

НУБІП України

НУБІП України

НУ

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**01.11 - МР.1943 "С" 2022.30.12.075 ПЗ**

НУ

**НЕРОБА ВІТАЛІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

**2022 р.**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 631.354.02

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко – технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного  
(назва кафедри)  
менеджменту ім. М.П.Мсмотенка

Вячеслав БРАТШКО

(підпис)

(ПІБ)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення експлуатаційних показників платформи підбирача  
8wa-Pick 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)

Братшко Вячеслав Вячеславович  
(підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.  
(науковий ступінь та вчене звання)

Шимко Любов Сергіївна  
(підпис) (ПІБ)

Виконав

(підпис)

Нероба Віталій Олександрович  
(ПІБ)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

д.т.н., проф. Роговський І.Л.  
(науковий ступінь, виступ звання) (підпис) (ПІБ)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Неробі Віталію Олександровичу  
(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 показників платформи підбирача Swa-Pick зернозбирального комбайна  
затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2023 р. № 1943 «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 експлуатаційних показниках платформи підбирача Swa-Pick зернозбиральних комбайнів

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Огляд та аналіз платформ-підбирачів для підвищення продуктивності зернозбиральних комбайнів
2. Теоретичні передумови вдосконалення копіювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайну
3. Методика та програма експериментальних досліджень
4. Результати експериментальних досліджень
5. Економічна ефективність результатів досліджень

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 26 слайдах

Дата видачі завдання «1» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Шимко Л.С.  
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис)

Нероба В.О.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

## НУБІП України

Нероба В.О. «Удосконалення експлуатаційних показників платформи-підбирача Swa-Pick зернозбирального комбайна» / Магістерська кваліфікаційна робота. Київ: НУБІП України, 2023. 91 с., 14 слайдів презентації. Список використаних джерел налічує 50 найменувань.

## НУБІП України

У магістерській кваліфікаційній роботі було розглянуто методичний підхід до дослідження удосконалення копіювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна. Проведені теоретичні та

## НУБІП України

експериментальні дослідження, що дають можливість підтверджувати визначення втрат зерна за серійною та експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440» та їх порівняльна оцінка.

## НУБІП України

Також було розраховано техніко-економічну оцінку проектного рішення.

**Мета дослідження.** Зниження втрат зерна при підбиранні валків клібної маси за допомогою удосконалення копіювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна.

## НУБІП України

Виходячи з поставленої мети, було сформульовано такі завдання дослідження:

1. Обґрунтувати методичний підхід до дослідження та визначити закономірності, що характеризують технологічний процес зернозбирального комбайна та втрати зерна за платформою-підбирачем.

## НУБІП України

2. Виявити закономірності, що характеризують взаємозв'язок втрат зерна від конструкторських та кінематичних параметрів платформи-підбирача зернозбирального комбайна.

3. Розробити математичну модель руху опорної поверхні копіювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна.

## НУБІП України

4. Встановити закономірності, що характеризують функціонування копіювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна.

5. Визначити втрати зерна за платформою-підбирачем з удосконаленим копіювальним пристроєм зернозбирального комбайна «TORUM» під час підбирання валків хлібної маси у виробничій умові та дати економічну оцінку.

**Об'єктом дослідження** є технологічний процес підбирання валків хлібної маси платформою-підбирачем зернозбирального комбайна.

**Предмет дослідження.** Закономірності та залежності, що характеризують процес підбирання валка, показники валка хлібної маси та втрати зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна.

**Методологія та методи дослідження.** Використані методичні засади системного аналізу, основні положення класичної теорії сільськогосподарських машин та агротехнологій, математики, фізики, математичної статистики, методи планування та обробки експерименту.

**Наукова новизна:**

- математична модель та закономірності, що розкривають функціонування копіювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна;

- показники зміни втрат зерна за платформою-підбирачем з удосконаленим копіювальним пристроєм зернозбирального комбайна «TORUM» за підбирання хлібної маси валка у виробничих умовах півдня України.

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ</b> .....	<b>3</b>
<b>ЗМІСТ</b> .....	<b>5</b>
<b>ВСТУП</b> .....	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПЛАТФОРМ-ПІДБИРАЧІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ</b> .....	<b>9</b>
1.1. Шляхи для підвищення продуктивності зернозбиральних комбайнів.....	9
1.2. Огляд та аналіз технічного пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна.....	12
1.3. Принцип роботи та технологічна схема платформи-підбирача Swa-Pick зернозбирального комбайна TORUM 440.....	13
1.3.1. Огляд та аналіз технічних рішень щодо модернізації платформи-підбирача зернозбирального комбайна.....	16
1.4. Технологічні параметри валків хлібної маси та агротехнічні вимоги до зернозбирального комбайна та адаптера-підбирача.....	20
<b>РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОПІЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ПЛАТФОРМИ-ПІДБИРАЧА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ</b> .....	<b>23</b>
2.1. Методичний підхід до дослідження вдосконалення копіювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна.....	23
2.2. Закономірності, що характеризують технологічний процес зернозбирального комбайна.....	25
2.3. Закономірності, що характеризують взаємозв'язок конструкторських та кінематичних параметрів платформи-підбирача зернозбирального комбайна.....	29
2.4. Математична модель руху опорної поверхні копіювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна.....	33
2.5. Закономірності, що характеризують функціонування копіювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна.....	36
<b>РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ТА ПРОГРАМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	<b>44</b>
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	45
3.2. Похибка вимірювання параметрів сільськогосподарських машин..	46
3.2.1. Визначення числа вимірів.....	47
3.3. Методика визначення втрат зерна за платформою-підбирачем	

зернозбирального комбайна.....	48
3.4. Методика обробки експериментально-розрахункових даних.....	49
3.5. Методика визначення втрат зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440».....	50
3.6. Методика експериментальних даних та оцінки похибки вимірюваних величин.....	53
3.7. Перевірка середніх значень вимірюваних величин параметрів.....	54
3.8. Перевірка відтворюваності дослідів польових досліджень.....	55
<b>РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>56</b>
4.1. Визначення втрат зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна у виробничих умовах степової зони України.....	56
4.2. Визначення закономірностей, що характеризують втрати зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна.....	58
4.3. Результати польових випробувань у виробничих умовах платформи-підбирача зернозбирального комбайна «TORUM 440» з удосконаленим пристроєм для копіювання.....	65
4.3.1. Визначення агробіологічних характеристик зернових культур у виробничих умовах.....	65
4.3.2. Технологічні показники валків кльоної маси.....	67
4.3.3. Визначення втрат зерна за серійним та експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440» та їх порівняльна оцінка.....	70
4.4. Оцінка достовірності теоретичної гіпотези роботи.....	75
4.4.1. Адекватність теоретичних та експериментальних даних.....	75
<b>РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>77</b>
5.1. Розрахунок економічної ефективності.....	77
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>84</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>86</b>

## ВСТУП

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського машинобудування перед сільськогосподарською технікою стоїть завдання розроблення та випуску машин, що дають змогу забезпечити максимальне заощадження сировинних, паливних та енергетичних ресурсів на етапах виробництва, переробки та використання сільськогосподарської продукції.

В умовах сучасного виробництва зростає продуктивність, економічність і надійність сільськогосподарської техніки, знижується їхня маса на одиницю потужності, підвищується точність виготовлення виробів. Сучасні машинобудівні підприємства випускають вироби з високими експлуатаційними якостями за мінімальних витрат суспільної праці.

Технічний рівень машинобудування визначає і технічний рівень вирішальних галузей народного господарства. Важливо під час проектування сільськогосподарських машин врахувати такі чинники, як надійність, довговічність і низьку собівартість. Досягнення поставлених завдань відбувається на етапах проектування, виробництва, експлуатації сільськогосподарської техніки.

Найважливішим завданням підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва є збільшення виробництва зерна. Пшениця - найважливіша культура для України, оскільки забезпечує населення країни фактично половиною калорійності щоденного раціону.

Загальновідомо, що південь України - зона ризикованого землеробства. Врожаї зернових посилюються додатковими втратами під час скошування, підбирання та обмолоту. Зважаючи на це, завдання, спрямоване на зниження втрат зерна за транспортерними платформами-підбирачами зернозбирального комбайна, є актуальним не тільки в регіоні півдня, а й у низці інших регіонів, а також становить науковий і практичний інтерес.

У сучасних умовах збирання зернових культур здійснюється комбайновим способом за допомогою прямого комбайнування і роздільного способу збирання врожаю. Роздільний спосіб збирання врожаю дає змогу



підвищити продуктивність високопродуктивних комбайнів шляхом застосування транспортерних платформ-підбирачів на підборі валків хлібної маси.

Результати аналізу науково-технічної літератури засвідчили, що під час підбирання валків хлібної маси втрати непідібраним колосом за транспортерною платформою-підбирачем перевищують агротехнічно допустимі, особливо за збільшення робочої швидкості руху комбайна під час підбирання валків хлібної маси.

Проведений огляд засвідчив, що найбільшого поширення у світі набули транспортерні платформи-підбирачі, якими оснащено зернозбиральні комбайни сімейства «TORUM», «John Deere», «VECTOR». Практика їхнього використання під час підбирання валків хлібної маси засвідчила, що їхній копіювальний пристрій не забезпечує ефективного копіювання мікрорельєфу

поля, внаслідок чого відбувається деформація пружинних пальців транспортерної стрічки, підбирання хлібної маси валка супроводжується динамічними ударами, унаслідок чого утворюються підвищені втрати зерна під час підбирання за платформою-підбирачем комбайна. Крім того, встановлено, що твердість поверхні ґрунту впливає на глибину колії опорної поверхні

копіювального пристрою. Зі зменшенням твердості ґрунту глибина колії опорної поверхні зростає, а зі збільшенням твердості ґрунту спостерігається зворотний процес. Збільшення глибини колії опорної поверхні копіювального пристрою платформи-підбирача призводить до підвищення динамічного впливу

робочих органів на хлібну масу валка, що в підсумку сприятиме підвищеному утворенню втраг зерна за транспортерною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна.

НУБІП УКРАЇНИ

## РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПЛАТФОРМ-ПІДБИРАЧІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

### 1.1. Шляхи для підвищення продуктивності зернозбиральних комбайнів

Численні наукові дослідження [1-5] в галузі збирання зернових культур показують складність вирішення проблеми технологічного завантаження зернозбиральних комбайнів, оскільки сільськогосподарські культури як об'єкт механізованого збирання різноманітні за фізико-механічними властивостями.

Виробниче завантаження зернозбиральних комбайнів при збиранні зернових культур вирішується за двома напрямками – це застосування технологічних та організаційних способів (рис. 1.1). Технологічне завантаження комбайнів здійснюється шляхом застосування біологічних методів, що забезпечують підвищення врожайності зернових, за рахунок введення нових сортів у виробництво (селекція) та суворого дотримання всіх агротехнічних прийомів обробітку зернових до збирання. Біологічні методи, зазвичай, мають довгостроковий характер дії чи прояви [1, 2].

Під час збирання зернових культур технологічне завантаження комбайнів вирішується шляхом використання засобів механізації, таких як хедерів, валкових жниварок різної ширини захвату, підбором пропускної спроможності молотарки комбайнів до певних умов збирання зернових культур за врожайністю [1]. При визначенні ширини захвату жниварки або хедера, як правило, враховуються агротехнічні та технологічні вимоги, експлуатаційні умови та узгодженість роботи взаємопов'язаних зернозбиральних машин. Зі збільшенням ширини захоплення продуктивність зернозбиральної машини зростає лише до певної межі, після вона знижується через збільшення часу на повороти [2].

У той же час, багато вчених [3, 4, 5] вважають, що зменшення ширини захоплення зернозбирального комбайна майже не впливає на продуктивність, так як апарат, що обмелочує, зберігає свої розміри, а зернозбиральні комбайни

з меншою шириною захоплення працюють на підвищених швидкостях.

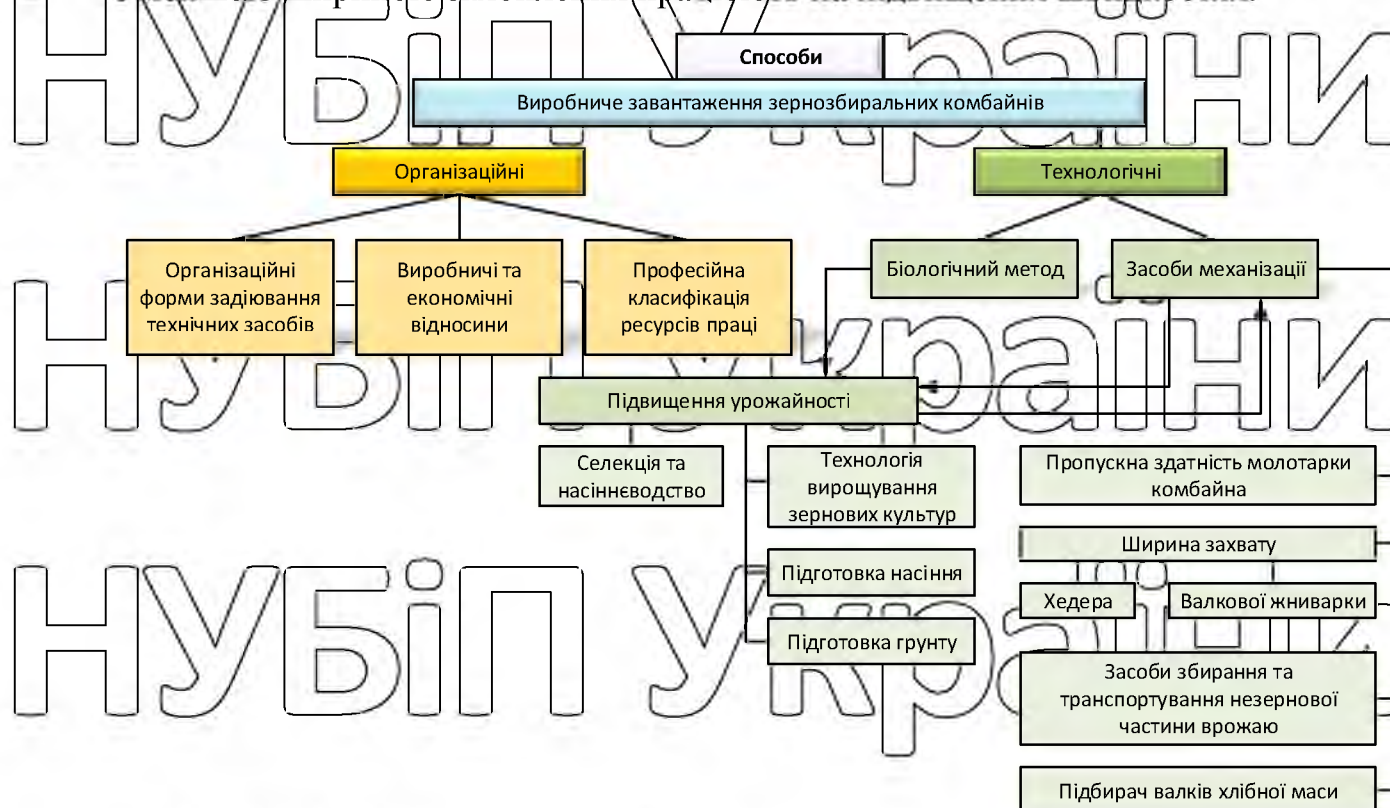


Рис. 1.1. Способи виробничого завантаження зернозбиральних комбайнів

Вузькозахоплювальні зернозбиральні комбайни працюють зі швидкістю в 1,5 - 2 рази більшою, ніж зернозбиральні комбайни із жнивarkою шириною захвату 5 м і більше. При збиранні пшениці вузькозахоплювальними зернозбиральними комбайнами на швидкості до 8 км/год втрати зерна становлять 1,7%, у широкозахватних в тих же умовах, але на швидкості 4 км/год втрати зерна досягають 3%. Причому вартість останніх приблизно в 4,5 разів більша, ніж перших.

Ефективність дії даних напрямів у галузі технологічного завантаження комбайнів багато в чому залежить і від ступеня складності взаємодії показників, що визначають способи реалізації. Класифікація показників характеру прояви (рис. 1.2.) показує складність забезпечення як виробничої, і технологічної завантаження зернозбиральних комбайнів під час збирання зернових культур [1, 2, 6, 7].

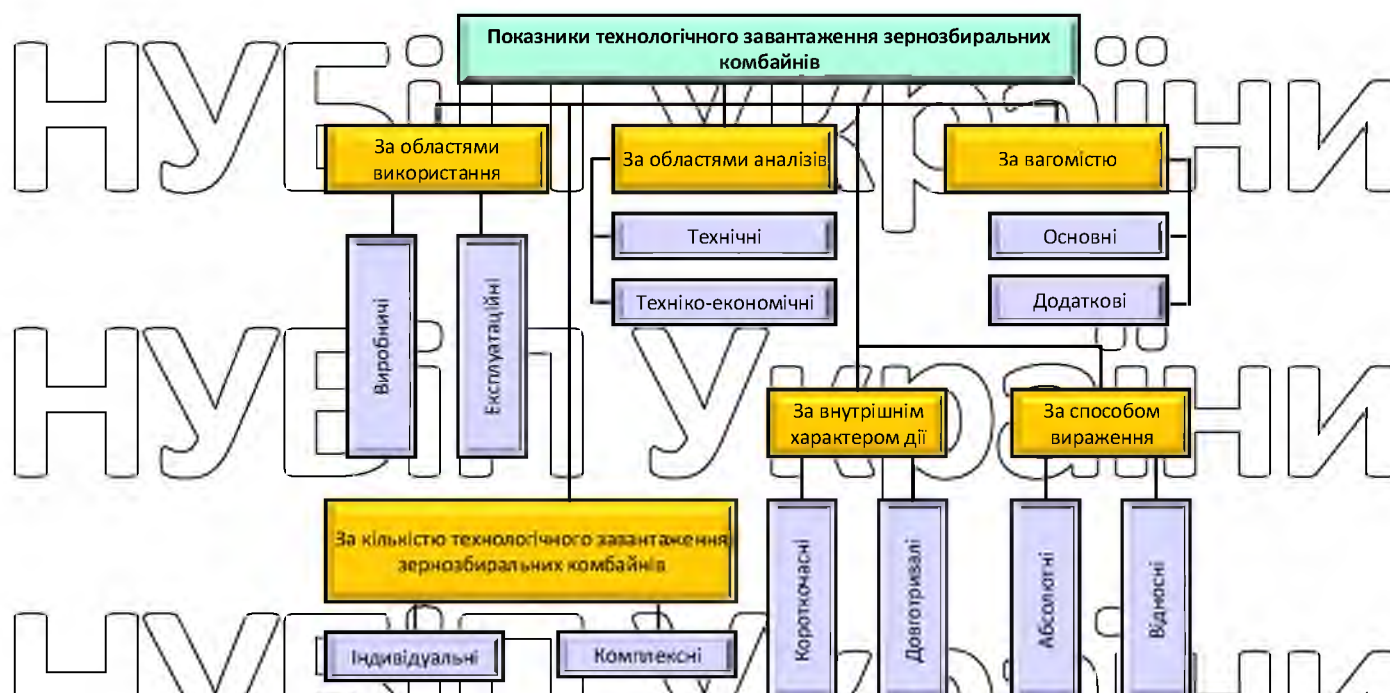


Рис. 1.2. Класифікація показників технологічного завантаження зернозбиральних комбайнів

В Україні, як і в багатьох розвинених країнах світу, застосовують два основних способи збирання зернових культур: пряме комбінування та роздільний спосіб збирання [2, 7, 140, 141]

В даний час на територіях бувшого СНД частка площ, що забираються роздільним способом становить 50-60%. У Канаді приблизно 20 - 25% площ забирається за допомогою валкових жниварок, у США та Австралії - 5% [1, 8, 9]. Пряме комбінування зернових культур сприяє скороченню потреби у збиральній техніці, механізаторам та зменшенню витрати палива. Проте воно ефективне лише за повної стиглості зерна.

Українськими інститутами спільно з конструкторськими організаціями були проведені аналізи основ валків, жниваркам і способам агрегування їх енергозасобами. З яких випливає, що потужність валка формується в залежності від врожайності культури, що забирається, густоти стеблестою. При цьому валки хлібної маси вирізняються своєю масою на кожному погонному метрі. Експериментально було встановлено [6, 17, 18], що з підвищенням швидкості руху валкоутворювального агрегату збільшується варійована маса валка. Варіація маси погонного метра валка коливається під час роботи різних

жниварок у межах 18 - 5%. Коефіцієнт варіації маси стебел по ширині, товщині та довжині валка не повинен перевищувати 20 - 25% відповідно до агротехнічних вимог до валкових жниварок [119]. Нерівномірність хлібної маси валка, як відомо, призводить до зниження якості зерна.

Таким чином, одним із способів підвищення продуктивності зернозбиральних комбайнів є застосування роздільного способу збирання, в якому використовується різні валкові жниварки по ширині захоплення та способу їх агрегування, а для підбору рослинної маси валків застосовуються платформи-підбирачі зернозбиральних комбайнів.

### 1.2. Огляд та аналіз технічного пристрою транспортерної платформи-підбирача зернозбирального комбайна

Провідні компанії оснащують моделі зернозбиральних комбайнів «TORUM», «JOHN DEERE», «VECTOR» різними адаптерами для виконання технологічного процесу збирання. Для підбору валка зернових культур зернозбиральний комбайн оснащується платформою-підбирачем Swa-Pick 340 та 432 з шириною захвату 3 та 4 метри відповідно. Він застосовується для збирання зібраних у валки зернових колосових, зернобобових, круп'яних

культур та рису. Докладніше конструкційний пристрій платформи-підбирача зернозбирального комбайна представлено на рис. 1.3.

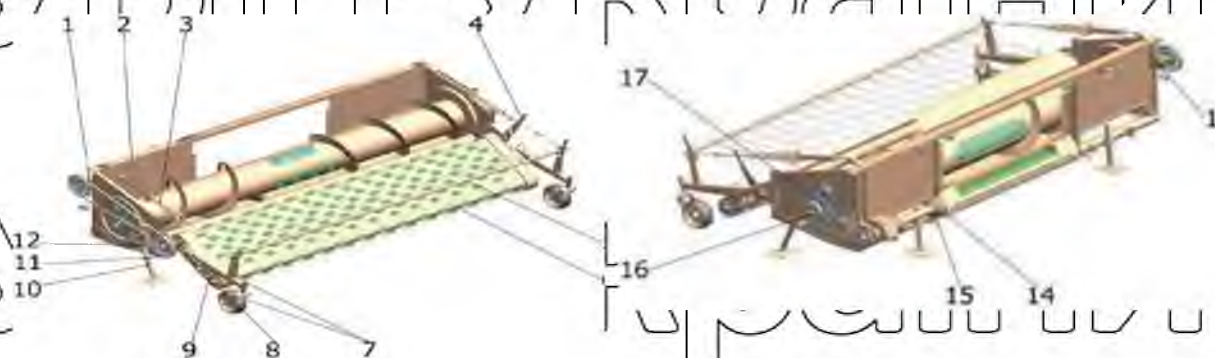


Рис. 1.3. Схема влаштування платформи-підбирача зернозбирального

комбайна TORUM 440

1 - клиновидний пас; 2 - платформа; 3 - розвантажувачий пристрій; 4 - рукоятка; 5 - нормалізатор; 6 - транспортер; 7 - дистанційні втулки; 8 - опорне

колесо; 9 - підбирач; 10 - опора; 11 - шків приводний; 12 - кронштейн кріплення натяжного ролика; 13 - гідромотор; 14 - фіксатор; 15 - карданний вал; 16 - муфта запобіжного шнека; 17 - зірочка приводу шнека

Таким чином, платформа-підбирач зернозбирального комбайна є складним пристосуванням для сучасних зернозбиральних машин, що має свої конструктивні особливості для оптимального виконання технологічного процесу підбору валка хлібної маси. Далі розглянемо принцип роботи транспортерного підбирача зернозбирального комбайна.

### 1.3. Принцип роботи та технологічна схема платформи-підбирача Swa-Pick зернозбирального комбайна TORUM 440

Технологічний процес роботи платформи-підбирача протікає так (рис.

1.4.).

