

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технічного сервісу та інженерного менеджменту
імені М.П.Момотенка

631.354-049, 7:681, 70

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного
факультету

д.т.н., професор

Братішко В.В.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри технічного сервісу
та інженерного менеджменту

імені М.П.Момотенка

Роговський І.Л.

2023 р.

2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ,
НАПОВНЕННЯ БУНКЕРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА
ОПТИЧНИМИ МЕТОДАМИ»

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – «Агроінженерія»

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, проф.

«підпис»

Братішко В.В.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент

«підпис»

Шимко Л.С.

Виконав

«підпис»

Небесний С.М.

Київ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра технічного сервісу та інженерного менеджменту
імені М.П.Момотенка

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

І.Л.Роговський

“ ___ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Небесному Святославу Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – «Агроінженерія»

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Удосконалення експлуатаційного контролю наповнення бункера зернозбирального комбайна оптичними методами».

затверджені наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2022 року №1943 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 10.11.2023 р.

Вихідні дані до роботи:

- ~~Особливості природно-кліматичних, техніко-економічних умов та організації виконання виробничих процесів сільськогосподарських робіт~~
- ~~Науково – технічна література, результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах експлуатаційного контролю наповнення бункера зернозбирального комбайна оптичними методами~~

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- ~~Дослідження технології та технічних засобів для контролю збирально-транспортного процесу у сільськогосподарському виробництві~~
- ~~Теоретичні засади підвищення ефективності збирально-транспортних процесів~~
- ~~Програма і методика експериментальних досліджень рівня зерна в бункері комбайна~~
- ~~Результати експериментальних досліджень заповнення зерном бункера комбайна~~
- ~~Техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень методики розрахунку модернізації комбайна~~

Дата видачі завдання 18.09.2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Д.С. Шимко

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

С.М.Небесний

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Магістерська робота містить розрахунково-пояснювальну записку на 95 стор. машинописного тексту.

Ключові слова: транспортні процеси, зерновий матеріал, зернозбиральний комбайн, яскравість, зернові, бункер, критерій відповідності, алгоритм, математичний аналіз, дослід, прибуток.

НУБІП України

Розроблено комплекс технологічних та технічних рішень, що забезпечують безперервне формування, передачу та обробку даних про наповненість бункера зернозбирального комбайна на основі використанням інформаційних технологій.

НУБІП України

Отримано закономірності впливу загального рівня яскравості кольору, місця надходження зернового матеріалу, перекриття зображення зерновим матеріалом на точність визначення його обсягу в бункері зернозбирального комбайну.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

НУБІП України

ВСТУП.....

ст.

6

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....

9

1.1. Аналіз технологій збору та транспортування сільськогосподарської продукції.....

9

1.2. Види втрат урожаю на збиральні сільськогосподарських культур.....

13

1.3. Автоматизація та інформатизація сільськогосподарського виробництва.....

20

1.4. Контроль сільськогосподарських процесів виробництва продукції.....

27

1.5. Технічні засоби для контролювання транспортних робіт під час збирання
урожаю.....

31

2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБИРАЛЬНО- ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ.....

39

2.1. Структура системи скорочення витрат часу виконання транспортних
процесів при збиранні сільськогосподарської продукції.....

39

2.2. Структура втрат часу при виконанні збиральних робіт.....

42

2.3. Рівень зерна у бункері комбайна та його оптичне розпізнавання рівня.....

45

2.3.1. Вибір методів оптичного розділення областей матеріалу частинок на
зображенні.....

46

2.3.2. Побудова поверхні зернового матеріалу у бункері.....

50

2.3.3. Визначення обсягу зерна в бункері.....

54

2.3.4. Режими розвантаження бункера комбайна при вивантаженні зерна.....

55

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

РІВНЯ ЗЕРНА В БУНКЕРІ КОМБАЙНА.....

58

3.1. Програма експериментальних досліджень.....

58

3.2. Устаткування для випробування запропонованого методу.....

59

3.3. Методика проведення досліджень впливу різних умов на точність та час
спрацювання запропонованого методу.....

61

3.4. Програма проведення дослідно-виробничої перевірки.....	64
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	67
4.1. Результати, отримані у ході заповнення зерном лабораторного бункера.....	67
4.2. Результати дослідження впливу загального рівня яскравості на точність і час відгуку методу.....	71
4.3. Результати та час відгуку запропонованого методу з визначення впливу ступеня перекриття.....	72
4.4. Результати та час відгуку методу при зміні кольору зернового матеріалу..	74
4.5. Результати та час відгуку методу з розташування вхідної труби.....	75
4.6. Результати виробничого експерименту.....	76
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ.....	79
5.1 Загальні засади методики розрахунку модернізації комбайна.....	79
5.2 Розрахунок економічної ефективності запропонованого технічного рішення.....	80
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	86

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Доктриною продовольчої безпеки України, визначено, що продовольча безпека є необхідною умовою підвищення якості життя громадян. При цьому стратегічною метою продовольчої безпеки є забезпечення населення продовольством. Гарантією її досягнення є наявність стабільно функціонуючого внутрішнього виробництва та необхідних резервів та запасів.

На собівартість виробництва сільськогосподарських культур дає вплив безліч факторів. До них відносяться і витрати на збирально-транспортні процеси.

За літературними джерелами видно, що загалом собівартість ємності виробництва сільськогосподарської продукції транспортні витрати становлять до 40-45 % від загальних витрат виробництва культур. Стислі терміни проведення збиральних робіт диктують необхідність скорочення простоїв транспортних і технологічних машин. Простої комбайнів в очікуванні вивантаження зі- становляють від 5 до 29 % від їх спільного часу роботи на полі.

Зниження технічної оснащеності та низька ефективність використання потенціалу машин значно збільшує фактичну тривалість збиральних робіт в порівнянні з нормативними показниками, і спричиняє втрати продукції до четвертої частини врожаю.

В найближчі 10-15 років одним з пріоритетних напрямів слід вважати перехід до передових цифрових та інтелектуальних виробничих технологій. Однією з цих технологій є «розумне» сільське господарство, що полягає у взаємодії та обміні інформацією різними пристроями, машинами та системами (дистанційне управління сільгосптехнікою та технологічними операціями, контроль різних процесів та станів).

Таким чином, підвищення ефективності жнив процесів за рахунок скорочення простоїв транспортних та технологічних машин є актуальним завданням для сільськогосподарської галузі країни.

Технічною програмою розвитку сільського господарства на 2017.. 2025 роки підтримується створення та впровадження вітчизняних конкурентно спроможних технологій при виробництві сільськогосподарської продукції.

У галузі інформатизації та автоматизації виробничих процесів сільськогосподарських підприємств відомі роботи вчених провідних наукових установ та освітніх організацій. Так в роботах Завражнова А.І. розглянуто проблеми неефективного використання техніки у сільському господарстві. В.Ф.

Федоренко досліджував та обґрунтував тенденції інформаційного розвитку сільськогосподарського виробництва. У працях Завалішина Ф.С., Жалніна Е.В., Савченко О.М. та Бур'янова А.М. викладено основи технології збирання зернових культур. У роботах Окуньова Г.А. та Шепелева С.Д. розглянуто ефективність спільної роботи транспортних засобів із технологічними

машинами. Маслов Г.Г. і Московський М.М. дослідили питання оптимізації комплексу жнив та післязбиральних робіт. У своїх статтях Ізмайлов А.Ю. та Родрігес Р.Ю. описували управління сільськогосподарськими мобільними агрегатами з використанням навігаційної системи GPS. Труфляк О.В. провів

дослідження щодо визначення можливих втрат зерна у технологічних процесах сільськогосподарського виробства. У роботах Смирнова І.Г. та Лічмана Г.І., Балабанова В.І. вивчені проблеми та перспективи науково-технічного забезпечення агропромислового комплексу інноваційними технологіями, включаючи цифрові.

Проте, у працях вчених недостатньо уваги приділено питанням скорочення втрат часу при виконанні збирально-транспортних процесів, включаючи питання формування структури системи обліку часу на транспортних операціях, розробки технології та засобів безперервного моніторингу кількості зерна в бункері комбайна, є відповідний точкою процесу переміщення зерна з поля на тік.

У той же час в збирально-транспортному процесі отримання даних про наповненість бункера комбайна, місці знаходження транспортного засобу, часу на очікування своєї черги на завантаження (дозавантаження), вивантаження є однією з пріоритетних завдань, що дозволяють оперативно спрямовувати транспортні засоби до уборочної техніки і тим самим скоротити простої і технологічних і транспортних машин.

У цьому випадку буде потрібно розробка комплексу технологічних та

технічних рішень, що забезпечують безперервне формування, передачу та обробку даних про наповненість бункера зернозбирального комбайна на основі використання інформаційних технологій.

Мета дослідження: підвищення ефективності збирально-транспортного процесу за рахунок розробки методу та засобів оперативного контролю наповненості бункера зернозбирального комбайну.

Об'єкт дослідження: процес обліку наповнення бункера зернозбирального комбайна.

Предмет дослідження: закономірності впливу форми насипної поверхні та фізико-механічних характеристик зернового матеріалу на ступінь заповнення бункера зернозбирального комбайну.

Завдання дослідження:

1) вивчити структуру витрат часу виконання транспортних процесів при збиранні зернових культур та обґрунтувати вимоги до системи обліку витрат часу;

2) теоретично обґрунтувати методикку визначення витрат часу на виконання етапів збирально-транспортного процесу на основі моніторингу наповнено бункера зернозбирального комбайна;

3) розробити методикку моніторингу обсягу зернового матеріалу в бункері комбайна з використанням машинного зору;

4) провести експериментальні дослідження впливу загального рівня яскравості, кольори, місця надходження зернового матеріалу, перекриття зображення зерновим матеріалом на точність визначення його обсягу в бункері зернозбирального комбайну.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБИЦТВІ

Для більшості сільськогосподарських операцій, у тому числі збирального процесу, погоджена робота технологічних машин з транспортними засобами має важливе значення. Часто при їх спільній роботі виникають взаємообумовлені простої, які при проведенні окремих операцій можуть досягати 20-25% від загального часу [41].

Стислі терміни збирання і великі обсяги продукції, які повинні бути перевезені в цей період, вказує на необхідність чіткої організації виконання транспортних засобів відповідно до роботи збиральних комбайнів.

1.1. Аналіз технологій збору та транспортування сільськогосподарської продукції

На потребу в транспортних засобах (ТЗ), впливають слідуючі фактори:

- врожайність;
- об'ємна вага культури, яка збирається;
- об'єм бункера комбайна;
- час наповнення бункера продукцією;
- типи наявних у господарстві транспортних засобів;
- віддаленість полів від токів та місць зберігання;
- стан доріг;
- наявність механізмів розвантаження та місць складування та і т.д.

При спільній роботі збиральних та транспортних засобів виникають взаємообумовлені простої. Для їхньої мінімізації використовують: закріплення транспортних засобів за комбайнами; роботу збирально-транспортними загонами; різні методи транспортного забезпечення [3, 18, 23].

