаслідок вібрацій, викликаних ударами по їх стеблах зубцями барабана (рис. 2.14.). Для уникнення ударів по стеблах рослин максимальної довжини необхідно підняти всю жниварку. Однак якщо при цьому стебла рослин мінімальної довжини залишаться колишніх розмірів, то ймовірні втрати зерна при їхньому очісуванні. При збереженні ступеня ярусності масивам, що збирається, але загальному збільшенню їх довгі проблема, що виникла в розглянутому вище випадку, дозволяється шляхом підняття жнивarki з положення I в положення II, де I і II поверхня ґрунту (рис. 2.15.).

Очіс мінімальної за висотою рослини, що знаходиться на ділянці B_{10} , при куті початку очісу, дорівнює 1,57 рад.

При сході рослини максимальної довжини з обтічника, його стебло нахилено на кут 0,21 рад. При такому положенні жнивarki та обтічника умови очісування будуть однаковими, як на ділянці B_{10} так і A_6 , за збереження очісуванні мінімальних за висотою рослин без втрат. При підйомі жнивarki на 0,22 м кут нахилу стебла 2.2 (рис. 2.15.) становитиме 0,35 рад.

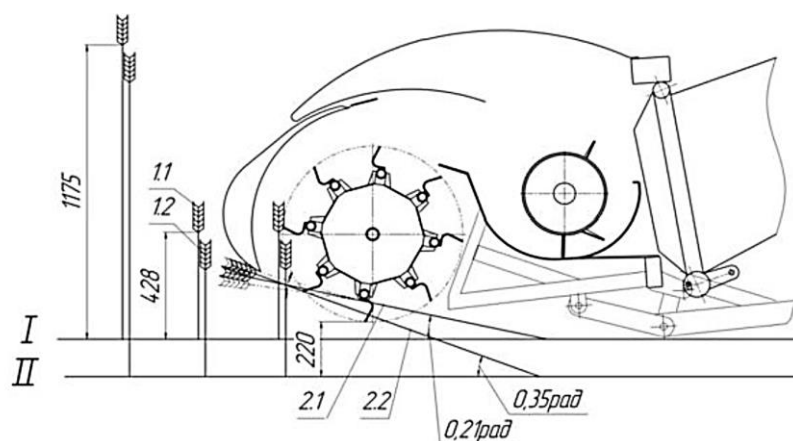


Рис. 2.15. Очісування рослин, проби взятої на масиві, що збирається на ділянці B_{10}

В результаті його стебло прослизатиме в щілини між зубами, не

стикаючись з корпусами граблин, що забезпечить нормальне протікання очісу. Як видно при зміні характеристик, відповідних ділянкам A_6 і B_{10} , в таких умовах параметри та режими жнивarki залишаються незмінними, крім її висоти над поверхнею поля.

У роботі показано, що зміна кута нахилу зубів, що очісують, вперед по ходу руху їх обертання змінить напрямок траєкторії руху зерна післясходу з них в ту ж сторону, що забезпечує подачу зерна з колосків рослин максимальної довжини в ложі шнека. Як видно з виразу (2.10.), якщо перерахованих заходів недостатньо, то при проектуванні жнивarki необхідно збільшити діаметр барабана. При очісуванні рослин культур, що збираються, підвищеною вологістю коефіцієнт відновлення зерна знижується, в результаті буде знижуватися і швидкість його після відскоку від зуба, що може викликати то при проектуванні жнивarki необхідно збільшити діаметр барабана. При очісуванні рослин культур, що забираються, підвищеною вологістю коефіцієнт відновлення зерна знижується, в результаті буде знижуватися і швидкість його після відскоку від зуба, що може викликати то при проектуванні жнивarki необхідно збільшити діаметр барабана. При очісуванні збираючих рослин культур, підвищеною вологістю коефіцієнт відновлення зерна знижується, в результаті буде знижуватися і швидкість його після відскоку від зуба, що може викликати вати втрати. Для усунення втрат такого виду необхідно збільшувати частоту обертання очісувального барабана.

З наведеної вище послідовності дій оператора при роботі комбайна з очісувальною жнивarkою на полі, рослини, розташовані на окремих ділянках якого, відрізняються за максимальною і мінімальною довжиною впливає, що для забезпечення оперативного управління параметрами та режимами роботи жнивarki вона повинна мати пристрої, що забезпечують отримання поточної інформації:

- про висоту розташування очісувального барабана щодо поверхні поля;
- про висоту розташування нижньої кромки обтічника щодо горизонтальної площини, що проходить через центр барабана;

- приладу, що візуально відображає частоту обертання барабана та датчиків втрат, змонтованих на зовнішній з боку барабана стінці ложа шнека;
- приладу, що візуально відображає чисельне значення величини кута нахилу очісувальних зубів;
- запропоновано спосіб передачі навантаження від жнивarki, навішеної на похилу камеру комбайна, що забезпечує копіювання поля, при гарантованому виключенні контакту зубців барабана, що очісують, з його поверхнею [48].

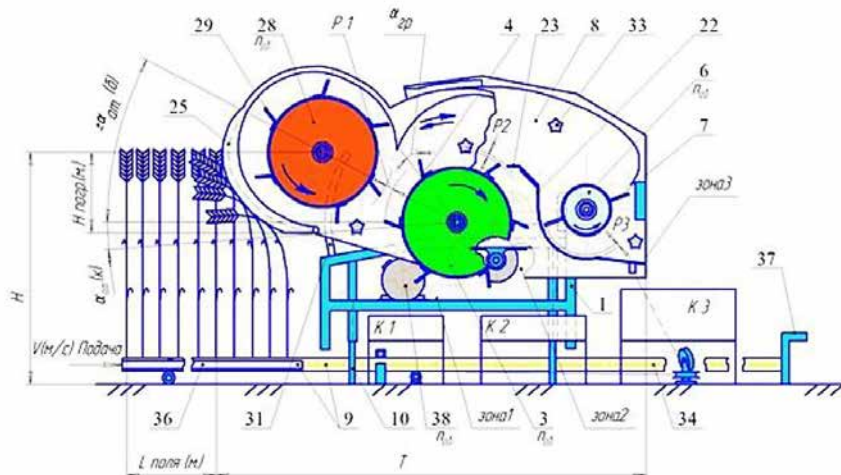
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ОЧІСУЮЧОЇ ЖНИВАРКИ

3.1. Методика проведення досліджень процесу очісування у лабораторних умовах

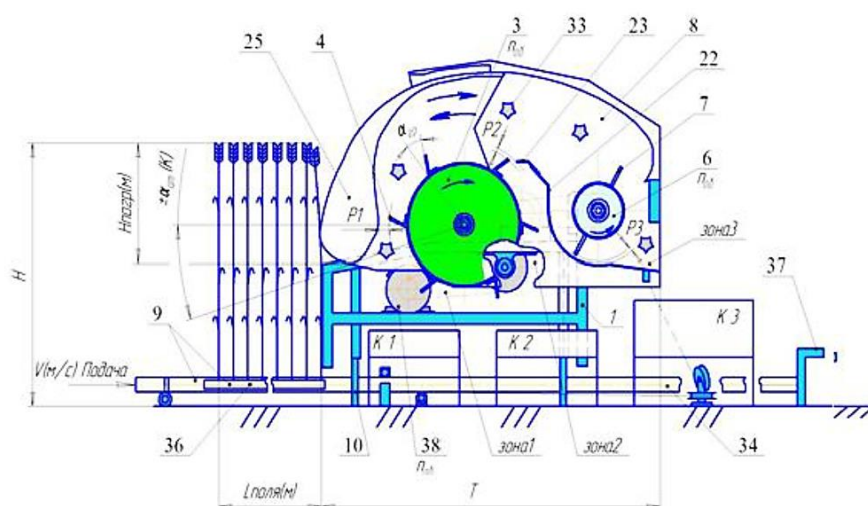
Виконані теоретичні дослідження дозволили встановити необхідність створення очісувального барабану зі змінним кутом нахилу зубців, оперативної зміни висоти очісування та положення переднього кожуха відповідно до змінної висоти очисних рослин, а також зміни числа обертів барабана при збиранні хлібів зв'язку зерна з колосом. Провести перевірку розроблених положень у реальних умовах виробництва у достатніх обсягах, що гарантують їх достовірність, економічно недоцільно, тому нами була розроблена конструкція лабораторної установки, що дозволяє здійснити експериментальні дослідження в необхідному обсязі в лабораторних умовах [32]. Схему лабораторної установки наведено на рис. 3.1.

Використання лабораторної установки дозволяє адекватно змоделювати, досліджувати та оцінити технологічний процес очісування хлібостою рослин зернових культур з різними характеристиками очісувальних пристроїв однобарабанного або двобарабанного виконання, встановити оптимальні параметри та режими технологічного процесу та визначити перспективи та напрямки його вдосконалення. Лабораторна установка [22] включає в себе раму 1, на якій встановлені на валу 2 зачісувачий барабан 3 зі знімними гребінками 4, на валу 5 шнек 6 з лопатками 7, корпус 8, поле 9, що біжить, для подачі рослин і привід. Рама 1 лабораторної установки забезпечена телескопічними стійками 10, що забезпечують можливість регулювання висоти розташування рами 1 і очісувального барабана 3 відносно поверхні поля (грунту). Очісувальний барабан 3 може мати циліндричну форму або виконаний граненим.

Знімні гребінки 4 (рис. 3.2.) 4 можуть бути закріплені на очісувальному барабані 3 жорстко - за допомогою різьбових з'єднань 11 або поворотно - з можливістю регулювання кута нахилу ($\alpha_{гр}$) щодо радіусу барабана 3 (рис. 3.2.).



а - у двобарабанному виконанні



б - в однобарабанному виконанні

Рис. 3.1. Лабораторна установка для перевірки результатів досліджень, отриманих на математичних моделях

У цьому випадку знімні гребінки 4 закріплені на втулках 12, які за допомогою хомутів 13 змонтовані на барабані 3. Кожна з втулок 12 обладнана повідцем 14 з пальцем 15, який пов'язаний з радіальним пазом 16 поворотного диска 17. Поворотний диск 17 з'єднаний з очісувальним барабаном 3 при ослабленому різьбовому з'єднанні нахилу знімних гребінок 4 до радіусу очісувального барабана 3 за допомогою радіальних пазів 16, пальців 15 і повідців 14 втулок 12.