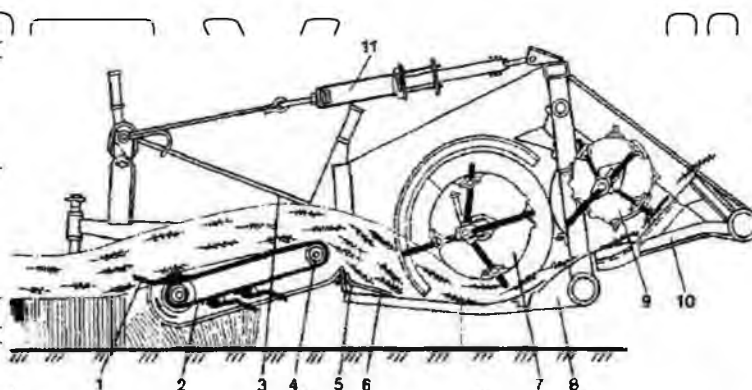


Рис. 1.4. Технологічна схема платформи-підбирача Swa-Pick зернозбирального комбайна TORUM 440

1 - пружинні пальці; 2 - стрічковий транспортер; 3 - нормалізатор; 4 - приводний вал; 5 - активний стеблоснімач; 6 - скатна дошка стеблоснімача; 7 - шнек; 8 - каркас платформи; 9 - бітер; 10 - проставка; 11 - розвантажувальний пристрій

Для запобігання скупченню дрібних частинок хлібної маси на днище платформи і затягування її зворотною гілкою транспортера на платформі передбачений стеблоснімач 5. Він виконаний з балки із закріпленими на ній прорезаними пазами, що утворюють еластичну робочу кромку, з якою

взаємодіють підбирають.

До складу підбирача входить транспортер, нормалізатори, що врівноважують пристрій, які

забезпечують безперебійну роботу всієї

машини при підборі зернових культур. Маятникова система кріплення

контрприводу платформи-підбирача

служить захисту робочих механізмів від

перевантажень. Копіювання рельєфу ґрунту в

поздовжньому та поперечному напрямках

забезпечується шарнірною підвіскою

транспортера до платформи. Підбір валка виконують понад 200

пальців пружинних транспортера.

Практика використання зернозбиральних комбайнів, оснащених транспортерною платформою-підбирачем, при підбиранні валків хлібної маси

показує, що спостерігається задовільне копіювання мікрорельєфу поверхні

поля, внаслідок чого утворюється деформація пружинних пальців

транспортера, знос робочої поверхні пальця (рис. 1.5) та утворення динамічного удару по хлібній масі у ґрунті, звідси утворення підвищених втрат зерна колосом та вільним зерном за підбирачем комбайна.

НУБІП України



Рис. 1.5. Деформація пружинних пальців транспортера

Як показує практика при використанні платформи-підбирачів даного типу у виробничих умовах, та системі копіювання рельєфу поверхні поля не виключає контакт пружинних пальців із ґрунтом, що призводить до їх деформації, а в деяких випадках пружинні пальці відриваються від своїх кріплень до транспортера (рис. 1.6.).



Рис. 1.6. Відсутні та зламані пружинні пальці на транспортері

Спеціальними експериментальними лабораторними дослідженнями з вивчення глибини колії від копіюючого колеса транспортерної платформи-підбирача зернозбирального комбайна «TORUM 440» було встановлено зміну глибини колії залежно від твердості ґрунту, який змінювався в діапазоні від 21,7 кПа (аналог стерневого фону) до 1 (аналог пари) у першому досвіді при звичайній масі копіюючого колеса, і від 23,05 до 27,12 кПа (аналог стерневого фону) у другому досвіді зі збільшеною на 30% масою копіюючого колеса.

Таким чином, платформа-підбирач – складне високотехнологічне пристосування, модернізація якого включає технічне вдосконалення основних робочих пристроїв і робочих органів. Крім того, на практиці використання транспортерної платформи-підбирача у виробничих умовах підтверджується необхідність удосконалення системи копіювання рельєфу поверхні поля.



### 1.3.1. Огляд та аналіз технічних рішень щодо модернізації платформи-підбирача зернозбирального комбайна

В даний час розроблені та широко застосовуються різні типи транспортерних платформ-підбирачів до збиральних сільськогосподарських машин, відомі патенти з оригінальними технічними рішеннями, які сприяють більш якісному перебігу технологічного процесу підбирання валків, підвищенню надійності та довговічності робочих органів, зниженню енергетичних витрат та собівартості.

Транспортерна платформа-підбирач має корпус 1, на якому в підшипникових опорах встановлений провідний вал 2. Підбирач містить кілька транспортерних стрічок з роздільними натяжними веденими валиками 3. Валики 3 закріплені у вилках 4, хвостовики 5 яких встановлені рухомо в загальній натяжній каретці 6 і забезпечені пружинами 7. Довжина хвостовиків 5 і пружин натяжних 7 може регулюватися різьбовими гайками 8 і 9 (рис. 1.7.).

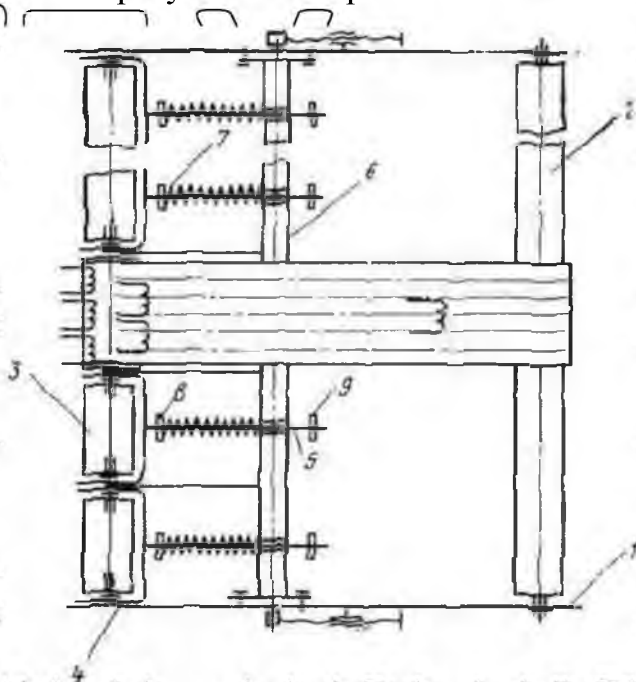


Рис. 1.7. Транспортерний підбирач

1 - корпус; 2 - провідний вал; 3 - натяжні ведені валики; 4 - виделки; 5 - хвостовики; 6 - натяжна каретка; 7 - пружини; 8, 9 - різьбові гайки

Підбирач відрізняється тим, що з метою підтримання нормального натягу кожної з транспортерних стрічок ведені валики закріплені у вилках.

хвостовики яких встановлені рухомо у загальній натяжній каретці та забезпечені пружинами на них. Крім того, пружини встановлені з можливістю регулювання натягу, наприклад, за допомогою одягнених на хвостовики гайок.

Підбирач валків для зернових культур. Винахід призначений для підбирання валків просушеної стеблової маси зернових культур. Підбирач валків включає передній вал 1 з парною кількістю ділительних дисків 2, що спирається кінцями на два черевки 3, задній вал 4, що спирається на два встановлених кронштейна 5. На вали 1 і 4 між ділительними кільцями 2 натягнуто непарну кількість 1.8. а), при цьому ширина кожної з бічних стрічок менша за ширину середньої стрічки вдвічі, що підвищує експлуатаційну надійність і збільшує термін служби підбирача.

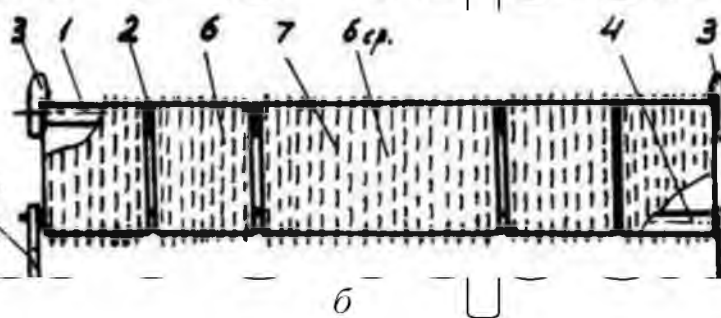
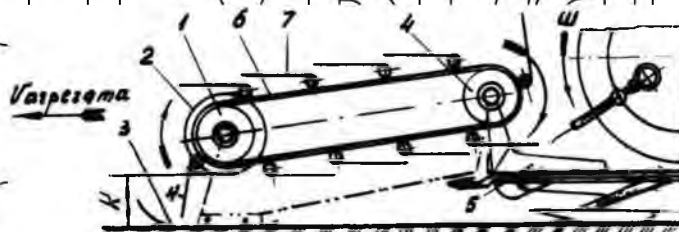


Рис. 1.8. Підбирач валків зернових культур

а - принципова схема; б - нескінченні стрічки;  
1 - передній вал; 2 - ділительні диски; 3 - черевик; 4 - задній вал; 5 - кронштейни; 6 - нескінченна прогумована стрічка; 7 - здвоєні пружинні пальці

Платформа-підбирач валків зернових культур включає: транспортер підбираючого механізму з полотном, розділеним по ширині на кілька паралельних стрічок з багат шаровою прогумованою тканини, на поверхні яких закріплені поздовжніми і поперечними рядами здвоєні пружинні пальці.

передній вал з діляльними кільцями, що розділяють одну від іншої стрічки транспортного полотна; задній вал; ліву та праву бочини; два установочні кронштейни для навішування платформи-підбирача на жниварку комбайна, два копіюючі рельєф поля черевика. Підбирач відрізняється тим, що на його

передньому валу закріплена зварюванням парна кількість діляльних кілець плоских дисків товщиною 3 - 4 мм з трьома фасками на їхньому внутрішньому колі, розташованими через рівні кути  $120^\circ$ , а кількість стрічок одя полотна підбираючого транспортера непарна,

Далі розглянемо й інші технічні характеристики найпоширеніших

платформ-підбирачів зернозбиральних комбайнів.

Платформа-підбирач валків ПН-836 (рис. 1.9), розроблена та виготовлена для агрегування із зернозбиральним комбайном «CLAAS»



Рис. 1.9. Платформа-підбирач валків ПН-836

За результатами випробувань, платформа-підбирач валків ПН-836 має такі технічні характеристики:

Загальні втрати зерна, %	0,45
Продуктивність, га/год	5,36

Платформа-підбирач ППК-3 (рис. 1.10.) призначена для агрегування із зернозбиральним комбайном «Єнісей КЗС-950»



Рис. 1.10. Платформа-підбирач ППК-3

Платформа-підбирач ППК-3 має такі технічні характеристики:

Загальні втрати зерна, %	0,38
Продуктивність, га/год	5,13

У ході випробувань було встановлено, що за швидкості 2,72 м/с втрати зерна за платформою-підбирачем склали 0,634. Це відбувається через недостатню лінійну швидкість підбирача.

Платформа-підбирач ППК-4 (рис. 1.11) призначена для агрегування із зернозбиральними комбайнами «Єнісей КЗС 950», «Єнісей КЗС 954», «Єнісей-1200М» та його модифікаціями.



Рис. 1.11. Платформа-підбирач ППК-4

Платформа-підбирач ППК-4 має такі технічні характеристики:

Загальні втрати зерна, %	0,35
Продуктивність, га/год	7,07

В ході випробувань було встановлено, що зразок машини не повністю відповідає вимогам нормативної документації щодо показників призначення, надійності та безпеки.

Таким чином, в результаті аналізу технічного пристрою платформи-підбирача можна виявити наступні напрямки модернізації платформи-підбирача Swa-Pick зернозбирального комбайна TORUM 440:

- модернізація технологічної ділянки підбору валка, тобто модернізація безпосередньо робочих органів, які здійснюють підбір - пальців;
- модернізація транспортуючої ділянки, тобто модернізація транспортерної стрічки, що здійснює підведення підібраних валків до шнека;
- модернізація системи копіювання рельєфу опірної поверхні, зокрема оснащення опорних коліс платформи-підбирача системою

демпфування.

Крім того, встановлено, що всі підбирачі транспортерного типу, що випускаються на даний момент, мають схожі конструктивні рішення, що означає і схожі їх недоліки при виконанні технологічного процесу підбору валка зернових. Конструктивна модернізація платформи-підбирача Swa-Pick дозволить підвищити якість виконання технологічного процесу, а також знизити витрати на ремонт та обслуговування робочих органів платформи-підбирача зернозбирального комбайна TORUM 440.

#### 1.4. Технологічні параметри валків хлібної маси та агротехнічні вимоги до зернозбирального комбайна та адаптера-підбирача

При роздільному збиранні зернових культур, валок хлібної маси, що формується, повинен надійно «зависати» на стерні [24]. Багато вчених [13, 25, 26] вважають, що передумовами до стійкого становища валка на стерні є густота стеблостої, висота стерні і структура решітки, що утворилася, з стебел у валку хлібної маси.

На підставі оглядів валкоутворення хлібної маси під час збирання врожаю можна зробити такі висновки:

1. Валки, що формуються існуючими жниварками, не задовольняють вимогам до них за параметрами, структурою, зв'язністю, стійкістю на стерні, зволоженню та еушійно, проростанням, втратам зерна;

2. Валки краще формувати більш потужні, так як вони більш стійкі на стерні і менше випадає з них колосків. Менш потужні валки при тривалому лежанні «проколюються» стернів і осідають до землі;

3. Не можна допускати дотику колосків у валку з ґрунтом, а розташовувати їх рівномірно на поверхні валка;

4. Поперечне укладання стебел у валці хлібної маси сприяє кращому його підбору, оскільки вальці підбирача здатні підбирати стебла з глибини стерні.

Таким чином, при підборі валків напрямок руху комбайна повинен

збігатися з напрямком руху жнивarki при скошуванні. Якщо валок був сформований за два і більше проходів, то комбайн повинен рухатися слідом першого проходу жнивarki. Завантаження молотарки комбайна можна регулювати тільки швидкістю руху, але збільшення її вище 2,2 км/год не рекомендується. Крім того, при підбиранні валків платформами-підбирачами виникають втрати, які залежать від якості покладеного на стерні валка, метеорологічних умов, режимів експлуатації підбирача, стану культури на корені в період скошування.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОПУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ПЛАТФОРМИ-ПІДБИРАЧА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

### 2.1. Методичний підхід до дослідження вдосконалення копіювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна

Сучасна конструкція зернозбирального комбайна складається з окремих техніко-технологічних частин (модулів), таких як жнивварка-хедер, підбирач, молотарка, очищення, подрібнювач-розкидач або валкоутворювач і копувач соломи, тобто комбайн – це самохідна молотарка та сукупність адаптерів.

Зі сказаного вище, що технологічний процес зернозбирального комбайна можна як явище багатопланове, котрий характерні різні структури. Насамперед – структура підпроцесів, а це означає, що технологічний процес зернозбирального комбайна можна розглядати як сукупність підпроцесів, для яких характерна ієрархічність. Найвність ієрархічності означає, що є підпроцеси головні (основні) і другорядні (допоміжні), котрим має місце непрямо вплив навіть взаємне вплив, а частково взаємне включення. Розділивши на менші частини, отримаємо їхню однорідність. Частини взаємодітимуть. Цю

структуру можна назвати просторово-часовою. З вищесказаного випливає,

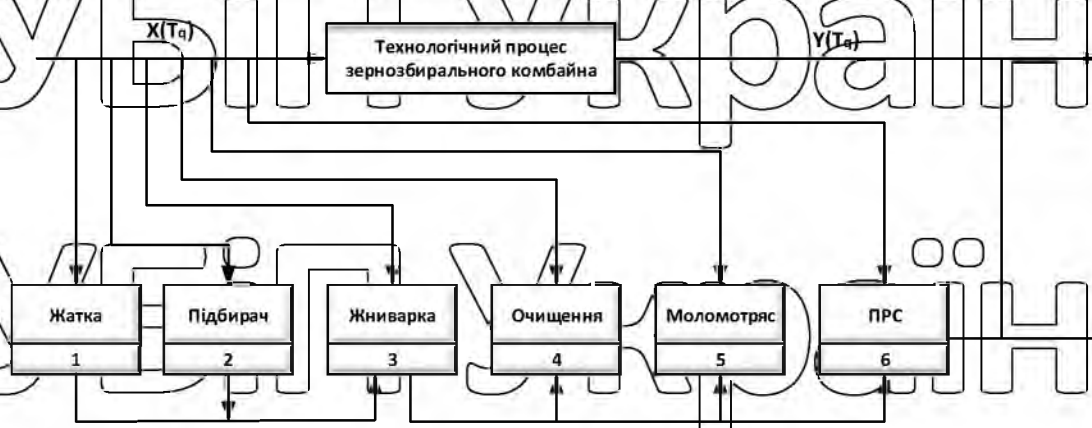


Рис. 2.1. Структурна схема моделі функціонування технологічного процесу

зернозбирального комбайна  
3 рис. 2.1. видно, що при виконанні технологічного процесу зернозбирального комбайна перетворюються входні впливи як умов

функціонування у вихідні, що визначають якісно-кількісні показники функціонування машини, тобто, як системи, і підсистем. У зернозбиральному комбайні підсистемами є переважно послідовно з'єднані технологічні підпроцеси, виконуваними такими технічними пристроями комбайна як: 1 - скошування стебел зернових культур (жатка); 2 - підбір валка хлібної маси (підбирач), 3 - обмолот хлібної маси (молотильний апарат), 4 - сепарація дрібного вороху (решігу); 5 - сепарація великого вороху (соломоутряс), 6 - подрібнення та розкидання соломи (ПРС), або валкоутворення соломи (ПРС), або збирання соломи (копник).  $X(T_q)Y(T_q)$

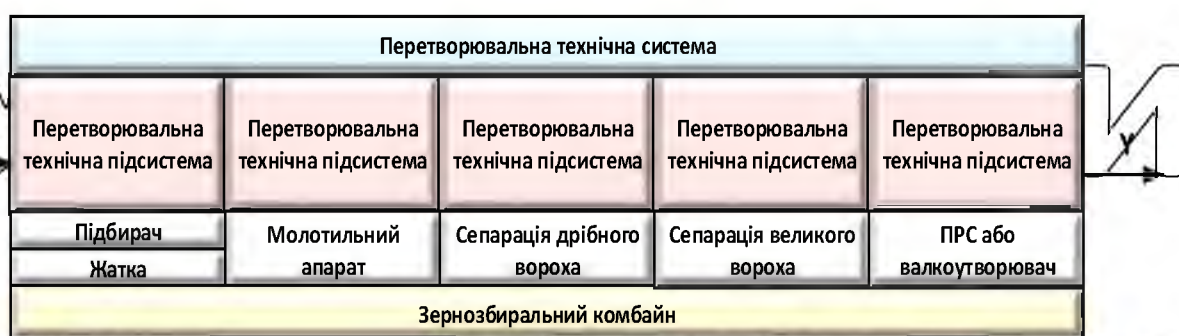


Рис. 2.2 Зернозбиральний комбайн як перетворююча технічна система

3 рис. 2.2 впливає, що функціонування технологічного процесу зернозбирального комбайна можна подати у вигляді моделі, побудованої за принципом «вхід-вихід». На вході моделі діє вектор функції умов роботи (зовнішнього впливу):  $(X)$

$$X = (Y(t), \omega_z(t), \omega_c(t), m_b(t), Z_c(t), B_c(t)), \quad (2.1.)$$

де  $Y(t)$  - врожайність зернових культур, т/га;

$\omega_z(t), \omega_c(t)$  - відповідно вологість зерна та соломи, %;

$m_b(t)$  - маса погранного метра валка хлібної маси, кг/пог. м;

$Z_c(t)$  - забур'яненість зернових культур, %;

$B_c(t)$  - ботанічний сорт культури.

Як вихідна змінна приймається вектор-функція, якісно-кількісних показників виконання технологічного процесу зернозбирального комбайна:

$$Y = (v_p(t), W_{\text{ход}}(t), g_{\text{гр}}(t), P_z(t), K_{\text{па}}(t)), \quad (2.2.)$$

де  $v_p(t)$  - робоча швидкість руху комбайна, м/с;



$W_{\text{год}}(t)$  - годинна продуктивність комбайна, т/га (га/год);

$g_{\text{гр}}(t)$  - питома витрата палива, кг/га

$P_3(t)$  - втрати зерна, %,  $P_3(t) = P_3^B(t) + P_3^Ж(t)$ ,  $P_3^B(t)$  - втрати

зерна за підбирачем, %;  $P_3^Ж$  - втрати зерна за самохідною молотилкою, %;

$K_{\text{пз}}(t)$  - якісні показники зерна, %.

Зернозбиральний комбайн функціонує у виробничих умовах, де зовнішні дії мають ймовірну природу. У зв'язку з цим усі зовнішні впливи та вихідні показники розглядаються як випадкові функції (процеси) від часу ( $t$ ).

Рис. 2.2. свідчить про те, що вихідні показники функціонування зернозбирального комбайна умовно можна розбити на два типи: інтегральні та диференціальні.

Інтегральні - це показники, які утворюються в результаті дії сукупності технічних підсистем, що перетворюють. До них можна віднести такі показники

як:  $\nu_p$ ,  $W_{\text{год}}$ ,  $g_{\text{гр}}$ ,  $P_3^Ж$ ,  $K_{\text{пз}}$ .

Диференціальні - це вихідні показники, що утворюються внаслідок дії лише окремих перетворюючих підсистем. До цього типу можна віднести такі показники як втрати зерна за підбирачем  $P_3^B$ .

З вищевикладеного, перетворюючу технічну підсистему - підбирач - можна як структурної моделі, побудованої за принципом «вхід-вихід» (рис. 2.3.)

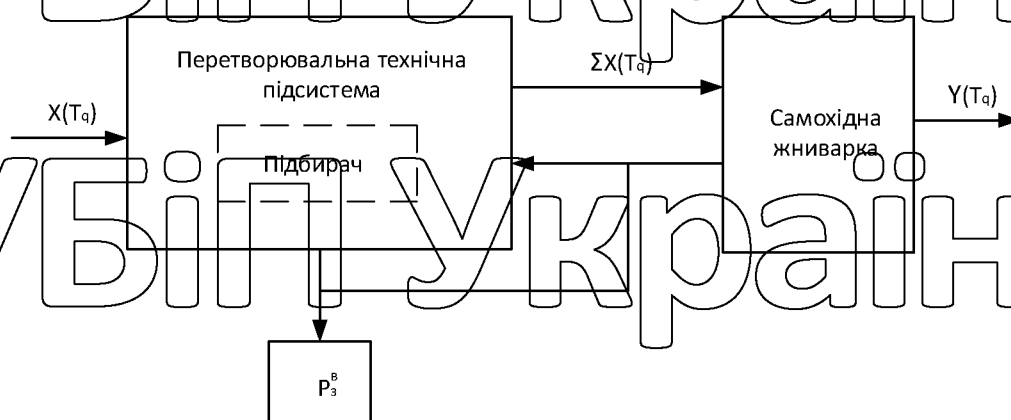


Рис. 2.3. Структурна модель підбирача як перетворюючої технічної підсистеми зернозбирального комбайна

З рис. 2.3. видно, що якісно-кількісні показники функціонування перетворюючої технічної підсистеми - підбирача зернозбирального комбайна залежать як від вхідних впливів, так і від самохідної молотарки.

Таким чином, вищевикладене свідчить про те, що зернозбиральний комбайн можна подати у вигляді перетворюючої технічної системи, що складається з сукупності технічних підсистем, що перетворюють. При цьому вихідні показники функціонування технологічного процесу зернозбирального комбайна можна умовно «розбити» на два типи: інтегральні та диференціальні.

Інтегральні показники характеризують результат дії сукупності технічних підсистем, а диференціальні - лише дію окремих перетворюючих технічних підсистем, до яких належить платформа-підбирач. Виходячи з цього факту, далі розглянемо питання, пов'язані з обґрунтуванням підвищення ефективності функціонування технологічного процесу підбирача зернозбирального комбайна з урахуванням взаємодії частини (підбирача) та цілого (всього комбайна) між собою.

## 2.2. Закономірності, що характеризують технологічний процес зернозбирального комбайна

У ході оцінки ефективності технологічного використання зернозбирального комбайна керуються годинною продуктивністю (га/год), яку визначають за формулою [56, 75-81].

$$W_{\text{год}} = 0,36 \cdot B_{\text{ж}} \cdot v_{\text{к}} \cdot \tau_{\text{Т}} \quad (2.3.)$$

де  $B_{\text{ж}}$  - ширина захвату жнивarki, м;  
 $v_{\text{к}}$  - швидкість руху комбайна, м/с;  
 $\tau_{\text{Т}}$  - коефіцієнт, що характеризує втрати часу з технологічних та технічних причин.

Ширина захвату як комбайнової, так і валкової жнивareнок з виразу (2.3.) визначається за виразом

$$B_{\text{ж}} = \frac{q}{v_{\text{к}} \cdot B_{\text{з}} \cdot (1 + \beta_{\text{с}})} \quad (2.4.)$$

де  $q$  - пропускна здатність молотарки комбайна, кг/с;

$B_3$  – урожайність зерна, кг/м<sup>2</sup>;

$\beta_c$  – соломистість хлібної маси.