Найвідомішими технологіями збору та транспортування сільськогосподарської продукції від комбайна, є:

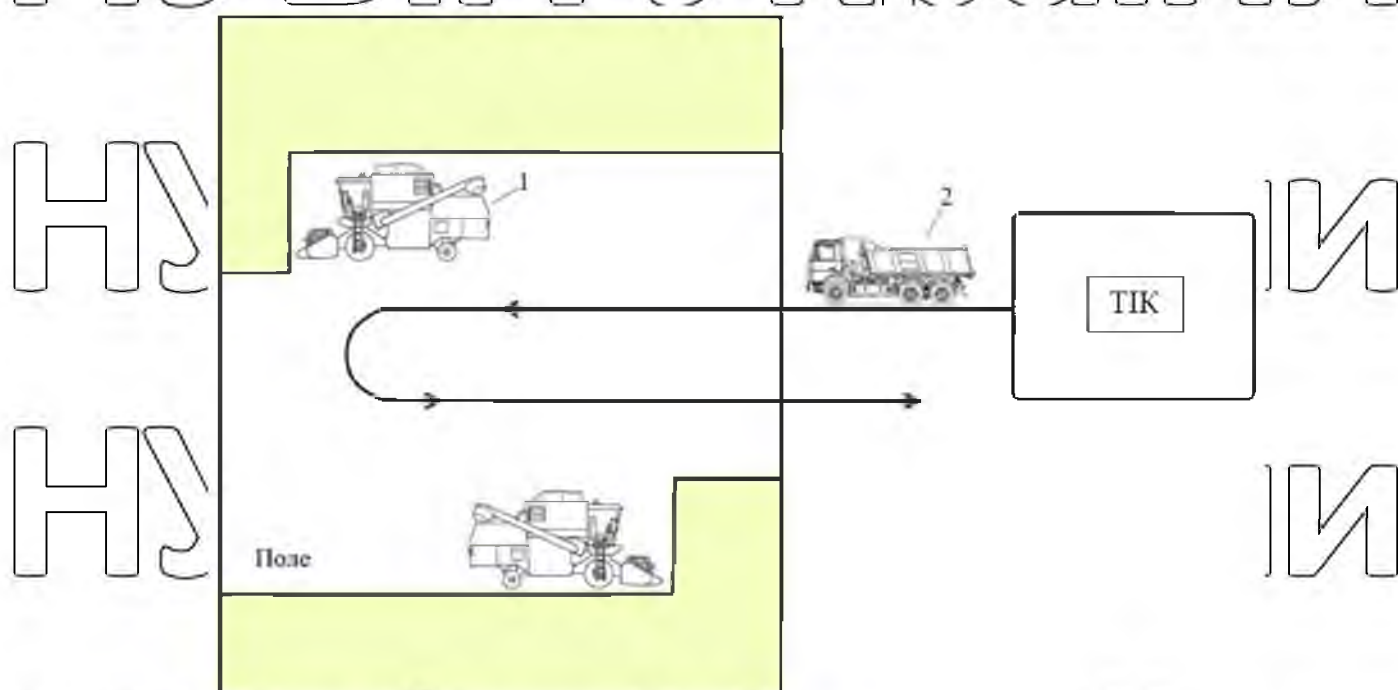
НУБІП України

1. Прямі перевезення;
2. Комбітрейлерний спосіб;
3. Псрційний спосіб;
4. Використання бункерів-перевантажувачів.

НУБІП України

При прямих перевезеннях зернового матеріалу використовують таку схему:

зернозбиральний комбайн – транспортний засіб – ТІК (рис. 1.1).



НУБІП України

Рис. 1.1 – Схема прямих перевезень: 1 – зернозбиральний комбайн; 2 – транспортувальна техніка

Перевезення організується оптимально, тобто кожній ланці комбайнів присвоюється група (ланка) транспортних коштів і вони не закріплюються за одним конкретним комбайном, а обслуговують усі комбайни технологічної ланки. Ланки підбирають таким чином, щоб вони перебували з однотипних комбайнів і транспортних коштів. Для цього в кузов транспортного засоби повинно входити цілу кількість бункерів. Кількість комбайнів у ланці має бути рівна або кратної кількості бункерів, що вміщається в кузов транспортного засоби. Найбільш доцільна кількість комбайнів у ланці від 3 до 7 одиниць. Кількість транспортних засобів визначається за умови рівності продуктивності

технологічних та транспортних ланок.

При комбітрейлерному способі зерновий матеріал з бункерів комбайнів розвантажується в автомобільні причепи, перевезені колісними тракторами край поля (на дорогу), де формується автопоїзд із попередньо завантаженого автомобіля та одного або двох причепів (рис. 1.2). Автопоїздом зерновим матеріал перевозиться на тік.

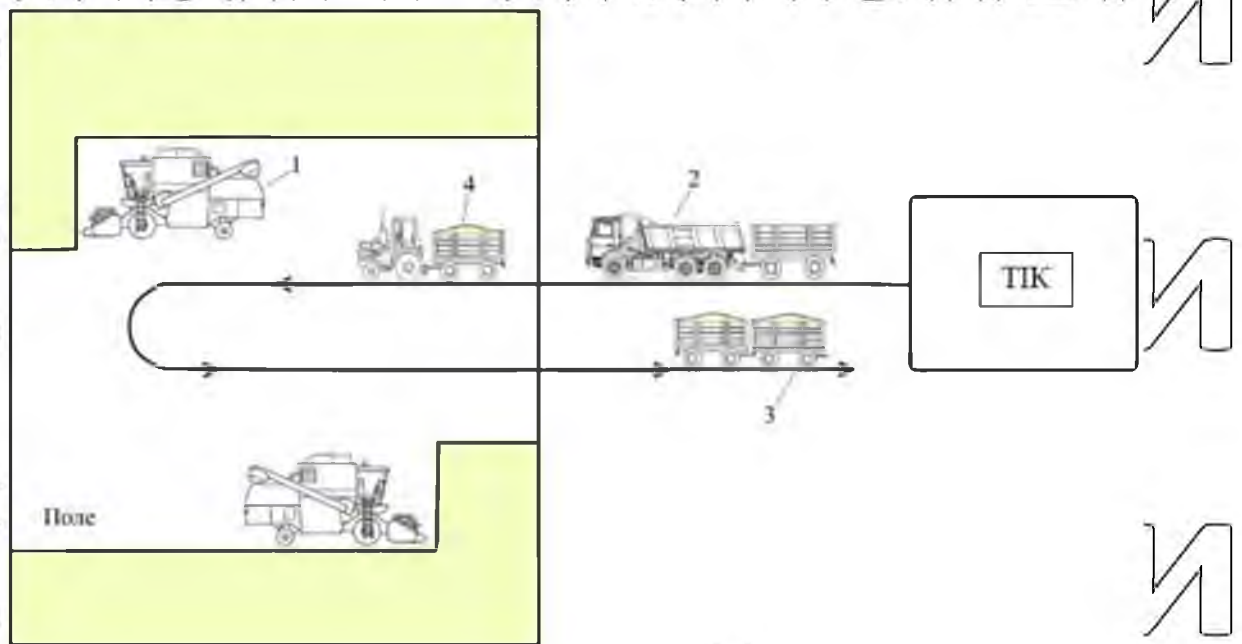


Рис. 1.2 – Схема комбітрейлерного способу перевезення зернових матеріалів: 1 – зернозбиральний комбайн; 2 – транспортувальна техніка; 3 – оборотні причепи; 4 – трактор

При порційному способі завантаження транспортних засобів відбувається у фіксованих місцях поля (на розвантажувальних магістралях), вибір яких відбувається з таким розрахунком, при якому можлива вивантаження заповненого на 80 і більше відсотків бункера комбайна (рис. 1.3). За цією схемою можна працювати автомобілями, тракторами з причепами. У полі на розвантажувальній магістралі завжди знаходяться оборотні причепи, і комбайни не простояють через відсутність транспорту. Трактор встановлює порожні причепи на розвантажувальній магістралі по ходу руху комбайнів, причіплює навантажені та відвозить зерновий матеріал на тік [41].

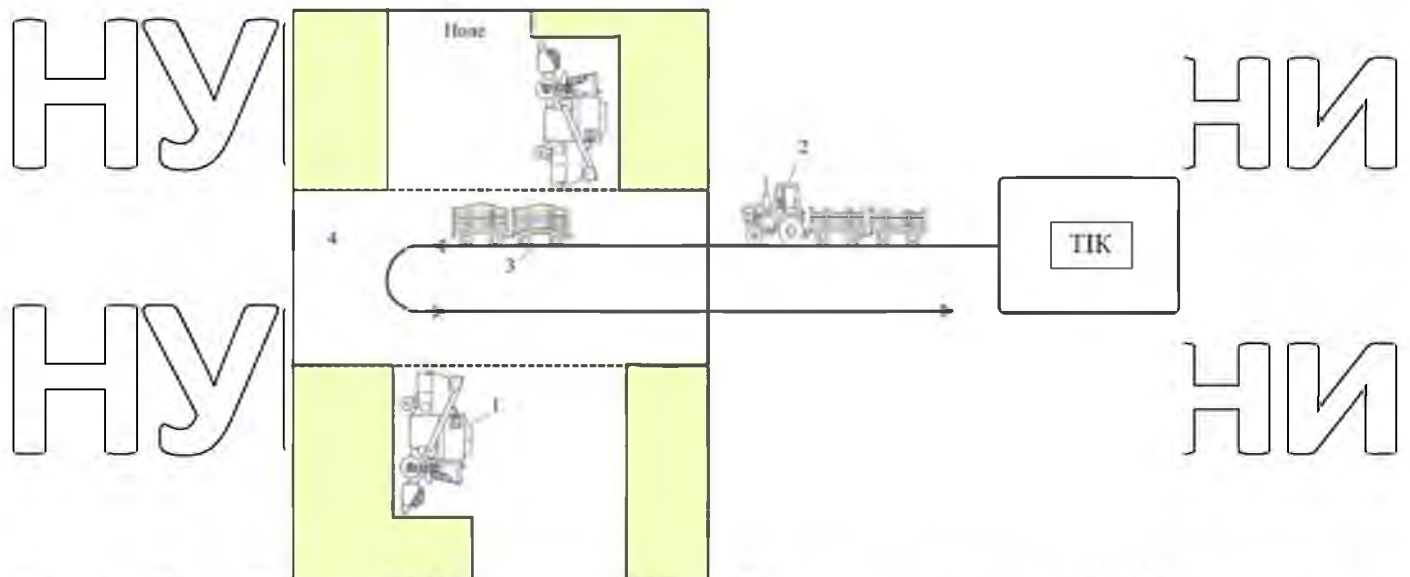


Рис. 1.3 – Схема порційного способу перевезення зернових матеріалів
 1 – зернозбиральний комбайн; 2 – колісний трактор; 3 – оборотні причепи;
 4 – розвантажувальна магістраль

При збиранні з використанням бункерів-перевантажувачів (рис. 1.4) на розвантажувальній магістралі розташовується пересувний бункер-перевантажувач, який приймає зерновий матеріал від комбайнів і завантажує транспортні засоби, що підійшли.

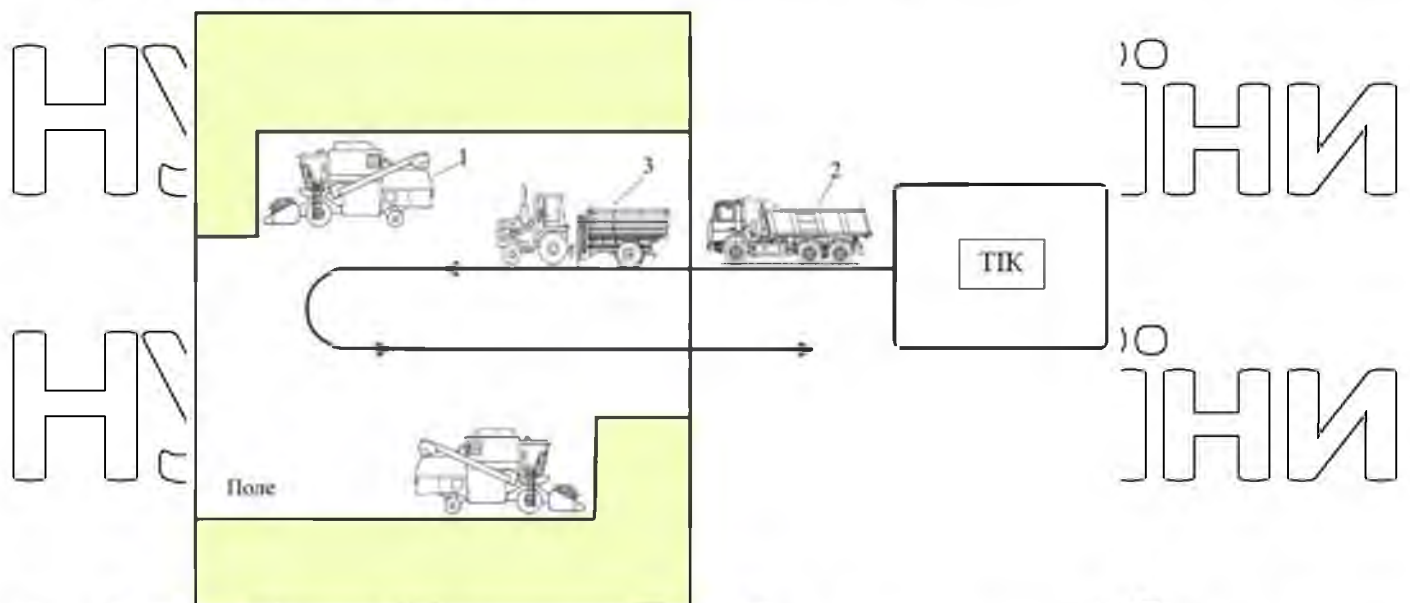


Рис. 1.4 – Схема збирання зерна з використанням бункера-перевантажувача: 1 – зернозбиральний комбайн; 2 – транспортувальна техніка;
 3 – колісний трактор з бункером-перевантажувачем.