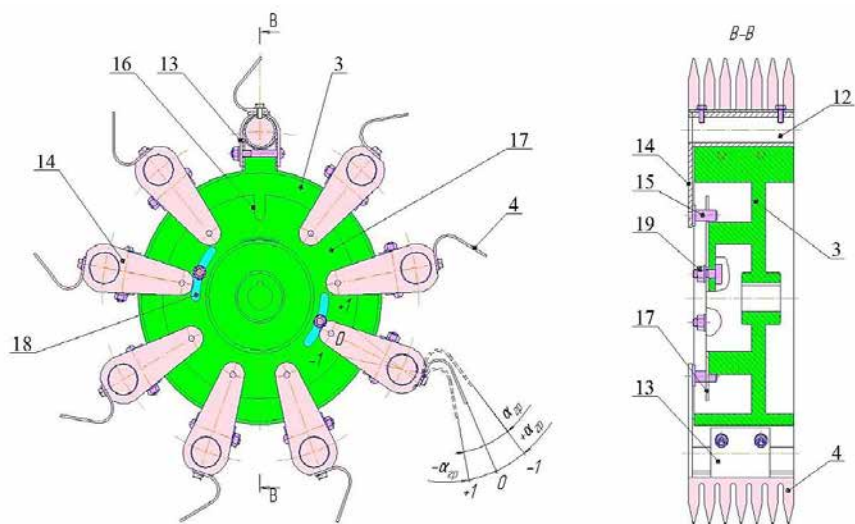


Рис. 3.2. Очісувальний барабан з гребінками зі змінним кутом нахилу очісувальних зубців

Привід лабораторної установки включає привід для обертання приймального 28, очісувальних барабанів 3 і шнека 6, і переміщення біжучого поля 9 для рослин. Привід приймального 28, очісувальних барабанів 3 і шнека 6 включає електродвигун 38, ланцюгові передачі з зірочками Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 і Z_5 . Зазначені зірочки Z_{1-5} виконані з фіксованим числом зубів. Для забезпечення можливості регулювання числа оборотів приймального 28, що очісує 3 барабанів і шнека 6 електродвигун 38 виконаний з регулятором оборотів його валу. У комплектацію лабораторної установки також включено додатковий набір змінних зірочок з числом зубів, відмінним від фіксованого значення.

Втрати вільним зерном і в колосках, а також всього обчесаного купи рослин накопичуються в контейнерах K_1 , K_2 і K_3 (рис. 3.1.).

Підготовка лабораторної установки здійснюється в такий спосіб. Згідно з прийнятою програмою досліджень комплектують лабораторну установку так: встановлюють необхідний тип барабана 3, закріплюють на ньому знімні гребінки 4 з необхідним кутом їх нахилу ($\alpha_{гр}$) до радіусу очісувального барабана 3 або регулюють його величину (рис. 3.2.); монтують необхідний передній поворотний кожух знімний 25 з (рис. 3.1. а) або без барабана 28 (рис. 3.1.б); регулюють і фіксують величини досліджуваних параметрів (зазорів) між поверхнею переднього поворотного кожуха 25 і знімними гребінками 4 очисного барабана 3

(P_1) або між гребінками 29 приймального 28 і гребінками 4 3 барабанів; регулюють і фіксують величину зазору між знімними гребінками 4 барабана, що очісувальний, 3 і рухомим щитком 23 ложа 22 шнека 6 (P_2); регулюють і фіксують величину зазору між лопатками 7 шнека 6 і ложе 22 (P_3). На брусі 34 поля, що біжить, 9 закріплюють за допомогою рейок 36 з притисками рослин, кількість і густину їх розміщення виробляють аналогічно з їх посівом в рядках на полі. Брус 34 з рослинами (рис. 3.1.) встановлюють уздовж лабораторної установки так, щоб початок хлібостою рослин контактувало з переднім її переднім поворотним кожухом 25, потім брус 34 стопорять обмежувачем 37 на полі (грунті). Другий кінець тягового троса 43 фіксують на одному зі шківів блоку 41. У гнізда 32 корпусу 8 і переднього поворотного кожуха 25 лабораторної установки монтують спеціальні датчики 33 для вимірювання швидкості руху повітряного потоку. Відповідно до висоти рослин хлібостою ($H_{\text{хліб}}$), за допомогою телескопічних стійок 10, встановлюють і фіксують глибину занурення ($H_{\text{погр}}$) переднього рухомого кожуха 25 у хлібостій, його кут атаки ($\alpha_{\text{ат}}(K)$) та кут атаки ($\alpha_{\text{ат}}(б)$) приймального барабана 28. У зонах 1, 2 і 3 лабораторної установки встановлюють порожні контейнери (K_1, K_2, K_3).

Працює лабораторна установка (рис. 3.1.) наступним чином. Включають електродвигун 38 приводу приймального 28 або 3 барабанів і шнека 6 і набирають номінальні обороти їх обертання ($n_{об}$), величину яких контролюють за допомогою тахометра. При цьому блок шнеків 41, завдяки його фрикційній муфті і обмежувачу 37 бруса 34 поля 9, що біжить, залишається нерухомим на валу 5 шнека 6. Одночасно знімають обмежувач 37 бруса 34 біжучого поля 9 і фіксують секундоміром тривалість. Після чого вимикають секундомір та електродвигун 38 приводу. Усі отримані в результаті досліду сходи (зона 1 - у контейнері K_1 , зона 2 - у контейнері K_2).

При налаштуванні параметрів лабораторної установки вимірювання проводили в трьох повторностях. Після цього, аналогічно вищеописаній послідовності, змінюють або регулюють величину одного з параметрів налаштування (зазорів) та продовжують досліди.

3.2. Методика визначення характеристик повітряного потоку в зоні очісування та транспортувальному каналі очисної жнивarki

Швидкість руху обчісувального вороху залежить від енергії, отриманої при контакті з зубами обчісувального барабану і швидкості повітряного потоку, що розвивається ним. Інформація про швидкість повітряного потоку, а також залежність її зниження необхідна для розрахунку за математичними моделями та знаходження значень середньої швидкості руху очісувального вороху.

3.3. Результати проведення експериментальних досліджень процесу очісування пшениці на лабораторній установці

Для перевірки результатів теоретичних досліджень, виконаних на теоретичних моделях, що описують процеси очісування зернових культур, провели камеральні дослідження на установці, схема якої захищена патентом на корисну модель [17] (рис. 3.3.).



Рис. 3.3. Загальний вид лабораторної установки з полем, що біжить, підготовленої до проведення експериментальних досліджень

Моделювання процесу очісування проводили на заготовлених снопах пшениці озимої сорту вологістю 11%, вологість визначали приладом «Willi-65». Підготовлені дослідів рослини закріплювали на рейці-імітаторі рухомого поля.

Висоту положення осі очісувального барабана 0,60 м і нижньої кромки переднього кожуха 0,39 м встановили щодо поверхні підлоги, що відповідає оптимальним умовам для даної висоти рослин 0,62-0,43 м. У процесі експерименту з прямостоячим хлібостоєм застосовували два типи барабанів: з

сильно розвиненою поверхнею, з механізмом зміни кута нахилу очисних зубів (рис. 3.4. а) та виконаним у формі восьмигранної призми з жорстко зафіксованими на ньому під кутом 0,35 рад. зубами (рис. 3.5.). На барабані першого типу при проведенні дослідів очісувальні зубці, фіксували під кутом нахилу 0,35 і 0,70 рад. при частотах його обертання 51 с^{-1} (490 об/хв) і 60 с^{-1} (570 об/хв) і швидкості поля, що біжить 2,4 м/с. При експериментах із восьмигранним барабаном змінювали лише частоту його обертання. Отримані дані представлені у табл. 4.1.

Таблиця 3.1.

Величина втрат при зміні параметрів очісувального пристрою (рівний хлібостій)

№ п/п	Частота обертання барабана, $n_{\text{оч.бар}}$, с^{-1}	Кут нахилу, α , рад.	Вологість, %	Вид барабана	Швидкість поля, м/с	Втрати, %
1	60	0,35	11,0	рег.	2,4	0,69
2	60	0,70	11,0	рег.	2,4	1,49
НСР _{0,05}	-	-	-	-	-	0,04
3	51	0,35	11,0	рег.	2,4	0,89
4	51	0,70	11,0	рег.	2,4	2,20
НСР _{0,05}	-	-	-	-	-	0,12
5	60	0,35	11,0	гран.	2,4	0,60
6	51	0,35	11,0	гран.	2,4	0,80
НСР _{0,05}	-	-	-	-	-	0,07

Аналіз таблиці 3.1. показує наступне. У першому досліді при куті нахилу очісувальних зубів 0,35 рад і швидкості рухомого поля 2,4 м/с режим роботи очисного пристрою сприятливий – втрати зерна при частоті обертання барабана 60 с^{-1} (570 об/хв) становили 0,69 %. У четвертому досліді при частоті обертання барабана 51 с^{-1} (490 об/хв) втрати дещо зросли до 0,9 %. Це пояснюється досить високим ступенем зв'язку зерна з колосом, тому для відокремлення зерна з колосу при його збиранні очісуванням при такій вологості хлібостою необхідно збільшити ударний імпульс, що досягається збільшенням кількості обертів барабана. При густоті рослин на полі 80 одиниць на погонний метр, швидкості його руху 2,4 м/с і частоті обертання барабана 570 об/хв в очісувальний паз,

щільну, найчастіше потрапляє одна рослина. Відносно низька швидкість подачі матеріалу та занижена густина рослин створюють умови для завищених втрат близько 0,7 % (дослід 1). На рис. 3.4. представлені кадри процесу очісування на лабораторній установці.