Незалежно від способу збирання зернових культур (пряме

комбайнування або роздільний спосіб), крім продуктивних рослин є супутні

непродуктивні (сміттеві) рослини в хлібній масі. Крім того, наукою та

практикою встановлено, що під час збирання зернових культур спостерігається

коливання подачі хлібної маси до молотильного апарату комбайна. Виходячи з

цих положень, пропускна здатність класичного барабанного молотильного

апарату комбайна дорівнює:

$$q = 0,6 \cdot q_{\text{п}} \cdot \left(1 + \frac{1-\varepsilon}{\beta_c + \varepsilon}\right) \cdot \chi, \quad (2.5.)$$

де  $q_{\text{п}}$  – паспортна пропускна спроможність молотарки комбайна, кг/с;

$\varepsilon$  – коефіцієнт, що характеризує засміченість хлібної маси;

$\chi$  – коефіцієнт, що враховує вплив коливань подачі хлібної маси на

пропускну здатність молотарки.

На основі виразів (2.4.) та (2.5.) можна записати рівність:

$$B_{\text{ж}} \cdot v_{\text{к}} \cdot B_3 \cdot (1 + \beta_c) = 0,6 \cdot q_{\text{п}} \cdot \left(1 + \frac{1-\varepsilon}{\beta_c + \varepsilon}\right) \cdot \chi. \quad (2.6.)$$

Після перетворень отримаємо:

$$v_{\text{к}} = \frac{0,6 \cdot q_{\text{п}} \cdot \left(1 + \frac{1-\varepsilon}{\beta_c + \varepsilon}\right) \cdot \chi}{B_{\text{ж}} \cdot B_3 \cdot (1 + \beta_c)}. \quad (2.7.)$$

З виразу (2.7.) випливає, що робоча швидкість комбайна залежить як від

конструктивних параметрів комбайна та жнивarki ( $q_{\text{п}}, B_{\text{ж}}$ ), так і від

технологічних властивостей зернових культур ( $B_3, \varepsilon, \beta_c, \omega_{\text{хл}}$ ) і способу збирання

зернових ( $\chi$ ).

Відповідно до робіт [56, 76-80], знаменник  $B_{\text{ж}} \cdot B_3 \cdot (1 + \beta_c)$  формули

(2.7.) є ніщо інше як технологічний параметр валка хлібної маси - потужність

(кг/пог. м). Тоді вираз (2.7.) у загальному вигляді для роздільного способу

збирання зернових культур можна записати:

$$v_{\text{к}} = \frac{0,6 \cdot q_{\text{п}} \cdot \left(1 + \frac{1-\varepsilon}{\beta_c + \varepsilon}\right) \cdot \chi}{G_{\text{хл}}}, \quad (2.8.)$$

де  $G_{\text{хл}}$  - потужність валка хлібної маси, кг/пог. м.

У численних роботах науковців зазначається, що технологічний параметр валка хлібної маси  $G_{\text{хл}}$  залежить як від технологічних властивостей зернових культур, так і від способу валкоутворення хлібної маси. У роботах наголошується, що потужність валка хлібної маси описується рівнянням

$$G_{\text{хл}} = \frac{70,64 + 2,87 \cdot K_3 + 2,87 \cdot K_y + 0,12 \cdot N_{\text{ст}} - 2,86 \cdot h_{\text{ст}} - 2,4 \cdot \alpha_{\text{ст}} - 0,75 \cdot \omega_{\text{ст}}}{6,16}, \quad (2.9.)$$

де  $K_3$  - коефіцієнт зв'язаності стебел валка хлібної маси,  $K_3 \in (1,0 - 3,0)$ ;

$K_y$  - коефіцієнт ущільненості валка хлібної маси,  $K_y \in (1,0 - 6,0)$ ;

$N_{\text{ст}}$  - густина стерні,  $N_{\text{ст}} \in (250 - 600)$  шт/м<sup>2</sup>;

$h_{\text{ст}}$  - висота стерні,  $h_{\text{ст}} \in (10 - 30)$  см;

$\alpha_{\text{ст}}$  - кут нахилу стерні,  $\alpha_{\text{ст}} \in (0 - 30)$  %;

$\omega_{\text{ст}}$  - вологість стерні,  $\omega_{\text{ст}} \in (15 - 30)$  %;

Підставивши вираз (2.9.) до рівняння (2.8.) отримаємо:

$$v_k = \frac{0,6 \cdot q_{\text{п}} \cdot \left(1 + \frac{1-\varepsilon}{\beta_c + \varepsilon}\right) \cdot \chi}{\frac{70,64 + 2,87 \cdot K_3 + 2,87 \cdot K_y + 0,12 \cdot N_{\text{ст}} - 2,86 \cdot h_{\text{ст}} - 2,4 \cdot \alpha_{\text{ст}} - 0,75 \cdot \omega_{\text{ст}}}{6,16}} \quad (2.10.)$$

З виразу (2.10.) випливає, що зі збільшенням зв'язаності  $K_3$  та ущільненості  $K_y$  валка хлібної маси, а також густоти стерні  $N_{\text{ст}}$  потужність

валка зростає, що призводить до зменшення робочої швидкості підбору через

технологічне завантаження пропускної спроможності молотарки комбайна. З

виразу (2.10.) видно, що технологічні властивості стерні (кут нахилу, висота, вологість) зі збільшенням їх негативно впливають на потужність валка хлібної

маси при його формуванні, а з іншого боку (вираз (2.10.)) позитивно впливають

на робочу швидкість комбайна при підбиранні малопотужних валків хлібної маси.

Дослідження свідчать, що пов'язаність  $K_3$  і ущільненість  $K_y$  хлібної маси валка залежить від таких технологічних властивостей зернових культур як

солонистість хлібної маси  $\beta_c$ , довжини стебел  $l_{\text{ст}}$ , і навіть від технологічного

параметра валка хлібної маси - товщини, які, як свідчать наука і практика, впливають на втрати зерна за підбирачем комбайна. Так, втрати зерна (%) за

підбирачем залежно від солонистості хлібної маси валка описуються

рівнянням:

$$\begin{aligned} B_3 &= \alpha_1 \cdot \beta_c + b_1, \text{ за кг/м}^2, \text{ при } M_k = 1,0 \\ B_3 &= \alpha_2 \cdot \beta_c + b_2, \text{ за кг/м}^2, \text{ при } M_k = 1,5 \end{aligned} \quad (2.11.)$$

де  $B_3$  - втрати зерна за підбирачем комбайна, %;

$\beta_c$  - солومистість хлібної маси,  $\beta_c \in (1,0 - 2,0)$ ;

$\alpha_1$  і  $b_1$  - коефіцієнти пропорційності, що встановлюються дослідним шляхом ( $\alpha_1 = -17,42\%$ ,  $b_1 = 22,4\%$  - розділ 4);

$\alpha_2$  і  $b_2$  - коефіцієнти пропорційності, що встановлюються дослідним шляхом ( $\alpha_2 = -13,27\%$ ,  $b_2 = 16,92\%$  - розділ 4);

$M_k$  - концентрація хлібної маси валка,  $\text{кг/м}^2$ .

У свою чергу, втрати зерна (%) за підбирачем комбайна в залежності від довжини стеблестої зернових культур змінюються за закономірністю:

$$B_3 = \alpha_3 \cdot l_{\text{ст}} + b_3, \quad (2.12.)$$

де  $l_{\text{ст}}$  - довжина стебел,  $l_{\text{ст}} \in (0,40 - 0,90)$  м;

$\alpha_3$  та  $b_3$  - коефіцієнти пропорційності, встановлюються дослідним шляхом ( $\alpha_3 = -5,87\%/m$ ,  $b_3 = 7,31\%$ );

Втрати зерна (%) за підбирачем комбайна залежно від товщини валка хлібної маси змінюються відповідно до закономірності:

$$B_3 = \alpha_4 \cdot h_{\text{в}}^2 + b_4 \cdot h_{\text{в}} + c_4, \quad (2.13.)$$

де  $h_{\text{в}}$  - товщина валка хлібної маси,  $h_{\text{в}} \in (0,15 - 0,25)$  м;

$\alpha_4$ ,  $b_4$  і  $c_4$  - коефіцієнти пропорційності, встановлюються досвідченим шляхом ( $\alpha_4 = 245,97\%/m^2$ ,  $b_4 = 96,91\%/m$ ,  $c_4 = 10,66\%$ );

У ході досліджень встановлено, що втрати зерна (%) за підбирачем комбайна залежать і від кінематичного параметра підбирача  $\lambda = \frac{v_{\text{п}}}{v_{\text{к}}}$ , де  $v_{\text{п}}$  - швидкість кінця пальця, м/с, змінюються за закономірністю

$$B_3 = \alpha_5 \cdot \lambda^2 + b_5 \cdot \lambda + c_5, \quad (2.14.)$$

де  $\lambda$  - показник кінематичного режиму роботи підбирача,  $\lambda \in (1,0 - 3,0)$ ;

$\alpha_5$ ,  $b_5$  і  $c_5$  - коефіцієнти пропорційності, встановлюються дослідним шляхом ( $\alpha_5 = 2,787\%$ ,  $b_5 = -10,10\%$ ,  $c_5 = 10,28\%$ );

Перетворивши вираз (2.14.) за допомогою  $\lambda = \frac{v_{\Pi}}{v_k}$ , на вигляд і прийнявши умовне припущення, що  $v_{\Pi} = const$ , можна зробити висновок, що зі збільшенням робочої швидкості комбайна при доборі хлібної маси валка втрати зерна (%) за підбирачем зростають і, як показують дослідження, описуються закономірностями:

$$B_3 = 2,78 \cdot \left(\lambda = \frac{v_{\Pi}}{v_k}\right)^2 - 10,10 \cdot \left(\lambda = \frac{v_{\Pi}}{v_k}\right) + 10,28$$

$$B_3 = \alpha_6 \cdot v_k^2 + b_6 \cdot v_k + c_6 - \text{для комбайна TORUM 440}$$

$$B_3 = \alpha_7 \cdot v_k^2 + b_7 \cdot v_k + c_7 - \text{для комбайна John Deere 957} \quad (2.15.)$$

де  $B_3$  - втрати зерна за підбирачем комбайна, %;

$v_k$  - робоча швидкість комбайна,  $v_k \in (4,5 - 8,5)$  км/год;

$\alpha_6$ ,  $b_6$  і  $c_6$  - коефіцієнти пропорційності, встановлюються дослідним шляхом ( $\alpha_6 = 1,53\%/м/с$ ,  $b_6 = -16,64\%/м/с$ ,  $c_6 = 56,47\%$ );

$\alpha_7$ ,  $b_7$  і  $c_7$  - коефіцієнти пропорційності, встановлюються дослідним шляхом ( $\alpha_7 = 3,18\%/м/с$ ,  $b_7 = -34,79\%/м/с$ ,  $c_7 = 106,01\%$ );

Таким чином, з виразів (2.9.) - (2.15.) випливає, що для зменшення негативного впливу робочої швидкості руху комбайна на втрати зерна за його підбирачем необхідно зменшити величину динамічного впливу робочих органів платформи-підбирача зернозбирального комбайна на хлібну масу валка, що можна виявити за допомогою розкриття закономірностей, які характеризують взаємозв'язок конструкторських та кінематичних параметрів підбирача.

### 2.3. Закономірності, що характеризують взаємозв'язок конструкторських та кінематичних параметрів платформи-підбирача зернозбирального комбайна

Загальновідомо, що найбільший вплив на процес роботи платформи-підбирача надає його кінематичний режим, тобто частота обертання приводного валу транспортера, яка визначається в залежності від поступальної швидкості комбайна і показника кінематичного режиму  $\lambda$ .

Кожен палець транспортера здійснює складний рух, який складається з

обертального щодо осі приводного валу з кутовою швидкістю  $\omega$  і переносного разом з поступальним рухом комбайна зі швидкістю  $v_k$ .

Траєкторія кінця пальця є періодичною кривою, яка описується рівнянням:

$$S_k = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \lambda, \quad (2.16.)$$

де  $S_k$  - шлях, пройдений комбайном за один оборот приводного валу підбирача, м;

$R$  - відстань від осі приводного валу підбирача до кінця пальця, м;

$\lambda$  - показник кінематичного режиму.

Показник кінематичного режиму  $\lambda$  визначається співвідношенням

$$\lambda = \frac{v_k}{v_{п}}, \quad (2.17.)$$

де  $v_k$  - поступальна швидкість комбайна, м/с;

$v_{п}$  - швидкість кінця пальця, м/с.

Шлях, пройдений комбайном за один оборот приводного валу підбирача, визначається за формулою

$$S_k = S_a \cdot \lambda, \quad (2.18.)$$

де  $S_a$  - відстань, пройдена кінцем пальця, м. Величина  $S_a$  може бути знайдена з виразу:

$$S_a = 2 \cdot \pi \cdot R, \quad (2.19.)$$

За один оборт вала кінець пальця транспортера підбирача пройде шлях:

$$S_a = \frac{\pi \cdot n \cdot R \cdot t}{30}, \quad (2.20.)$$

де  $n$  - кількість оборотів приводного валу транспортера підбирача, об./хв;

$t$  - час одного обороту приводного валу транспортера, с.

Виходячи з вищесказаних залежностей, вираз (2.18.) набуде вигляду:

$$v_k = \frac{\pi \cdot n \cdot R \cdot \lambda}{30}, \quad (2.21.)$$

При цьому величини і втрати зерна за підбирачем описуються рівнянням

$$B_3 = b_1 \cdot \lambda^2 \cdot b_2 \cdot \lambda + b_0, \quad (2.22.)$$

де  $V_3$  - втрати зерна за підбирачем комбайна при підборі хлібної маси валка, %;  
 $\lambda$  - кінематичний режим роботи підбирача;  $\lambda \in (1,0 - 3,0)$

$b_1, b_2, b_0$  - відповідно, коефіцієнти пропорційності, що визначаються експериментальним шляхом, %.

З виразу (2.21) можна знайти  $\lambda$ , яке дорівнює:

$$30 \cdot v_k = \pi \cdot R \cdot n \cdot \lambda,$$

$$\lambda = \frac{30 \cdot v_k}{\pi \cdot R \cdot n}. \quad (2.23.)$$

Далі отримане рівняння (2.23.) підставимо вираз (2.22.) і після перетворень визначимо, що:

$$V_3 = b_1 \cdot \left(\frac{30 \cdot v_k}{\pi \cdot R \cdot n}\right)^2 + b_2 \cdot \left(\frac{30 \cdot v_k}{\pi \cdot R \cdot n}\right) + b_0 \quad (2.24.)$$

Введемо умовне позначення  $\frac{30}{\pi \cdot R \cdot n} = c$ , тоді отримаємо:

$$V_3 = b_1 \cdot c \cdot v_k^2 + b_2 \cdot c \cdot v_k + b_0. \quad (2.25)$$

Залежність (2.25.) розкриває зміну втрат зерна за платформою-підбирачем комбайна залежно від робочої швидкості руху комбайна. Графічна інтерпретація рівняння (2.25.) рис. 2.4. свідчить про те, що зі збільшенням робочої швидкості руху комбайна втрати зерна за платформою-підбирачем змінюються по кривій 2-го порядку.

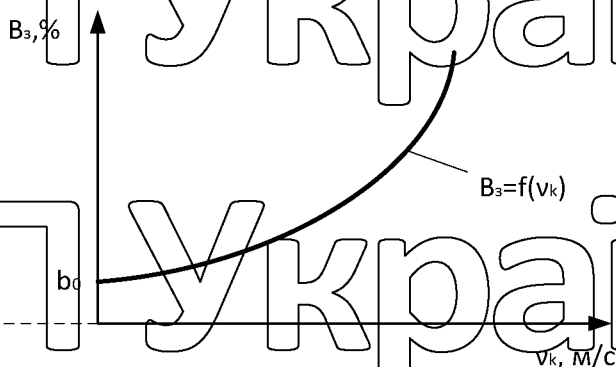


Рис. 2.4. Зміна втрат зерна  $V_3$  за підбирачем комбайна залежно від його робочої швидкості руху

На основі виразу (2.25.) можна проаналізувати вплив режимного параметра  $n$  підбирача на втрати зерна  $V_3$  та конструктивного параметра  $R$



пружинного пальця. Аналіз виразу (2.29.) показує зміну втрат зерна  $B_3$  від параметрів  $n$  та  $R$  підбирача відповідно до графічних залежностей рис. 2.5.

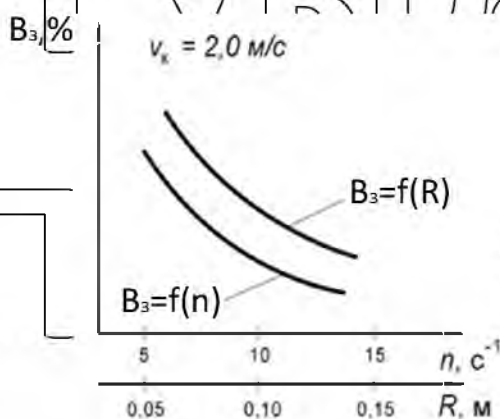


Рис. 2.5. Зміна втрат зерна  $B_3$  за підбирачем комбайна залежно від параметрів  $n$  та  $R$

Спільне рішення графічних залежностей, представлених на рис. 2.4. та

2.5. відображено на рис. 2.6.

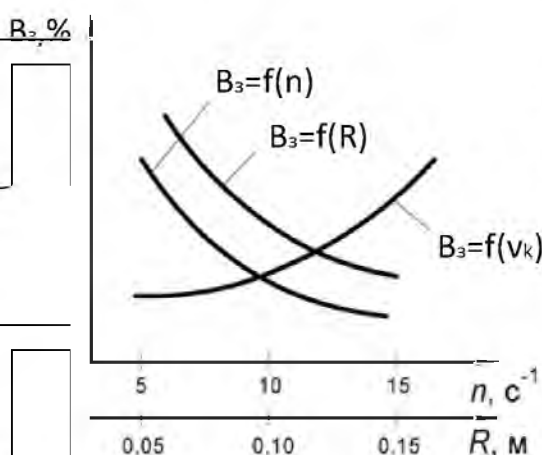


Рис. 2.6. Зміна втрат зерна  $B_3$  за підбирачем комбайна при підборі валків

хлібної маси в залежності від параметрів  $v_k$ ,  $n$  та  $R$

З рис. 2.6. видно, що зі збільшенням параметрів підбирача  $n$  та  $R$  їх негативний вплив знижується. Однак, зі збільшенням робочої швидкості руху комбайна втрати зерна за підбирачем зростають, тобто негативний вплив робочої швидкості на втрати зерна за підбирачем зростає.

Збільшення негативного впливу робочої швидкості руху комбайна на втрати зерна за підбирачем пояснюється тим, що зростає негативна роль динамічного удару, що виникає при взаємодії робочих органів підбирача з

хлібною масою валка, що описується рівнянням:

$$k_d = \sqrt{1 + \frac{v_{тр}^2 + v_{п}^2}{g \cdot \delta_{п.п}}}, \quad (2.26.)$$

де  $k_d$  - коефіцієнт динамічного удару;

$v_{тр}$  - швидкість переміщення транспортного підбирача, м/с.

Можна прийняти, що  $v_{тр} = v_k$

$v_{п}$  - швидкість кінця пальця (голки), м/с;

$g$  - прискорення вільного падіння,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$\delta_{п.п}$  - прогинання пальця (голки), м.

Дослідженнями встановлено закономірність зміни втрат зерна за підбирачем залежно від динамічного удару, що утворюється в результаті взаємодії робочих органів підбирача з хлібною масою, що описується виразом:

$$B_z = \sqrt{\frac{1}{(k_d^2 - 1) - 1}}, \quad (2.27.)$$

де  $B_z$  - втрати зерна за підбирачем комбайна, кг.

В результаті аналізу виразу (2.27.) виявлено, що при  $k_d \in (0 - 1,3)$  втрати зерна за підбирачем від динамічного удару, що утворюється в результаті взаємодії робочих органів із хлібною масою, відсутні. Проте за  $1,3 < k_d <$

$1,5$  втрати зерна за підбирачем різко зростають, оскільки величина підвищується рахунок збільшення робочої швидкості руху комбайна.

З виразу (2.26.) слід, що зі збільшенням робочої швидкості руху комбайна негативний вплив динамічного удару на підбір хлібної маси валка можна зменшити за рахунок прогину  $\delta_{п.п}$ , який, як показує практика, багато в чому залежить від ефективного функціонування конюючого технічного пристрою підбирача зернозбирального комбайна, що і розглянемо далі.

#### 2.4. Математична модель руху опорної поверхні копіювального пристрою

##### платформи-підбирача зернозбирального комбайна

Сучасні комбайни типу TORUM, VECTOR, JOHN DEERE здійснюють підбір валків на швидкості 2,0 - 2,5 м/с (7,2 - 9,0 км/год). Однак, як показує

практика роботи комбайнів на високих швидкостях, при певній величині швидкості руху машин відбувається різке збільшення вертикальних коливань як комбайна, так і платформи підбирача, що призводить до порушення стійкості перебігу процесу підбирання хлібної маси валка та утворення втрат зерна за підбирачем. У зв'язку з цим оператори комбайнів змушені зменшувати робочу швидкість руху машини для забезпечення стійкості функціонування технологічного процесу підбору хлібної маси валка, а відтак і зниження втрат зерна за підбирачем.

Причина вертикальних коливань комбайна у русі, схематично представлена рис. 2.7, пояснюється утворенням вертикальної сили збурення  $P_{\text{вт}}^{\text{к}}$  через нерівність мікрорельєфу поля, просторового розподілу маси комбайна, динаміки деформації шин коліс (пневматичний хід), пружного елемента (шини) опорного колеса та твердості ґрунту поля.

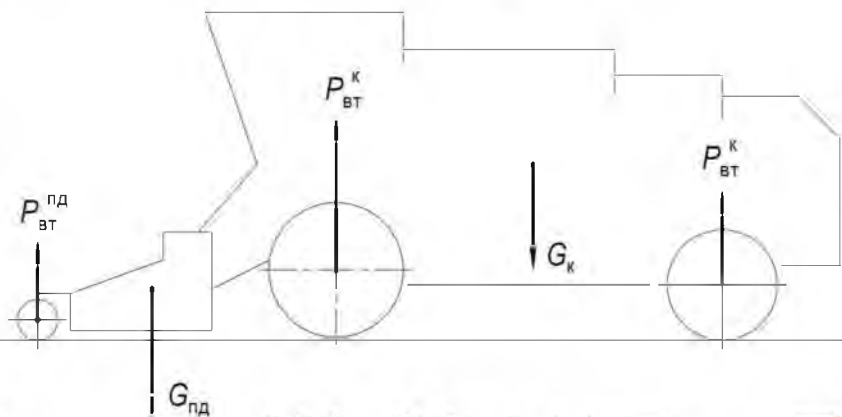


Рис. 2.7. Загальна схема утворення вертикальної сили  $P_{\text{вт}}^{\text{к}}$  під час руху зернозбирального комбайна

Загалом, величина  $P_{\text{вт}}^{\text{к}}$  визначається законом:

$$P_{\text{вт}}^{\text{к}} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot a_i \quad (2.28)$$

де  $m_i$  – маса  $i$ -ого елемента комбайна (підбирача, двигуна, механізму та ходової частини).

З виразу (2.28.) для збільшення сили, що діє на тіло (підбирач, комбайн) масою  $m$  необхідно змінити прискорення у вертикальній площині. Це можливо шляхом збільшення або зменшення швидкості руху комбайна, що призводить до відповідної зміни величини  $P_{\text{вт}}^{\text{к}}$  і  $P_{\text{вт}}^{\text{пд}}$ .

Зернозбиральний комбайн є складною динамічною системою, підпорядкованою впливам різних фізичних законів, повністю врахувати які при аналізі руху неможливо. Тому робочу швидкість руху комбайна можна визначити за виразом:

$$v_k = \omega \cdot r_i, \quad (2.29.)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість обертання колінчастого валу двигуна,  $\text{с}^{-1}$ ;  
 $r_i$  - деяке значення радіуса кочення  $i$ -их коліс (комбайна, підбирача), що визначається  $R_{\text{ВТ}}^{\text{К}}$  і  $R_{\text{ВТ}}^{\text{ПД}}$ .

Оскільки масу всіх рухомих частин можна призвести до валу двигуна, тобто. звести завдання до розгляду обертального руху однієї маси, то момент опору  $M_c$ ,  $M_o$  комбайна (ходової частини та опорних коліс підбирача) залежатиме від параметрів руху  $v_k$ ,  $R_{\text{ВТ}}$ .

Задавшись припущенням, що максимальна швидкість руху комбайна реалізується номінальною потужністю двигуна, визначення максимальної швидкості руху  $v_{\text{max}}$  комбайна визначимо величину сили тяги, прикладеної до провідним колесам, і сукупність діючих сил опору під час руху комбайна. Тоді рівняння руху комбайна можна записати як

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta \cdot (G_k + G_{\text{пд}})} \cdot [F_k(v) - \sum F_c(v)], \quad (2.30.)$$

де  $g$  - прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ,  
 $\delta$  - коефіцієнт обліку обертових мас комбайна;

$G_k$  - вага самохідної молотарки (комбайна), Н;

$G_{\text{пд}}$  - вага підбирача комбайна, Н;

$F_k(v)$  - дотична сила тяги, що розвивається рушнями (колесами) зернозбирального комбайна, Н;

$F_c(v)$  - сума сил опору руху комбайна, Н.