В одному з досліджень представлені показники використання часу зміни за різних способів відвезення зернового матеріалу від комбайна (Таблиця 1.1) [41].

Таблиця 1.1 – Показники використання часу зміни при різних способах збирання зернових

№	Способи перевезення	Кількість комбайнів у ланці, шт	Коефіцієнт використання часу зміни	
			зернозбиральний комбайн	транспортне засіб
1	Прямі перевезення	3...5	0,55... 0,6	0,4...0,6
2	Комбітрейлерний спосіб	4...6	0,55... 0,6	0,5... 0,6
3	Бункер-перевантажувач	5...8	0,6... 0,65	0,6...0,7
4	Порційний спосіб	5...7	0,65... 0,75	0,7... 0,75

Як очевидно з таблиці 1.1. від вибору способу збирання зерна залежить показник використання часу зміни транспортного засобу та комбайна, що у свою чергу має важливе значення для більш повного використання потенціалу техніки та дотримання необхідних термінів збирання.

1.2. Види втрат урожаю на збиральні сільськогосподарських культур

Науковими дослідженнями та практичним досвідом землеробства давно доведено: збирання хлібів протягом перших 3-4 днів забезпечує отримання максимально-го обсягу зерна найвищої товарної якості, 5-й день жнив дає 3-4% втрат, в 11- й день втрачається до 14-17% зерна, в 15-й – ще 20-25%. Якщо збиральна кампанія затягнулася на місяць, кількісні втрати зернових становлять 60% (якість теж різко знижується) [34].

Важливим резервом, який збільшує виробництво зернових, є мінімізація причин, що викликають втрати зерна під час збирання. Усі втрати зерна під час збиральних робіт можна класифікувати. Втрати можуть бути прямі, і непрямий характер. Прямі втрати зерна ґрунтуються на кількісних показниках урожаю, непрямі втрати – на якісних.

На кількості втрати зерна впливають: технічний стан комбайна, некоректне налагодження жнивarki та інших агрегатів, технологія збиральних робіт, стан хлібостою, своєчасність початку жнив, майстерність механізаторів та багато інших факторів (рис. 1.5).

Обсяг непрямих втрат обумовлюється дробленням, плющенням, мікропошкодженнями зерна, що позначається надалі на посівних, хлібопекарських, технологічних якостях зерна [24, 25].

Збиток зерна зумовлюють три фактори: фізіологічні, механічні, технічні та технологічні втрати:

1. на фізіологічний вид втрат впливають біохімічні процеси всередині стиглих зерен. Вологі погодні умови активізують гідроліз, що скорочує суху речовину в зернах на 10-20% порівняно з кількістю, що зерно має на момент повного дозрівання [73].



Рис. 1.5 – Причини та фактори, що зумовлюють кількість втрат та механічних пошкоджень зерна при збиранні

2. Для механічних втрат характерно обсіпання зерна, обламування

солонини, вилягання колосків. Такі втрати трапляються через біологічні особливостей зернових, термінів жнив, погодних умов напередодні та в період збирання. Втрати механічного характеру різко зростають, якщо зернові перезріли.

3. Ще один вигляд втрат зумовлює не налагоджена робота жнив техніки. Цей вид втрат найпоширеніший і найзначніший. Оптимальні строки і технологія збору зерна, оптимальна висота зрізу, правильне налаштування всіх вузлів жнив, режим роботи – рішення, що дозволяють мінімізувати обсяг втрат. До технічних втрат відносять також і втрати в час транспортування та обробки зерна на елеваторах. Для профілактики цього виду втрат велике значення має підготовчі заходи перед збиранням: готують польові дороги, виробляють ревізію транспортних коштів, перевіряють зерно-очисну та сушильну техніку.

4. Відсутність узгодженості у роботі техніки призводить до того, що робочий час витрачається марно, наслідком чого є великі втрати зерна при збиранні. Комбайни, переповнені зерном, простоюють до 1/4 свого робочого часу. Вантажівки стоять в чергах на вивантаження ще довше (до половини робочого часу) [2]. У час таких простоїв комбайни і вантажівки перетворюються в зернові сховища, посилюючи неузгодженість у роботі транспортних засобів [20, 22].

Згідно з даними академії сільськогосподарських наук, господарства забезпечені збиральною технікою лише наполовину. Багато сільгосп підприємств укомплектовано комбайнами, але відчувають дефіцит вантажівок. Занепокоєність цією проблемою не така важлива, якщо збиральні роботи ведуться поруч із током. Але коли тік знаходиться на значному віддаленні, сильна неузгодженість у роботі комбайнів та вантажівок гальмує усе робітничі процеси. Щоб заощадити час, водії вантажних машин заїжджають на полі, що неприпустимо через переущільнення ґрунту (наслідки проявляться в кількісних і якісних показниках майбутніх урожаїв).

Одна вантажівка коштує близько 3 млн грн. Саме тому господарства відчувають гостру нестачу вантажівок. Їхній дефіцит – першопричина неузгодженості.

Середньостатистична втрата зерна в Україні через нестачу сільськогосподарських машин веде до щорічної втрати 5 млн. тонн зерна в період жнив.

Неузгодженість дій виявляється у різних чинниках: невідомо час заповнення бункера; не визначено місця вивантаження комбайнів; не розраховано скільки часу займає 1 рейс; з якою швидкістю рухаються комбайни та вантажівки; скільки часу йде на зважування вантажівки; як довго по часу оформлюються документи; скільки вантажівок необхідно для 1 комбайна; який вони повинні бути вантажопідйомності та т.п.

Неузгоджені дії ведуть до перевитрати палива, зниження швидкості, створення черг, подовження робочих змін та термінів жнивних заходів, самоосипання зерна, подорожчання врожаю [52].

Поповнювати автопарк новими машинами нерентабельно, тому що транспорт експлуатується не більше 30 днів в рік – в період збиранні врожаю. Тому ціль – по якісно використувувати вже наявну техніку [77]. Якщо вантажівки простоюють до половини свого робочого часу (тобто експлуатуються на половину своїх потужностей), то, відшукавши спосіб роботи вантажних машин на повну силу, можна зменшити їхню потребу вдвічі. Існуючі способи припускають узгодження роботи комбайнів та вантажівок шляхом використання сигнального маячка на комбайні, який включається в момент наповнення бункера на 75 відсотків. Недоліком цього способу є відсутність можливості подати транспортний засіб у момент повного заповнення бункера. Вибір місця подачі транспортного засобу носить суб'єктивний характер, що призводить до неповної завантаженні бункера комбайна перед вивантаженням (від 75 до 95 відсотків) або простою комбайна з повним бункером в очікуванні транспортного засобу вивантаження.

Роками у господарствах формувалося переконання у тому, що вивантаження бункерів необхідно здійснювати лише після повного їх заповнення. Таке рішення як лишилося виправданим, адже нестача транспортних коштів в господарствах очевидна. Це призвело до невизначеності місць

вивантаження.

У період жнив продуктивність більшості комбайнів та вантажівок. Не перевищує 70%. Простоюючи в очікуванні вивантаження зернового матеріалу, вони становляться «складами на колесах». Один комбайн здатний обробляти, в середньому, 3 га на годину (або 30 га на день). В результаті простою площа обробки скорочується до 24-25 га.

Простий є вимушеним перериванням роботи. Причинами простою не є: експлуатаційні правила, технологічні вимоги або особливості організації збиральних робіт. Простоями називають будь-які зупинки техніки в той час, коли машинам за всіма приписами необхідно працювати.

Простої вимірюються недобором зерна, зривом термінів збиральних робіт, падінням якості зерна, підвищенням загальної собівартості врожаю. Простої недовикористовують не тільки агрегати, а й людей, які перебувають на роботі, але не робо- тануть, і час їх простою має бути оплачена [15].

Постійне простоювання техніки затягує збиральні роботи. Вимушений простий збиральних машин зумовлює не лише великі втрати зерна, але та подорожчання зібраного врожаю. І навпаки: зменшення простоїв активізує жнив та економить витрати. Слід також враховувати різницю в вартості години простою різної техніки.

Є кілька варіантів вирішення цієї причини втрати зерна:

1. Використання бункера-перевантажувача. В той час, як вантажівки їдуть на тік для вивантаження зернового матеріалу, комбайни можуть вивантажувати зерновий матеріал у бункер-перевантажувач і потім продовжувати працювати; вантажівки, що повернулися наповнюють кузова зерновим матеріалом з бункер. Простої комбайнів в цьому випадку зі- краще до мінімуму, а продуктивність підвищується до 90-95%. Перевагою є і той факт, що вантажівки, завантажуючись у бункері, перестають курсувати полями, утрамбовуючи ґрунт. Раніше завантаження вантажівки забирало близько 20 хвилин. Наявність цієї техніки скорочує час завантаження до 3 хвилин [37]. Це дозволяє вдвічі скоротити кількість вантажних машин [23].

2. Використання вивантаження «на ходу». Вивантажувати зерновий матеріал на ходу – нова сучасна технологія, яку освоюють механізатори, полягає у вивантаженні зернового матеріалу комбайном під час руху в поруч ідуче транспортне засіб.

3. Застосування рукавного зберігання зернових матеріалів. Криті сховища та елеватори – дороге вкладення. Тоді як зберігання 1 тонни зернового матеріалу за «рукавною» технологією обійдеться в 150 грн. Пластикові рукави встановлюють безпосередньо на полях, створюючи місткі склади. Зберігати зерновий матеріал у рукавах можна в різних кліматичних зонах протягом року та довше. Один рукав площею 1 га вміщує 5000 т зернового матеріалу. У рукава здійснюють закладку як сухого, так і вологого зернового матеріалу.

4. Найточніше прогнозування жнивних заходів (прогноз погодних умов, прогноз стану хлібів, прогноз термінів досягнення стиглості, визначення дат збиранні, кількість та стан збиральних машин, планування підвищення кваліфікаційних якостей агрономів та механізаторів [63, 64].

5. Контроль динаміки наповнюваності зерновим матеріалом бункера комбайна в режимі реального часу та передача цієї інформації водієві транспортного засобу для прийняття ним своєчасного рішення про місце та час подачі транспортного засобу.

Ще однією причиною втрати зерна є неправильне закріплення транспорту за комбайнами без обліку ємності бункера і вантажопідйомності кузова. Якщо правильно підібрати зернозбиральну техніку, можна досягти суттєвого зниження втрат зерна. Вибираючи комбайн, враховують: ємність бункера, вантажопідйомність кузова, врожайність культур, відстань від полів до току та інші фактори.