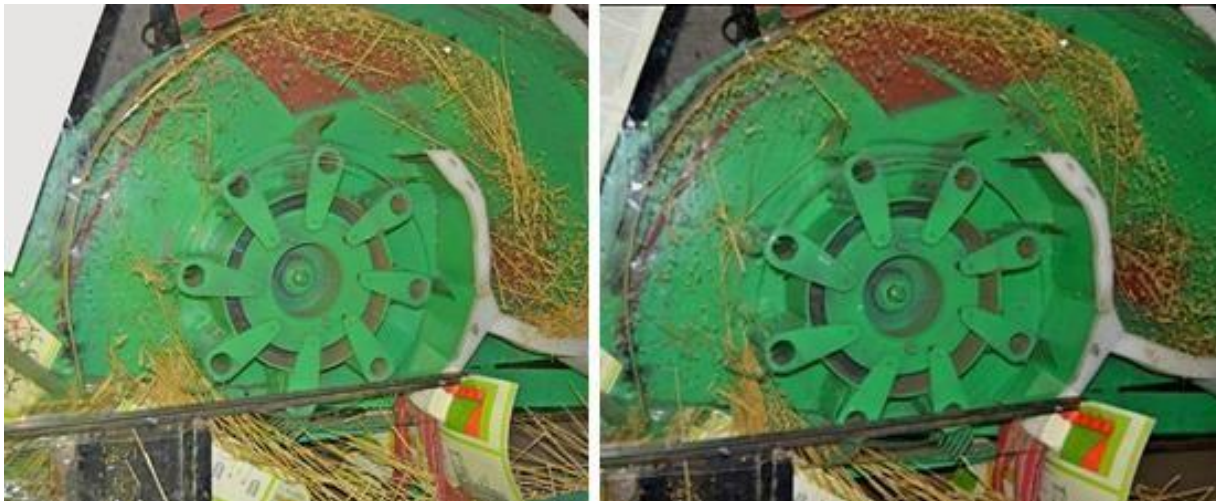


Рис. 3.4. Очісування озимої пшениці при частоті обертання барабана 60 с^{-1} (570 об/хв) і швидкості поля, що біжить 2,4 м/с (стоп-кадр)

У процесі проведення дослідів 2 і 4 при зміні кута нахилу очісувальних зубів на барабані першого типу від 0,35 до 0,70 рад., частоті його обертання 60 с^{-1} (570 об/хв) і швидкості поля 2,4 м/с втрати зерна зросли від 0,7 до 1,5 %, а при частоті обертання 51 с^{-1} (490 об/хв) від 0,9 до 2,2 %. Зростання втрат викликано зміною траєкторії руху зерна після його сходу із зуба в транспортувальному каналі очісувального пристрою. Траєкторія зерна при цьому, як показано в роботі [17], нахилена назад до горизонтальної площини, що збільшує ймовірність повторного контакту з очісувальними зубцями і затягування його в зазор між ними і передньою кромкою ложа шнека.

Досліди 6 і 7 проводили при збереженні режимів роботи, реалізованих у дослідях 1 і 2, але барабан першого типу замінили на восьмигранний з жорстко закріпленими на ньому очісувальними зубами (рис. 3.5.). Порівняння дослідів 1, 3 і 6, 7 показує, що зміна форми поверхні очісувального барабана, (рис. 3.4. і 3.5.) при збереженні його режиму та параметрів роботи не призводить до суттєвого збільшення втрат зерна.



Рис. 3.5. Очісувальний барабан у вигляді восьмигранної призми з вісьмома рядами зубів

Оцінку впливу зміни кута нахилу очисних зубів на величину втрат зерна перевіряли шляхом встановлення рослин озимої пшениці під кутом у напрямку руху поля, це показано на рис. 3.6. Режим роботи очісувального пристрою, зберегли таким же, як у досліді 1.



Рис. 3.6. Імітація полеглої хлібостою на полі

Дані експерименту представлені в таблиці 3.2. При очісуванні полеглих рослин, закріплених на полі, (табл. 3.2.), з тією ж щільністю рослин на погонний метр, що і в колишніх дослідях, зміна кута нахилу очісувальних зубів від 0,35 рад до 0,70 рад дозволило знизити величину втрат з 1,16 до 0,62%.

Таблиця 3.2.

Величина втрат при зміні параметрів очісувального пристрою (полеглий хлібостій)

№ досліду	$n_{\text{оч.бар.}}$ с-1	α , рад.	Вологість, %	Вид барабана	Швидкість біжучого поля, м/с	Втрати, %
1	60	0,35	11	рег.	2,4	1,16
2	60	0,70	11	рег.	2,4	0,62
НСР _{0,05}	-	-	-	-	-	0,10

Очевидно, що застосування барабана з регульованим кутом нахилу очісувальних зубців дозволить покращити показники роботи очісувальної жнивarki при збиранні полеглих хлібів і хлібів, які мають велику різницю по висоті рослин.

3.4. Результати очісування сорго зернового сорту та сорго цукрового на лабораторній установці

При впровадженні жнивarki в господарствах виник інтерес до можливості оцінки якості збирання жнивarkою такої культури як сорго. Однією з проблем при збиранні зернового сорго є те, що при досягненні зерном збиральної вологості 14-16% стебела залишаються ще з вологістю вдвічі вищою, до 30-40%. При збиранні жнивarkами суцільного зрізу зерно, яке спочатку мало збиральну вологість, після обмолоту в МСП комбайна з вологими стеблами збільшує її до 20% і потребує подальшої обробки на сушильних установках. Оскільки при очісуванні сорго відокремлюються тільки суцвіття та зерно, то після їх збирання очісуванням обробка на сушильних установках не потрібна. Якість очісування сорго відмінних за своїми властивостями та фізико-механічними характеристиками сортів: Зерноградське 53 та гібрида Слов'янське та сої Слов'янське [22] проводили на лабораторній установці, адаптованій для збирання зернових колосових культур. Перед проведенням досліджень визначили висоту рослин двох сортів сорго. У сорту Зерноградське 53 ярусність не перевищувала 0,20 м, а у сорту Слов'янське становила до 0,60 м. При цьому діаметр стебла відповідно в межах 0,004-0,008 м та 0,008-0,016 м у зоні контакту з очісувальними зубами.

Вологість зерна сорго визначали приладом Wille-65. При цьому діаметр стебла відповідно в межах 0,004-0,008 м і 0,008-0,016 м у зоні контакту з очісувальними зубами. Вологість зерна сорго визначали приладом Wille-65. При цьому діаметр стебла відповідно в межах 0,004-0,008 м і 0,008-0,016 м у зоні контакту із очісувальними зубами. Вологість зерна сорго визначали приладом Wille-65.

Очісування виконували на лабораторній установці (рис. 3.1.). Експерименти були проведені у триразовій повторності. На рис. 3.7. представлено фотографію процесу очісування сорту Зерноградське 53.

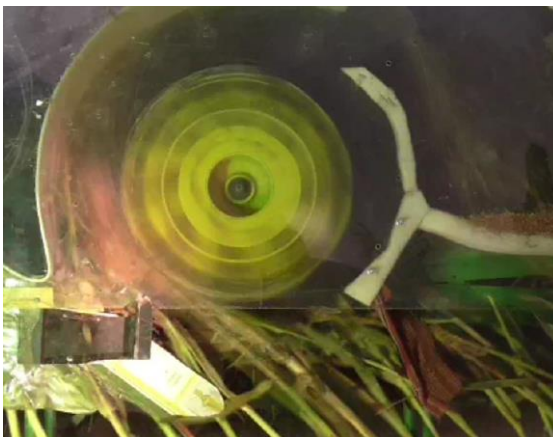


Рис. 3.7. Кадр відеозйомки експерименту з очісування сорго Зерноградське 53 на лабораторній установці

На рис. 3.8. показано рухоме поле з рослинами сорту сорго Слов'янське після їх очісування



Рис. 3.8. Стан рослин після очісування сорго сорту Слов'янське

З даних вимірів і фотографії видно, що рослини сорго сорту Слов'янське сильно відрізняються за висотою, товщиною стебел, що досягла 0,16 м, сильно вплинула на величину втрат також наявність бур'янів. Так як величина зазору між очісувальними зубами становила 0,008 м, то частина колосків були практично зрізані з рослин.

Частина колосків та їх фрагментів були втрачені при контакті із очісувальними зубами, через те, що мала місце велика різниця рослин по висоті (рис. 3.8.).

Очісаний ворох рослин сорту Зерноградське 53 складалася з вільного зерна та невеликої кількості фрагментів стебел і колосся. 3.9. б).



Рис. 3.9. Ворох, отриманий після очісування сорго: а - сорт Слов'янське поле 208; б - сорт Зерноградське 53; в - очищене зерно сорту Зерноградське 53

Як видно на рис. 3.9. б, частка соломистої фракції в очісаному вороху незначна. Властивості рослин сорго суттєво відрізняються від рослин пшениці, особливо за товщиною стебла та його міцністю. Суцвіття цих культур також має значні відмінності, оскільки зерно у колосі утримується після повної стиглості в основному лусочками, а сорго голозерне і тримається у волоті за рахунок зв'язку зерна з плодоніжкою. При цьому на якість процесу очісу впливає різниця рослин за висотою, товщиною їхнього стебла і силою зв'язку зерна сорго з мітелкою (табл. 3.3.) [42].

Таблиця 3.3.

Вміст компонентів в очісаному вороху порівнюваних сортів

№	Найменування показника	Значення показника по сортах	
		Зерноградське 53	Слов'янське поле 208
1	Маса очісаного вороху, кг	2,6	4,08
2	Маса зерна, кг	2,15	2,83
3	Маса вороху без зерна, кг	0,45	1,25
4	Частка вороху без зерна, %	17,3	30,6
5	Втрати, кг/%	0,062/2,88	0,215/7,6
6	Вологість зерна до очісування, %	16,0	16,3
7	Вологість зерна після очісування, %	16,0	16,7

Було відзначено, що вологість зерна після очісування збільшилася на 0,7% лише у сорту Слов'янське поле 208. Більша зміна вологості після очісування сорту Слов'янське поле 208 пов'язана з тим, що мали місце обриви та руйнування стебла з утворенням у купі більшої частки незернової частини врожаю (рис. 3.9. а). З цієї

ж причини втрати зерна сорго при очісуванні сорту Слов'янське поле 208 виявилися вищими у 2,64 рази, ніж у сорту Зерноградське 53.