Аналіз залежності (2.30.) показує, що рух комбайна можливий, коли дотична сила тяги, прикладена до рушій (колес), більша за сумарний опір руху комбайна.

## 2.5. Закономірності, що характеризують функціонування копювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна

У процесі підбору валка хлібної маси рух як підбирача, так і самохідної молотарки будуть долати опір пересування, причому співвідношення їх таке, що сумарний опір пересування самохідної молотарки набагато більше, ніж підбирача. Внаслідок того, що підбирач з'єднаний з самохідною молотаркою через шарнірне з'єднання, тобто має один ступінь свободи, це призводить до того, що виникають поперечні (вертикальні) коливання підбирача, а також і самохідної молотарки (рис. 2.9.), які на основі робіт можна описати у вигляді диференціальних рівнянь:

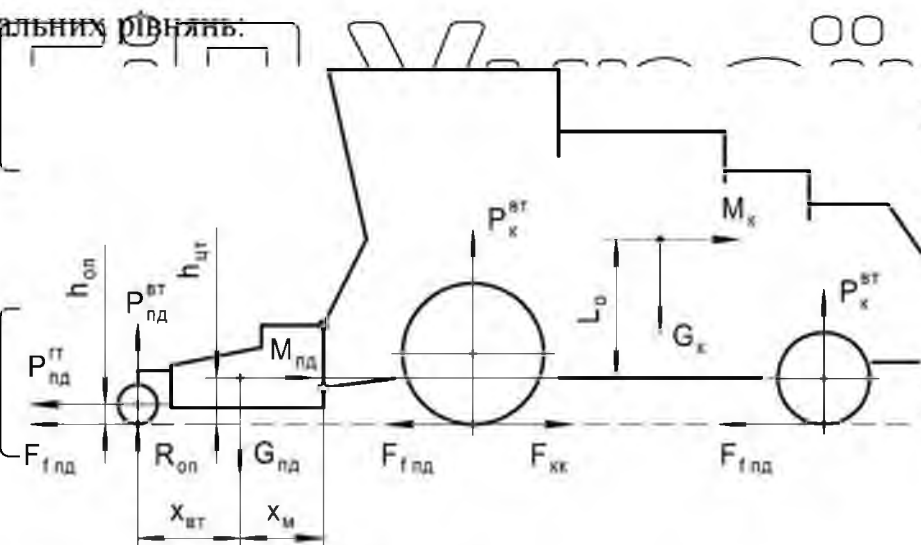


Рис. 2.9. Загальна схема утворення вертикальної сили  $P_{pd}^{vt}$  під час руху комбайна з підбирачем при підборі валка хлібної маси

$$\begin{cases} M_{pd} \frac{ds_{pd}^2}{dt^2} (F_{f, pd} + f_{пер(пд)} \cdot G_{pd}) + (f'_{тр} - f_{пер(пд)}) \cdot P_{pd}^{vt} + c_{pd} \cdot S_{оп} \\ M_{pd} \frac{ds_k^2}{dt^2} = (F_{кк} + f_{пер(к)} \cdot G_k) + (f''_{тр} - f_{пер(к)}) \cdot P_k^{vt} + c_k \cdot S_k \end{cases}, \quad (2.31.)$$

де  $F_{f, pd}$  - сумарна сила опору пересування опорної поверхні (колесо, гусениця) копювального пристрою підбирача, Н;

$f_{пер(пд)}$  - Коефіцієнт опору пересування опорної поверхні копювального пристрою підбирача комбайна;

$G_{pd}$  - вага підбирача комбайна, Н;

$f'_{тр}$  - Коефіцієнт тертя при відносному переміщенні осей опорної поверхні (колесо, гусениця) копювального пристрою підбирача комбайна;

$R_{\text{пд}}^{\text{вТ}}$  - вертикальна реакція в опорній поверхні (колесо, гусениця) копіювального пристрою підбирача від дотичної тяги, що розвивається провідними колесами самохідної молотарки, Н;

$C_{\text{пд}}$  - наведений коефіцієнт жорсткості пружного елемента опорної поверхні (колесо, гусениця) копіювального пристрою підбирача комбайна, Н/м;

$S_{\text{оп}}$  - величина стиснення пружного елемента опорної поверхні (колесо, гусениця) копіювального пристрою підбирача комбайна, м;

$F_{\text{кк}}$  - сумарна дотична сила тяги, що розвивається провідними колесами самохідної молотарки, Н;

$f_{\text{пер(к)}}$  - коефіцієнт опору пересування коліс самохідної молотарки;

$G_{\text{к}}$  - вага самохідної молотарки, Н;

$f'_{\text{тр}}$  - коефіцієнт тертя при відносному переміщенні осей коліс самохідної молотилки;

$R_{\text{к}}^{\text{вТ}}$  - вертикальна реакція в опорних колесах самохідної молотарки від дотичної тяги, що розвивається провідними колесами, Н;

$C_{\text{к}}$  - наведений коефіцієнт жорсткості пружного елемента (шин) провідних та ведених коліс самохідної молотарки, Н/м;

$S_{\text{к}}$  - величина стиснення пружного елемента (шин) провідних та ведених коліс самохідної молотарки.

Вертикальна реакція  $R_{\text{пд}}^{\text{вТ}}$  в опорній поверхні (колесо, гусениця) копіювального пристрою платформи-підбирача, що виникає від дії дотичної сили  $F_{\text{кк}}$  тяги, що розвивається провідними колесами самохідної молотарки при

підборі валка хлібної маси, визначена щодо точки опори переднього колеса машини. Введу те, що маса опорної поверхні (колеса, гусениці) копіювального пристрою платформи-підбирача мала щодо маси підбирача комбайна, зробимо припущення, що моменти інерції та опору кочення не враховуються, тоді

можна записати вираз:

$$R_{\text{пд}}^{\text{вТ}}(x_{\text{вТ}} + x_{\text{м}}) + R_{\text{пд}}^{\text{гТ}} \cdot h_{\text{оп}} + G_{\text{пд}} \cdot x_{\text{м}} + R_{\text{оп}}(x_{\text{вТ}} + x_{\text{м}}) - M_{\text{пд}} \cdot h_{\text{цв}} = 0 \quad (2.32.)$$

де  $R_{\text{пд}}^{\text{вТ}}$  - вертикальна реакція в опорній поверхні (колесо, гусениця)

копіювального пристрою платформи-підбирача від дотичної тяги, що розвивається провідними колесами самохідної молотарки, Н;

$x_{вт}$  - відстань від опори (колеса, гусениця) копіювального пристрою до центру ваги підбирача, м;

$x_m$  - відстань від центру тяжіння платформи-підбирача до осі з'єднання платформи-підбирача з похилою камерою самохідної молотилки, м;

$R_{пд}^{гг}$  - горизонтальна реакція в опорній поверхні (колесо, гусениця) копіювального пристрою платформи-підбирача від дотичної тяги, що розвивається провідними колесами самохідної молотарки, Н;

$h_{оп}$  - відстань від поверхні ґрунту поля до точки застосування горизонтальної реакції в опорній поверхні (колеса, гусениці) копіювального пристрою платформи-підбирача, м;

$R_{оп}$  - реакція з боку поверхні ґрунту поля на опорну поверхню копіювального пристрою платформи-підбирача, Н;

$M_{пд}$  - маса платформи-підбирача комбайна, Н;

$h_{цв}$  - відстань від поверхні ґрунту поля до центру тяжкості підбирача, м.

З виразу (2.46) виразимо вертикальну складову від дотичної тяги, що розвивається провідними колесами самохідної молотарки і отримаємо:

$$R_{пд}^{вт} = \frac{-R_{оп}(x_{вт} + x_m) - R_{пд}^{гг} \cdot h_{оп} - G_{пд} \cdot x_m + M_{пд} \cdot h_{цв}}{x_{вт} + x_m}$$

Взявши припущення, що центр тяжкості платформи-підбирача  $G_{пд}$  розташований посередині, тоді:  $R_{оп} = \frac{G_{пд}}{2}$ .

Відповідно до схем сил, що діють на опорну поверхню копіювального пристрою підбирача, воно як механічна система під час підбору валка клібною маси в ідеалі має перебувати в урівноваженому стані (рис. 2.10.). Виходячи з цього, рівняння руху точки  $M$  програми  $R_{пд}^{вт}$  можна записати у вигляді:

$$G_{пд} \cdot y_{пд} = R_{пд}^{вт} \cdot y_{оп}, \text{ або } R_{пд}^{вт} \cdot y_{оп} - G_{пд} \cdot y_{пд} = 0 \quad (2.33.)$$

де  $y_1$  і  $y_2$  - координати точки  $M$  та сили програми  $R_{пд}^{вт}$  у вертикальній площині.

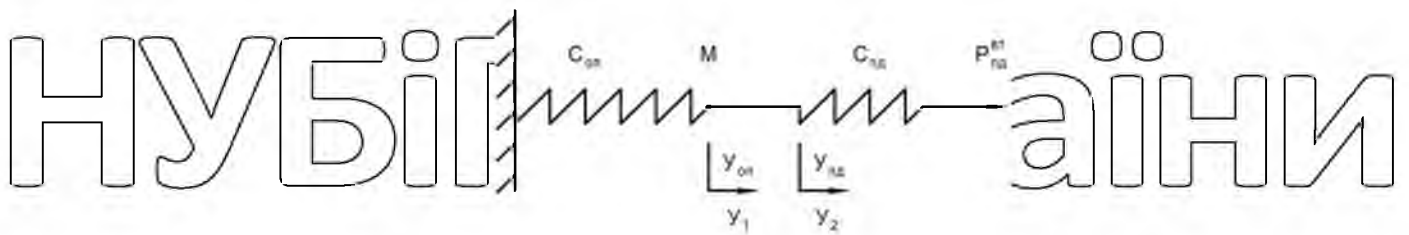


Рис. 2.10. Схема впливу підбирача на пристрій для копіювання

У процесі підбору валка хлібної маси дотичне зусилля, що виникає у вертикальній площині опорної поверхні копіюючого пристрою  $P_{пд}^{ст}$  буде характеризуватись і масою підбирача, тоді шлях, пройдений точкою  $M$ , буде залежати від прискорення, що надається системі, тобто копіювального пристрою, масою підбирача  $M_{пд}$  і робочою швидкістю руху, яке можна записати у вигляді:

$$y_{оп} = v_k \cdot t, \quad (2.34)$$

де  $v_k$  - робоча швидкість руху комбайна, м/с;

$t$  - час шляху точки  $M$ , с.

Тоді рівняння переміщення точки  $M$  у вертикальній площині можна записати як:

$$M_{пд} \frac{d^2 y_{оп}}{dt^2} + \frac{c_{оп} + c_{кк}}{M_{пд}} y_{пд} = \frac{c_{оп}}{M_{пд}} \cdot v_k \cdot t, \quad (2.35)$$

де  $y_{оп}$  - переміщення опорної поверхні (колесо, гусениця) копіювального пристрою платформи-підбирача у вертикальній площині, м;

$c_{оп}$  і  $c_{кк}$  - відповідно жорсткість опорної поверхні (колес, гусениць) копіювального пристрою платформи-підбирача та коліс комбайна, Н/м;

$y_{пд}$  - переміщення центру ваги платформи-підбирача у вертикальній площині, м.

Вираз (2.35.) мало враховує твердість мікрорельєфу поверхні поля, як коефіцієнта  $k_{тп}$ . Розмір коефіцієнта твердості мікрорельєфу поверхні поля  $k_{тп}$  змінюється від 1,0 до 0. При  $k_{тп} = 1,0$  - абсолютно тверда поверхня мікрорельєфу поля (бетон, асфальт).

У дослідженнях застосовуємо припущення, що  $k_{тп} = 1,0$ , тобто твердість поверхні мікрорельєфу поля практично не впливає на величину амплітуди вимушених коливань.



Аналіз залежності показує, що на величину амплітуди вимушених коливань опорної поверхні копіювального пристрою платформи-підбирача комбайна впливає маса опорної поверхні копіюючого пристрою і швидкість руху комбайна з підбирачем, так як  $\omega_B = f(v_K)$  впливає з формули (2.66).

Прийнявши припущення, що  $h_H = 0,01\text{м}$ ,  $l_H = 1,0\text{м}$ ,  $c_{оп} = 1,0\text{Н/м}$ ,  $F_{Коп} = 10\text{Н}$  та  $\omega_K = 0,01\text{с}^{-1}$ , тоді графічна інтерпретація виразу представлена на рис. 2.11.

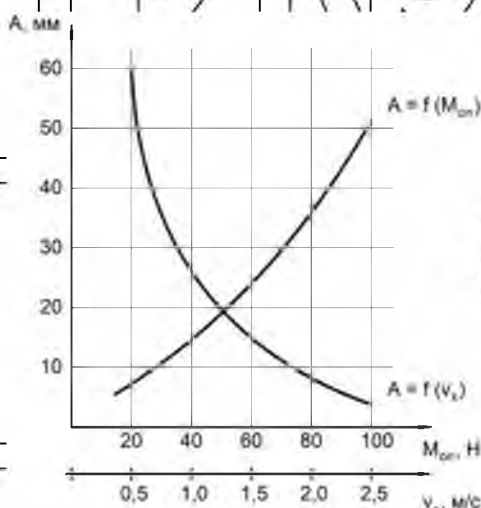


Рис. 2.11. Зміна амплітуди вимушених коливань  $A$  залежно від маси опорної поверхні копіювального пристрою  $M_{оп}$  та робочої швидкості руху комбайна  $v_K$

З графічних залежностей рис. 2.11. випливає, що при малій масі  $M_{оп}$  опорної поверхні копіювального пристрою платформи-підбирача, амплітуда  $A$  вимушених коливань визначається насамперед робочою швидкістю комбайна. З підвищенням робочої швидкості руху комбайна значимість цього знижується і різко зростає роль маси  $M_{оп}$  опорної поверхні копіюючого пристрою платформи-підбирача.

У зв'язку з тим, що при підборі валка хлібною масою з прискоренням і гальмуванням самосхідна молотарка не може діяти на опорну поверхню копіювального пристрою платформи-підбирача у вигляді силової характеристики миттєво, його вплив на опорну поверхню копіювального пристрою триває протягом деякого періоду часу, тоді сила, що виникає в результаті дії маси платформи-підбирача на опорну поверхню копіювального пристрою, є функцією часу та змінюється за лінійним законом виду:

$$F_{\text{пд}} = K_p \cdot t_{\text{зр}}, \quad (2.36.)$$

де  $F_{\text{пд}}$  - максимальне посилення, створюване підбирачем комбайна у процесі добору валка хлібної маси з прискоренням, Н;

$K_p = \frac{F_{\text{пд}}}{t_{\text{зр}}}$  - коефіцієнт зростання зусилля в опорній поверхні копіюючого

пристрою від впливу платформи-підбирача комбайна, Н/с;

$t_{\text{зр}}$  - час наростання сили  $F_{\text{пд}}$  від мінімального значення до максимального

Так як в конструкції пропонуваного копіювального пристрою

платформи-підбирача встановлюється додаткова опорна поверхня у вигляді

колеса з еластичним елементом на обід, то час наростання  $F_{\text{пд}}$

затримуватиметься прямо пропорційно величині деформації сумарної площі еластичного елемента опорної поверхні і маси платформи-підбирача. Тоді за

умови, що швидкість підбирача дорівнює швидкості прискорення та

гальмування комбайна, отримали:

$$t_{\text{зр}} = \frac{L_{\text{н}}}{v_{\text{к}}},$$

де  $L_{\text{н}}$  - відстань, пройдена опорною поверхнею копіювального пристрою платформи-підбирача між двома нерівностями рельєфу поверхні поля, м.

При розгляді залежності з урахуванням коефіцієнта зростання зусилля в опорній поверхні копіювального пристрою платформи-підбирача отримаємо:

$$F_{\text{пд}} = m \cdot M_{\text{пр}} \cdot \left[ 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{v_{\text{п}}}{j_0} \cdot \beta \right)^2} \right], \quad (2.37.)$$

де  $F_{\text{пд}}$  - зусилля, що створює, що виникає в опорній поверхні копіюючого пристрою від впливу підбирача, Н;

$m$  - коефіцієнт вагової характеристики платформи-підбирача комбайна;

$M_{\text{пр}}$  - сумарна наведена маса опорних поверхонь копіювального пристрою та платформи-підбирача комбайна, Н;

$v_{\text{п}}$  - швидкість руху підбирача комбайна, м/с;

$\beta$  - кутова частота власних коливань копіювального пристрою у вертикальній площині,  $\text{с}^{-1}$ ;

$j_0$  - відносне прискорення,  $m/s^2$ .  
Оскільки, отримуємо:  $v_{пр} = v_k$

$$F_{пд} = m \cdot M_{пр} \cdot \left[ 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{v_k}{j_0} \cdot \beta \right)^2} \right], \quad (2.38.)$$

Якщо  $K_p \rightarrow 0$ , то час наростання  $F_{пд}$  прагне нескінченності.

При  $t_{зр} \rightarrow \infty$  зусиллі  $F_{пд}$  в опорній поверхні коніювального пристрою підбирача збільшується і досягає максимального значення при  $K_p \rightarrow \infty$  і  $t_{зр} = 0$ .

Зіставивши залежності виразів (2.39.) та (2.36.) з урахуванням залежності рівняння (2.37.), з урахуванням коефіцієнта зростання зусилля  $F_{пд}$  в опорній поверхні кспіювального пристрою підбирача комбайна доцільніше замінити коефіцієнтом динамічного впливу підбирача комбайна, який визначатиметься як:

З урахуванням виразу (2.39.) та умовному припущенні, що  $m = 1$ ,  $\beta = 1s^{-1}$ ,  $j_0 = 1m/s^2$ , після перетворення отримаємо:

$$\Pi_{вз} = \sqrt{\frac{M_{оп} + M_{оп} \sqrt{1 + v_k^2}}{L_n \cdot c_{оп} - 1}}, \quad (2.39.)$$

Розмір параметра у формулі  $L_n$  практично некерована, оскільки залежить від агротехніки та природно-кліматичних умов. Графічна інтерпретація виразу (за умови:  $v_k = 1,0m/s$ ;  $L_n = 0,1m$ ;  $c_{оп} = 10H$ ;  $M_{оп} = 50H$ ) відображена на рис. 2.12. та 2.13.

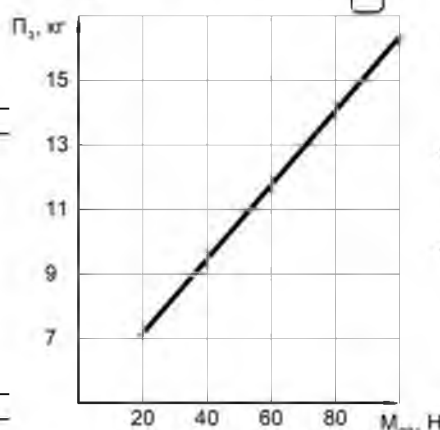


Рис. 2.12. Зміна втрат зерна  $\Pi_{вз}$  за підбирачем комбайна залежно від маси  $M_{оп}$  опорної поверхні пристрою, що копіює

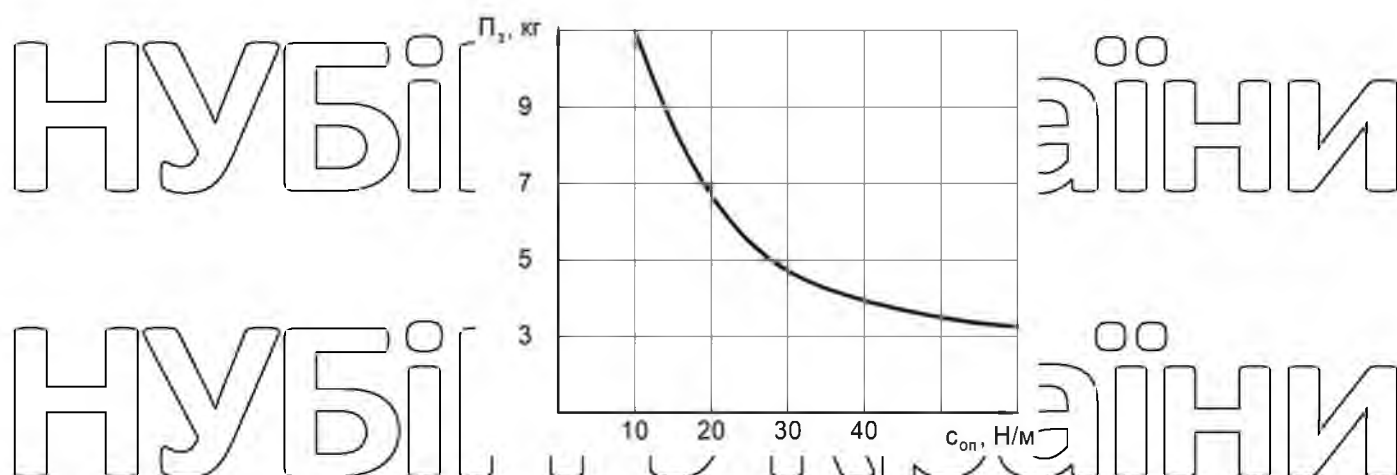


Рис. 2.13. Зміна втрат зерна  $P_{вз}$  за підбирачем залежно від жорсткості  $c_{оп}$

опорної поверхні копіювального пристрою платформи-підбирача

З рис. 2.12 видно, що зі збільшенням маси опорної поверхні копіювального пристрою платформи-підбирача спостерігається зростання втрат зерна, що можна пояснити негативним впливом фактора на мікрорельєф поверхні поля. Маса опорної поверхні копіюючого пристрою платформи-підбирача збільшує глибину колії, що призводить до взаємодії пружинних пальців з ґрунтом та утворення підвищеного динамічного удару пружинних пальців по хлібній масі.

Збільшення жорсткості опорної поверхні копіювального пристрою платформи-підбирача позитивно впливає на утворення втрат зерна за підбирачем, що необхідно враховувати при розробці нового копіювального пристрою платформи-підбирача зернозбирального комбайна.

## РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ТА ПРОГРАМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для підтвердження теоретичних досліджень у роботі планувалося

проведення експериментальних досліджень, у ході яких визначалися значення

фактів, що характеризують процес підбирання валка хлібної маси платформою-

підбирачем зернозбирального комбайна та їх опис кількісним зв'язком. Загалом

схема дослідження базується як у активному, і на пасивному експериментах

(рис. 3.1.).

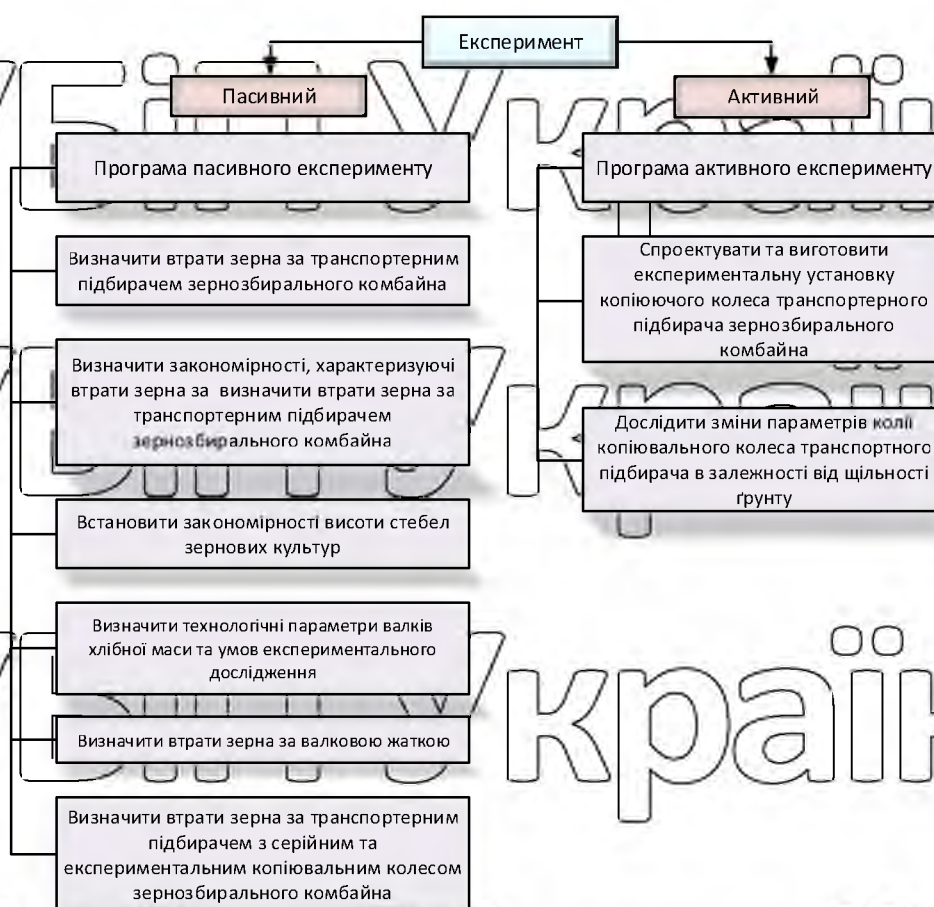


Рис. 3.1. Загальна схема проведення експериментальних досліджень

Метод дослідження визначають спостереження, досвід та обчислювальний експеримент, а дослідження спрямовані на вивчення зміни

втрат зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна залежно від

а) біологічних характеристик зернових культур, технологічних параметрів

валка хлібної маси, конструктивних особливостей платформ-підбирачів

зернозбиральних комбайнів, колі та елементів копіювального колеса.