Вибирати агрегат необхідно ще при покупці, з розумінням тих завдань, котрі треба буде вирішувати:

1. Роторний комбайн призначений для збирання кукурудзи. Його для збору зернових (у особливості вологих мас або засмічених бур'янами) дає не дуже добрі результати.

2. Барабанний комбайн призначений для збирання зерна, використання його для збору кукурудзи швидко зносить деталі комбайна, почастиє поломки, простої через ремонт, скоротить термін служби машини.

3. Гібридний комбайн з барабанним обмолотом та роторною сепарацією є універсальними агрегатами, які дозволяють прибирати різні культури з незначним переобладнанням.

Сучасна збиральна техніка відрізняється різною пропускною здатністю молотарок, але часто вони використовуються в 2-3 рази нижче за свої рекомендованих потужностей.

Більшість комбайнів працює із середньою робочою швидкістю в 2 рази менше за рекомендовану. Встановилася думка, що тихий хід комбайнів покращує вимолот та скорочує втрати. Однак, з іншого боку, зниження швидкості агрегату розтягує збиральний період з нормативних 10 днів до 40.

Наслідком цього є не лише половинний збиток зерна, а й збій цілісного польового конвєсра.

Налаштування комбайна на мінімальні втрати зерна під час збирання включає при- мірно 50 різних параметрів, 10 з яких повинні бути під постійним спостереженням. Навіть найсучасніші комбайни не забезпечать добрих. Результатів, якщо використовувати їх невміло [36].

Є безліч інших причин, які більшою чи меншою мірою впливають на обсяг втрат: величина збиральних площ, обсяг вирощеного врожаю, своєчасність розпочатою жнива, стан землі, довжина гонів, конфігурація збиральних ділянок, стан польових доріг, підготовка техніки та елеваторів, кількість та зношеність машин, кваліфікація механізаторів, досвід роботи людей, їх самодисципліна, своєчасне розвантаження бункерів, динаміка жнив кампанії, укомплектованість людьми, налагодженість усіх ланок циклу, відхилення від технології збору, не оптимально підібраний зріз, клімат, мінлива погода, неможливість завершити збиранні, брак площ для зберігання та наступні втрати зерна при зберіганні (через проростання, розмноження мікроорганізмів, перегрівання, навали гризунів, прокидання, розпилення) [45].

Найчастішим і найзначнішим видом втрати зернових при збиранні врожаю є порушення роботи жнив техніки во всіх проявах: від незлагодженості роботи комбайнів та вантажівок, неправильного підбору ємності бункера та вантажопідйомності кузова до простоїв в очікуванні вивантаження і невизначених місць вивантаження.

1.3. Автоматизація та інформатизація сільськогосподарського виробництва

Для підвищення ефективності виробничих процесів агропромислового комплексу, у багатьох господарствах використовують комплексну високотехнологічну систему сільськогосподарського менеджменту, звану точним землеробством. Точне землеробство спрямоване на збільшення точності та контролю процесів, пов'язаних з рослинництвом та тваринництвом. Ключовим компонентом цього підходу до управління фермою є використання інформаційних технологій та широкий спектр елементів, таких як системи глобального позиціонування (GPS, ГЛОНАСС), системи управління, датчики, робототехніка, безпілотні літальні апарати, автономні транспортні засоби, автоматичне обладнання, телематика, програмне забезпечення та ін. [29, 63].

Концепція точного землеробства вперше з'явилася у Сполучених Штатах. Штатах Америки (США) в початку 1980-х років. У це час також з'явилася практика по- будови електронної сітки на карті (з використанням фіксованої сітки одне го зразка на гектар). До кінцю 1980-х років ця методика використовувалася для отримання перших рекомендаційних карт для внесення добрив та коригування рівня водню. З того часу використання датчиків, розроблених на основі нових технологій, у поєднанні з появою GPS -приймачів, стало звичним явищем. Сьогодні такі системи охоплюють кілька мільйонів гектарів.

У всьому світі точне сільське господарство розвивалося у різному темпі. Першими (крім США) були, Канада та Австралія, за ними Європа та

Великобританія, далі йшла Франція, де воно вперше з'явилося в 1997-1998 роках. У Латинській Америці (провідною країною є Аргентина) точним землеробством зайнялися в середині 1990-х років за підтримки Національного інституту сільськогосподарських технологій. Бразилія заснувала державне підприємство « Embrapa » для дослідження та розвитку точного землеробства у сільському господарстві. Розвиток систем супутникового моніторингу сприяло закріплення точного землеробства в системі елементів управління сільським господарством.

Основні напрямки якими зайнято точне землеробство:

- технологічні, необхідні для скорочення часу витрачається на сільськогосподарські операції (планування робіт із використанням комп'ютерних технологій);

- технічні, створені задля створення нових машин (безпілотні трактора, літальні дрони та ін)

- агрономічні, що сприяють оптимізації виєсення добрив, посадки насіння та ін;

- екологічне, націлене на зменшення шкідливого впливу на довкілля (точна оцінка потреби сільськогосподарської культури в азотних добривах та ін)

[62, 64].

Ще одним з плюсів точного землеробства є можливість зберігати записи та історії польових робіт та врожаїв, що може позитивно вплинути на прийняття наступних рішень та послужити матеріалом для написання звітності.

Продовженням ідей точного землеробства стало розумне сільське господарство (smart farming). Яке є інтелектуальною системою, здійснює аналіз та збір даних сільськогосподарських підприємств, через інтернет та хмарні платформи. Інтернет речей (IoT) вводять у передові технології у всіх соціальні та виробничі сектори суспільства. IoT перетворився на один з ключових моментів для ідеї про те, що комп'ютери, машини, обладнання та пристрої всіх типів пов'язані один з одним, обмінюються даними та синхронізуються різними способами, які дозволяють їм працювати як так звану «розумну» системи. Ми

вже використовуємо технології IoT у багатьох відносинах, наприклад, розумні домашні пристрої та цифрові помічники, інтелектуальні фабрики та інтелектуальні медичні пристрої [5].

Ключовими технологіями, що стимулюють ринковий попит у розумному сільському господарстві, є:

- біометрія тваринництва: RFID, біометрія та GPS сприяють автоматичного отримання інформації про стан тварин у режимі реального часу;

- датчики стану інфраструктури: ці датчики використовуються для моніторингу стану будівель, фабрик, ферм та іншої інфраструктури. В поєднанні з інтелектуальною мережею датчики стану інфраструктури передають інформацію команді обслуговування у режимі реального часу;

- сільськогосподарські роботи: використовуються для автоматизації сільськогосподарських процесів, таких як оранка, посів, зрошення, прополювання, збирання врожаю та ін.

Сучасні комп'ютерні та мобільні технології сприяють створення інноваційних сервісів та додатків, які використовуються у всій сільськогосподарському ланцюжку створення продукту [51].

Додатки типу «машина-машина» (M 2 M) активно впроваджуються в сільськогосподарський сектор. Вони дозволяють фермерам контролювати обладнання, оцінювати вплив на довкілля, виробництво, точно управляти тваринництвом та сільськогосподарськими культурами, а також відстежувати трактори та інші сільськогосподарські машини. M 2 M є невід'ємною частиною IoT, яка описує положення безлічі пристроїв та машин, підключених до Інтернету через кілька мереж [54, 55].

Трактор є невід'ємною частиною будь-якого аграрного підприємства і застосовується для вирішення безлічі різних завдань залежно від типу ферми та конфігурації його допоміжного обладнання. У міру розвитку автономних технологій керування, трактори, як очікується, стануть одними з самих ранніх машин, які будуть перетворені.

На ранніх етапах розвитку цих технологій, машини не зможуть бути

повністю автоматизованими і будуть потребувати обслуговуючого персоналу, який знадобиться для створення польових та прикордонних карт, програмування кращих польових шляхів та визначення інших умов експлуатації. Машини також потребуватимуть регулярного ремонту та технічного обслуговування.

Посів насіння був колись трудомістким ручним процесом. Поліпшення цього процесу сприяла поява посівних машин, які можуть засівати великі площі набагато швидше, ніж людина. Однак вони часто використовують метод розсіювання, який може бути неточним і марнотратним, коли насіння виходить за межі оптимального розташування. Для ефективного посіву буде контролювати дві змінні: глибину посадки насіння та відстань між рослинами. Точне посівне обладнання призначене для максимального збільшення цих змінних. Дані датчиків з деталізацією якості ґрунту, щільності, вологості та рівня поживних речовин вимагає великої обробки даних, та їх точна обробка сприятиме проростанню та зростанню насіння, що призведе до збільшення врожаю [6, 8].

Підповерхневе крапельне зрошення (SDI) вже є поширеним методом зрошення, який дозволяє фермерам контролювати кількість води, необхідну рослинам. Поєднуючи системи SDI з більш складними датчиками з підтримкою IoT, з'являється можливість постійного контролю рівня вологості та здоров'я рослин в автономному режимі (втручання фермера відбувається толь-тоді, коли це необхідно). У той час як сучасні системи часто вимагають, щоб фермер вручну перевіряв лінії та контролював насоси, фільтри і датчики, майбутні ферми можуть підключати все це обладнання до датчиків, які передають дані моніторингу безпосередньо на комп'ютер або смартфон.

Хоча системи SDI не є точно роботизованими, вони можуть працювати повністю автономно в рамках розумної ферми, еспираючись на дані датчиків, розміщених навколо полів, для виконання зрошення в міру необхідності.

Прополка та боротьба зі шкідниками є важливими аспектами догляду за рослинами. Більшість завдань, пов'язаних з цим, ідеально підходять для автономних роботів. Вже розроблено кілька прототипів, в том числі Boniob від

Deepfield Robotics та автоматизований культиватор, який є частиною дослідницької ініціативи UC Davis Smart Farm.

Робот Bonirob може автономно переміщатися через польові культури з потужністю відеокамери та супутникової навігаційної системи. Його розробники використовують машинне навчання, щоб навчити Bonirob ідентифікувати бур'яни перед видаленням. Завдяки передовому комп'ютерному навчанню та майстерному інтелекту (AI), інтегрованому в майбутньому, такі машини можуть підлога- ністю замінити ручну працю людини [9, 12].

Прототип UC Davis працює дещо по-іншому. Їхній культиватор буксирується за трактором та оснащений системами візуалізації, які можуть ідентифікувати флуоресцентний барвник, яким покривають насіння при посаді, та який переноситься на молоді рослини в міру того, як вони проростають і починають зростати. Це дозволяє машині здійснювати сортування сільськогосподарської культури та бур'янів, вибираючи рослину без флуоресцентного барвника.

Ці роботи та інші, подібні до них, не працюватимуть ізольовано на ферм майбутнього. Вони будуть підключені до автономних тракторів та IoT, що дозволить виконувати сільськогосподарські операції практично без втручання людини.

В даний час у виробництві сільськогосподарської продукції використовуються самі різні машини для збору врожаю, багато з яких придатні для автоматизації у майбутньому [56, 57, 58].

Сільськогосподарські комбайни повинні насамперед отримати системи автопілотування для переміщення по полях. Це можливо при додаванні більш складних технологій з датчиками та зв'язком IoT. В даному випадку важливою функцією стане контроль динаміки наповнюваності бункера комбайна, це дозволить здійснювати своєчасну та точну подачу автотранспорту, не дасть комбайну перевантажуватися і вивантажувати неповний бункер, що приведе до підвищення його продуктивності [4, 7, 36].

Також ці технології можна застосувати до більш делікатного збиранні

врожая, такий як збирання фруктів з дерев або овочів з грядок. Інженери працюють над побудовою правильних роботизованих компонентів для цих складних завдань, таких як робот Panasonic по збору томатів, Котрий включає складні камери і алгоритми для визначення кольору, форми та місця розташування томатів, здатні визначити його зрілість. Цей робот вибирає помідори зі стебла, завдаючи пошкодження, тому інженери намагаються створити роботизовані захвати, які будуть здатні збирати фрукти та овочі, не псуючи їх при це.