3.5. Результати вимірювання швидкості повітряного потоку у робочому просторі лабораторної установки

Для проведення експериментальних досліджень на лабораторній установці були виготовлені очісувальні барабани:

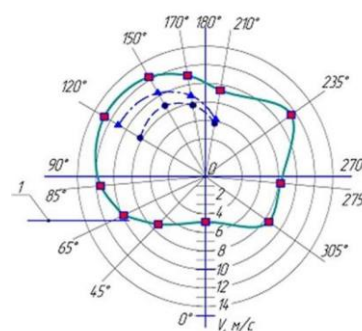
- з циліндричною поверхнею та шістьма рядами гребінок;
- з поверхнею у вигляді восьмигранної призми з жорстко закріпленими на ньому вісьмома рядами гребінок;
- з поверхнею у вигляді восьмигранної призми з вісьмома рядами гребінок, з механізмом зміни їх кута нахилу.

Барабан з циліндричною поверхнею та шістьма рядами гребінок наведено на рис. 3.10. а, а зміна швидкості повітряного потоку в робочому просторі лабораторної установки, виміряного відповідно до методики, представлена на рис. 3.10. б.

Швидкість повітряного потоку, створюваного барабаном з циліндричною поверхнею і шістьма рядами гребінок, визначали при частоті його обертання $51 \text{ і } 60 \text{ с}^{-1}$.



а)

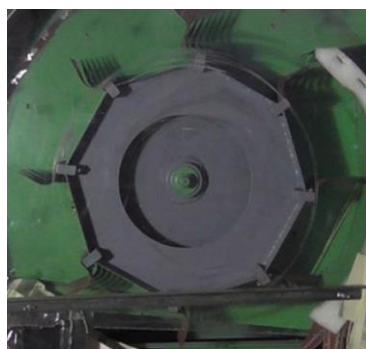


б)

Рис. 3.10. Визначення швидкості повітряного потоку у робочому просторі лабораторної установки: а - очісний барабан з циліндричною поверхнею; б - графік зміни швидкості повітряного потоку створюваного барабаном при частоті обертання 60 с^{-1}

Максимальна швидкість повітряного потоку (рис. 3.10.) досягає 13 м/с у точці на 120° . При очісуванні барабаном з шістьма рядами зубів і частотою його обертання 60 с^{-1} кількість ударів очісувальними зубами в секунду становить 57. При частоті обертання 51 с^{-1} барабана з поверхнею у вигляді восьмигранної призми з жорстко закріпленими на ньому вісьмома рядами гребінок кількість ударів дорівнює 65. Як видно з наведених даних, інтенсивність роботи очісувальних барабанів з вісьмома рядами гребінок істотно вища, що дозволяє при їх застосуванні проводити очісування на більш низькій частоті їх обертання.

На рис. 3.11. представлені два досліджуваних нами варіанти конструкції очісувальних барабанів [27, 40].



а)

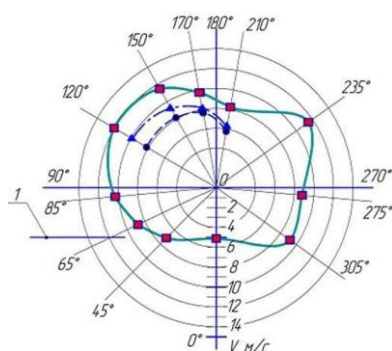


б)

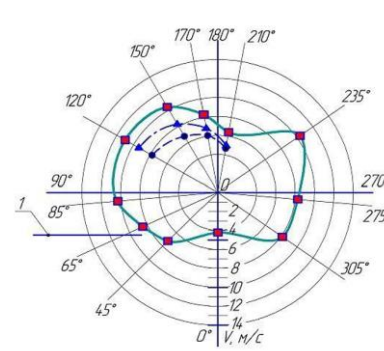
Рис. 3.11. Загальний вигляд очісувальних барабанів:

а - нерегульований; б - регульований

На рис. 3.12.-3.13. представлені результати вимірювань повітряних потоків, що формуються барабанами, представленими на рис. 3.11.



а)



б)

Рис. 3.12. Зміна швидкості повітряного потоку в робочому просторі лабораторної установки, з 8-гранним барабаном з вісьмома рядами гребінок:

а - нерегульованих; б - регульованих, з механізмом зміни кута їх нахилу причастоті обертання 51 с^{-1}

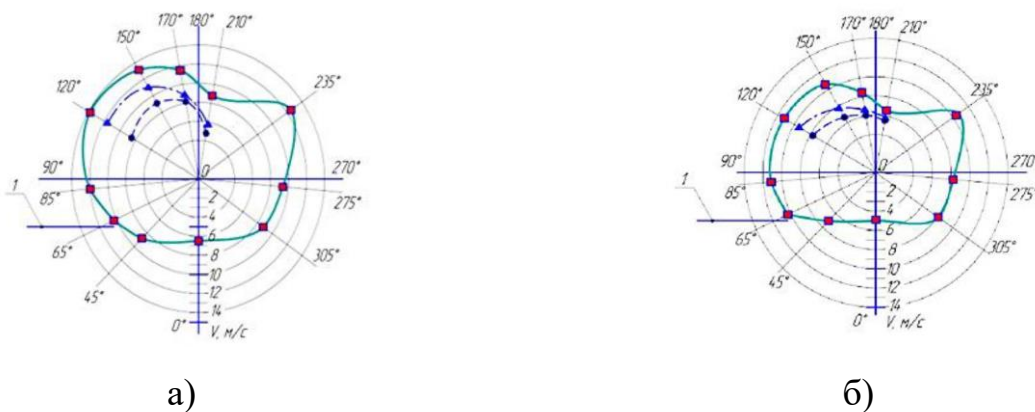


Рис. 3.13. Зміна швидкості повітряного потоку в робочому просторі лабораторної установки, з 8-гранним барабаном з вісьмома рядами гребінок:

а - нерегульованих; б - регульованих, з механізмом зміни кута їх нахилу причастоті обертання 60 с^{-1}

У тому ж перерізі, в якому розташована і точка 5, але з віддаленням від очісувального барабана у міру наближення до внутрішньої поверхні обтічника, швидкість знижується до 11 м/с і 8 м/с (точка 12, рис. 3.4.). У точках 8, 15, 19 (рис. 3.4.) зниження швидкості повітряного потоку викликано тим, що тут транспортуючий канал розширюється, знаходяться сітки, які дозволяють повітря виходити з жнивarki назовні.

При рівній частоті обертання (рис. 3.12., 3.13.) швидкість повітряного потоку, що створюється восьмигранним нерегульованим барабаном, вища у всіх точках виміру на $\approx 1,0 \text{ м/с}$ ($\approx 10\%$). Як показано на рис. 3.12., рис. 3.13., швидкість повітряного потоку на різній частоті обертання регульованого барабана практично не відрізняється. При цьому, порівняно зі швидкістю повітряного потоку, що створюється не регульованим барабаном (рис. 3.11. а) і барабаном з регульованим кутом нахилу (рис. 3.11. б), швидкість останнього в аналогічних точках менша на $\approx 1-3 \text{ м/с}$. Зниження швидкості повітряного потоку барабана з регульованим кутом нахилу пов'язане з тим, що через розвинену поверхню та збільшення глибини западини між рядами зубів відбувається збільшення ширини

транспортуючого каналу. Для того, щоб зменшити вплив цього фактора, барабани з регульованим кутом нахилу очісувальних зубів необхідно виготовляти за формою, близькою до барабана з восьмигранною поверхнею.



Рис. 3.14. Фотографія лабораторної установки двобарабанного виконання, що використовується для вимірювання швидкості повітряного потоку

На рис. 3.14. представлена фотографія лабораторної установки [17] у двобарабанному виконанні з барабаном з регульованим кутом нахилу очісувальних зубців.

На рис. 3.15. представлені графіки зміни швидкості повітряного потоку, виміряні в різних точках робочого простору лабораторної установки (рис. 3.14.) від початку координат.

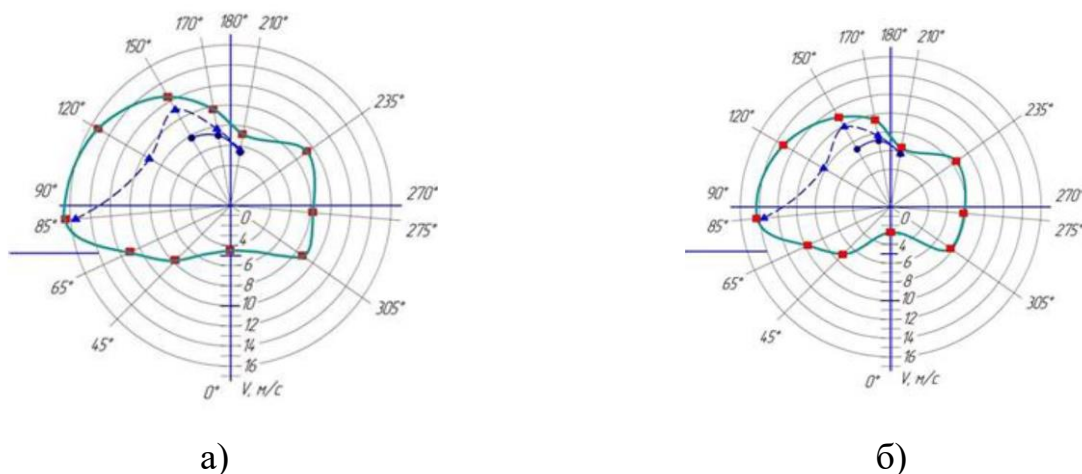


Рис. 3.15. Годографи швидкості повітряного потоку двобарабанного варіанта лабораторної установки з регульованим барабаном:

а - при частоті обертання 60 s^{-1} ; б - при частоті обертання 51 s^{-1}

Варто зазначити, що частота обертання переднього барабана була вищою на 1-1,5 %, ніж частота очісувального. А його зуби нахилені назад у бік, протилежний напрямку його обертання. З рис. 3.15. видно, що значення швидкості повітряного потоку в зоні між барабанами вище на 4-5 м/с, ніж у однобарабанної жнивarki, що може позитивно позначитися при роботі на полеглому хлібостой. Але в зоні сходження внутрішніх поверхонь кожуха переднього та очисного барабана відбувається значне зниження швидкості повітряного потоку, що вказує на необхідність вибору конструктивних параметрів цієї зони. Результати визначення напрямку руху повітряного потоку.