Основною проведення експериментальних досліджень є програма робіт, і навіть методика вимірів параметрів досліджуваних закономірностей та його оцінка. Експериментальні дослідження базуються на загальноприйнятих методичних рекомендаціях та положеннях [49, 116-119, 121-128, 133, 134].

### 3.1. Програма експериментальних досліджень

Під час експериментальних досліджень необхідно вирішувати такі завдання.

1. Визначити втрати зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна у виробничих умовах степової зони України.

2. Встановити закономірності, що характеризують втрати зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна.

3. Визначити зміну глибини колії копіювального колеса платформи-підбирача зернозбирального комбайна залежно від маси колеса та твердості ґрунту.

4. Встановити закономірності висоти стеблостою зернових культур.

5. Визначити технологічні параметри валків хлібної маси та умов експериментальних досліджень.

6. Визначити втрати зерна за валковою жнивваркою при формуванні валків хлібної маси.

7. Визначити втрати зерна за платформою-підбирачем із серійним та експериментальним копіювальним колесом з урахуванням швидкісного режиму роботи зернозбирального комбайна при виробничих умовах.

8. Перевірити технологічну ефективність підбирання валка хлібної маси зернозбиральним комбайном, оснащеного платформою-підбирачем з експериментальним копіювальним колесом.

Рішення висунутих програмою завдань здійснювалося на основі приватних методик досліджень, які визначають прийоми, способи та необхідні засоби для вирішення поставленого завдання, а отже, і помилка вимірів параметрів зернових культур, валка хлібної маси та технологічного процесу підбирання хлібної маси валка.

### 3.2. Похибка вимірювання параметрів сільськогосподарських машин

При виробуваннях високопродуктивних машин та агрегатів допускається визначати експлуатаційно-технологічні показники контрольними дослідями на контрольних ділянках поля. Кількість контрольних дослідів (спостережень) має бути не меншою за десять [46 - 49].

Вимірювальна апаратура повинна забезпечувати вимірювання величин з похибками, що не перевищують зазначені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Похибка апаратури

Найменування вимірюваної величини	Припустима похибка, %
Час	$\pm 0,5$
Маса	$\pm 1,0$
Частота обертів	$\pm 0,5$
Вологість зерна, соломи, підлоги	$\pm 2,0$
Висота зрізу	$\pm 5,0$
Інші лінійні виміри	$\pm 1,0$

Похибка вимірів та діапазон параметрів комбайнів та інших сільськогосподарських машин та технологічного процесу представлені в табл. 3.2.

3.2. Похибка параметрів сільськогосподарських машин та технологічного процесу має бути пов'язана з числом вимірювань, що встановлюється залежно від характеру його практичного застосування.

Таблиця 3.2.

Похибка параметрів сільськогосподарських машин та технологічного процесу

Керований параметр	Діапазон вимірів	Припустима похибка вимірювання, %	Характер використовуваних сигналів
Наявність рослин, шт./м <sup>2</sup>	250...500 (зернові)	3...5	дискретний
Швидкості робочих органів			
лінійні, м/с	0,03...0,05	5...10	безперервно-дискретний
кутові, м/с	до 300	5...10	безперервно-дискретний

### 3.2.1. Визначення числа вимірів

Зважаючи на те, що допуски на контроль епітхосподарських процесів дуже великі (2 - 10 %, іноді до 25 %), кількість вимірювань виходить меншою. Необхідне число  $n$  вимірювань показника встановлюється на основі теорії ймовірності з урахуванням надійності обчислень та припустимої помилки, взятої в частках від стандартної, а також складністю та складністю операції. Число  $n$  вимірювань показника з ймовірністю  $P = 0,9$  при помилці середньої величини вимірювань у 2,0% та 1,0% відповідно 3 та 5 вимірів. Це означає, що показники, що характеризують біометричні (агробіологічні) параметри зернових культур та валків хлібної маси, технічних пристроїв, визначаємо у 3-кратній повторності та у кожному досвіді з 5-кратним виміром, а також в окремих випадках 10-кратним виміром. Отримані дані обробляють методами теорії ймовірності.

### 3.3. Методика визначення втрат зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна

Полеві дослідження проводились за методикою випробування підбирачів згідно з ГОСТ 28301-2015 «Комбайни зернозбиральні. Методи випробувань» [49]. Для досвіду було обрано моделі зернозбиральних комбайнів: «ДОН-1500Б» та «TORUM 440», оснащені платформою-підбирачем Swa-Pick (рис. 3.2. а), та іноземним JOHN DEERE 9570 з модернізованим підбирачем РСМ Swa-Pick (рис. 3.2. б); культура, що прибирається - пшениця. Перед проведенням досвіду обидві моделі комбайнів проходять обкатку, робочі органи регулюються відповідно до посібника з експлуатації.



а



б

Рис. 3.2. Зернозбиральні комбайни на підбиранні валка хлібної маси



Порядок проведення польового досвіду полягав у наступному.  
Насамперед було визначено технологічні параметри валка (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Валок хлібної маси на контрольній ділянці

Маса погонного метра валка була виміряна на трьох рядах валка (для кожної з моделей комбайнів) і на трьох ділянках (наступні три «швидкісні» ділянки), як показано на рис. 3.4. а (стрілка вказує напрямок руху комбайнів).

На першій ділянці комбайни рухаються з мінімальною робочою швидкістю, на другій ділянці – із середньою, на третій – максимально можливою. Шлях проходу комбайнів на кожній ділянці за допомогою трьох рамок  $0,5 \times 0,5$  метра на ширину валка (по ходу руху комбайна – ліворуч, у центрі та праворуч) визначається кількість обсіпаного на поверхню поля та необмолоченого зерна (рис. 3.4. б). Такі вимірювання робляться на початку, у середині та наприкінці кожної контрольної «швидкісної» ділянки.



Рис. 3.4. Схема проведення польового досвіду (а) та розташування контрольних рамок на ширині валка хлібної маси (б)

Дані записувалися в журнал обліку та реєстрації експериментальних даних, і надалі оброблялися методом теорії ймовірності, що наведено в розділі 4.

### 3.4. Методика обробки експериментально-розрахункових даних

У ході виконання досліджень здійснюється збирання та систематизація даних, отриманих як з науково-технічної літератури, так і експериментальним шляхом, що відображають зміну втрат зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна залежно від технологічних параметрів валка хлібної маси та експлуатаційних параметрів машини.

Аналіз матриць експериментально-розрахункових даних будується на основі функціональної залежності, яка найкраще описує цей матеріал. Таке завдання зводиться до аналізу виразу:

$$y = f(x_1 \dots x_2), \quad (3.1)$$

де  $y$  - параметр;

$x_1 \dots x_2$  - інші параметри;

$f$  - заздалегідь невідома функція, що підлягає визначенню на основі інформації, що міститься в матриці даних.

Вибір функції зводиться до завдання знаходження заздалегідь невідомих коефіцієнтів  $(\alpha_1 \dots \alpha_2)$ , які визначаються методом найменших квадратів.

Розрахунок зводиться до безумовного мінімуму виразу:

$$W = \frac{1}{N} \sum (y_i - \sum_{i=1}^n a_{i_s} x_{i_s})^2 \min \quad (3.2)$$

При прирівнюванні нуля всіх приватних похідних виразів ( $W$ ). Рішення виразу ( $W$ ) виконується методом найменших квадратів у програмному продукті

MathCAD 14 за найпоширенішими аналітичними виразами:

$$\begin{aligned} y &= A \cdot x + B; & y &= \frac{A}{x} + B; & y &= B \cdot \exp(A \cdot x); & y &= \frac{x}{A \cdot x + B} \\ y &= A \cdot x^2 + B \cdot x + C; & y &= B \cdot \frac{x}{A}; & y &= A \cdot \ln(x) + B \end{aligned}$$

Кінцевий вибір функціональної залежності, що найбільш повно описує

експериментальний матеріал, здійснюється з деякою помилкою з урахуванням фізичної сутності взаємозв'язку між параметрами.

### 3.5. Методика визначення втрат зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440»

Для перевірки теоретичних передумов та результатів лабораторних експериментів у виробничих умовах визначаються втрати зерна як за серійною платформою-підбирачем, так і за підбирачем, оснащеним експериментальним пристроєм, який далі розглядаємо як експериментальний. Як серійна, так і експериментальна платформа-підбирач агрегуються із зернозбиральним комбайном TORUM 440.

Ступінь впливу змін умов у процесі експерименту в польових умовах, тобто стаціонарність досліджуваного процесу підбирання валка хлібної маси валка серійною та експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна, визначаємо за рахунок роботи одного комбайна на різних швидкісних режимах у 5-кратній повторності, що відповідає умові повторюваності експерименту.

Для проведення польових випробувань вибирається серійний зернозбиральний комбайн «TORUM 440», оснащений платформою-підбирачем РСМ УШТ-34 (рис. 3.6. а) та сільськогосподарська культура, що збирається – пшениця (рис. 3.6. б).



а



б

Рис. 3.6. Технічна оснащеність (а) польових досліджень та сільськогосподарська культура (б), що збирається.

Перед проведенням польових дослідів робочі органи зернозбирального

комбайна проходять регулювання відповідно до керівництва експлуатації машини. Порядок проведення польових дослідів однаковий як для серійної платформи-підбирача зернозбирального комбайна «TORUM 440», так і для експериментальної.

Послідовність вимірів та проведення дослідів полягає в наступному.

Спочатку на експериментальному полі визначаються контрольні ділянки, де рельєф поверхні поля має бути рівним. Потім на цих ділянках поля здійснюється скошування зернових культур одинарний валок жнивним агрегатом МТЗ-80 + ЖВП-9.1 (рис. 3.7.).



Рис. 3.7. Формування контрольних валків на експериментальному полі. Перед скошуванням пшениці жнивним агрегатом визначаються агробіологічні характеристики відповідно до методики [49] та ОСТ 70.8.1-81

«Випробування сільськогосподарської техніки. Машини зернозбиральні. Програма та методи випробувань» [141]. Після скошування зернових та формування валків хлібної маси визначаються втрати зерна (келосом та вільним зерном) за жнивним агрегатом МТЗ-80 + ЖВП-9.1 на контрольних ділянках, де покладені валки хлібної маси. Похибка зважування щодо втрат

зерна за жниваркою  $\pm 0,1\%$ .

На контрольній ділянці експериментального поля виділяється три валки хлібної маси для їх підбирання зернозбиральним комбайном, оснащеним як серійною, так і експериментальною платформою-підбирачем з удосконаленим копіювальним пристроєм. Загальна кількість валків хлібної маси контрольних ділянок поля становить 6 штук.

На кожному валку хлібної маси виділяється ділянки довжиною гону 30 метрів, до якої додатково приєднується ділянка довжиною 25 - 30 метрів для

розгону та виходу зернозбирального комбайна на відповідний швидкісний режим (рис. 3.8).

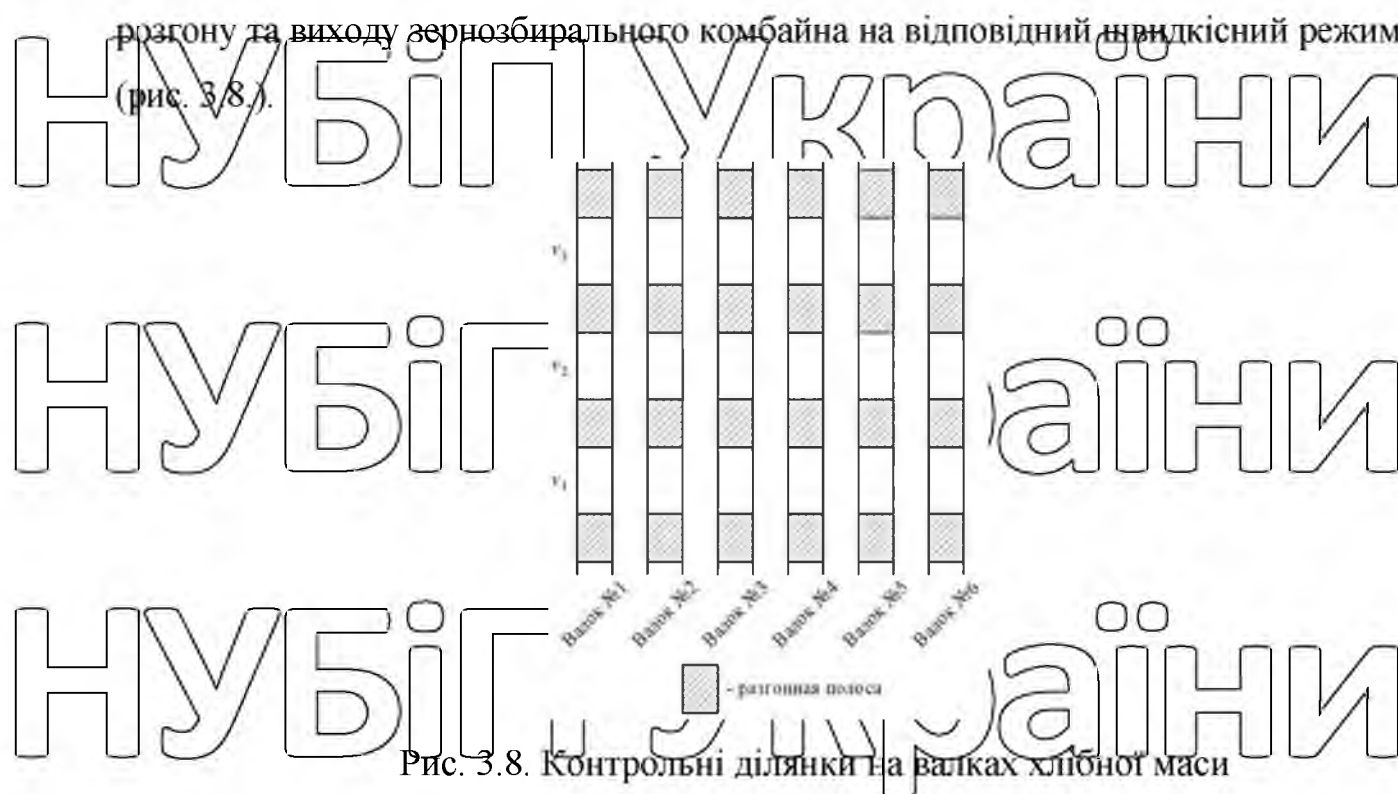


Рис. 3.8. Контрольні ділянки на валках хлібної маси

На контрольних ділянках валка хлібної маси здійснюється підбір хлібної маси як серійною, так і експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440» при швидкісному режимі руху машини рівної 0,33 м/с (1,2 км/год). На інших ділянках валка хлібної маси підбір хлібної маси здійснюється за швидкісних режимів роботи комбайна 0,69 м/с (2,50 км/год); 1,2 м/с (4,30 км/год); 1,90 м/с (6,80 км/год); 2,08 м/с (7,50 км/год); 2,25 м/с (8,10 км/год).

На всіх контрольних ділянках валка хлібної маси після підбирання беруться проби втрат зерна двох типів: колосом та вільним зерном. Для цього використовують рамку площею 0,25 м<sup>2</sup> за фактичної вологості зерна.

Після визначення втрат зерна за платформою-підбирачем враховують і втрати зерна за валковою лניваркою, які беруться поруч із точками взяття проб за платформою-підбирачем. Загалом втрати зерна як за серійною, так і за експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна рівні:

$$P_{\text{пд}}^{\Phi} = P_{\text{пд}}^{\Sigma} P_{\text{пж}}, \text{ Кг/га}, \quad (3.3.)$$

де  $P_{\text{пд}}^{\Phi}$  фактичні втрати зерна за підбирачем, г/м<sup>2</sup>;

$P_{\text{пд}}^{\Sigma}$  - загальні втрати зерна за підбирачем з урахуванням втрат зерна за

валковою жнивarkою,  $г/м^2$ ;

$P_{пж}$  – втрати зерна за валковою жнивarkою на контрольній ділянці експериментального поля,  $г/м^2$ .

Виходячи з довірчої ймовірності 0,95 всі виміри проводяться у 3-кратній повторності, тобто на трьох контрольних валках хлібної маси як для серійної, так і для експериментальної платформи-підбирача зернозбирального комбайна.

Отримані експериментальні дані заносяться до журналу обліку та реєстрації, які у подальшому обробляються методами статистичної теорії, та наведено у розділі 4.

### 3.6. Методика експериментальних даних та оцінки похибки вимірюваних величин

Методичною основою обробки експериментальних даних є теорія математичної статистики та випадкових величин.

Обробку результатів дослідів, а також обчислення розрахункових значень результуючих критеріїв проводимо з використанням програмних продуктів MathCAD 14 та Microsoft Excel 2019.

Порядок обробки результатів експериментів зводиться до наступного:

1. Обробка спостережень у експериментальних дослідах.
2. Обчислення статистичних характеристик параметрів досліджуваного процесу, тобто знаходження  $m_x$ ,  $D_x$ ,  $\delta_x$ ,  $V_x$ .
3. Порівняння теоретичних та експериментальних залежностей, визначення ступеня згоди.
4. Встановлення взаємних зв'язків між довірливими процесами.
5. Аналіз та узагальнення результатів експерименту.

При отриманні результату, що різко відрізняється від інших результатів, необхідно перевірити, чи не порушена основна умова вимірювань.

Величина стандартної помилки вимірювань невідома, але вона оцінюється приблизно за результатами вимірювань за формулою

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (3.4.)$$

Абсолютна величина різниці  $(x^* - \bar{x})$  між «вискакующим» значенням  $x^*$  і  $\bar{x}$  середнім значенням, ділиться на  $S$ , і отримуємо:

$$x_{\text{розр}} = \frac{x^* - \bar{x}}{S}. \quad (3.5.)$$

Далі  $t_{\text{розр}}$  порівнюємо з  $t_T$  ( $P = 0,95$ ). Якщо при результатах  $x^*$  і  $\bar{x}$  відношенні  $t_{\text{розр}}$  виявляється між двома критичними значеннями при надійності  $P_1$  і  $P_2$ , причому  $P_1 > P_2$ , то з надійністю виведення більшою  $P_1$  можна вважати, що значення, що «вискакує», містить грубу помилку і його доцільно виключити з чисельного масиву результатів вимірів.

### 3.7. Перевірка середніх значень вимірюваних величин параметрів

Для виявлення випадковості чи не випадковості розбіжностей значень деякого параметра  $x_i$  визначаємо середнє значення параметра  $\bar{x}_i$ . Якщо різниця між середніми значеннями досить велика, маємо практичну впевненість у випадковому походженні виявлених відмінностей. Вимірювання припускаємо незалежними, тобто. вони проводяться тим самим дослідником за одним комбайном, що дає підставу для порівняння середніх при невідомій дисперсії.

При серії незалежних вимірів отримуємо  $n_1, \bar{x}_1, S_1^2$  і  $n_2, \bar{x}_2, S_2^2$ , тоді

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}. \quad (3.6.)$$

$$S = \sqrt{\frac{(n_1-1) \cdot S_1^2 + (n_2-1) \cdot S_2^2}{(n_1-1) + (n_2-1)}}, \quad (3.7.)$$

За даними [125, 127] знаходимо  $t_T$  ( $P = 0,95; K$ ),  $K = n_1 + n_2 = 2t_T$ . Якщо абсолютна величина відношення перевищує знайдене значення  $t_T$  ( $P = 0,95; K$ ) то розбіжність середніх значення вважатимуться не випадковими з надійністю виведення  $P = 0,95$ . Інакше немає підстав вважати розбіжність значимим.

### 3.8 Перевірка відтворюваності дослідів польових досліджень

Перевірка відтворюваності дослідів щодо визначення втрат зерна за серійною та експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна проводилася в наступній послідовності:

1. Знаходиться середньоарифметичне значення втрат зерна за платформою-підбирачем комбайна  $\bar{B}_3$  з  $n$  повторюваності ( $n=5$ ):

$$\bar{B}_3 = \frac{\sum_{i=1}^n B_{3i}}{n}, \quad (3.8)$$

де  $B_{3i}$  - втрати зерна за платформою-підбирачем  $i$ -заміру, кг/га.

2. Знаходимо квадрати відхилень  $(B_{3i} - \bar{B}_3)^2$  за п'ятьма повторами.

3. По кожному рядку знаходимо суму квадратів відхилень:

$$\sum_{i=1}^n \Delta B_3^2 = \sum_{i=1}^n (B_{3i} - \bar{B}_3)^2, \quad (3.9)$$

4. Знаходимо рядкову дисперсію  $S_n^2$ .

$$S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta B_3^2. \quad (3.10)$$

5. Знаходимо суму рядкових дисперсій  $\sum_{i=1}^N S_n^2$  для  $N$  дослідів ( $N=6$ ).

6. Визначаємо розрахункове значення критерію Кохрена:  $G_{max}$

$$G_{max} = \frac{S_{n \max}^2}{\sum_{n=1}^N S_n^2}, \quad (3.11)$$

де  $S_{n \max}^2$  - максимальне значення  $S_n^2$  зі всіх рядків.

Отримане значення критерію Кохрена порівнюється з табличним  $G_{табл}$ .

Для визначення  $G_{табл}$  попередньо знаходимо число ступенів свободи  $j_1 = n - 1 = 5 - 1 = 4$ , а  $j_2 = N = 6$ . При цьому  $G_{табл} = 0,4803$ .

Якщо досвід відтворюємо, то  $G_{max} \leq G_{табл}$ . Якщо ця умова не виконується, то досвід не відтворюється, і його результатам довіряти не можна.

Результати розрахунків відображені у розділі 4.



## РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1. Визначення втрат зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна у виробничих умовах степової зони України

Перед підбиранням та обмолотом було визначено масу погонного метра валка (пшениця\*) хлібної маси (рис. 4.1.) на контрольних ділянках поля. Результати вимірів представлені у таблиці 4.1.



Рис. 4.1. Валки хлібної маси на контрольних ділянках поля

Таблиця 4.1

Маса погонного метра валка хлібної маси на контрольній ділянці поля

Повторність досвіду	Маса погонного метра валка, кг		
	ДОН-1500Б	TORUM 440	John Deere 9570
1	4,70	6,30	5,76
2	4,30	5,15	9,06
3	3,90	6,07	6,36
$\bar{x}$	4,30	5,84	7,06
$\sigma$	0,79	0,496	1,483
$V, \%$	21,7	8,49	20,3

\* – врожайність – 14,4 ц/га; вологість зерна – 12,4-13,7%; міжвалкова відстань – 12 м.

Коефіцієнти варіації зміни маси одного погонного метра валка хлібної маси свідчать про низьку (коефіцієнти варіації 7...15%) та середню (коефіцієнти варіації 15...20%) мінливості даного технологічного параметра під час проведення експериментальних досліджень.

В ході експериментального дослідження підбору валків хлібної маси зернозбиральним комбайном «TORUM 440» (рис. 4.2.) оснащеним платформою-підбирачем були отримані дані щодо втрат зерна, представлені в табл. 4.2.



Рис. 4.2. зернозбиральний комбайн «TORUM 440», оснащений платформою-підбирачем, на підборі валка кльової маси

Таблиця 4.2

Втрати зерна за підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440»  
із транспортним підбирачем

Повторність досвіду	Швидкість комбайна, м/с (км/год)	Втрати зерна за підбирачем *							
		зліва		в центрі		справа		всього	
		г	%	г	%	г	%	г	%
1	1,25 (4,5)	1,46	11,5	8,86	69,9	2,36	18,6	12,7	100
Коефіцієнт варіації, %		56,7	-	50,5	-	49,8	-	-	-
2	1,8 (6,5)	0,23	1,8	10,06	76,1	2,93	22,1	13,2	100
Коефіцієнт варіації, %		41,4	-	59,7	-	70,9	-	-	-
3	2,36 (8,5)	1,56	5,9	23,1	88,7	4,4	5,4	26,56	100
Коефіцієнт варіації, %		79,1	-	42,3	-	61,7	-	-	-

\* - рамка площею 0,25 м<sup>2</sup>

Дані табл. 4.2 свідчать, що з підвищенням робочої швидкості зернозбирального комбайна «TORUM 440» під час підбирання валків кльової маси спостерігається зростання абсолютних значень втрат зерна за платформою-підбирачем.