Іншим прототипом для збору фруктів є робот-збирач яблук ваку- розумним захопленням від Abundant Robotics, який використовує комп'ютерне зір, щоб знайти яблука на дереві та визначити, чи готові вони до збору врожаю.

Це лише кілька з десятків перспективних роботизованих. Конструкцій, які незабаром візьмуть на себе збір врожаю.

Очікується, що впровадження дронів у рамках системи автоматизації та контролю користуватиметься великим попитом найближчим часом. Передбачається використання одного з двох типів дронів, гібридних або з нерухомим крилом. Нерухомі безпілотні літальні апарати складаються з жорсткого крила, що має заданий аеродинамічний профіль, політ здійснюється за рахунок обертання пропелера, що створюється за допомогою електродвигуна або двигуна внутрішнього згоряння. Гібридні дрони літають за допомогою лопатей, які обертаються навколо нерухомого корпусу, що дозволяє їм літати у будь-якому напрямку, а так само ширяти в одному місці. Гібридні дрони можуть залишатися в польоті в протягом багатьох років поспіль, оскільки вони працюють на кількох джерелах енергії. Сонячні батареї, встановлені на крилах гібридних дронів, забезпечують підзарядку під час польоту. Крім того, високі досягнення в області технологій візуалізації, доступність різних камер, дозволяє захоплювати не лише стандартні відеографічні та фотографічні зображення, але й робити інфрачервону, ультрафіолетову і навіть гіперспектральну візуалізацію. Також побільшало Дозвіл зображень по всім цим методам візуалізації, а значення «високого дозволу» продовжує зростати.

Всі ці різні типи зображень дозволяють фермерам збирати більше подові дані, чим будь-коли раніше, створюючи можливості для моніторингу здоров'я сільськогосподарських культур, оцінки якості ґрунту та планування по- площ для оптимізації ресурсів та землекористування. Можливість регулярного проведення цих польових досліджень покращує планування посадки насіння, іригацію і картографування розташування як в 2D, так і в 3D. З усіма цими даними фермери можуть оптимізувати кожен аспект управління землею та сільськогосподарськими культурами.

Використання дронів у сільськогосподарській сфері не обмежується толь- до їх застосування в якості камер, за їх допомогою можна здійснювати такі технологічні операції, як посів та розпилення. Наприклад, кілька компаній та слідчих працюють над безпілотними літальними апаратами, які можуть при- допомоги змінних капсул вносити насіння, добрива і поживні речовини безпосередньо в землю.

DroneSeed і BioCarbon – це дві такі компанії, кожна з яких розробляє безпілотні літальні апарати, які можуть нести модуль, садить насіння дерев в землю в оптимальних місцях. Незважаючи на те, що в даний час розробляються проекти з лісовідновлення, неважко уявити, що модулі можуть бути переконфігуровані відповідно до різних сільськогосподарськими завданнями. За допомогою IoT та програмного забезпечення безліч безпілотних літальних апаратів можуть здійснити точний посів у ідеальні умови для зростання кожної культури, створюючи умови для більш швидкого зростання і вищого врожаю.

Таким чином, незабаром відбудеться повний перехід сільського господарства до інтелектуальних ферм, які матимуть вбудовані датчики всіх етапах сільськогосподарських процесів. Датчики, встановлені на різних полях, будуть збирати дані по рівням освітленості, умовам ґрунти, зрошення, якості повітря та погоди. Ці дані повернуться до фермера або безпосередньо до безпілотним машинам в поле. Команди роботів будуть проходити по полях та працювати автономно, для забезпечення потреби сільськогосподарського ринку, а також виконувати прополювання, полив, обрізання та збирання врожаю,

керуючись їх власним набором датчиків, навігацією та даними про врожай. Дрони будуть літати над полем, отримуючи дані про здоров'я рослин та ґрунтові умови, або створюючи карти, які направлятимуть роботів, і допомагатимуть фермерам планувати подальші кроки розвитку свого господарства. Все це допоможе збільшити ефективність сільськогосподарської галузі, а також підвищити доступність та якість продуктів харчування.

1.4. Контроль сільськогосподарських процесів виробництва продукції

Основою для розумного сільського господарства та точного землеробства послужили супутникові навігаційні системи. У справжнє час на ринку представлені різні рішення для моніторингу автотехнічних та автотранспортних коштів, хоча повсюдно використовуються лише з них. Для забезпечення сумісності систем, розроблених у різних країнах, були сформовані дві організації, вирішальні питання стандартизації на світовому та європейському рівнях. У першому випадку цим займається Міжнародна організація стандартизації ISO, а в другому – Європейський комітет зі стандартизації CEN.

Внаслідок цього, комплектний зміст будь-якої системи моніторингу можна подати у вигляді чотирьох основних одиниць: радіо супутники, що подають спеціальні сигнали (їх кількість зазвичай не перевищує 30); блоки, що вимірюють поточне положення супутників та здійснюють обмін інформацією з ними; обладнання, призначене визначення поточних координат, тобто. Навігатор; додаткові системи, підвищуючи точність радіосигналів і визначення координат. До таких систем можна віднести наземні контрольні станції та геостационарні супутники. Серед всіх систем найбільш відомими є розробки вчених із Росії, США та Франції.

Система моніторингу, є однією з двох всесвітніх навігаційних систем. Вона отримала назву ГЛОНАСС (Глобальна Навігаційна Супутникова Система).

Крім вітчизняної, на ринку також широко представлені зарубіжні розробки. Їх головною відмінністю є застосування технології автоматизації

керування технічним засобом. Найпоширенішою системою є AMS від John Deere [42]. Однак застосування такої системи можлива тільки за наявності спеціального дорогого обладнання, через що дана система не набула широкого поширення у сфері сільського господарства.

Бюджетним варіантом системи моніторингу зарубіжного виробництва є американська розробка NAVSTAR GPS, більше відома зараз просто як GPS (Глобальна Система позиціонування). Ця система є другою з найвідоміших систем супутникової навігації і спочатку вона розроблялася для використання військовою галуззю США, але через простоту функціоналу і використання, отримала широке поширення.

Наступною за популярністю системою супутникової навігації є французька технологія DORIS. Але через малу кількість використовуваних супутників та відсутності адаптивності російською мовою в Росії дана система по-шануй представлена.

Існують ще безліч навігаційних систем, не отримавши розповсюдження мандрівка, розроблені вченими Європи, Індії, Китаю, Японії та інших країн. У міжнародною номенклатурі Усе ці напрацювання отримали назва GNSS (Global Navigation Satellites System (англ.) – Глобальна Навігаційна Супутникова система) і використовуються частіше локально, або знаходяться в розробці. Глобальною ж навігаційною системою по всьому світу залишається NAVSTAR GPS або просто GPS [70, 71, 72, 74, 75].

Система глобального позиціонування включає три сегменти: космічний (супутники), контрольний (наземні станції) та користувальницький (GPS прилади) Рис. 1.6.

Робота GPS приймача заснована на визначенні свого розташування, за допомогою знаходження відстаней до супутників. Воно одно твору швидкості сигналу, що передається (швидкість світла) на час, необхідний на проходження сигналу від супутника до GPS навігатора.

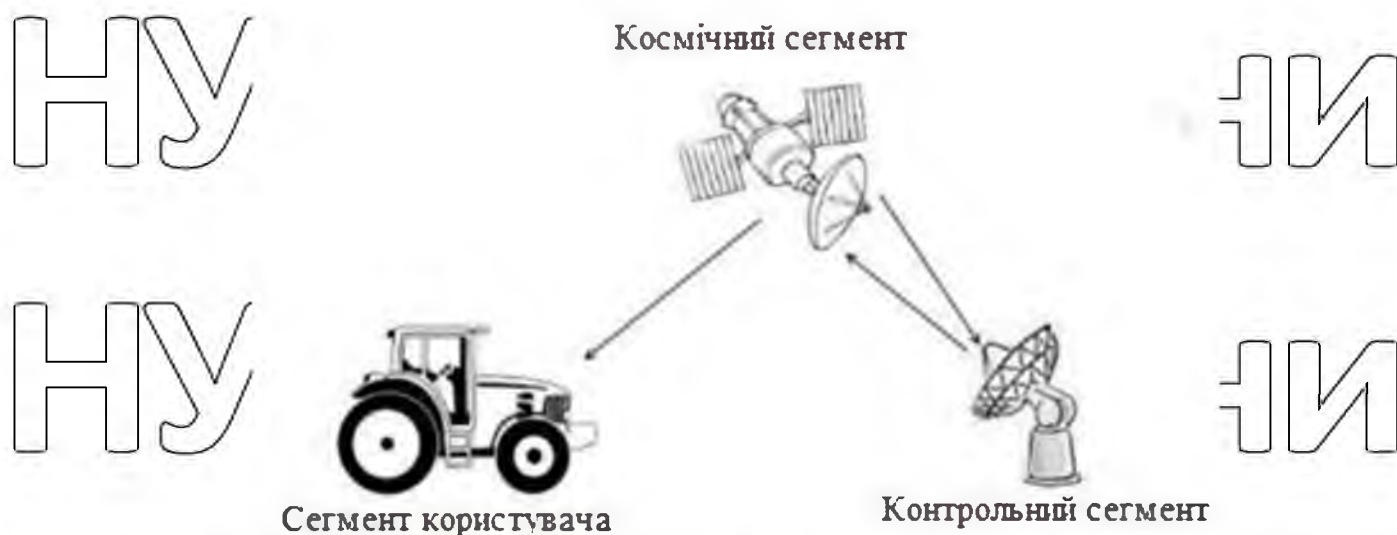


Рис. 1.6 — Основні сегменти системи глобального позиціонування

Точність розташування за допомогою GPS знаходиться в межах від 5 до 30 метрів, що абсолютно неприпустимо для більше вузьких завдань агропромислового комплексу, вимагають високою точності. Для рішення цих завдань застосовують систему DGPS (диференційована система глобального позиціонування) (рис. 1.7). Її основне відмінність від GPS полягає в наявності стаціонарних контролюючих станцій з відомими координатами.

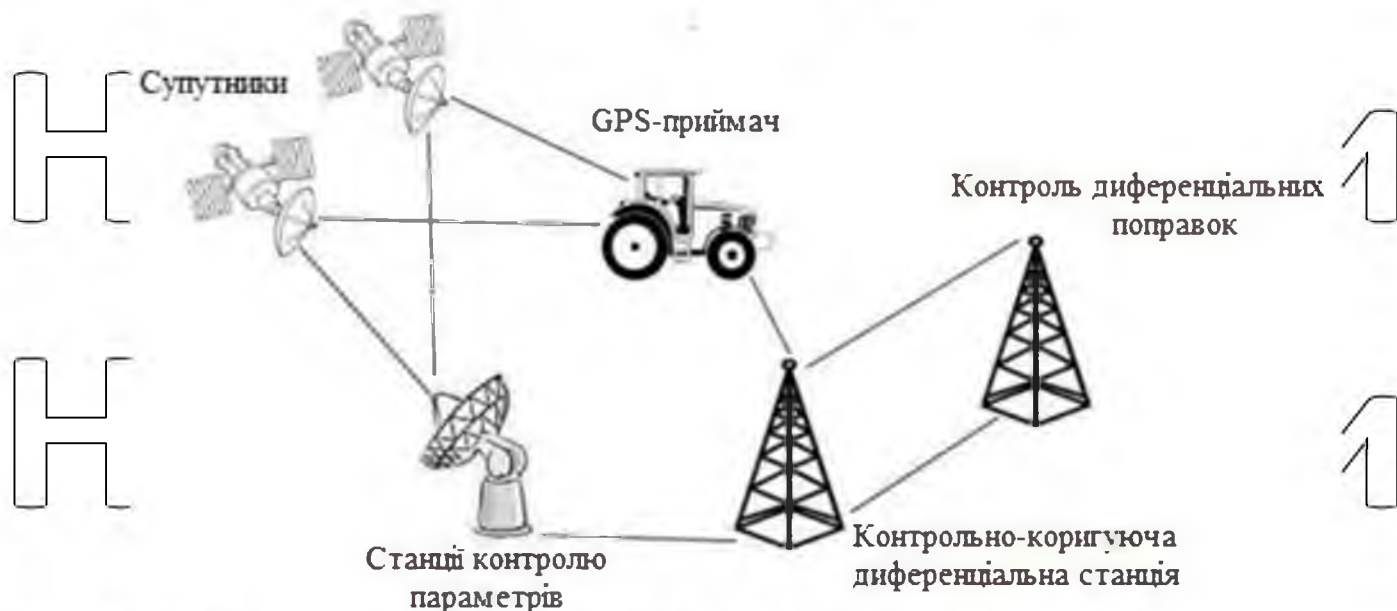


Рис. 1.7 — Узагальнена структурна схема DGPS

У цих станціях знаходиться GPS приймач, що приймає сигнали з

супутників. Відбувається порівняння отриманих даних із фактичною відстанню до супутників. Їхні різниці показують помилки супутникових сигналів (Диференційну корекцію). Розраховані дані надсилаються на DGPS приймачі та забезпечують корекцію GPS у режимі реального часу [1, 19, 69].