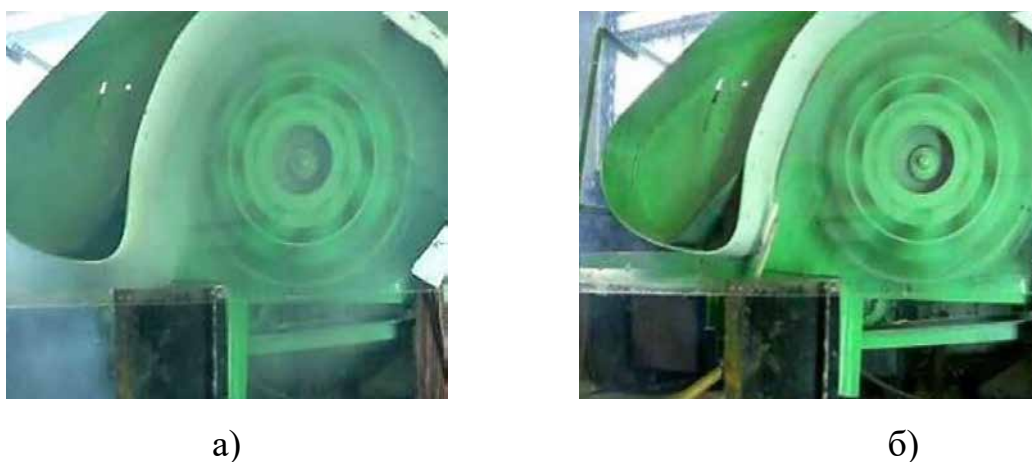


Рис. 3.16. Кадр із відеозйомки процесу визначення напрямку руху повітряного потоку в однобарабанній лабораторній установці:

а - барвник потоку повітряних мас розташований нижче за нижню кромку обтічника; б - барвник потоку повітряних мас розташований вище нижньої кромки обтічника

Повітряний потік рухався у напрямку транспортуючого каналу і вперед по ходу жнивarki, якщо його барвник розташовувався нижче нижньої кромки обтічника. З вищесказаного випливає, що якщо сід зерно із зуба відбудеться нижче нижньої кромки обтічника, то існує ймовірність його виносу повітряним потоком вперед по ходу жнивarki.

При встановленні барвника повітряного потоку вище нижньої кромки обтічника (рис. 3.16. б) потік рухався тільки вгору в зону транспортно каналу, і далі в ложі шнека.

3.6. Результати польових випробувань експериментального очісувального зразка жниварки

За результатами проведених на лабораторній установці досліджень про вплив зміни кута нахилу очісувальних зубів на якість процесу очісування було розроблено технічне завдання, спроектовано та виготовлено експериментальний зразок очисної жниварки з механізмом зміни кута нахилу очищувальних зубців, [15]. Поле було зайняте пшеницею озимої сорту Бригада з врожайністю 6,09 т/га. Вологість зерна становила 12,3%. Полеглість хлібостою на полі становила 20%, середня висота рослин становила 0,68 м. Співвідношення зерна до соломи становило 1:1,7. Забур'яненість озимої пшениці бур'янами була відсутня. Маса 1000 зерен становила 42,3 г. Оскільки на ділянці спостерігалася ярусність, пов'язана з наявністю «підгону» хлібостою, то кут установки гребінок був збільшений вперед по ходу на величину 8 (град.). При такому положенні гребінок виключався викид зерна як з низькорослих рослин, так і з рослин максимальної висоти вперед по ходу жниварки.

За результатами випробувань продуктивність комбайна РСМ-142 «Акрос-580» з очісувальною жниваркою ЖОНТУ-6 склала 29,8 т/год за годину основного часу (17,9 т/год змінного часу), при рівні втрат 0,47%, включаючи 0,27% вільним зерном, 0,09% у неочесаних колосках та 0,11% у обірваних колосках. На рис. 3.17. - 3.19. представлений загальний вигляд комбайна з очисною жниваркою, загальний вигляд і схема барабана зі змінним кутом нахилу очісувальних зубців.

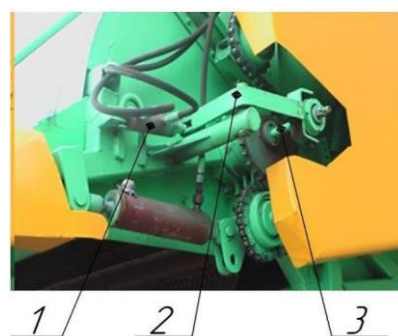
Управління механізмом зміни кута нахилу зубів в експериментальному зразку очисної жниварки здійснюється з кабіни комбайна оператором за допомогою гідроциліндра 1, з'єданого через важіль 2, з валом 3 (рис. 3.18. б), який у свою чергу повертає поворотний диск 10 (рис. 3.19.), пов'язаний з повідками граблин 8 очісувальних гребінок 6.



Рис. 3.17. Комбайн «Акрос-580» з очісувальною жнивваркою ЖОНТУ-6, на збиранні озимої пшениці

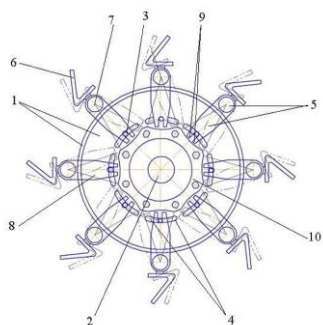


а)

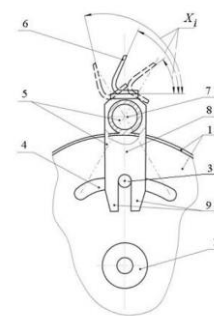


б)

Рис. 3.18. Загальний вигляд очісувального барабану зі змінним кутом нахилу зубів і механізмом приводу їх регулювання: 1 - гідропривід; 2 - важіль; 3 - вал



а)



б)

Рис. 3.19. Схеми барабана (а) і механізму кутового переміщення очісувальних гребінок (б):

1 - корпус очісувального барабана; 2 - опорні цапфи; 3 - пальці поворотні; 4 - дугоподібні пази корпусу очісувального барабана; 5 - механізм кутового переміщення; 6 - гребінка; 7 - поздовжня вісь; 8 - повідець; 9 - радіальні пази; 10 - поворотний диск

Збиральний агрегат у складі комбайна «Акрос-580» та навішена на нього жниварка з барабаном зі змінним кутом нахилу очісувальних зубців і механізмом копіювання наведено на рис. 3.20.

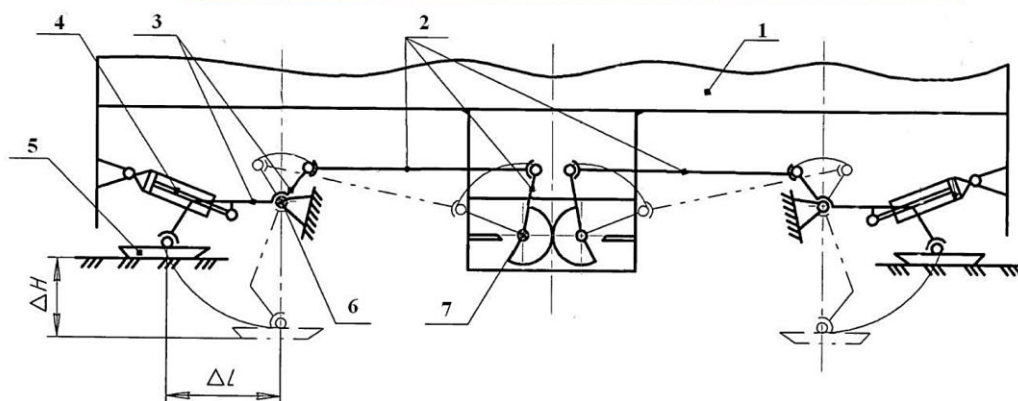


Рис. 3.20. Загальний вигляд та схема механізму копіювання навішаної на комбайн очисної жниварки ЖОНТУ-6:

1 - корпус жниварки; 2 - штанги; 3 - двоплечий важіль; 4 - гідроциліндр управління; 5 - копіювальний черевик; 6 - кронштейн; 7 - зубчастий сектор синхронізації; ΔH - максимальна висота підйому черевика, м; Δl - переміщення черевика у поздовжній площині, м.

Нове компонування опорних елементів (рис. 3.20.) на поверхню поля забезпечує передачу постійного за величиною навантаження від маси жниварки не залежно від зміни висоти хлібостою.

РОЗДІЛ 4 МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР КОМБАЙНОВИМ ОЧІСУВАННЯМ

При впровадженні технології збирання зернових колосових культур 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 недосконалості конструкції пристроїв, так і в низькому рівні кваліфікації персоналу.

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. Мінімум сукупних витрат $C_{с,з}$ грн. обчислюють за формулою:

$$C_{с,з} = C_{е,з} + C_{к,п} + C_{у,п} + C_e, \quad (4.1.)$$

де $C_{е,з}$ - експлуатаційні витрати на виконання річного обсягу робіт МТП в типовому господарстві, грн.;

$C_{к,п}$ - значення величини втрат від зміни валового збору зерна та його якості, грн.;

$C_{у.п}$ - значення величини втрат від умов праці, грн.;

C_e - величина втрат від впливу на довкілля, грн.

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 (АСПТОР)», який був застосований нами при оцінці ефективності комбайнового очісування. Мінімум сукупних витрат на виконання механізованих робіт у господарстві рівний:

$$C_{с,з} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K C_{e,зijk} X_{ijk} + DP \cdot XP + \sum_{f=1}^F S_f \Psi_f Y_f \sum_{m=1}^M \sum_{d=1}^D L_{fmd} \rightarrow \min, \quad (4.2.)$$

Введення обмеження X_{ijk} – кількість k -х МТА, зайнятих на i -й операції у j -му періоді - цілі числа, означає, що при округленні числа МТА до цілих (що має місце у реальних процесах) фактичний обсяг робіт, що припадає на один агрегат буде менше, ніж при розрахунках у нецілочисленному вигляді, а витрати пов'язані з експлуатацією МТА збільшаться, оскільки $T_{оп}$ - фонд робочого часу на виконання j -ї операції, час залишається незмінним.