Ця негативна тенденція була підтвержена і за результатами експериментального дослідження втрат зерна за платформою-підбирачем імпортного аналога комбайна TORUM 440 – John Deere 9570 (рис. 4.3.).

Результати експериментального дослідження представлені у табл. 4.3.

# НУБІГ іні



Рис. 4.3. зернозбиральний комбайн «John Deere 9570», оснащений платформою-підбирачем, на підборі валка хлібної маси

Таблиця 4.3

Втрати зерна за збирачем зернозбирального комбайна «John Deere 9570» з

транспортним збирачем

Повторність досвіду	Швидкість комбайна, м/с (км/год)	Втрати зерна за підбирачем *							
		зліва		в центрі		справа		всього	
		г	%	г	%	г	%	г	%
1	1,38 (5,0)	1,3	11,3	2,9	25,0	7,36	63,7	11,56	100
Коефіцієнт варіації, %		71,3	-	12,9	-	5,77	-	-	-
2	1,53 (5,5)	3,6	33,2	4,63	42,6	2,63	24,2	10,86	100
Коефіцієнт варіації, %		13,6	-	46,4	-	29,8	-	-	-
3	1,8 (6,5)	4,46	31,3	4,53	31,8	5,21	36,9	14,13	100
Коефіцієнт варіації, %		21,3	-	34,5	-	36,9	-	-	-

\* - рамка площею 0,25 м<sup>2</sup>

Дані табл. 4.3. також, як і у випадку із зернозбиральним комбайном TORUM 440, свідчать про те, що з підвищенням робочої швидкості зернозбирального комбайна John Deere 9570 при підбиранні валків хлібної маси спостерігається зростання абсолютних значень втрат зерна за платформою-підбирачем. Великі значення коефіцієнтів варіації втрат зерна за платформою-підбирачем транспортного типу у свою чергу говорять про дуже високий рівень зміни їх у процесі виконання технологічної операції підбору валків.

## 4.2. Визначення закономірностей, що характеризують втрати зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна

Результати досліджень як проведених нами, так і проведених видатними вченими свідчать, що втрати за платформою-підбирачем зернозбирального

комбайна залежать як від солоmistості хлібної маси, так і від довжини стебел зернових культур, що підтверджують дані табл. 4.4 та 4.5.

Таблиця 4.4

Зміна втрат зерна (%) за підбирачем зернозбирального комбайна в залежності від солоmistості хлібної маси

Показник	Солоmistість хлібної маси			Концентрація хлібної маси валка, кг/м <sup>2</sup>
	0,8	1,0	1,2	
Втрати зерна за підбирачем, %	8,46	5,0	1,49	1,0
	6,14	3,98	0,83	1,5

Таблиця 4.5

Зміна втрат зерна (%) за підбирачем зернозбирального комбайна в залежності від довжини стебел зернових культур

Показник	Довжина стебла (пшениця), м					
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Втрати зерна за підбирачем, %	5,0	4,5	3,5	3,2	2,75	2,0

В результаті обробки експериментальних даних (табл. 4.4. та 4.5.) методом найменших квадратів (МНК) у програмному продукті MathCAD 14 були отримані такі аналітичні залежності:

$$\begin{aligned} V_3 &= -17,42 \cdot \beta_c + 22,4 \quad \text{при } M_k = 1,0 \text{ кг/м}^2 \\ V_3 &= -13,27 \cdot \beta_c + 16,92 \quad \text{при } M_k = 1,5 \text{ кг/м}^2 \end{aligned} \quad (4.1.)$$

де  $V_3$  - втрати зерна за підбирачем комбайна, %;

$\beta_c$  - солоmistість хлібної маси,  $\beta_c \in (0,8 - 1,2)$ .

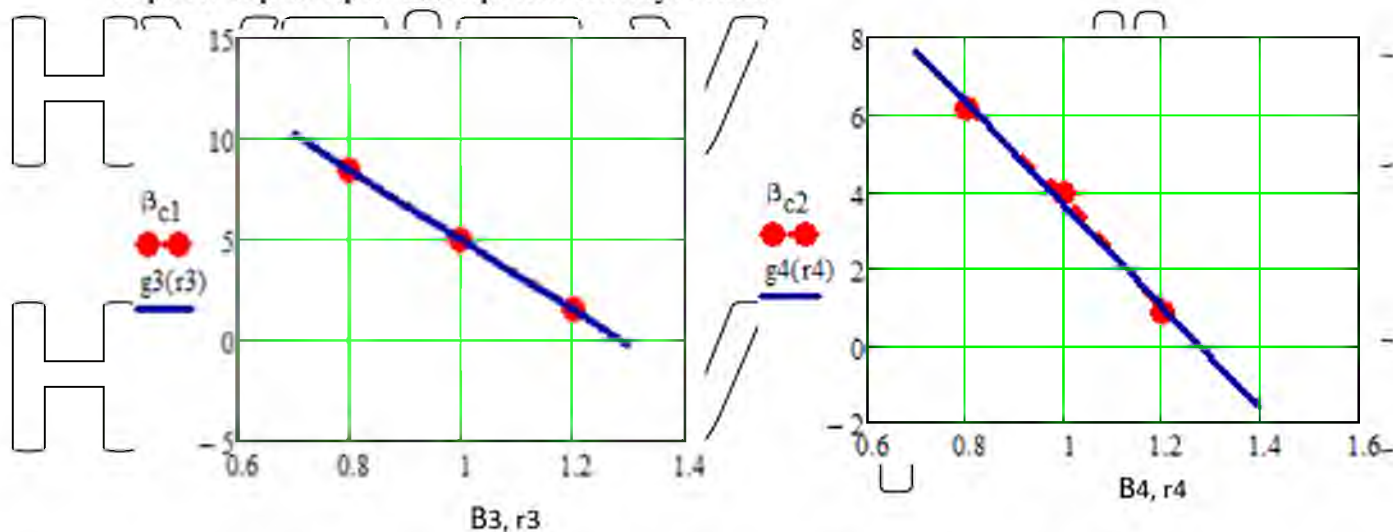
$$V_3 = -5,87 \cdot l_{ст} + 7,31, \quad (4.2.)$$

де  $l_{ст}$  - довжина стебел (пшениця),  $l_{ст} \in (0,4 - 0,9)$  м.

З даних таблиць 4.4. та 4.5. видно, що зі збільшенням солоmistості хлібної маси та довжини стебел зернових культур спостерігається зниження втрат зерна за платформою-підбирачем комбайна, що підтверджується залежностями виразів (4.1.) та (4.2.)

Графічна інтерпретація залежності втрат зерна від солоmistості при

дозбиранні показана рис. 4.4. Характер рівнянь виду  $B_3 = f(\beta_c)$ , а також їх графічна інтерпретація, що описує зміну втрат зерна при дозбиранні залежно від коефіцієнта солоmistості, свідчить про те, що зі збільшенням коефіцієнта солоmistості при встановлених значеннях питомої маси валкоутворювальної втрати зерна при підбиранні знижуються.



$$B_3 = f(\beta_c) \text{ при } M = 1,0 \text{ кг/м}^2$$

$$B_3 = f(\beta_c) \text{ при } M = 1,5 \text{ кг/м}^2$$

Рис. 4.4. Графічні залежності втрат зерна при дозбірі від коефіцієнта солоmistості при відповідних значеннях питомої маси валкоутворювальної стебел

Графічна інтерпретація виразу (4.2.) представлена на рис. 4.5.

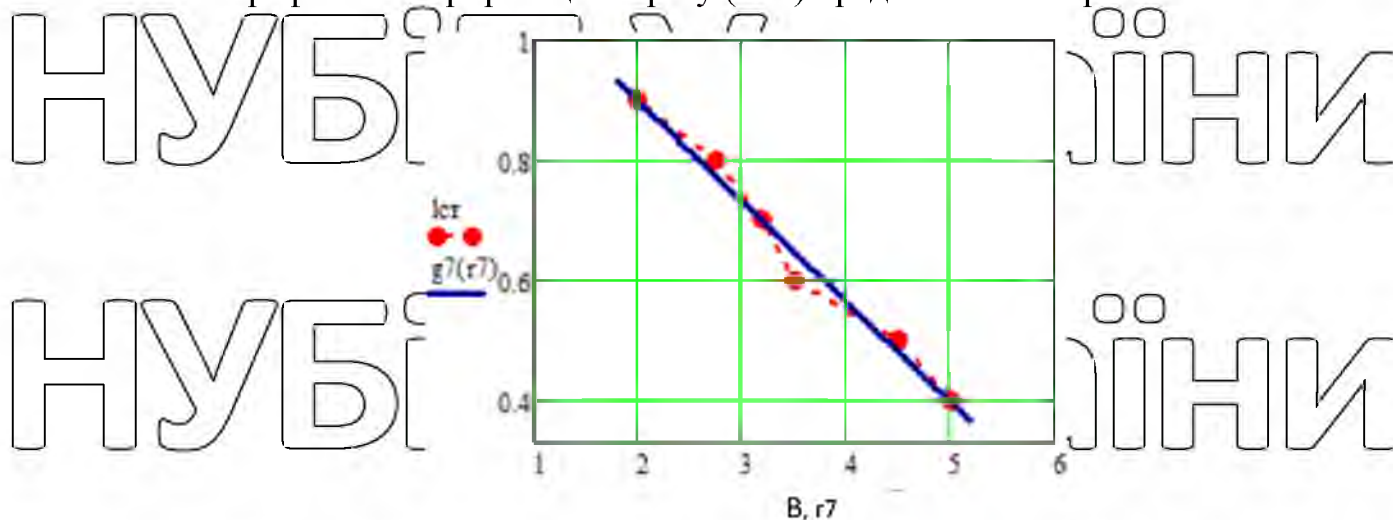


Рис. 4.5. Графічна залежність втрат зерна під час відбору від довжини стебел валка

Характер отриманої аналітичної залежності свідчить, що зменшення

довжини стебел у валку негативно впливає втрати зерна при доборі, що підтверджується й іншими дослідженнями.

Дані табл. 4.5. та вираз (4.2.) свідчать про доцільність проведення польових досліджень при оцінці втрат зерна за платформою-підбирачем комбайна при довжині стебла пшениці від 0,7 м.

Дослідженнями встановлено, що втрати зерна (%) за підбирачем комбайна визначаються та його кінематичним параметром  $\lambda = v_{\text{п}}/v$ , де  $v_{\text{п}}$  швидкість кінця пальця, м/с, а  $v$  – швидкість комбайна, м/с. Зміна втрат зерна за платформою-підбирачем комбайна наведена у табл. 4.6.

Таблиця 4.6  
Зміна втрат зерна (%) за підбирачем зернозбирального комбайна в залежності від кінематичного параметра  $\lambda$

Показник	Кінематичний режим роботи підбирача							
	1,05	1,22	1,40	1,57	1,75	1,92	2,10	2,45
Втрати зерна за платформою-підбирачем, %	3,0	1,85	1,5	0,9	1,5	1,2	1,4	2,1

В результаті обробки експериментальних даних таблиці 4.6 методом найменших квадратів (МНК) у програмному продукті MathCAD 14 була отримана аналітична залежність:

$$B_z = 2,78 \cdot \lambda^2 - 10,10 \cdot \lambda + 10,28, \quad (4.3.)$$

де  $\lambda$  – Показник кінематичного режиму роботи транспортної платформи-підбирача,  $\lambda \in (1,05 - 2,45)$ .

Експериментальні дослідження показують залежність втрат зерна за платформою-підбирачем від робочої швидкості комбайна, що відображено у табл. 4.7.

Таблиця 4.7  
Зміна втрат зерна (г) за підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440» в залежності від робочої швидкості руху

Показник	Робоча швидкість комбайна, км/год		
	4,5	6,5	8,5
Втрати зерна за платформою-підбирачем, г	12,70	13,33	26,06

В результаті обробки експериментальних даних табл. 4.7. методом найменших квадратів (МНК) у програмному продукті MathCAD 14 були отримані наступна аналітична залежність:

$$B'_3 = 1,53 \cdot v'_k - 16,64 \cdot v_k + 56,47, \quad (4.4.)$$

де  $B'_3$  - втрати зерна за підбирачем комбайна, г;

$v_k$  - робоча швидкість комбайна,  $v_k \in (4,5 - 8,5)$  км/год.

Графічна інтерпретація виразу (4.4.) представлена на рис. 4.6. Характер рівняння виду  $B_3 = f(v_k)$ , і навіть його графічна інтерпретація, що описує зміна втрат зерна під час підбирання залежно від швидкості руху комбайна

«TORUM 440» свідчать, що збільшення робочої швидкості руху негативно впливає втрати зерна за підбирачем.

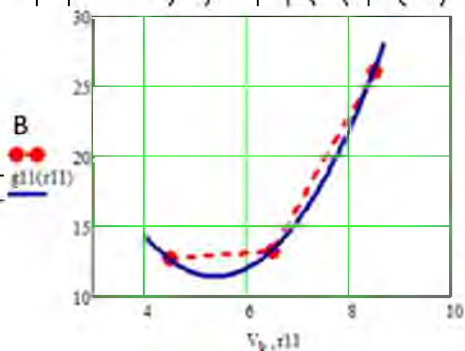


Рис. 4.6. Залежність впливу робочої швидкості руху комбайна TORUM 440 на втрати зерна за платформою-підбирачем

Для підтвердження закономірності (4.4.) було проведено додаткові експериментальні дослідження щодо визначення втрат за платформою-підбирачем комбайна «John Deere 9570», що відображено в табл. 4.8.

Таблиця 4.8

Зміна втрат зерна (г) за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «John Deere 9570» в залежності від робочої швидкості руху

Показник	Робоча швидкість комбайна, км/год		
	5,0	5,5	8,5
Втрати зерна за платформою-підбирачем, г	12,70	13,20	26,06

В результаті обробки експериментальних даних табл. 4.8. методом найменших квадратів (МНК) у програмному продукті MathCAD 14 були

отримані наступна аналітична залежність:

$$B'_3 = 3,18 \cdot v_k - 34,79 \cdot v_k + 106,01, \quad (4.5.)$$

де  $v_k$  – робоча швидкість комбайна,  $v_k \in (5,0 - 8,5)$  км/год.

Графічна інтерпретація залежності виразу (4.5.) представлена на рис. 4.7.

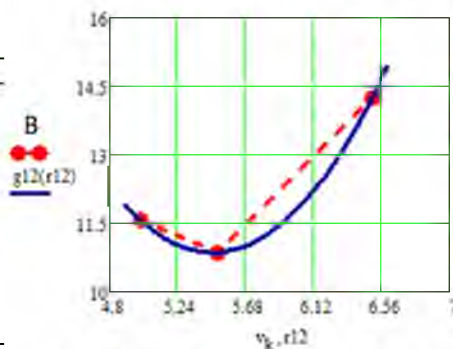


Рис. 4.7. Залежність впливу робочої швидкості руху комбайна «John Deere 9570» на втрати зерна за платформою-підбирачем

Характер рівняння виду  $B_3 = f(v_k)$ , а також його графічна

інтерпретація, що описує зміну втрат зерна при доборі в залежності від

швидкості руху комбайна «John Deere 9570» свідчать про те, що збільшення

робочої швидкості руху так само, як і у випадку з комбайном «TORUM 440»

негативний вплив на втрати зерна за платформою-підбирачем зернозбирального

комбайна

У ході проведених досліджень встановлено, що питома валкоутворююча

маса (кг/м<sup>2</sup>) стебел, тобто концентрації хлібної маси валка, також впливає на

втрати зерна при підбиранні хлібної маси валка відповідно до виразу:

$$B_3(M) = -2,37 \cdot M + 9,07 \quad \text{при } \beta_c = 1,0; \quad (4.6.)$$

$$B_3(M) = -1,83 \cdot M + 4,45 \quad \text{при } \beta_c = 1,2; \quad (4.7.)$$

На рис. 4.8. представлено графічну інтерпретацію даних залежностей.

Характер рівнянь виду  $B_3 = f(v_k)$ , а також їх графічна інтерпретація, що

описують зміну втрат зерна при доборі в залежності від питомої

валкоутворюючої маси стебел, дозволяють зробити висновок про те, що зі

збільшенням питомої маси валкоутворювальної маси (M) стебел при

встановленому діапазоні соломистості втрати зерна (B) при підбиранні

знижуються.



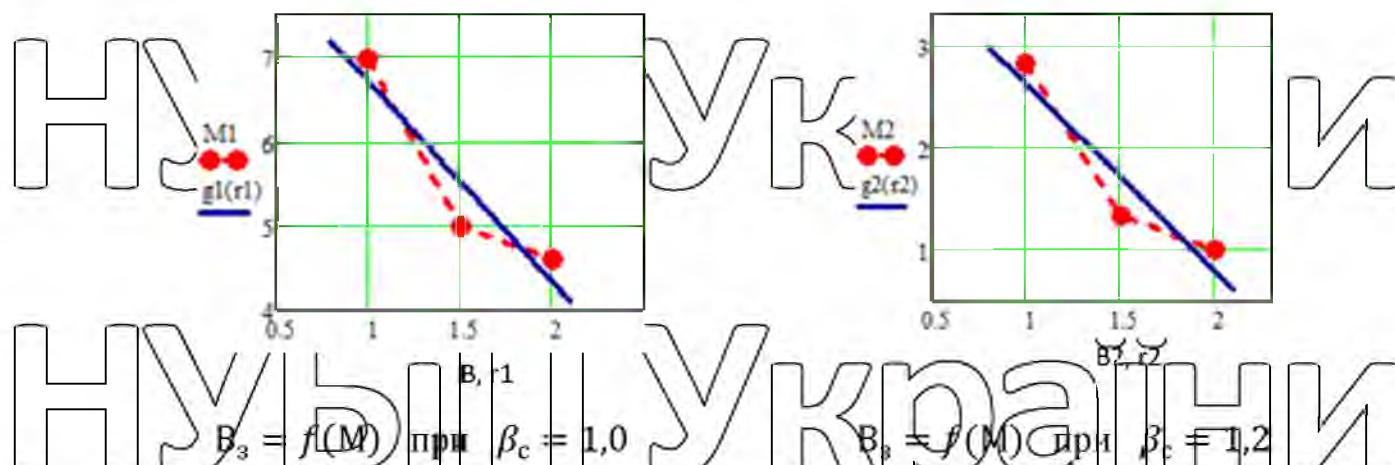


Рис. 4.8. Залежності втрат зерна від питомої валкоутворюючої маси  $\beta_c = 1,0$  та  $\beta_c = 1,2$  відповідно

Крім того, визначено аналітичну залежність втрат зерна при доборі від товщини валка (формула 4.8.), графічна інтерпретація цієї залежності представлена на рис. 4.9.

$$B_z(h_B) = 245,97 \cdot h_B^2 - 96,91 \cdot h_B + 10,66, \quad (4.8.)$$

де  $B_z$  - втрати зерна за підбирачем комбайна, %;

$h_B$  - товщина валка хлібної маси, м.

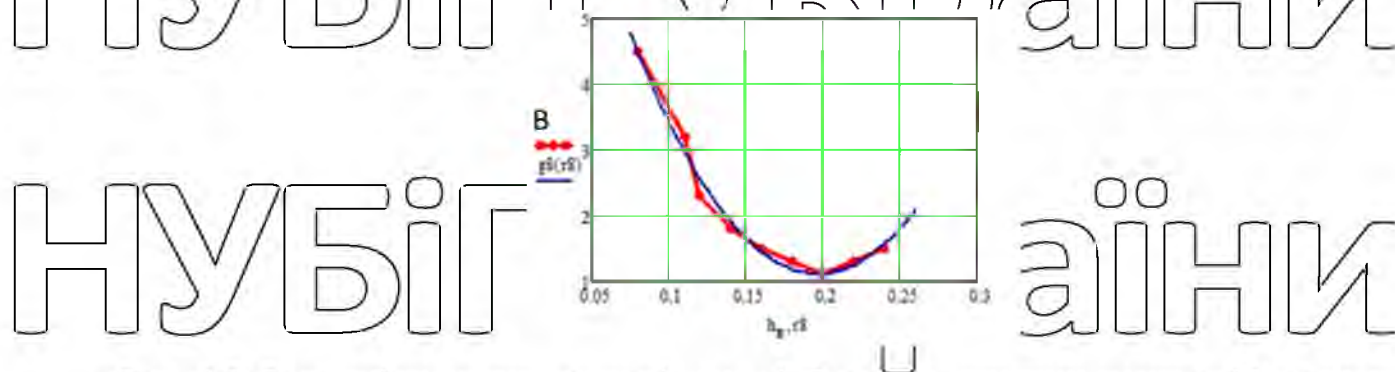


Рис. 4.9. Залежність втрат зерна під час відбору від товщини валка хлібної маси

Отримані результати експериментального дослідження свідчать, що з недостатньої товщини валка хлібної маси втрати зерна різко зростають, а її надлишкова товщина також небажана. Оптимальним можна вважати товщину валка, що дорівнює 0,2м у цьому випадку втрати зерна при підбиранні платформою-підбирачем мінімальні.

Згідно дослідженням вчених, важливий вплив на втрати зерна при дозбиранні може надавати кут укладання стебел у валку щодо поздовжньої осі. У загальному вигляді ця залежність має такий вигляд:

$$B_z(\mu) = 0,01 \cdot \mu^2 - 0,028 \cdot \mu + 1,92, \quad (4.9)$$

де  $B_z$  - втрати зерна за підбирачем комбайна, %;

$\mu$  - кут укладання стебел у валку, град

Графічна інтерпретація впливу кута укладання стебел у валку на втрати зерна при дозбиранні представлена на рис. 4.10. Виходячи з даних проведеного експериментального дослідження, оптимальний кут укладання стебел у валку щодо його поздовжньої осі становить 15-20°, так як у цьому діапазоні стебла у валку мають найбільшу силу зчеплення один з одним. Ці результати також підтверджуються дослідженнями видатних вчених.

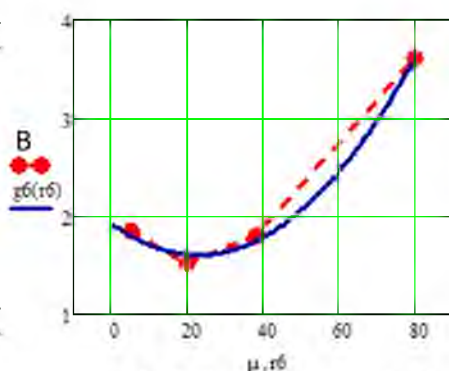


Рис. 4.10. Залежність втрат зерна від впливу кута укладання стебел у валку щодо його поздовжньої осі

Крім того, закономірності зміни втрат зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна свідчать про їх зростання зі збільшенням робочої швидкості руху машини. Негативний вплив збільшення робочої швидкості руху комбайна на втрати зерна за платформою-підбирачем можна зменшити за допомогою вдосконалення пристрою, що копіює, що і розглянемо далі.

### 4.3. Результати польових випробувань у виробничих умовах платформи-підбирача зернозбирального комбайна «TORUM 440» з удосконаленим пристроєм для копіювання

#### 4.3.1. Визначення агробіологічних характеристик зернових культур у виробничих умовах

Для оцінки якісних показників роботи серійного та експериментальної платформи-підбирача зернозбирального комбайна «TORUM 440» було

проведено експерименти з оцінки агробіологічних характеристик зернових культур (рис. 4.11.) зокрема пшениці Челябінська 2, які представлені у табл. 4.9 та додатку А



Рис. 4.11. Контрольна ділянка експериментального поля

Таблиця 4.9.

Агробіологічна характеристика зернових культур  
Місце випробувань: Ямпільський район, Вінницької області  
Культура: пшениця Челябінська 2

Показник	Статистичні параметри		
	x	$\sigma$	v, %
Густота стеблеста, шт./м <sup>2</sup>	292	39,80	13,6
Пониклість стеблестої	0,95	0,0	1,0
Вологість зерна, %	24,6	1,07	4,4
Вологість соломи, %	25,2	2,33	4,5

Розподіл висоти пшениці Челябінська 2 за ярусністю та інтервалами

наведено у таблиці 4.10.

Таблиця 4.10

Розподіл висоти стеблестої за ярусністю пшениці Челябінська 2

Місце випробувань: Ямпільський район, Вінницької області

Інтервал, м	Кількість, шт	Ймовірність	
		частка	%
0,30 - 0,40	6	0,06	6,0
0,40 - 0,50	20	0,20	20,0
0,50 - 0,60	21	0,21	21,0
0,60 - 0,70	22	0,22	22,0
0,70 - 0,80	17	0,17	17,0
0,80 - 0,90	11	0,11	11,0
0,90 - 1,0	3	0,03	3,0
Всього	100	1,0	100,0

З таблиці 4.10. видно, що в сукупності вибірки висоти стебла пшениці

Челябінська 2 переважають три інтервали, це 0,40 - 0,50 м; 0,50 - 0,60 м; 0,60 - 0,70 м, які разом дають ймовірність події 63,0%. Це означає, що на контрольній ділянці експериментального поля у виробничих умовах переважає середньорослинність зернових культур, для якої характерна похилість у вигляді 4,0%.