DGPS сервіси можна розділити на безкоштовні та платні (вимагають абонентський плати).

В даний час існує три безкоштовні системи, але лише одна з їх захоплює європейську частину на території Росії, називається вона EGNOS (європейська геостационарна служба навігаційного покриття). Точність такої системи складає в середньому декілька метрів.

З платних сервісів стоїть виділити OmniSTAR, його гідністю є відсутність прямої залежності між відстанню до базової станції та точністю. Це відбувається за допомогою використання широкодіапазонного методу, завдяки якому користувач отримує поправки одночасно з усіх базових станцій. Точність цієї системи становить близько 10 см [38, 40].

Таким чином, використання систем DGPS можна використовувати при проведенні будь-яких сільськогосподарських робіт, що вимагають високої точності. Це може послужити джерелом нових технічних і технологічних відкриттів для точного землеробства.

У агропромислової структурі існують свої особливості, притаманні тільки цій галузі, у зв'язку з чим моніторинг АПК включає не тільки до безперервного спостереження за станом сільського господарства та його технічних та виробничих одиниць, а також аналіз інформації з виявлення негативних фактів виробництва та розвитку, для вжиття заходів щодо їх усунення. В першу чергу це необхідні умови для успішного функціонування АПК.

1.5. Технічні засоби для контролювання транспортних робіт під час

збирання врожаю

Традиційною складовою функціонування зернової галузі сільського господарства протягом тривалого часу є облік отриманого врожаю. Для цього на підприємствах протягом тривалого періоду використовуються ваги [66].

Одними з поширених ваг, залишаються стаціонарні автомобільні вантажні ваги (рис. 1.8).



Рис. 1.8 — Електронні автомобільні ваги для стаціонарного зважування: 1- платформа автомобільних ваг; 2 – транспортне засіб.

Вони можуть знаходитися в місцях, пов'язаних з регулярними або сезонними транспортними потоками [31]. У таких автовагових транспортний засіб двічі підлягає зважуванню – до завантаження та вже після її здійснення. Таким чином, різниця між двома показниками зараховується як маса нетто.

Стаціонарні механічні автомобільні ваги, в своє час, встановлювалися на підземний бетонний фундамент, розміщений під навісом або у приміщенні. Невід'ємними складовими таких ваг, крім вантажоприймальної платформи, були важільна система, проміжний механізм і циферблат для візуального відліку.

На перший погляд, зважити свій врожай «по старому» може дешевше обійтись власнику зерна. У той же час він ризикує отримати помітні втрати, пов'язані з веденням неточного обліку, випадками навмисного обману, впливом на прилади нестабільних метеорологічних характеристик та умов. Серед поширених цієї конструкції слід відзначити виготовлення приладу з матеріалів, гарантуючих

тривалий термін експлуатації. З іншої сторони, слід вести мова про очевидну технічну та моральну відсталість такого типу зважування, досить помітної похибки вимірювання (особливо, в порівнянні з електронним аналогом).

Враховуючи середньозважений вік таких ваг, їх ремонт виглядає як проблемним (пошук деталей, відсутність фахівців), так і недешевим.

У наше час, на ринку АПК існують тенденції відмови від цього типу зважування та появи послуг з реконструкції механічних автоваг. Так, компанії серед асортименту своїх послуг пропонує переробити застаріле обладнання із встановленням електроніки та подальшим продовженням терміну експлуатації

вагової [48]. Серед послуг фірми є опції надання «нове життя» шляхом заміни важільного системи на тензометрію. В результаті проведення маніпуляцій, 15-ти тонна механічна автомобільна вага зможуть зважувати вантажі до 20 тонн, 25-30

тонні збільшать вантажопідйомність до 40-60 т. Хоча слід розуміти, що ціна

металу, витраченого на подовження плат-форми, бетону для додвання опорних тумб і котловану, тариф, як на саме нове електронне обладнання, так і вартість монтажних робіт, в деякому роді ставлять під сумнів обґрунтованість такого кроку. При цьому, навіть сам виробник визнає факт економічної недоцільності

модернізації середніх та великих автоваг. Тому що, її собівартість буде вищою від ціни установки ново-го обладнання.

Можна, можливо з впевненістю стверджувати, що на сьогоднішній день ледве чи не найпоширенішим способом обліку зібраного врожаю є використання платформних електронних автомобільних ваг [43]. До їх безумовним перевагам

слід віднести точність і мінімальну похибка в вимірах. Точніший облік забезпечують екорочення втрат, можливість зважування великого потоку автомобілів із серйозними осьовими навантаженнями, можливість тривалого використання такої конструкції.

З іншого боку, цей спосіб контролю врожаю не позбавлений певних недоліків верстатів. По-перше, монтаж стаціонарної конструкції передбачає як заняття порівняно більшої площі, так і суттєві фінансові витрати, які покриті матеріаломістку і важку доставку. Крім того, до такому об'єкту виставляються

підвищені вимоги щодо спорудження фундаменту та встановлення датчиків. Окрім недешевої установки, додаткові витрати пов'язані з його дорожнечю, довготривалою експлуатацією та щорічним сервісним обслуговуванням. Таким чином, точність вимірювання та багаторічна надійність комплексу дисонує з гоміздкістю та не мобільністю конструкції, великою вартістю установки та подальшої експлуатації обладнання.

Крім того, для стаціонарного платформного зважування характерні різ-особисті хитрощі, які застосовують працівники. Серед таких комбінацій, першу чергу, потрібно згадати маніпуляції з вагою тари автомобіля. У цьому У разі при первинному зважуванні вантажівка штучно обтягується за рахунок різного баласту – додаткових шин (іноді їх обтяжують мішками з піском), баків з водою і так далі. На отриману різницю здійснюється розкрадання. Найчастіше, такі викривлення відбуваються як з боку представників елеватора, так і з боку сторони клієнтів, які привозять зерно. Іншим істотним недоліком такого типу ваг є можливе спотворення показань, яке здійснюється третіми чи-ними за допомогою радіотехнічних коштів.

Більш мобільним та сучасним способом контролю та обліку зібраного зерна мають великовантажні механічні бункери-перевантажувачі (рис. 1.9) [14].

Вони обладнані вбудованою системою зважування [13]. Це, в свою черга, дає можливість виміряти завантажені обсяги зернових там, де використання стаціонарних ваг неможливо, то є во час збиранні врожаю безпосередньо-на полі. Точність зважування забезпечують чотири вбудовані тензодатчика 3.

Використання такого методу дозволяє здійснити швидкий перехід на триланкову систему збирання зернових (комбайн – бункер – перевантажувач – автомобіль – зерновоз).

НУБ

НУБ

НУБ



ІНИ

ІНИ

ІНИ

Рис. 1.9 – Бункер-перевантажувач: 1 – бункер; 2 – вивантажувальний шнек; 3 – теїзодатчик.

НУБІП УКРАЇНИ

Таким чином, ця Модель має явне логістичне перевага в порівняні з попередньою. Вона дозволяє заощадити час і знизити витрати ПММ пов'язані з необхідністю відвідування автовагою. Крім того, серед явних переваг «авточовників» слід зазначити скорочення кількості техніки на полях, зменшення строку простою комбайнів під час очікування вантажних автомобілів.

НУБІП УКРАЇНИ

З іншого боку, на сьогоднішній день можна помітити дуже слабе розповсюдження мандрівка на російських просторах використання цього підходу, що швидше всього, пов'язано з високою вартістю бункерів-перевантажувачів.

НУБІП УКРАЇНИ

Не слід також забувати і про загрози, які скриває в собі спосіб безупинності збирання та вивантаження врожаю. Йдеться про відсутні технологічні проблем, які виникають в зв'язку з перевантаженням зерна в бункер під час продовження ходу комбайна. По-перше, навіть сам процес наближення та

НУБІП УКРАЇНИ

підстроювання руху один під одного двох вищеназваних машин є досить не простим. Існують побоювання пошкодження жнивирки або причепа, побоювання зберігають- ся навіть у разі дотримання правильної відстані.

Безупинна механізована збирання врожаю застосовувалася ще за часів Радянського Союзу, однак і те якщо головні труднощі пов'язувалися з підстроюванням синхронного руху двох сільгоспмашин. У зв'язку з острахом

водіїв наблизити один до одного свої машини на екстремальну та неприпустиму відстань, на практиці вони суттєво скидали швидкість, моментами переходячи

до фактичної зупинки. В такому разі, повністю губився сенс ідеї безупинного збирання. Уникнути цього можна за дуже високої особистої кваліфікації операторів обох машин. Також слід відзначити, що запропонований за умови

використання такого способу вивантаження зерно-ого матеріалу «Рваний темп»,

аж ніяк не виглядає дуже корисним при збирання врожаю. Так, це може призвести до появи нерівномірності зрізання зернових, збільшення дроблення поля на нерівномірні ділянки, так і безпосередньо до втрат зерна.

У разі зернового та деяких інших видів виробництва (заготування кормів, видобуток сировини в кар'єрах тощо) часто трапляється зміна траєкторії транспортних потоків. Буває, що місця завантаження та розвантаження

розташовуються на великому видалення друг від друга. Така ситуація в значною мірі ускладнює можливість регулярного та економічно обдуманого

використання стаціонар-них електронних автомобільних терезів.

В цьому випадку альтернативою виступають автомобільні бортові ваговимірювальні системи (рис. 1.10).

Серед іншого, вони пов'язані із встановленням тензорезисторних датчиків F_z , які служать для вимірювання сили, що діє на вісь автомобіля [28].