Витрати, пов'язані з експлуатацією МТА, що є складовою першого доданку цільової функції (4.2), на даній операції визначають за наступною залежністю:

$$C = x_{ijk} \left[B_{EM} \cdot \frac{(\xi_{ТО-ТР.EM} + \xi_{КР.EM} + \xi_{аморт.EM})}{T_{з.EM}} + \sum_{s=1}^3 a_s B_{CM} \frac{(\xi_{ТО-ТР.СМ} + \xi_{аморт.СМ})}{T_{з.СМ}} \right] \cdot T_{оп}, \quad (4.3.)$$

де a_s - кількість сільськогосподарських машин типу S в агрегаті, шт.;

B_{EM} і B_{CM} - балансова ціна енергомашини і сільгоспмашини, грн.;

$\xi_{ТО-ТР.EM}$; $\xi_{КР.EM}$; $\xi_{аморт.EM}$ - нормативні коефіцієнти розрахунків на ТО і ТР, КР і амортизацію;

$\xi_{ТО-ТР.СМ}$ - нормативний коефіцієнт відрахування від балансової ціни

сільськогосподарської машини;

$\xi_{\text{аморт.СМ}}$ – нормативний коефіцієнт відрахування на повне відновлення сільськогосподарських машин;

$T_{з.ЕМ}$ - нормативне завантаження енергомашини, год;

$T_{з.СМ}$ - нормативне завантаження сільськогосподарських машин, год; $T_{оп}$ - тривалість операції, год.

У роботі [38] 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 (4.4). Надалі ця операція виконується на кожному кроці округлення в той чи інший бік (рис. 4.1.) [16].

$$\frac{|\Gamma_{\text{факт}}^i - \Gamma_{\text{норм}}^i|}{\Gamma_{\text{факт}}^i} < \Delta, \quad i = 1 \dots N, \quad (4.4.)$$

де $GZ_{\text{факт}}^i$ - фактичне завантаження машин, год;

$GZ_{\text{норм}}^i$ - 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 %.

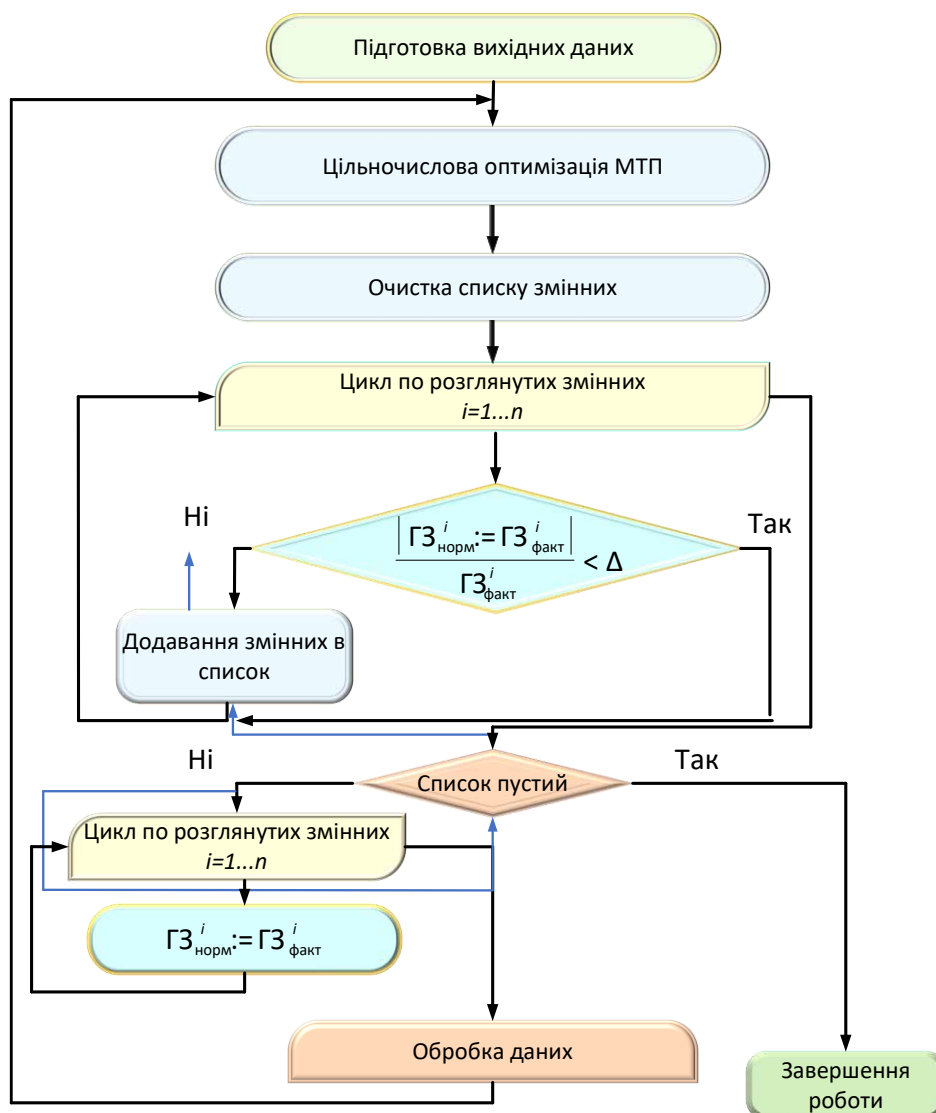


Рис. 4.1. Блок-схема алгоритму розрахунку річного завантаження засобів механізації

Втрати зерна включають:

- втрати осипанням через збільшення термінів прибирання [9, 10];
- втрати за комбайном [31, 32].

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Одним із основних критеріїв економічної ефективності вирощування та збирання сільськогосподарських культур, зокрема озимої пшениці, є собівартість. Вона включає в себе: прямі експлуатаційні затрати, вартість витрачених добрив, пестицидів і насіння, витрати на управління виробництвом.

Прямі експлуатаційні витрати ми визначили на персональному комп'ютері при розрахунку технологічних карт існуючої та проектованої технології виробництва озимої пшениці.

Прямі експлуатаційні витрати коштів на одиницю виконаної роботи визначили по кожній операції для кожного із можливих конкуруючих машинно-тракторних агрегатів. Згідно з методикою, розробленою на кафедрі технічного сервісу та інженерного менеджменту НУБіП України, по кожній операції технологічного процесу виробництва озимої пшениці можна застосовувати до 10 конкуруючих агрегатів.

Прямі експлуатаційні затрати на одиницю виконаної агрегатом роботи дорівнюють:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5; \text{ грн./га,} \quad (5.1.)$$

де C_1 - оплата праці обслуговуючого агрегат персоналу, грн./га;

C_2 - вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

C_3 - відрахування на амортизацію трактора і сільськогосподарських машин, які входять до складу агрегату, грн./га;

C_4 - відрахування на технічне обслуговування, грн./га.

C_5 - відрахування на зберігання техніки, грн./га.

Оплату праці персоналу, який обслуговує агрегат, визначаємо за формулою:

$$C_1 = \frac{m_1\Pi_1 + m_2\Pi_2 + \dots + m_n\Pi_n}{W_{3м}} \text{ грн./га;} \quad (5.2.)$$

де m_1, m_2, \dots, m_n - кількість робітників, які обслуговують агрегат, окремо по кожному розряду;

Π_1, Π_2, Π_n - оплата праці за норму виробітку робітника кожної

кваліфікації, грн.

$W_{зм}$ - продуктивність агрегату за зміну, га.

За даними комп'ютерного розрахунку $C_1 = 267,86$ грн./га.

Вартість витрачених матеріалів (паливо мастило):

$$C_2 = \Pi_k \cdot Q, \text{ грн./га};$$

де Π_k - комплексна ціна одного літра палива, грн. Приймаємо з урахуванням доставки палива в господарство: $\Pi_k = 20,54$ грн./л.

Q - кількість витраченого палива, л/га.

За даними комп'ютерного розрахунку: $Q = 67,11$ л/га.

$$C_3 = 20,54 \cdot 67,11 = 1378,70 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на амортизацію машин в агрегаті визначають:

$$C_3 = \frac{B_T \cdot O_T}{100 \cdot W_r \cdot t_T} + \frac{B_{зч} \cdot O_{зч}}{100 \cdot W_r \cdot t_{зч}} + \frac{B_M \cdot n_M \cdot O_M}{100 \cdot W_r \cdot t_M}, \text{ грн./га} \quad (5.3.)$$

де B_T , $B_{зч}$, B_M - відповідно балансові вартості трактора, зчіпки, машини, грн.;

O_T , $O_{зч}$, O_M - норма відрахувань на амортизацію відповідно трактора, зчіпки і машини, %;

W_r - продуктивність агрегату за годину змінного часу, га ;

t_T , $t_{зч}$, t_M - нормативне річне завантаження трактора, зчіпки і сільськогосподарської машини, год.

За даними комп'ютерного розрахунку $C_3 = 3330,12 \frac{\text{грн}}{\text{га}}$

Відрахування на технічне обслуговування визначають за формулою:

$$C_4 = \frac{B_T \cdot P_T}{100 W_r \cdot t_T} + \frac{B_{зч} \cdot P_{зч}}{100 W_r \cdot t_{зч}} + \frac{B_M \cdot n_M \cdot P_M}{100 W_r \cdot t_M}, \text{ грн./га} \quad (5.4.)$$

де P_T , $P_{зч}$, P_M - норма відрахувань на технічне обслуговування відповідно трактора, зчіпки, машини, %.