Таким чином, агробіологічні характеристики зернових культур, зокрема пшениці Челябінська, експериментального поля відповідають агротехнічним вимогам роздільного способу їх збирання у виробничих умовах степової зони України.

#### 4.3.2. Технологічні показники валків хлібної маси

На коєння зернових культур (пшениці Челябінська 2) контрольної ділянки експериментального поля (ПП «АГРОТЕМП ПЛЮС», Ямпільський район, Вінницької області) працював жнивний агрегат МТЗ-80 + ЖВП-9.1 (рис. 4.12).



Рис.4.12. Жнивний агрегат МТЗ-80 + ЖВП-9.1 на контрольній ділянці експериментального поля

Технологічні параметри валків хлібної маси контрольної ділянки поля наведено у табл. 4.11. та 4.12.

Таблиця 4.11.

Висота та ширина валка хлібної маси Врожайність: 17,0 ц/га  
Врожайність: 17,0 ц/га

№ виміру*	Висота валка, м			Ширина валка, м		
	повторності дослідів					
	1	2	3	1	2	3
1	0,36	0,31	0,33	0,80	0,76	0,94
2	0,29	0,29	0,35	0,90	1,0	1,0
3	0,31	0,35	0,29	1,0	1,2	1,35
4	0,26	0,38	0,26	0,76	1,3	1,45

5	0,24	0,28	0,38	0,65	1,35	1,08
6	0,28	0,37	0,44	0,70	0,91	0,98
7	0,32	0,28	0,32	1,0	0,98	0,98
8	0,37	0,31	0,28	1,02	0,95	0,92
9	0,22	0,31	0,32	0,92	0,88	0,75
10	0,27	0,33	0,32	0,85	0,85	0,95
x	0,28	0,32	0,33	0,86	1,02	1,05
$\sigma$	0,5	0,38	0,52	0,13	0,21	0,21
v, %	17,5	11,1	16,0	15,1	19,6	19,8
* – крок виміру: 5 метрів						

Таблиця 4.12.

## Розподіл маси зерна та соломи по ширині одинарного валка хлібної маси

№ досліджу	Розподіл маси зерна та соломи по ширині валка, кг			Загальна вага 1 метра, кг
	зліва	центр	справа	
1	1,76	1,90	1,89	5,35
	1,70	1,87	1,98	5,51
	1,47	1,87	1,87	5,21
	87,7%	100%	102,1%	
2	1,83	1,86	1,68	5,37
	1,86	1,76	1,63	5,25
	1,78	1,83	1,79	5,40
	100%	100%	93,4%	
3	1,74	1,76	1,87	5,37
	1,72	1,83	1,83	5,38
	1,63	1,89	1,68	5,20
	92,7%	100%	97,8%	
* – крок виміру: 10 метрів				

Польовими дослідженнями встановлено, що у врожайності 17,0 ц/га

зернових культур (пшениця) технологічні параметри одинарних валків хлібної маси відповідають якості формування (табл. 4.11. і 4.12.). Оскільки згідно з агротехнічними вимогами до валкових жниварок коефіцієнт варіації маси стебел по ширині, товщині та довжині валка не повинен перевищувати 20,0 - 25,0%.

У ході підготовки до підбору валків хлібної маси на контрольній ділянці експериментального поля було проведено експерименти, пов'язані з сушінням. Спостереження за сушінням верхнього та нижнього шару валка хлібної маси проводилися протягом кількох днів. У табл. 4.13. показано зміну вологості

валка хлібної маси.

Таблиця 4.13

Динаміка сушіння хлібної маси одинарного валка

Дата виміру	№ досліду	Показник	Вологість, %
1 день сушіння	Контроль	верхній шар	25,2
		нижній шар	25,4
3 день сушіння	1	верхній шар	16,8
		нижній шар	21,7
5 день сушіння	2	верхній шар	14,7
		нижній шар	19,6
6 день сушіння	3	верхній шар	14,2
		нижній шар	15,4

З табл. 4.15. видно, що у третій день сушіння вологість верхнього шару знижується з 25,2% до 16,8%, тобто 33,4%. Вологість нижнього шару - з 25,4 до 21,7% (на 14,6%). На п'ятий день сушіння вологість нижнього шару знижується від контрольного значення 22,9%. Значення табл. 4.15. показують, що тільки на шостий день сушіння вологість верхнього та нижнього шарів практично стає однаковою.

У ході польових досліджень було проведено агротехнічну оцінку роботи причіпної жнивarki ЖВП-9,1 щодо втрат зерна. Втрати зерна (колосом + вільне зерно) за валковою жнивarkою ЖВП-9,1 наведено у табл. 4.16. та 4.17. З цих таблиць видно, що загальні втрати зерна за валковою жнивarkою ЖВП-9,1 на контрольних ділянках експериментального поля змінюються від 6,7 кг/га до 8,6 кг/га залежно від контрольних ділянок валка хлібної маси. Дані величини втрат зерна враховуємо за мінусом із загальних втрат зерна як за серійним, так і експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440».

Таким чином, проведені польові дослідження технологічних параметрів валків хлібної маси показали їх відповідність агротехнічним вимогам, що дозволяє здійснювати їх підбір як серійним, так і експериментальною платформою-підбирачем, оснащеним додатковим копіюючим пристроєм зернозбирального комбайна «TORUM 440».

### 4.3.3. Визначення втрат зерна за серійним та експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440» та їх порівняльна оцінка

У ході польових досліджень у виробничих умовах ПП «АГРОТЕМП ПЛЮС», Ямпільський район, Вінницької області здійснювався підбирання контрольних валків хлібної маси як серійним, так і експериментальною платформою-підбирачем, в якому було вдосконалено копіювальний пристрій (далі розглядаємо як експериментальний) за допомогою монтажу додаткового технічного виробу у вигляді демпфуючого елемента. Підбирання контрольних валків хлібної маси як серійним, так і експериментальною платформою-підбирачем проводився зернозбиральним комбайном TORUM 440 (рис. 4.13.).



Рис. 4.13 Підбирання контрольного валка хлібної маси зернозбиральним комбайном TORUM 440

Результати агротехнічної оцінки роботи (за втратами зерна) серійної платформи-підбирача відображені в таблицях, а експериментального - у табл. П.13-П.15 (Додаток А).

З табл. П.10-П.12 і П.13-П.15 (Додаток А) видно, що незалежно від конструкції копіювального пристрою серійного або експериментальної платформи-підбирача комбайна «TORUM 440» спостерігається підвищення загальних втрат зерна за цими адаптерами машини залежно від робочої швидкості підбору контрольних валків хлібної маси

Наступна математична обробка (відповідно до методики розділу 3) експериментальних даних, представлених у табл. П3-П14 наведені у табл. 4.14. та 4.15. У цих таблицях відображено порівняння величин втрат зерна за серійними та експериментальними платформами-підбирачами зернозбирального комбайна TORUM 440 від швидкісних режимів підбору

контрольних валків хлібної маси на експериментальному полі.

Таблиця 4.14

Порівняння втрат зерна за серійною платформою-підбирачем

зернозбирального комбайна «TORUM 440» від швидкісних режимів роботи

Порівняння втрат зерна (г/м <sup>2</sup> ) дослідів	Статистичні параметри				Значення t-Ст'юдента $t_p/t_T$	Результат порівняння
	$\bar{x}$	$s^2$	$\bar{x}$	$s^2$		
1 - 2	0,658	0,0004	0,75	0,019	1,48/1,859	випадкове, несуттєве
2 - 3*	0,75	0,019	0,88	0,0002	0,21/1,859	випадкове, несуттєве
3* - 4	0,88	0,0002	1,32	0,011	9,361/1,859	суттєве, невипадкове
3* - 5	0,88	0,0002	1,55	0,02	9,57/1,859	суттєве, невипадкове
3* - 6	0,88	0,0002	1,84	0,03	16,71/1,859	суттєве, невипадкове

\* - гранично допустимі втрати зерна за підбирачем - [0,52%]

Так, з табл. 4.18. видно, що при порівнянні середніх величин втрат зерна за серійним підбирачем дослідів 1-2, тобто швидкісних режимів підбору контрольних валків хлібної маси 0,33-0,69 м/с фактичний критерій t-Ст'юдента дорівнює 1,48 ( $t_\phi = 1,48$ ) а табличний - 1,859 ( $t_T = 1,859$ ) при рівні значимості  $\alpha = 0,10$  та  $N = 8$ . Зіставлення величин критерію t-Ст'юдента показує, що  $t_\phi < t_T$  звідси випливає, що різниця між середніми величинами втрат зерна за підбирачем від швидкісних режимів підбору контрольних валків 0,33-0,69 м/с є величина випадкова, тобто несуттєва з ймовірністю виведення  $P = 0,90$ .

Результат розрахунку порівняння середніх величин втрат зерна за серійним підбирачем (таблиця 4.18) дослідів 2-3\* показує, що фактичний критерій t-Ст'юдента дорівнює 0,21 ( $t_\phi = 0,21$ ), а табличний - 1,859 ( $t_T = 1,859$ ) за рівня значущості  $\alpha = 0,10$  та  $N = 8$ . Звідси  $t_\phi < t_T$  також слід висновок і про те, що різниця середніх величин втрат зерна за підбирачем від швидкісних режимів підбору контрольних валків 0,69 - 1,20 м/с є величина випадкова, тобто несуттєва з ймовірністю виведення  $P = 0,90$ .

Наступні розрахунки показали, що з зіставленні середніх величин втрат



зерна за серійним підбирачем комбайна дослідів 3\*- 4 отримано  $t_{\phi} = 9,361$ , а табличний  $t_T = 1,859$  при  $\alpha = 0,10$  і  $N = 8$ . У цьому випадку  $t_{\phi} \gg t_T$ , звідси випливає, що різниця між середніми величинами втрат зерна за серійним підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440» в залежності від швидкісних режимів 1,20 - 1,90 м/с є не випадковою, тобто істотною з ймовірністю виведення  $P = 0,90$ .

Порівняння дослідів 3\*-5 показало, що величина критерію t-Стюдента фактичного дорівнює 9,57 ( $t_{\phi} = 9,57$ ), а табличний - 1,859 ( $t_T = 1,859$ ) за рівня значущості  $\alpha = 0,10$  і  $N = 8$ . Маємо факт, що  $t_{\phi} \gg t_T$ , звідси випливає, що різниця між середніми величинами втрат зерна за серійним підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440» в залежності від швидкісних режимів  $P = 0,90$ , що характерно і для порівняння середніх величин втрат

зерна за серійним підбирачем » Дослідів 3\*-6, швидкісних режимів підбору валка хлібної маси 1,20-2,25 м/с, оскільки  $t_{\phi} = 13,21$ , а  $t_T = 1,859$ , тобто  $t_{\phi} \gg t_T$ .

Математична обробка даних таблиць П.9-П.14, подана у табл. 4.15, свідчить про те, що у порівнюваних дослідів 1-2 та 2-3\* відповідно швидкісних режимів підбору валка хлібної маси 0,33-0,69 м/с і 0,69-1,20 м/с різниця в середніх величинах втрат зерна за експериментальною платформою-підбирачем комбайна «TORUM 440» є випадковою, тобто несуттєвою, оскільки в першому випадку (1 - 2)  $t_{\phi} = 0,5$ , а в другому (2 - 3\*) -  $t_{\phi} = 1,0$ . Що набагато менше табличного  $t_T = 1,859$  при рівні значимості  $\alpha = 0,10$  та  $N = 8$  з ймовірністю виведення  $P = 0,90$ .

Таблиця 4.15

Порівняння втрат зерна за експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440» від швидкісних режимів роботи

Порівняння втрат зерна (г/м <sup>2</sup> ) дослідів	Статистичні параметри				Значення t-Стюдента, $t_{\phi}/t_T$	Результат порівняння
	$\bar{x}$	$S^2$	$\bar{x}$	$S^2$		
1 - 2	0,66	0,0015	0,76	0,0006	0,5/1,859	випадкове, несуттєве
2 - 3*	0,76	0,0006	0,75	0,0006	1,0/1,859	випадкове, несуттєве

3* - 4	0,75	0,0006	1,02	0,0003	27,1/1,859	суттєве, не випадкове
3* - 5	0,75	0,0006	1,02	0,0006	27,1/1,859	суттєве, не випадкове
3* - 6	0,75	0,0006	1,50	0,0009	75,0/1,859	суттєве, не випадкове

\* - гранично допустимі втрати зерна за підбирачем - [0,44%]

В інших порівнюваних дослідах, таких як 3\* - 4, 3\* - 5, 3\* - t-студент фактичний (табл. 4.15.) набагато більше табличного  $t_{\phi}$ , критерій ( $t_{\phi} \gg t_T$ ), що свідчить про те, що зі збільшенням швидкісних режимів підбирання контрольних валків хлібної маси платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440» спостерігається підвищення втрат зерна за експериментальною платформою-підбирачем, величина яких є не випадковою, а істотною з ймовірністю виведення  $P = 0,90$ .

Порівняльна оцінка середніх втрат зерна за серійною та експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440» відображена в табл. 4.16.

Таблиця 4.16.

Порівняння втрат зерна ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) за серійним та експериментальним підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440»

№ дослідів	Робоча швидкість м/с (км/год)	Статистичні параметри				Значення t-Стюдента, $t_p/t_T$	Результат порівняння
		$\bar{x}_c$	$S^2$	$\bar{x}_e$	$S^2$		
1	0,33 (1,20)	0,658	0,0004	0,660	0,0015	0,2/1,859	випадкове, несуттєве
2	0,69 (2,50)	0,750	0,019	0,760	0,0006	0,16/1,859	випадкове, несуттєве
3	1,20 (4,30)	0,880	0,0002	0,750	0,0006	13,6/1,859	суттєве, не випадкове
4	1,90 (6,80)	1,32	0,011	1,02	0,0003	6,38/1,859	суттєве, не випадкове
5	2,08 (7,50)	1,55	0,02	1,02	0,0006	8,28/1,859	суттєве, не випадкове
6	2,25 (8,10)	1,84	0,09	1,50	0,0009	2,42/1,859	суттєве, не випадкове

\* - гранично допустимі втрати зерна за підбирачем - [0,44%]

Тільки при швидкісному режимі підбору контрольного валка хлібної маси 1,20 м/с (4,30 км/год) і вище різниця в середніх величинах втрат зерна за платформою-підбирачем комбайна TORUM 440 є не випадковою, тобто істотною з ймовірністю виведення  $P = 0,90$ . Це означає, що застосування удосконаленого копювального пристрою платформи-підбирача комбайна

«TORUM 440» призводить до зниження середніх величин втрат зерна за ним, які є суттєвими порівняно з серійною платформою-підбирачем комбайна, що підтверджують дані табл. 4.17 та рис. 4.14.

Таблиця 4.17

Втрати зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440»

Робоча швидкість, м/с (км/год)	Серійний копцювальний пристрій			Експериментальний копцювальний пристрій		
	$\bar{x}$	$\sigma$	$v, \%$	$\bar{x}$	$\sigma$	$v, \%$
0,33 (1,20)	6,58	1,4	21,27	6,60	1,08	15,36
0,69 (2,50)	7,50	1,35	18,0	7,60	1,28	16,84
1,20 (4,30)	8,80	1,67	18,97	7,50	1,22	16,27
1,90 (6,80)	13,20	2,39	18,11	10,20	1,92	18,82
2,08 (7,50)	15,50	2,89	18,64	10,20	2,01	19,71
2,25 (8,10)	18,40	3,42	18,58	15,0	2,68	17,87
В середньому	13,99			11,72		
Відсоток (%)	100			81,63		
Зниження в середньому, %	-			-18,37		
Зниження втрат зерна (г/га)	-			-2,97		

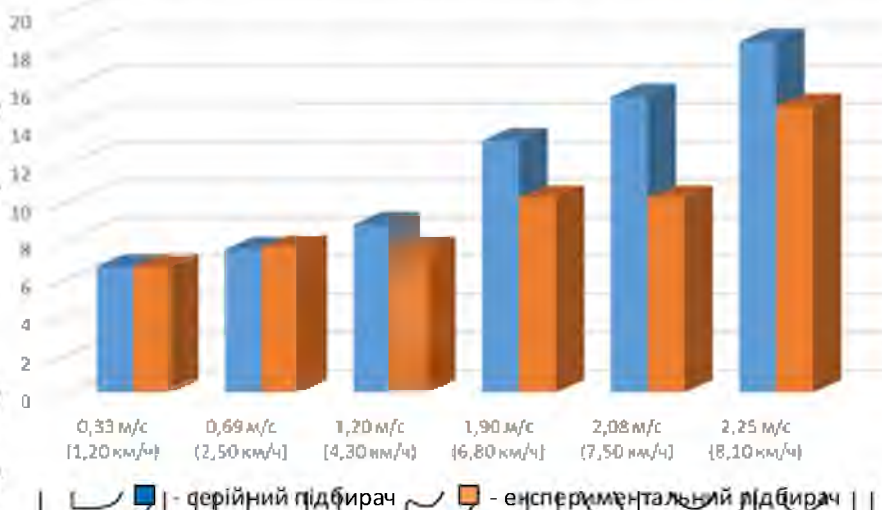


Рис. 4.14. Діаграма втрат зерна за серійною та експериментальною

платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440»

Іх даних табл. 4.21 та рис. 4.14. видно, що застосування удосконалення в копцювальному пристрої платформи-підбирача зернозбирального комбайна

забезпечує зменшення втрат зерна в середньому на 18,37%, що відповідає натуральним величинам 2,57 кг/га при фактичній вологості зерна 16,7%. При цьому спостереження показали, що знижується можливість контакту пружинних пальців платформи-підбирача з поверхнею поля, а це сприяє зниженню забрудненості зерна мінеральною домішкою.

Результати розрахунків оцінки відтворюваності дослідів щодо визначення втрат зерна як за серійною, так і експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна показали, що  $G_{\text{птах}}$  дорівнює відповідно 0,376 та  $0,389 < 0,4803$ ; звідси випливає висновок про те, що досліди

щодо визначення втрат зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440» у виробничих умовах відтворюються, та їх результатам можна довіряти.

Таким чином, результати польових досліджень серійної та експериментальної платформи-підбирача зернозбирального комбайна «TORUM 440», у якому вдосконалено копіювальний пристрій, показали зменшення втрат зерна за експериментальним у середньому на 18,37%, тобто прямі втраги зерна за платформою-підбирачем знижуються, що характерно і для непрямих.

Особливо суттєво спостерігається зменшення втрат зерна за платформою-підбирачем у разі підвищення швидкісних режимів підбирання контрольних валків хлібної маси.

Додатковий демпфуючий елемент у копіювальному пристрої платформи-підбирача комбайна дає позитивний технологічний ефект, що позначиться на ефективності збирання зернових культур при підбиранні та обмолоті валків хлібної маси.

#### 4.4. Оцінка достовірності теоретичної гіпотези роботи

У період збиральних робіт у виробничих умовах проводилися експериментальні дослідження та спостереження за роботою окремого зернозбирального комбайна, за необхідності вносилися коригування під час підбирання контрольних валків хлібної маси на експериментальному полі.

У досліджуваному господарстві Вінницької області було впроваджено роздільний спосіб збирання зернових культур, що підтверджується утворенням валків хлібної маси на контрольній ділянці експериментального поля.

Підбирання контрольних валків хлібної маси здійснювався серійною та експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна «TORUM 440».

Впровадження дозволило знизити втрати зерна за експериментальною платформою-підбирачем та збільшити робочу швидкість підбирання валка хлібної маси.

Спостережуване зростання втрат зерна перебуває у межах агротехнічно допустимих значення на швидкісних режимах

підбирання до 1,6м/с (5,4 км/год). Тим самим підтвердилася правильність

основних теоретичних положень роботи, що дозволило дати порівняльну оцінку втрат зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна в

залежності від швидкісних режимів роботи.

#### 4.4.1. Адекватність теоретичних та експериментальних даних

Похибка обґрунтування виникає внаслідок неточності вихідної інформації, а також внаслідок невідповідності теоретичних передумов реальним взаємозв'язкам, які є у практиці використання комбайнів.

Як видно з даних результатів дослідження, основна інформація про об'єкт впливу (пшениця) та валок хлібної маси була отримана з похибкою до 2,0 - 6,0%, а помилка функцій перебувала на рівні 5,3 - 7,4%. Розбіжності в межах 1,1 - 1,4% у швидкісних режимах підбирання валків хлібної маси серійною та

експериментальною платформою-підбирачем зернозбирального комбайна

пояснюється головним чином варіацією потужності валків та інших технологічних параметрів, вологістю хлібної маси (коефіцієнт варіації відповідно 10,8% та 13,8%).

## РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ

### ДОСЛІДЖЕНЬ

Економічну ефективність нових технологій та техніки встановлюють шляхом оцінки розміру економічного ефекту за новим варіантом у порівнянні з базовим.

Згідно з ГОСТ Р 53056-2008 «Сільськогосподарська техніка. Методи економічної оцінки», якщо нова машина призначена для заміни конкретної іншої машини, то економічна оцінка проводиться порівняно із машиною, що замінюється. Як базу порівняння прийнято серійний транспортерна платформа-підбирач «Swa Pick».

#### 5.1. Розрахунок економічної ефективності

Річний економічний ефект нової техніки є сумарною економією всіх виробничих ресурсів (живої праці, матеріалів та інших вкладень), яку отримує сільське господарство в результаті виробництва та використання нової техніки і яка, зрештою, виражається у збільшенні доходу та зменшенні втрат зерна при дозбиранні валків зернових культур. На сьогоднішній день ці втрати зерна становлять до 20%. Попередні дослідження показали, що транспортерна платформа-підбирач, оснащена демпфуючим пристроєм у копіюючого колеса, скоротить втрати зерна на 18,3% щодо існуючої серійної платформи-підбирача як агротехнічних допустимих, хоча за агротехнічними вимогами вони повинні бути не більше 0,5%.

Як базу для порівняння використовуємо комбайн TORUM 440 з існуючою транспортерною платформою-підбирачем. Як очікуваний ефект передбачається зменшення втрат зерна при дозбиранні, що дасть додаткові тонни зерна для ринку.

Позначимо всі показники базового варіанта транспортерної платформи-підбирача індексом – Б, для транспортерної платформи-підбирача, оснащеної демпфуючим пристроєм у копіюючого колеса, всі індекси – П.

Річний економічний ефект від застосування транспортерної платформи-

підбирача валка хлібної маси, забезпеченого демпфуючим пристроєм у копіюючого колеса, визначають за формулою:

$$E_p = (E_B - E_{II}) \cdot W_{\text{сез}} + \Delta D, \quad (5.1)$$

де  $E_B$ ,  $E_{II}$  - експлуатаційні витрати для базового і проектного варіанту, грн./га;

$W_{\text{сез}}$  - продуктивність комбайна за сезон, га/сезон;

$\Delta D$  - сезонний дохід, грн./сезон

Сезонний дохід з одного комбайна з транспортерною платформою-підбирачем, оснащеною пристроєм, що демпфує, у копіюючого колеса:

$$\Delta D = W_{\text{сез}} \cdot V_{3п} \cdot Ц, \quad (5.2)$$

де  $V_{3п}$  - зниження втрат зерна при підборі валків хлібної маси;

$Ц$  - закупівельна ціна на зерно 3-го класу, грн./кг (на 01.10.2023).  $Ц = 9,6$

Термін окупності капітальних вкладень визначиться за наступним рівнянням:

$$T = \frac{\Delta K}{E_p} \leq T_{н}, \quad (5.3)$$

де  $T$  - термін окупності капітальних вкладень, років;

$\Delta K$  - капіталовкладення, грн.;

$T_{н}$  - нормативний термін окупності капітальних вкладень.

Капіталовкладення визначаються таким виразом:

$$\Delta K = C_K + C_{\text{ВИГ}} + C_{\text{ІЗН}}, \quad (5.4)$$

де  $C_K$  - витрати придбання матеріалу та устаткування, грн.;

$C_{\text{ВИГ}}$  - витрати виготовлення деталей, грн.;

$C_{\text{ІЗН}}$  - витрати інші витрати (транспортні, накладні), грн.