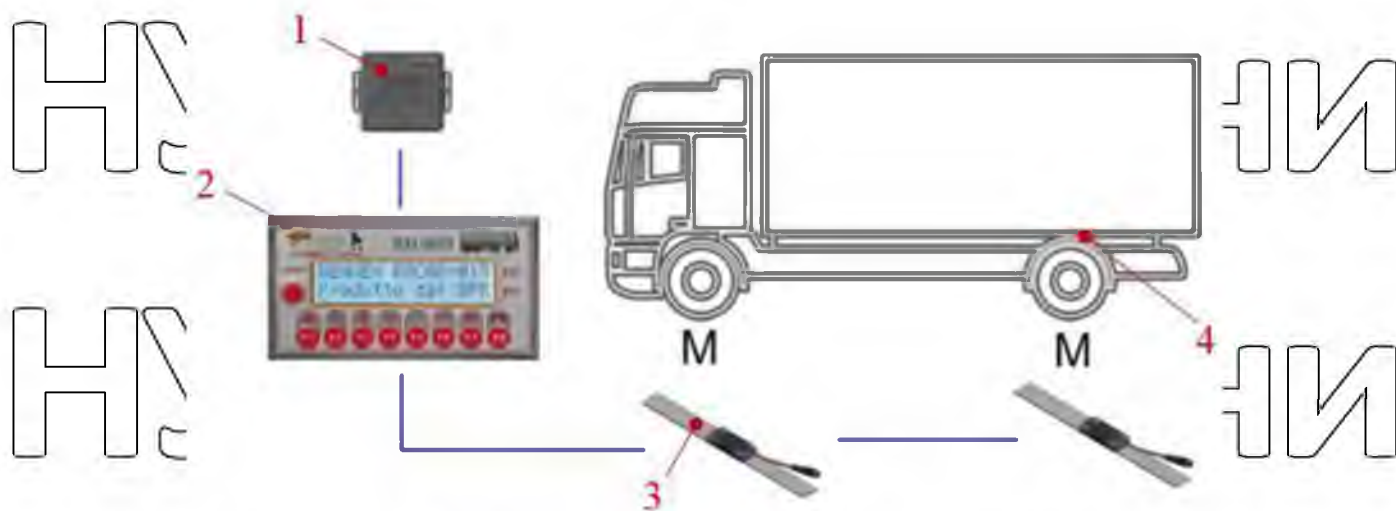


Рис. 1.10 – Бортова система зважування: 1 – FOIL датчик; 2 – екран;
3 – тензодатчик; 4 – місце установки тензодатчика на транспортний засіб

на вантажівки, що вже експлуатуються. Існуюча схема установки датчиків типу

«Вісь» обумовлює висивання осей перекидання. Проблем вдається уникнути тільки во час первинної заводський складання автомобіля. У іншому випадку монтаж не тільки може зайняти відчутний часовий інтервал, але й зростає ризик

перекосу гідроциліндра, що незабаром може привести як до підвищеному зносу

механізму, так і безпосередньому виходу його з ладу. В принципі, цих наслідків

можна уникнути, якщо замість гідроциліндра на податок двом датчикам типу

«Вісь» встановити два додаткових датчика стиснення. Такі заходи справді підвищують як довговічність, і точність вимірів. Це також веде до значного

ускладнення монтажних робіт і збільшення фінансових витрат.

Останнім часом все більшої актуальності набуває установка та даль-
найшарше використання систем зважування маси нетто безпосередньо на борту
зернозбиральних машин [47]. Для цього в серію деякими виробниками були

запущені датчики контролю сипучих матеріалів. Здійснення супутникового

моніторингу сільськогосподарського транспорту є одним з найбільш

новаторських методів контролю та обліку зібраної аграрної продукції.

Наприклад, в основу роботи датчика «Ескорт ДБ-2» (рис. 1.9) покладено

принцип, з допомогою якого здійснюється спостереження за рівнем зернового матеріалу.

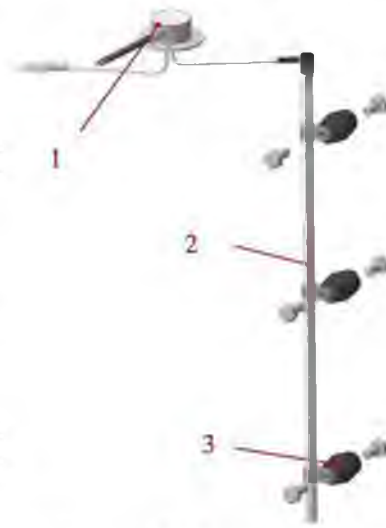


Рис. 1.11 – Система визначення рівня сипучих продуктів на базі датчика

Ескорт ДБ-2: 1 – Датчик Ескорт ДБ-2; 2 – сталева трубка; 3 – емнісний датчик

Крім, власне, емнісного вимірника наповненості бункера, є до-додагксовий дискретний сигналізатор. З його допомогою вдається стежити за показниками вологості зерна при черговому завантаженні врожаю. Названі пристрої осу-існують контроль рівня зернового матеріалу в збірній ємності (в даному випадку – бункер зернозбирального комбайна). У разі перевищення фіксованого обсягу подається сигнал.

Така система має важливу перевагу для аграріїв, які оперативнo хочуть продати вироблену ними сільгосппродукцію, враховуючи реальний ризик «підкручування» терезів на зернових елеваторах та токах. Для недопущення подібних махінацій фермерам потрібно мати для порівняння інший показник, а саме той, котрий може бути відомий завдяки використанню спеціальних датчиків у комбайні. Ще однією помітною перевагою цієї системи виступає економічний фактор, оскільки вона значно дешевше в експлуатації порівняно з вищенаведеними методами.

Не менш важливим процесом на сьогодні є комп'ютеризація процесу збирання та зважування врожаю, що здійснюється з метою мінімізувати вплив

суб'єктивного фактору [49, 50]. Сьогодні на ринку є чимало спеціально створеного для потреб аграрного сектору програмного забезпечення, наприклад, система автоматизованого обліку зерна та хлібопродуктів, інтегрована у платформу «1С» [53]. Так, згадана вище система датчиків контролю сипких матеріалів фірми «Ескорт», за допомогою ПЗ «Аргонавт», має можливість вести докладний облік та картографувати збирання зернових. Аналоговий, частотний та цифровий інтерфейс дозволяють системі взаємодіяти з різними типами моніторингового обладнання. Корпус датчика має високий ступінь захисту від вплив природних явищ, точні виміри відбуваються і в умовах підвищеної вологості, та під час дії спеки. Більше того, така система дозволяє припинити діяльність несанкціонованого вивантаження зерна вже на ранній стадії шляхом забезпечення повного обліку.

Ще одним способом вагового контролю є пристрій для моніторингу рівня заповнення бункера для сільськогосподарського продукту (рис. 1.12) [35].

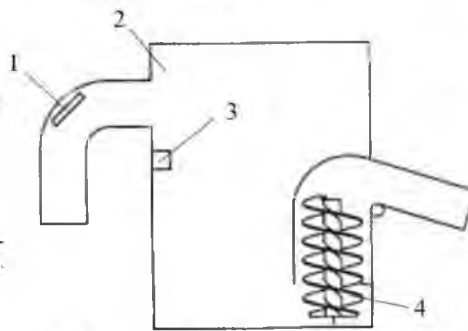


Рис. 1.12 – Моніторинг рівня заповнення бункера для сільськогосподарського продукту:

1 – датчик входу (наприклад, датчик масової витрати); 2 – бункер;
3 – індикатор стану; 4 – транспортер (наприклад, розвантажувальний шпек)

Система працює так: за допомогою датчика входу 1 обчислюється швидкість впуску зернового матеріалу в бункер 2. У бункері встановлюється індикатор стану 3, який використовується для визначення робочого чи не робочого положення транспортера 4. Для обробки даних використовується процесор, який містить блок оцінки рівня та передбачуваного рівня, розрахунок

у яких відбувається за рахунок даних про швидкість впуску та випуску.

Однак цей пристрій має досить складну обчислювальну схему та складність встановлення датчиків. Крім цього, вони розташовані безпосередньо у завантажувальному шнеку та в бункері, що призводить до постійного контакту з зерновими культурами, які у свою чергу через налипання та інші свої властивості створюють перешкоди в роботі датчиків. Їх розташування створює труднощі при ремонті та обслуговуванні. Тому це рішення не набуло поширення на ринку.

Таким чином, порівнявши та проаналізувавши методи обліку та контролю обсягів зібраного врожаю зернових культур під час жнив, можна зробити висновок, що серед різних способів, найвищу точність виміру забезпечують автомобільні електронні ваги. Важливим недоліком такого способу виступають можливі логістичні втрати та вартість експлуатації системи. Порівнявши кілька методів, можна сказати, що на етапі розвитку землеробства, найбільш виграшним у співвідношенні «ціна – якість» є установка та подальше використання безпосередньо в бункерах зернозбиральних комбайнів датчиків обліку сипучих матеріалів.

Виходячи з усього вищесказаного, поставлені такі основні завдання іс-
слідування:

- обґрунтувати вимоги до системи обліку витрат часу на виконання транспортних процесів при збиранні зернових культур;

- теоретично обґрунтувати методикку визначення витрат часу на виконання етапів збирально-транспортного процесу на основі моніторингу наповненості бункера зернозбирального комбайна;

- розробити методикку визначення обсягу зернового матеріалу в бункер зернозбирального комбайна з використанням машинного зору;

- провести експериментальні дослідження впливу загального рівня яскравості, кольору, місця надходження зернового матеріалу, перекриття зображення зерновим матеріалом на точність визначення його обсягу в бункері зернозбирального комбайна.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ

2.1. Структура системи скорочення витрат часу виконання

транспортних процесів при збиранні сільськогосподарської продукції

Структуру системи скорочення витрат часу виконання транспортних процесів при збиранні сільськогосподарської продукції з використанням моніторингу наповнюваності зернового матеріалу в бункері, можна подати у вигляді зі- сукупності елементів.

Згідно з представленою структурою транспортний засіб (автомобіль, трактор з причепом, бункер перевантажувач і ін) і зернозбиральний комбайн отримують завдання (з оформленням відповідного документа) в відповідно з яким переміщуються на полі (позиція I). Далі зернозбиральний комбайн починає збір врожаю (позиція II). На цій стадії запропоновано використовувати пристрій для моніторингу наповнюваності бункера комбайна. Його застосування дозволить планувати час та місце повної завантаження комбайна на полі, що визначить точку (область вивантаження комбайна) завантаження ТС. У цьому випадку ТС вже буде володіти інформацією та змінить своє місцезнаходження з крапки зору скорочення витрат часу на очікування комбайном (позиція III). Крім цього, з'являється можливість визначення потреби у ТЗ на конкретному полі.

Потім, відбувається вивантаження з комбайна в ТС, во час якої система «Свій-чужий» контролює приналежність транспортного засоби господарству (позиція IV). На цій стадії запропоновано контролювати кількість вивантаженою с/г продукції з дотриманням нормативною завантаження ТС, з присвоєнням мітки по кількості вивантаженої с/г продукції і місці її вивантаження для формування бази даних про продуктивності комбайну. Далі ТС пересувається на тік (позиція V), де відбувається вивантаження (позиція VI), во час якої здійснюється звірка кількості с/г продукції отриманої на полі з даними з ваговий. На протягом всіх процесів контролюється становище ТС і комбайнів при допомоги GPS і GSM також контролюється витрата палива,

датчиком рівня палива. Управління всієї цієї системою здійснюється центром прийому та обробки даних.

Тому можна виділити необхідні вимоги, що пред'являються до систем моніторингу:

- визначення місця розташування, напрямку та швидкості руху транспортних коштів;

- регулювання навантаження, розвантаження, транспортування вантажів;

- регулювання наповнюваності та спорожнення бункера;

- контроль витрати ПММ;

- регулювання роботи навісного обладнання, механізмів та агрегатів;

- відстеження часу початку та закінчення виконання сільськогосподарських робіт;

- регулювання швидкісного режиму під час виконання

сільськогосподарських робіт;

- регулювання руху техніки по полю (якість обробки країв при посіві, обробці гербіцидами);

- контроль за знаходженням об'єкта (технологічної чи транспортної)

машини) в межах позначеного ділянки поля з контролем часу входу-виходу

об'єкта;

- збір інформації для формування паспорту поля, визначення точних меж полів, вимірювання площі сільгоспугідь, картування врожайності (щільність врожаю та ін);

- здатність визначення площі поля;

- закріплення транспортного засобу за маршрутом;

- оперативне відображення руху транспортного засобу графічний формат;

- безперервний контроль диспетчером виконання планового завдання та попереджу- перші його про відхиленні транспортного засоби від маршруту або виходу із зони проведення робіт;

- швидке реагування при виникненні позапланових ситуацій (аварії і ін);

- голосовий зв'язок з водієм та виведення текстового повідомлення на

монітор;

- обладнання, що встановлюється, повинно бути захищене антивандальним брідсом, а датчики повинні бути виготовлені в пилю- та вологозахисному виконанні.