За даними комп'ютерного розрахунку $C_4 = 1443,05$ грн./га

$$C_5 = 222,01 \text{ грн./га}$$

Підставивши значення величин у формулу 5.1., одержано:

$$C'' = 267,86 + 1378,70 + 3330,12 + 1443,05 + 222,01 = 6641,74 \text{ грн./га}$$

$$C' = 5534,64 \text{ грн./га}$$

Приведені затрати на машинно-тракторний парк визначають за формулою:

$$П_3 = C + E \cdot K, \quad (5.5.)$$

де E - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень; $E = 0,15$;

K - величина капітальних вкладень, грн./га

$$K = \frac{B_T}{W_T \cdot t_T} + \frac{B_{зч}}{W_T \cdot t_{зч}} + \frac{B_M \cdot n_M}{W_T \cdot t_M} \text{ грн./га} \quad (5.6.)$$

Після розрахунку приведених витрат по всіх операціях технологічного процесу вирощування та збирання озимої пшениці комп'ютер видав на друк питоме значення $П_3 = 11458,84$ грн./га.

Знайдемо вартість насіннєвого матеріалу:

$$H_{\text{мат}} = Q_{\text{мат}} \cdot Ц_{\text{мат}}, \text{ грн./га}$$

де $Q_{\text{мат}}$ - норма висіву насіння, т/га; $Q = 0,20$ т/га;

$Ц_{\text{мат}}$ - ціна насіння, грн./т, $Ц_{\text{мат}} = 9000$ грн./т

$$H_{\text{мат}} = 0,20 \cdot 9000 = 1800,00, \text{ грн./га}$$

Вартість витрачених матеріалів включає затрати на органічні, мінеральні добрива, пестициди і насіння.

Для існуючої технології:

$$M' = 1890,50 + 6440,00 + 240,45 + 1800,00 = 10370,95 \text{ грн./га}$$

Для проектованої технології:

$$M'' = 3375,00 + 8707,50 + 405,00 + 11800,00 = 14287,50 \text{ грн./га.}$$

Для існуючої технології:

$$П' = 5534,64 + 10370,95 = 15905,59 \text{ грн./га}$$

Для проектованої технології:

$$П'' = 6641,74 + 14287,50 = 20929,24 \text{ грн./га.}$$

Затрати на соціальні заходи за існуючою і проектованого виробництва зерна озимої пшениці приймаємо за даними звітності господарства та комп'ютерних розрахунків:

Для існуючої технології:

$$C'_{\text{зах}} = 58820,00 \text{ або } 69,20 \text{ грн./га}$$

для проектної технології :

$$C''_{\text{зах}} = 62092,50 \text{ грн, або } 73,05 \text{ грн./га}$$

Затрати на амортизацію будівель і обладнання машинного двору, які припадають на виробництво озимої пшениці, наведено у таблиці 5.1

Таблиця 5.1.

Відрахування на амортизацію будівель і обладнання машинного двору

Технологія	Затрати на амортизацію			
	Будівель		Обладнання	
	грн./га	всього, грн/	грн./га	всього, грн.
Існуюча	218,42	185657,00	224,78	191064,00
Проектвана	244,21	207577,56	266,41	226448,25

Загально виробничі і загально господарські витрати на вирощування та збирання озимої пшениці наведені в таб. 5.2

Таблиця 5.2.

Загально виробничі та загальногосподарські витрати

Технологія	Затрати на амортизацію			
	Загально виробничі		Загально господарські	
	грн./га	всього, грн.	грн./га	всього, грн.
Існуюча	585,18	497240,45	139,89	118906,50
Проектвана	683,32	580819,81	146,52	124548,04

Повна собівартість з розрахунку на гектар вирощування та збирання озимої пшениці включає в себе прямі затрати відрахування на соціальні заходи на амортизацію будівель і обладнання машинного двору, загально виробничі і загальногосподарські витрати, а також інші витрати.

За існуючою технологією:

$$C'_n = 15905,59 + 218,42 + 224,78 + 585,18 + 139,89 + 275,00 = 17348,86 \text{ грн./га}$$

За проектною технологією:

$$C_n'' = 20929,24 + 244,21 + 266,41 + 683,32 + 146,52 + 275,00 = 21315,38 \text{ грн./га}$$

Знайдемо урожайність умовної продукції. Для цього побічну продукцію переведемо в основну через основну 0,1 .

Урожайність умовної продукції дорівнює:

$$Y_{\text{ум}} = Y_{\text{осн.}} + Y_{\text{поб.}} \cdot K_n$$

За існуючою технологією:

$$Y'_{\text{ум}} = 4,5 + 6 \cdot 0,1 = 5,1 \text{ т/га}$$

$$Y''_{\text{ум}} = 6,7 + 7,8 \cdot 0,1 = 7,48 \text{ т/га}$$

Визначаємо собівартість основної продукції:

За існуючою технологією:

$$C'_o = \frac{17348,86}{5,1} 3481,73 \text{ грн./т}$$

За проектованою технологією:

$$C''_o = \frac{21315,38}{7,48} = 3023,12 \text{ грн./т}$$

Собівартість побічної продукції:

За існуючою технологією:

$$C'_{on} = 3481,73 \cdot 0,1 = 348,17 \text{ грн./т}$$

За проектованою технологією:

$$C''_{on} = 3023,12 \cdot 0,1 = 302,31 \text{ грн./т}$$

Ступінь зменшення собівартості продукції за рахунок впровадження проектованої технології вирощування та збирання озимої пшениці складе:

$$C_{0 \text{ зниж}} = \frac{(C'_{oi} - C''_{oi})}{C'_o} \cdot 100, \% \quad (5.12.)$$

$$C_{0 \text{ зниж}} = \frac{(3481,73 - 3023,12)}{3481,73} \cdot 100 = 13\%$$

Затрати робочого часу за існуючого і проектованими технологіями становить відповідно 4,52 і 2,99 люд.год./га.

Ступінь зменшення затрат праці при впровадженні проектованої технології:

$$H_{\text{зниж}} = \frac{H' - H''}{H'} \cdot 100\%, \quad (5.13.)$$

$$H_{\text{зниж}} \frac{(4,52 - 2,99)}{4,52} \cdot 100 = 33\%$$

Вартість валової продукції знайдемо за формулою:

$$C_{\text{в}} = B_n \cdot C_n$$

де B_n - валова продукція, т;

C_n - ціна реалізації продукції грн./т

$$C_n = 5062,50 \text{ грн/т}$$

Валова продукція дорівнює урожайності озимої пшениці помноженої на площу їх вирощування:

$$B'_n = 4,5 \cdot 850 = 3825 \text{ т}$$

$$B''_n = 6,7 \cdot 850 = 5695 \text{ т}$$

Вартість валової продукції:

Для існуючої технології:

$$C'_{\text{в}} = 3825 \cdot 5062,50 = 19364062 \text{ грн.}$$

Для проектованої технології:

$$C''_{\text{в}} = 5695 \cdot 5062,50 = 28830937 \text{ грн.}$$

Чистий прибуток визначаємо як різницю між вартістю валової продукції:

$$\Pi_p = C_{\text{в}} - C_n, \text{ грн.}$$

Собівартість валової продукції зерна дорівнює прибутку собівартості одиниці продукції на її валовий збір:

$$C'_n = 3481,73 \cdot 3825 = 13317617 \text{ грн.}$$

$$C''_n = 3023,12 \cdot 5695 = 17228058 \text{ грн.}$$

Прибуток за існуючою технологією:

$$\Pi'_p = 19364062 - 13317617 = 6046447 \text{ грн.}$$

$$\Pi''_p = 28830937 - 17228058 = 11602879 \text{ грн.}$$

Рентабельність виробництва озимої пшениці визначаємо відношенням прибутку до собівартості:

$$Y_p = \frac{\Pi_p}{C_n} \cdot 100\%, \quad (5.14.)$$

За існуючою технологією:

$$y'_p = \frac{6046447}{13317617} \cdot 100 = 41\%$$

За проектованою технологією:

$$y''_p = \frac{11602879}{17228058} \cdot 100 = 67\%$$

Річний економічний ефект від впровадження проектованої технології вирощування визначаємо за формулою:

$$E_p = (\Pi'_3 - \Pi''_3) \cdot B''_n \text{ грн.}$$

де Π'_3 і Π''_3 - відповідно приведені затрати за існуючою та проектованою технологією, грн./т.

$$\Pi'_3 = \frac{10239,97}{4,5} = 2275,55 \text{ грн./т}$$

$$\Pi''_3 = \frac{11458,84}{6,7} = 1710,27 \text{ грн./т}$$

$$E_p = (2275,55 - 1710,27) \cdot 5695 = 3219269 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.3.

Економічна ефективність вирощування та збирання озимої пшениці

Показники	Технології	
	існуюча	проектowana
Площа, га	850	850
Валовий збір, т	3825	5695
Капіталовкладення:		
грн./га	23725,93	32105,38
грн./т	5272,43	4791,85
Затрати робочого часу, люд.год/га	4,52	2,99
Експлуатаційні затрати, грн/т	1316,75	991,49
Економія робочого часу, год/га	–	1,53
Економія експлуатаційних затрат, грн/т	–	325,26
Собівартість продукції, грн/т	3481,73	3023,12
Приведені витрати, грн/т	2275,55	1710,27
Рівень рентабельності, %	41	67
Річний економічний ефект, грн, в тому числі від конструкторської розробки	-	3219269
	-	31152

Таким чином, виробництво озимої пшениці у господарстві економічно доцільне.

ВИСНОВКИ

1. Запропоновано математичну модель процесу очісування зернових культур одно-барабанною очисною жнивваркою, що включає закономірності взаємодії суцвіть рослин із зовнішньою поверхнею обтічника жнивварки, процесів контакту з його внутрішньою поверхнею до моменту попадання в міжвитковий простір шнека, визначення середньої швидкості руху вороха в транспортуючому каналі.

2. У процесі досліджень встановлено, що при русі зерна після сходу із зуба і його руху до інтегруючого шнека воно може неодноразово контактувати з внутрішньою поверхнею транспортного каналу і зубами барабана. Запропоновано, після кожного контакту зерна, вектор швидкості та його величину визначати на основі теорії сухого тертя, а координати точок контакту при вирішенні раніше відомих систем рівнянь у програмі «MathCad» і подальшою побудовою в системі пакета програм «Компас». Так при куті початку очісування 1,047 рад і внутрішньої поверхні обтічника радіусом 0,5 м координати точки контакту по осі X склали -0,495, а по осі Y – 0,070534, а проекції нормальної та тангенціальної складових швидкості відскоку зерна відповідно $Y_{n2} = 5,63$ м/с, $Y_{\tau 2} = 3,52$ м/с.