Інші витрати становлять 20% від суми витрат на придбання матеріалу та виготовлення деталей та визначаються за формулою (5.5.):

$$C_{\text{ІЗН}} = 0,2 \cdot (C_K + C_{\text{ВИГ}}). \quad (5.5)$$

Витрати на придбання матеріалу та обладнання, виготовлення, складання та монтаж, накладні витрати - представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

## Контрис витрат на придбання матеріалу та обладнання

Найменування матеріалу, деталі	Кількість, шт.	Ціна за одиницю з ПДВ, грн./шт.	сума, грн.
Пластина s=2 мм	6	670	4020
Пластина s=6 мм	8	390	3120
Кронштейн у зборі	2	3650	7300
Хомут металевий	4	540	2160
Комплект металовиробів	1	1060	1060
Разом:			17660
Додаткові витрати:			
Постачальники (15%)			2650
Транспортні (8-11%)			1590
Витрати на виготовлення, збирання та монтаж (~ 45%)			7950
Всього:			29850

Годинну продуктивність зернозбирального комбайна можна розрахувати за такою формулою:

$$W_{\text{ГОД}} = 0,1 \cdot B_B \cdot v_{\text{ЗК}}, \quad (5.6.)$$

де  $B_B$  - міжвалкова відстань, м;  $B_B = 9$

$v_{\text{ЗК}}$  - швидкість руху зернозбирального комбайна, км/год;  $v_{\text{ЗК}} = 4,8$  км/год.

Так як основні параметри роботи зернозбирального комбайна з базовою транспортерною платформою-підбирачем та транспортерною платформою-підбирачем оснащеною демпфуючим пристроєм у копіюючого колеса, будуть однакові, годинна продуктивність, змінна, сезонна, трудомісткість і енергоємність процесу, витрати на заробітну плату та ПММ будуть однакові для обох.

Визначимо змінну продуктивність зернозбирального комбайна, яка виразиться (5.7.):

$$W_{\text{сез}} = W_{\text{ГОД}} \cdot t_{\text{ЗМ}} \cdot E_{\text{ЗМ}}, \quad (5.7.)$$

де  $t_{\text{ЗМ}}$  - час зміни, годин [30];  $t_{\text{ЗМ}} = 10$  год.

$E_{\text{ЗМ}}$  - коефіцієнт використання часу зміни.  $E_{\text{ЗМ}} = 0,65 - 0,7$

Сезонна продуктивність зернозбирального комбайна визначається наступним виразом:

$$W_{\text{сез}} = W_{\text{ЗМ}} \cdot 40, \quad (5.8.)$$



де 40 – кількість змін за сезон.

Трудомісткість процесу збирання зернових культур визначається виразом

(5.9.)

$$ЗП = \frac{P_K + P_{OB}}{W_{Год}}, \quad (5.9.)$$

де ЗП – витрати праці, чол. ч/га;

$P_K$  – кількість робітників, зайнятих куруванням комбайна, чол.;  $P_K = 1$  чол.

$P_{OB}$  – кількість робітників, зайнятих обслуговуванням комбайна, чол.  $P_{OB} = 1$  чол.

Витрати на заробітну плату з відрахуваннями визначається за виразом (5.10.):

$$З_{пл} = \frac{E_{Зп}^H + C_T}{W_{Год}}, \quad (5.10.)$$

де  $E_{Зп}^H$  – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату,

$C_T$  – годинна тарифна ставка механізатора відповідного розряду, грн./год.

Коефіцієнт нарахувань на заробітну плату виразиться рівнянням (5.11.):

$$E_{Зп}^H = K_{П} \cdot K_{РЕГ}, \quad (5.11.)$$

де  $K_{П}$  – коефіцієнт, що враховує соціальний податок,  $K_{П} = 1,26$

$K_{РЕГ}$  – регіональний коефіцієнт (для південної України)  $K_{РЕГ} = 1,15$

Годинна тарифна ставка механізатора відповідного розряду виразиться

(5.12.)

$$C_T = \frac{З_{min} \cdot E_{УП} \cdot E_P}{T_{міс}}, \quad (5.12.)$$

де  $З_{min}$  – мінімальний розмір оплати праці, грн./місяць (на 01.10.2023);

$З_{min} = 12792$  грн./місяць

$E_{УП}$  – коефіцієнт, що враховує умови праці механізатора, що працює на

відповідній марці зернозбирального комбайна;  $E_{УП} = 1,8$

$E_P$  – коефіцієнт, що враховує розряд механізатора;  $E_P = 2,047$

$T_{міс}$  – місячний годинний фонд робочого дня, год.  $T_{міс} = 180$  год.

Амортизаційні відрахування визначаються так:

$$A_{БП} = \frac{Б_{зк} \cdot азк \cdot E_{ззк} + Б_{ВП}^{БП} \cdot а_{п}}{W_{сез} \cdot 100}, \quad (5.13.)$$

де  $A_{БП}$  – амортизаційні відрахування зернозбирального комбайна з базовою транспортерною платформою-підбирачем та транспортерною платформою-

підбирачем, оснащеною демпфуючим пристроєм у копіюючого колеса, грн./га;

$B_{ЗК}$  - балансова вартість зернозбирального комбайна, грн.;

$a_{ЗК}$  - норма амортизаційних відрахувань за комбайном,  $a_{ЗК} = 15\%$

$E_{ЗЗК}$  - коефіцієнт, що враховує час завантаження зернозбирального комбайна в роботі з транспортерною платформою-підбирачем;  $E_{ЗЗК} = 0,7$

$B_{ВП}^B$  - балансова вартість базової транспортерної платформи-підбирача та транспортерної платформи-підбирача, оснащеної демпфуючим пристроєм у копіюючого колеса, грн.;

$a_{П}$  - норма амортизаційних відрахувань за платформою-підбирачем.

Балансова ціна зернозбирального комбайна знаходиться за виразом (5.14.):  $a_{П} = 14\%$

$$B_{ЗК} = O_{ЦЗК} + E_{П}^H, \quad (5.14.)$$

де  $O_{ЦЗК}$  - оптова ціна зернозбирального комбайна, грн.  $O_{ЦЗК} = 4900000$

грн.

$E_{П}^H$  - націнка постачальницької організації,  $E_{П}^H = 25\%$

Балансова ціна базової транспортерної платформи-підбирача визначається виразом (5.15.):

$$B_{ВП}^B = O_{ЦП} + E_{П}^H, \quad (5.15.)$$

де  $O_{ЦП}$  - оптова вартість транспортерної платформи-підбирача, грн.;  $O_{ЦП} = 288750$  грн.

$E_{П}^H$  - націнка постачальницької організації,  $E_{П}^H = 25\%$

Витрати на технічне обслуговування, ремонт та зберігання обчислюються таким чином:

$$Z_{ТОР}^{БП} = \frac{B_{ЗК} \cdot \delta_{ЗК} \cdot E_{ЗЗК} + B_{ВП}^B \cdot \delta_{П}}{W_{сез} \cdot 100}, \quad (5.16.)$$

де  $Z_{ТОР}^{БП}$  - відрахування на ТОР зернозбирального комбайна з базовою транспортерною платформою-підбирачем та транспортерною платформою-підбирачем, оснащеною демпфуючим пристроєм у копіюючого колеса, грн.;

$\delta_{ЗК}$  - норма відрахувань на ТОР зернозбирального комбайна;  $\delta_{ЗК} = 12\%$

$\delta_{П}$  - норма відрахувань на ТОР транспортерної платформи-підбирача у,

$$\delta_{\pi} = 14\%$$

Витрати на паливно-мастильні матеріали визначаються таким виразом:

$$З_{\text{ПММ}} = \frac{q \cdot Ц_{\text{ПММ}}}{W_{\text{год}}} \quad (5.17)$$

де  $q$  - годинна витрата палива, кг/год,  $q = 39,7$  кг/год

Ц<sub>ПММ</sub> - ценова вартість 1 кг комплексного пального, грн./кг. Ц<sub>ПММ</sub> = 46,2 грн./кг

Експлуатаційні витрати визначаються так:

$$И_{\text{БП}} = З_{\text{пл}} + А^{\text{БП}} + З_{\text{ТОР}}^{\text{БП}} + З_{\text{ПММ}}, \quad (5.18)$$

де  $И_{\text{БП}}$  - експлуатаційні витрати для базової транспортерної платформи-підбирача та транспортерної платформи-підбирача, оснащеної демпфуючим пристроєм у копіюючого колеса, грн./га.

Результати розрахунків економічної ефективності зведено до таблиці

5.2.

Таблиця 5.2.  
Результати розрахунку економічної ефективності

Складові прямих експлуатаційних витрат	Базова транспортерна платформа-підбирач	Транспортерна платформа-підбирач з демпфуючим пристроєм у копіюючого колеса
Заробітна плата, грн./га	77,45	77,45
Амортизаційні відрахування, грн./га	6,18	6,21
Витрати на ТОР, грн./га	5,03	5,07
Витрати на ПММ, грн./га	424,57	424,57
Суми експлуатаційних витрат, грн./га	513,22	513,3
Зниження втрат зерна, кг/га		2,57
Економічний ефект на 1000 га, грн.		27442,5
Термін окупності, рік		1,09

Таким чином, результати розрахунку економічної ефективності свідчать про те, що запропонований демпфуючий пристрій у копіюючого колеса дозволяє скоротити втрати зерна при підбиранні валків хлібної маси, які

перекривають перевищення експлуатаційних витрат у порівнянні з базовою транспортерною платформою-підбирачем. Річний економічний ефект з урахуванням додаткового надходження від зниження втрат зерна становитиме 27442,5 грн. на одну машину (зернозбирального комбайна з транспортерною платформою-підбирачем), а термін окупності однієї транспортерної платформи-підбирача, оснащеної демпфуючим пристроєм у копіюючого колеса складе 1,09 року, що значно менше нормативного при підбиранні валка хлібної маси з міжвалковою відстанню 9 м.

Звідси випливає, що при застосуванні демпфуючого пристрою у копіюючого колеса транспортерної платформи-підбирача зернозбирального комбайна «TORUM 440» забезпечує більш високу ефективність виробництва продукції рослинництва в порівнянні з серійними транспортерними платформами-підбирачами зернозбирального комбайна «TORUM 440».

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВИСНОВКИ

# НУВБІП України

1. Встановлено, що зернозбиральний комбайн під час підбирання валка хлібної маси можна розглядати як перетворювальну технічну систему, що складається із сукупності технічних підсистем, до яких належить і транспортерна платформа-підбирач. Показники якості роботи зернозбирального комбайна залежно від сукупності дії технічних підсистем умовно можна розбити на два типи - інтегральні та диференціальні. До диференціального типу належать втрати зерна за транспортною платформою-підбирачем комбайна.

# НУВБІП України

Виявлені закономірності показують утворення їхньої залежності від агробіологічних характеристик зернових культур, технологічних параметрів валка хлібної маси та експлуатаційних показників роботи комбайна.

# НУВБІП України

3. Під час досліджень розроблено математичну модель руху опорної поверхні копювального пристрою транспортерної платформи-підбирача зернозбирального комбайна. На основі цієї моделі отримано аналітичні залежності, які дали змогу встановити наявність динамічного впливу транспортерної платформи-підбирача на функціонування копювального пристрою, що оцінюється за допомогою коефіцієнтів затримки в часі від

# НУВБІП України

динамічного впливу  $K_{зат}$  і динамічного впливу робочих органів на виконання процесу підбирання хлібної маси валка  $K_{дп}$ . Взаємозв'язок їх показує, що зі збільшенням значення коефіцієнта  $K_{дп}$  еностерігається зростання затримки за часом динамічного впливу робочих органів платформи-підбирача на хлібну масу валка, що своєю чергою впливає і на втрати зерна за підбирачем.

# НУВБІП України

4. У результаті досліджень отримано закономірності, що розкривають функціонування копювального пристрою транспортерної платформи-підбирача зернозбирального комбайна, за допомогою яких встановлено взаємозв'язок між коефіцієнтом динамічного впливу підбирача та жорсткістю опорної поверхні копювального пристрою. Крім того, визначено зміну втрат зерна за підбирачем залежно від жорсткості та маси опорної поверхні копювального пристрою з урахуванням поступальної швидкості руху комбайна, що описуються

# НУВБІП України

# НУВБІП України

функціями 1-ого та 2-ого порядку. Встановлено, що зі збільшенням маси опорної поверхні копіювального пристрою спостерігається підвищення втрат зерна за платформою-підбирачем. Підвищення жорсткості опорної поверхні копіювального пристрою призводить до зниження втрат зерна за платформою-підбирачем зернозбирального комбайна.

5. Встановлено, що наявність додаткового демпфувального пристосування біля копіювального пристрою транспортерної платформи-підбирача зернозбирального комбайна «TORUM 440» сприяє зниженню втрат зерна за даним технічним пристроєм. У цьому разі агротехнічно допустимі втрати зерна за платформою-підбирачем спостерігаються за робочої швидкості руху комбайна до 1,50 м/с (5,4 км/год). Забезпечується приріст робочої швидкості під час підбирання валка хлібної маси на 5-8%, а це підвищення годинної продуктивності зернозбирального комбайна, а відтак скорочення термінів збирання зернових культур.

6. Визначено, що суттєві, тобто не випадкові відмінності у втратах зерна за транспортерною платформою-підбирачем з наявним копіювальним пристроєм і з наявністю додаткового демпферного пристосування з імовірністю виведення  $P = 0,90$  спостерігаються за робочих швидкостей руху комбайна «TORUM 440» з 1,20 м/с (4,30 км/год) до 2,25 м/с (8,10 км/год). На швидкісних режимах підбирання валка хлібної маси від 0,33 м/с (1,20 км/год) до 1,20 м/с (4,30 км/год) відмінність у втратах зерна за транспортерною платформою-підбирачем комбайна є величина випадкова, тобто несуттєва.

7. У виробничих умовах степової зони півдня України визначено, що наявність додаткового демпферного пристосування біля копіювального пристрою транспортерної платформи-підбирача зернозбирального комбайна «TORUM 440» забезпечує зниження втрат зерна в середньому на 2,57 кг/га або 18,7%. Покращення функціонування копіювального пристрою з додатковим демпфувальним пристосуванням транспортерної платформи-підбирача комбайна «TORUM 440» забезпечує отримання річного економічного ефекту в розмірі 27,4 грн./га або 27442 гривень на 1000 гектар.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барабаш Р., Михалюк М., Шолудько В., Шолудько Я. Обоснование рационального размещения и функционирования пункта технического обслуживания. MOTROL : Commission of Motorization and Energetic in Agriculture. An International Journal on Operation of Farm and Agri-food Industry Machinery. Lublin, Rzeszow, 2014. Vol. 16, No. 4 P. 98–104. 7. 00
2. Барабаш Р. Вплив збільшення кількості постів на показники ефективності технологічних процесів технічного обслуговування тракторів ХТЗ–150К–09. Сільськогосподарські машини: зб. наук. праць. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. Вип. 32. С. 18–26
3. Вітвіцький В. В., Лосина М. С., Гульва М. С. Методика розробки та типові норми часу на технічне обслуговування тракторів. Київ: ІДП «Украгропромпродуктивність», 2015. 219 с. 15.
4. Войтюк В. Д., Рубльов В. І., Роговський І. Л. Системні принципи забезпечення якості технічного сервісу сільськогосподарської техніки: монографія. Київ: НУБІП України, 2016. 360 с.
5. Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Параметри та показники ефективності технологічних процесів технічного сервісу, що виконуються на стаціонарних постах. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2006. № 10. С. 66–73. 40.
6. Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Підвищення коефіцієнта технічного використання тракторів ХТЗ скороченням тривалості їх технічного обслуговування. Вісник ХНТУ ім. П. Василенка: Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. 2015. № 163. С. 78–83. 41.
7. Кузьмінський Р. Д., Іванишин В. В., Барабаш Р. І., Ткач О. В. Вплив збільшення кількості постів на показники ефективності технологічних процесів технічного обслуговування тракторів ХТЗ–3522. Збірник наукових праць. Подільського державного аграрно-технічного університету: Технічні науки. 2016. № 24. т.2. С. 175–184

8. Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. И., Михалюк М. А. Анализ технологической и производственной составляющих структуры процессов технического обслуживания тракторов ХТЗ-Т150К-09. MOTROL. Commission of Motorization and Energetic in Agriculture. An International Journal on Operation of Farm and Agri-food Industry Machinery. Lublin; Rzeszow, 2014. Vol. 16, No. 4. P. 303–309. 149 43

9. Kuzmiński R., Krajnyk L., Barabash R., Sosnowski S. Organizational and technological compatibility of the technological processes of all different types of maintenance of KhTZ-3522 tractors in the joint technological flow. ECONTESHMOP. An International Quarterly Journal. 2017. Vol. 6, No. 3, P. 5–16. 44.

10. Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Параметри та показники ефективності процесів технічного обслуговування тракторів ХТЗ-17221. Развитие науки в XXI веке: Междунар. науч.-практ. конф. (Харьков, 11 апр. 2015 г.). Харьков, 2015. С. 60–65. 45.

11. Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Організаційно-технологічна сумісність технологічних процесів, які виконуються на стаціонарних постах. Крамаровські читання: матеріали VI Міжнар. наук.-техн. конф. (Київ, 21 лют. 2019 р.). Київ: Вид. центр НУБІУ України, 2019. С. 257–259. 46.

12. Кузьмінський Р. Д. Про можливість використання алгоритму “наповнення контейнерів” для моделювання технологічних процесів відновлення. Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 1998. № 2. С. 25–28. 47.

13. Кузьмінський Р. Д., Соколовський О. Р. Алгоритм проектування технологічних процесів, які виконуються на стаціонарних постах. Збірник наукових статей ЛНТУ: Сільськогосподарські машини. Луцьк, 2016. Вип. 21, т. 1. С. 228–235. 51.

14. Кузьмінський Р. Д. Конструктивно-технологічний базис процесів ремонту коробок передач зернозбиральних комбайнів. Наукові і практичні аспекти агропромислового виробництва та розвитку сільських регіонів: матеріали



Міжнар. наук.-практ. форуму, 22-24 вер. 2010 р. Львів; Львів. нац. агроуніверситет, 2010. С. 458–467. 52.

15. Кузьмінський Р. Структура, параметри та ефективність технологічних процесів ремонту. Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2015. № 9. С. 50–60.

16. Кузьмінський Р., Кордоба В. Алгоритм визначення продуктивності та виробничої структури технологічних дільниць відновлення зношених деталей на етапі проектування. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2015. № 15. С. 297–308.

17. Семкович О., Барабаш Р. Стан і перспективи розвитку ринку технічного сервісу в агропромисловому комплексі України. Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2005. № 9. С. 9–15. 98.

18. Сидорчук О. В., Семерак М. М., Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Концепція управління проектом технічного обслуговування тракторів. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2018. № 12, т. 1. С. 16–21. 99.

19. Сидорчук О. В., Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Закономірності кількісних і якісних змін надходжень замовлень на ремонт агрегатів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць. Київ: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Вип. 10 (24), кн. 1. С. 69–76. 100.

20. Сидорчук О. В., Боярчук В. М., Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Основні функції і форми управління системою технічного обслуговування тракторів. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2009. № 13, т. 2. С. 51–56. 101.

21. Сидорчук О. В., Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І., Михалюк М. А. Технологічна складова функціональної структури системи фірмового технічного обслуговування тракторів ХТЗ. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2009. № 13, т. 2. С. 73–80.

22. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2016 році: стат. бюл. / Державна служба статистики України. Київ, 2017. 108.

23. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2017 році: стат. бюл. / Державна служба статистики України. Київ, 2018. 109.

24. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2018 році: стат. бюл. / Державна служба статистики України. Київ, 2019. 110.

25. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2019 році: стат. бюл. / Державна служба статистики України. Київ, 2020. 157-111.

26. Стукалець І. Г. Організаційно-технологічна сумісність ремонтновідновних процесів підприємств багатопредметної спеціалізації. Студентська молодь і науковий прогрес в АПК: матеріали 4-ої Міжнар. студ. наук. конф. (26-30 верес. 2004 р.). Львів: ЛДАУ, 2004. С. 333-341. 112.

27. Виробництво промислової продукції за видами в Україні за січень-грудень 2017 р.: стат. бюл. Київ: Держкомстат України, 2017. 226 с. 113.

28. Виробництво промислової продукції за видами в Україні за січень-грудень 2018 р.: стат. бюл. Київ: Держкомстат України, 2018. 227 с. 114.

29. Виробництво промислової продукції за видами в Україні за січень-грудень 2019 р.: стат. бюл. Київ: Держкомстат України, 2019. 226 с. 115.

30. Виробництво промислової продукції за видами в Україні за січень-грудень 2020 р.: стат. бюл. Київ: Держкомстат України, 2020. 225 с.

31. Технологические карты на предпродажное и техническое обслуживание тракторов ХТЗ-16131, ХТЗ-16331 / Харьковский тракторный завод им. С. Орджоникидзе. Харьков, 2014. 92 с. 124.

32. Технологические карты на предпродажное и техническое обслуживание тракторов ХТЗ-150К-09 / Харьковский тракторный завод им. С. Орджоникидзе. Харьков, 2014. 67 с.

33. Трактор ХТЗ-150К-09-25. Руководство по эксплуатации 151.00.000-09 РЭ / Харьковский тракторный завод им. С. Орджоникидзе. Харьков, 2013. 267 с. 127.

34. Трактор ХТЗ-3512. Руководство по эксплуатации 3512.00.001 РЭ / Харьковский тракторный завод им. С. Орджоникидзе. Харьков, 2014. 46 с. 128.

35. Тракторы ХТЗ-17021 и ХТЗ-17221. Руководство по эксплуатации 170.00.000 РЭ / Харьковский тракторный завод им. С. Орджоникидзе. Харьков, 2013. 215 с. 129.

36. Трактор ХТЗ-17221-18. Руководство по эксплуатации 17221.00.000-18 РЭ. Дополнение к руководству по эксплуатации 170.00.000 РЭ / Харьковский тракторный завод им. С. Орджоникидзе. Харьков, 2013. 27 с. 130.

37. Трактор ХТЗ-17221-19 «Руководство по эксплуатации» 17221.00.000-19 РЭ. Дополнение к руководству по эксплуатации 170.00.000 РЭ / Харьковский тракторный завод им. С. Орджоникидзе. Харьков, 2013. 30 с.

38. Сало В.М., Дещенко С.М., Лузан Н.Г. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / за ред. Сало В.М. –Х.: Мачулін, 2016. –244 с

39. Застосування способів основного обробітку ґрунту в сівозмінах/ В.М.Кабанець, М.Г.Собко, О.В.Радченко/під ред. М.Г. Собка/Сад, 2015. 16 с.

40. Надикто В. Оранка: міфи та реалії // Агробізнес сьогодні. 2015. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/ideitrendy/item/8395-oranka-mify-ta-realii.html>

41. Сивак Р.І. Пластичність металів при немонотонному навантаженні / Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця, 2016. – №1 (91). – С.108-111 10.

42. Сердюк О.В., Сивак І.О., Сухоруков С.І., Сивак Р.І. Оцінка пластичності поверхневого шару металу при немонотонному навантаженні / Наукові нотатки. – Випуск 54. – Луцьк, 2016. – С.277-281 (науково-метрична база

РИФЦ)

43. Гунько І.В. Енергоощадні безконтактні методи діагностування показників технічного стану мобільної сільськогосподарської техніки / І.В. Гунько, Л.Г.

Коваль // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – №3 (95). – Вінниця. – 2016. – С. 89-93.

44. Анісімов Ф.Ф. Системи діагностування сільськогосподарських тракторів / В.Ф. Анісімов, Д.В. Борисюк, О.В. Черкевич // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – №2 (94). – Вінниця. – 2016. – С. 34-36.

45. Булгаков В.М. Дослідження та розробка методів діагностування гідравлічних приводів зернозбиральних комбайнів / Г.М. Калетнік, В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, В.В. Яременко // Всеукраїнський науковотехнічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» №2 (94) 2016. – С.12- 19 73

46. Солоня О.В., Рудницький Б.О., Деревенько І.А., Омелянов О.М. «Аналіз умов експлуатації електроустаткування в сільському господарстві» Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» Вінниця – 2017. №4(99), – С. 41-45

47. Калетнік Г.М. Стан та основні перспективи підготовки висококваліфікованих та наукових кадрів в галузі агроінженерії / Г.М. Калетнік, В.В. Адамчук, В.М. Булгаков // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» №1 (96) 2017. – С.5-15

48. Сало В.М. Вітчизняне технічне забезпечення сучасних процесів у рослинництві [Текст] / В.М. Сало, Д.В. Богатирьов, С.М. Лещенко, М.І. Савицький // Техніка і технології АПК – Дослідницьке: УДР ДДПВТ ім. Л. Погорілого, 2014 – № 10 (61) – С. 16-19.

49. Сало В.М. Аналіз процесів чизелювання ґрунтів з застосуванням різних комбінацій робочих органів [Текст] / В.М. Сало, С.М. Лещенко, В.А. Пашинський, Р.В. Ярових // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник – Кіровоград, 2015. – Вип. 45, Ч.1 – С.126-132

50. Лещенко С.М. Технічне забезпечення збереження родючості ґрунтів в системі ресурсозберігаючих технологій [Текст] / С.М. Лещенко, В.М. Сало // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2016. – Вип. 43, ч.1 – С. 96-102.