3. В результаті взаємодії в транспортувальному каналі з половистими і соломистими фракціями зерно, що має після контакту із зубом більш високу швидкість, віддає їм частину енергії. Якщо після передачі енергії швидкість руху знизиться до швидкості витання, можливі втрати. Значення швидкості зерна у потоці вороха запропоновано визначати, як середню швидкість компонент на основі закону про збереження кількості руху.

4. При проведенні експериментальних досліджень на розробленій нами лабораторній установці, що імітує очісування полеглого і нерівномірного по висоті хлібостою, встановлено, що зміна кута нахилу очісуючих зубів від 0,35 до 0,70 рад дозволяє знизити втрати зерна від 1,16 до 0,62 %.

5. При зміні частоти обертання від 51 с^{-1} до 60 с^{-1} очісувального барабану у формі восьмигранної призми швидкість повітряного потоку, що формується ним, збільшується на ~15 %. При використанні на лабораторній

установці очісуючого барабану, виконаного у формі восьмигранної призми, значення швидкості повітряного потоку у внутрішній поверхні транспортуючого каналу лабораторної установки вище на 10-20%, ніж у барабана з циліндричною формою поверхні і барабана з регульованим кутом нахилу зубів при рівній частоті їх обертання.

6. При впровадженні проєктованого механізованого процесу виробництва озимої пшениці в господарстві очікуваний економічний ефект складе 3219269 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алієв Е.Б., Яропуд В.М. Фізико-математичний апарат руху насіння в повітряному потоці. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. №2 (97). С. 19-23.
2. Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Яропуд В.М., Захарова Т.Н, Калетнік Г.М. Плоскі вертикальні криві, що забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. Вібрації в техніці та технологіях. 2014. № 1 (73). С. 25-33.
3. Калетнік Г.М., Адамчук В.В., Булгаков В.М., Яременко В.В. Дослідження та розробка методів діагностування гідравлічних приводів зернозбиральних комбайнів. Техніка, енергетика, транспорт АПК. №2 (94). 2016. С. 12-19.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Гунько І.В., Браніцький Ю.Ю., Токарчук О.А. Засоби механізації процесу збирання та подрібнення біоенергетичних культур. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. № 2 (97). С. 129-134.
9. 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
10. Гунько І.В., Рябошапка В.Б., Коваль Л.Г. Перспективи розвитку безрозбірного

- діагностування машино-тракторного агрегату, працюючого з використанням альтернативного палива. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. №3 (98). С. 145-150.
11. Гунько І.В., Кравець С.М., Служанюк М.О. Гідравлічні приводи в системах подрібнення деревини. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2018. №3 (102). С. 70-76.
 12. Дудак С.М., Грицака О.М., Спирін А.В. Кінетика процесу вимолоту зерна зернозбиральними комбайнами. Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Технічні науки. 2015. № 1 (89), Т1. С.53-56.
 13. Павленко В.С., Паламарчук І.П., Цуркан О.В., Полевода Ю.А. З'єднання в машинобудуванні: навч. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2015. 110 с.
 14. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Т. 1. Ч. 1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. М-во освіти і науки України, Харк. держ. техніч. ун-т с.-г. – Х.: ОКО, 2001. 443 с.
 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. Ільченко В.Ю., Деркач О.Д., Пономаренко Н.О., Яропуд В.М., Волошин С.В. Пристосованість конструкцій трактора до операцій технічного обслуговування і зберігання. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2016. № 4 (96). С. 31-36.
 17. 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
 18. Ковбаса В.П., Спирин А.В., Цуркан О.В. О взаимодействии деформируемой лентозажимного транспортера со стеблем. Сільськогосподарські машини: Зб.наук.ст. 2017. Вип. 37. С. 38- 47
 19. Ковбаса В.П., Солоня О.В., Спирін 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
 20. Котов Б.І., Спирін А.В., Зозуляк О.В. Моделювання та ідентифікація процесу

- сепарації дрібного вороху вібраційно-повітряними очистками зернозбирального комбайну. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. №1 (96). С.26-29
21. Купчук І.М. Перспективи розвитку конструктивних схем вібраційних приводів транспортних і технологічних машин АПК. Вібрації в техніці та технологіях. 2018. №3 (90). С. 44-52.
22. Ланець О.С., Боровець В.М., Деревенько І.А. Визначення потужності приводів вібраційних машин з силовим та кінематичним збуренням. Вібрації в техніці та технологіях. 2018. № 3 (90). С. 53-61.
23. 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.
24. Мазур В.А., Балагура О.В., Журенко Ю.І. Вплив кількості технологічних операцій на фізико-механічні властивості біомаси люцерни при заготівлі сіна. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2018. №4. С. 9-17.
25. Іскович-Лотоцький Р.Д., Зелінська О.В., Веселовська Н.Р., Веселовський Я.П. Оцінювання ефективності функціонування технологічного комплексу з використанням системного підходу. // Техніка енергетика транспорт АПК. 2017. № 2 (97). С. 109-114.
26. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є. Підшипники кочення. Вибір за статичною та динамічною вантажопідйомністю, конструювання підшипникових вузлів: Київ: «Хай-Тек Прес», 2012. 128 с.
27. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є., Любін М.В. Пасові передачі. Теорія, розрахунки, конструювання: Навчальний посібник. Київ: «Хай-Тек Прес», 2011. 140 с.
28. Пономаренко Н.О., Ільченко В.Ю., Яропуд В.М., Усенко А.І. Аргументація середньої відстані пробігу пересувних засобів технічного обслуговування машин. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2016. №3 (95).С. 63-66.
29. Пясецький А.А., Звонарьов Є.Г. Впровадження і застосування GPS технологій в сільському господарстві. Техніка, енергетика, транспорт АПК. № 4 (99).

2017. С. 138-141.
30. Шмат К.І., Сисолін П.В., Карманов В.В., Іванов Г.І. Робочі процеси і розрахунок сільськогосподарських машин: навч. посіб. Херсон. держ. техн. ун-т. Херсон: Олді-плюс, 2004. 308 с.
 31. Рудницький Б.О., Спірін А.В., Омелянов О.М., Твердохліб І.В. Атестація робочих місць – можливий фактор безпеки сільськогосподарського виробництва. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2015. №2 (90). С. 33-36.
 32. Рудницький Б.О., Антонів С.Ф., Запрута О.А. Особливості технології вирощування насіння нових та перспективних сортів бобових трав в умовах Лісостепу України. 2017. Вип. №7, том 2. С. 70-76.
 33. Серeda Л.П., Паладійчук Ю.Б., Зінев М.В. Ефективність застосування гідропривода в машині для подрібнення деревини DP-660 при виготовленні щепи. Промислова гідравліка і пневматика. 2017. № 1 (55).С. 63-69.
 34. Сивак І.О., Деревенько І.А., Островський А.Й. Практикум з механіки матеріалів і конструкцій. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2011. 144 с.
 35. Сивак Р.І., Деревенько І.А. Короткий курс теоретичної механіки. Вінниця: ТОВ «Вінницька міська друкарня», 2016. 200 с.
 36. Войтюк Д.Г., Булгаков В.М., Кропивко С.В., Онищенко В.Б. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. Вузів. Київ, 2005. 464 с.
 37. Солонa О.В. Статика взаємодії абсолютно твердих тіл із сипучим середовищем. Вібрації в техніці та технологіях. 2018. № 3 (90). С. 105-116
 38. Солонa О.В., Купчук І.М. Практикум з теорії механізмів і машин: навчальний посібник. Вінниця: ТОВ «Друк», 2014. 256 с.
 39. Спірін А.В., Котов Б.І., Зозуляк О.В. Моделювання та ідентифікація процесу сепарації дрібного вороху вібраційно-повітряними очистками зернозбирального комбайну. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2016. №4. С. 42-45.
 40. Твердохліб І.В. Дослідження процесу витирання насіннєвого вороху люцерни. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. № 4(99). С. 77- 83.

41. Твердохліб І.В., Барановський В.М., Спирін А.В., Полевода Ю.А. Роль і місце технічного діагностування в системі технічної експлуатації автомобілів в сільському господарстві. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2018. № 1 (100), Том 1. С. 24-28
42. Труханська О.О. Підвищення якості ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Техніка, АПК. 2018. № 3 (102).
43. Іванов М.І., Ковальова І.М., Гречко Р.О., Закревський В.П., Мазуренко В.Ф. Удосконалення конструкції механізму регулювання подачі насосів типу PVC 1. Збірник наукових праць. 2017. № 21 (35). С. 370-377.
44. Цуркан О.В., Павленко В.С., Полевода Ю.А. Розрахунки передач привода: Методичні вказівки до виконання курсового проекту з навчальної дисципліни «Деталі машин». Вінниця: РВВ ВНАУ, 2011. 87 с.
45. Швець Л.В. Машина для зрізування та подрібнення чагарників. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. № 2 (97). С. 153-161.
46. Янович В.П. Техніко-економічна оцінка вібраційних машин для механічної обробки сипкої сировини. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. № 4 (99). С. 70 – 77.
47. Aliev E., Pryshliak V., Yaropud V. Research of physical and mechanical properties of oil seed crops. MOTROL: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. Vol 19., № 3. P. 103-108.
48. Komaha V.P., Burlaka S.A., Kupchuk I.M., Yatskovska R.O. Analysis of technologies of sowing and sowing. Сільське господарство та лісництво. 2018. №11. С. 123–131.
49. Kuzmenko V., Kholodiuk O. Исследование влияния параметров измельчающего аппарата на энергоемкость процесса резания. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. 2016. Vol. 18, № 3. P. 87-97
50. Spirin A., Borysiuk D., Truhanska O., Shvets L., Zelinsky V. Mathematical model of a wheeled tractor steering axle as an object of diagnostics. ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. 2017. Vol. 17, № 1. P. 41-48.