2.2. Структура втрат часу при виконанні збиральних робіт

Для виявлення основних втрат часу на простій транспортних та технологічних машин при збирально-транспортному процесі, враховувалися теоретичні аспекти обліку втрат часу. В результаті сформовано структуру витрат часу на основні операції збирально-транспортного процесу (рис. 2.2), дозволяючи показати перспективність використання моніторингу наповненості бункера.

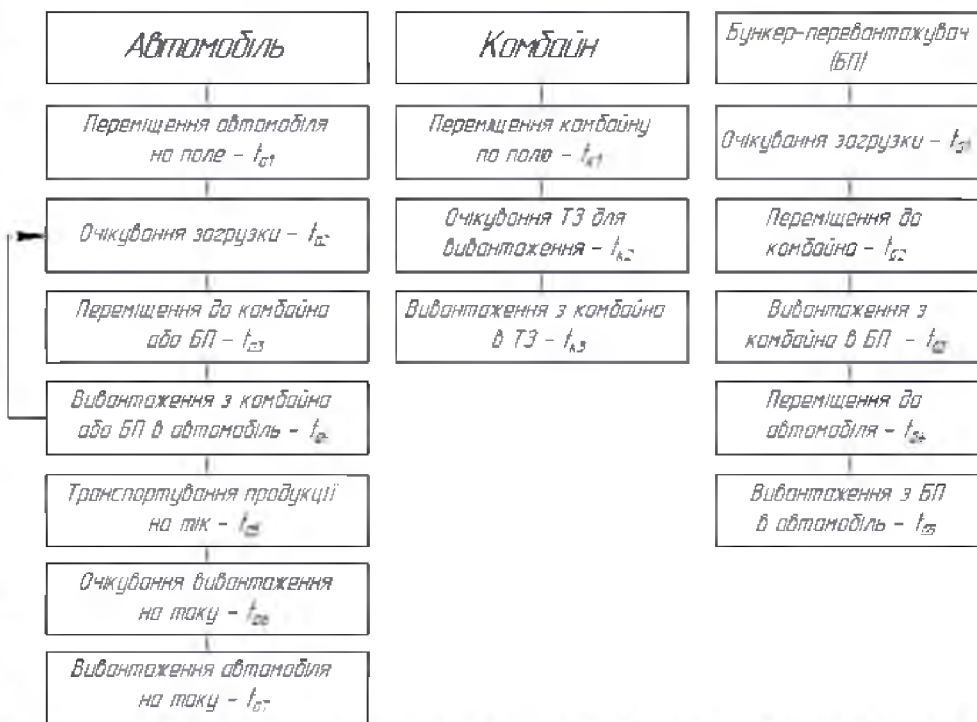


Рис. 2.2 – Структура витрат часу на етапах виконання збирально-транспортного процесу

Відповідно до цієї структури загальний обсяг витрат часу $T_{заг}$ виконання транспортно-технологічних операцій під час збирання утворюється в результаті

підсумовування інтегралів часу виконання основних етапів збирального процесу та етапів, пов'язаних з очікуванням транспортних та технологічних машин, хв (година):

$$T_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^{12} t_i + \sum_{j=1}^3 t_j, \quad (2.1)$$

де t_i - витрати часу на виконання етапів збирально-транспортного процесу, хв (година); t_j - витрати часу на простой техніки, пов'язані з очікуванням транспортних або технологічних машин на полі, хв (година).

Тоді основні витрати C_i на всіх етапах транспортних робіт складуть, грн.:

$$C_i = C_{Tn} \left(\sum_{i=1}^{12} t_i + \sum_{j=1}^3 t_j \right), \quad (2.2)$$

де C_{Tn} - тариф оплати роботи транспортних і технологічних машин транспортні витрати, грн. на годину.

У цьому випадку втрати прибутку для підприємства агропромислового комплексу становитимуть, грн.

$$P_{np} = C_{Tn} \sum t_{a_2, k_2, b_1}, \quad (2.3)$$

де P_{np} - втрати прибутку підприємства від простоїв транспортних та технологічних машин, t_{a_2} - час очікування автомобілем завантаження, хв (година), t_{k_2} - час очікування комбайном ТЗ для вивантаження, хв (година); t_{b_1} - час очікування БП завантаження, хв (година).

Математична модель оцінки ефективності функціонування збирально-транспортного процесу, з урахуванням втрат часу на очікування завантаження транспортними засобами та очікування комбайном транспортного засобу для вивантаження, що дозволяє визначити ефективність подачі транспортного засобу в потрібне місцевий і точний час, може бути представлена цільовою функцією виду:

$$F_{T(k_{\text{заг}})} = f(P_{np}) \rightarrow \min, \quad (2.4)$$

де $F_{T(k_{\text{заг}})}$ - функція мінімальних витрат часу.

Моніторинг наповненості бункера дозволить визначити місце вивантаження, тим самим забезпечивши вільний транспортний засіб навігаційною міткою, куди йому буде необхідно прибути у певний час, що призведе до зменшення простоїв транспортних та технологічних машин.

Інформаційні потоки між центром прийому та обробки даних технологічними машинами та транспортними засобами представлені на рис. 2.3.

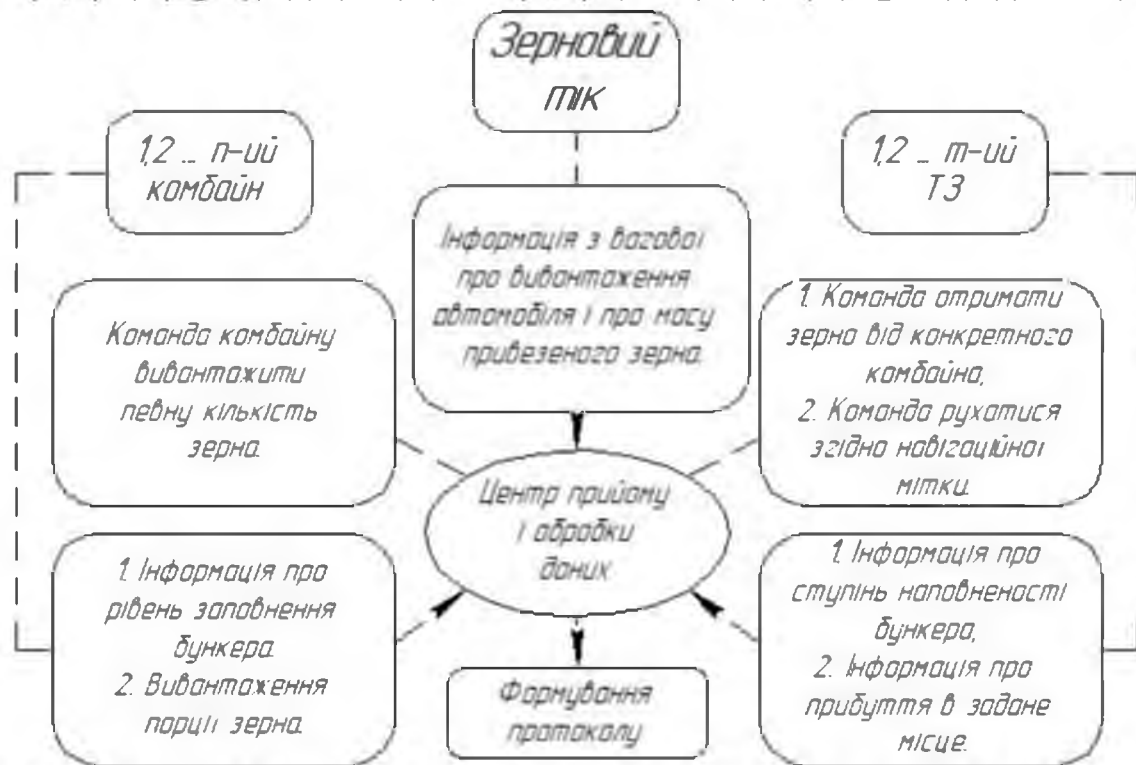


Рис. 2.3 Структура інформаційних потоків контролю та управління збирально-транспортними процесами

В центрі прийому та обробки даних від транспортного засобу надходить інформація про ступінь наповненості кузова та інформація про прибуття в задане місце. З центру прийому і обробки даних транспортне засіб отримує команду отримати зерновий матеріал від конкретного комбайна або команду рухатися згідно з навігаційною міткою. Від комбайна до центру прийому та обробки даних передається інформація про рівень наповненості бункера та про вивантаження заданої порції зернового матеріалу. З центру прийому та обробки даних до комбайна подається команда вивантажити певну кількість зернового матеріалу. Від зернового току інформація про вивантаження автомобіля і про масу

привезеного зернового матеріалу. У результаті відбувається автоматичне формування протоколу.

Для моніторингу наповнюваності зернового матеріалу в бункері нами пропонується метод заснований на оптичному розпізнавання.

2.3. Рівень зерна у бункері комбайна та його оптичне розпізнавання рівня

Для успішного функціонування системи оптичного вимірювання обсягу зернового матеріалу в бункері необхідно автоматично розпізнавати зображенню лінію рівня зернового матеріалу – лінію, відокремлюючи область зображення, що відповідає зерновому матеріалу, від області, що відповідає стінки бункера. Знаючи розташування лінії рівня по периметру бункера можна визначити обсяг зернового матеріалу в бункері, з урахуванням гірки та знаючи кут природного відкосу зерна.

Визначення лінії рівня зернового матеріалу за зображенням репрезентує собою складну завдання оптичного розпізнавання. Складність викликана наступними факторами:

- зображення частково покрите пилом, оскільки оптичний вимір приходить у процесі збирання зернових;
- лінія рівня має складну геометричну форму через складну форми бункера та мимовільного прийняття форми системою зерен;
- складні умови освітлення, перепади діагностичних властивостей зображення (яскравість, колір) суттєво різні по периметру бункера, що ускладнює використання найпростіших різницево-яскравих методів розпізнавання;
- лінія рівня зернового матеріалу може бути частково закрита сторонніми об'єктами (підвісна труба, кришка бункера та т.п.);

Для подолання перерахованих складнощів розроблено достатньо універсальний математичний апарат, який полягає в наступному.

2.3.1. Вибір методів оптичного розділення областей матеріалу

частинок на зображенні.

Насамперед проводиться підготовка зображення з фотокамери (або відеокамери), якою оснащений комбайн. Зображення перетворюється на дозволу 640 x 480 пікселів шляхом масштабування і обрізки не потрапляють в Даний формат частин зображення з боків, або зверху та знизу. Зображення перетворюється у формат BMP, в якому колір кожного пікселя задається трьома числами – яскраво-червоного, зеленого, синього складових кольори.

З математичної точки зору зображення є три матриці яскравості $I_{ij}^R, I_{ij}^G, I_{ij}^B$

де R, G, B – індекс колірного каналу (червоний, зелений, синій відповідно), i та j – номери пікселів по горизонталі (починаючи зліва) та вертикалі (починаючи зверху) [65].

Для пошуку лінії рівня зернового матеріалу використовується або виділення по кольору (зерновий матеріал має високу складову жовтого кольору), або яскраве виділення. У останньому випадку виготовляється колірне усереднення: три колірні канали перетворюються на зображення у відтінках сірого кольори:

$$I_{ij} = \frac{I_{ij}^R + I_{ij}^G + I_{ij}^B}{3}, \quad (2.5)$$

де I_{ij} – матриця зображення у відтінках сірого.

Для пошуку лінії рівня зернового матеріалу на зображенні I_{ij} використовується багатоточковий багаторядний шаблон (рис. 2.4).

Лінія рівня зернового матеріалу шукається у вигляді набору відрізків AB вище і нижче яких розташовані по 5 рядів точок, по 30 точок у ряду. Відстань між сусідніми рядами точок однаково і дорівнює $d = 5 \dots 10$ пікселів. Між симетричними щодо CK точками визначається різниця яскравості зображення, далі такі різниці підсумовуються в загальний критерій K , за величиною якого можна судити про збіг відрізка AB з лінією рівня зернового матеріалу [59].

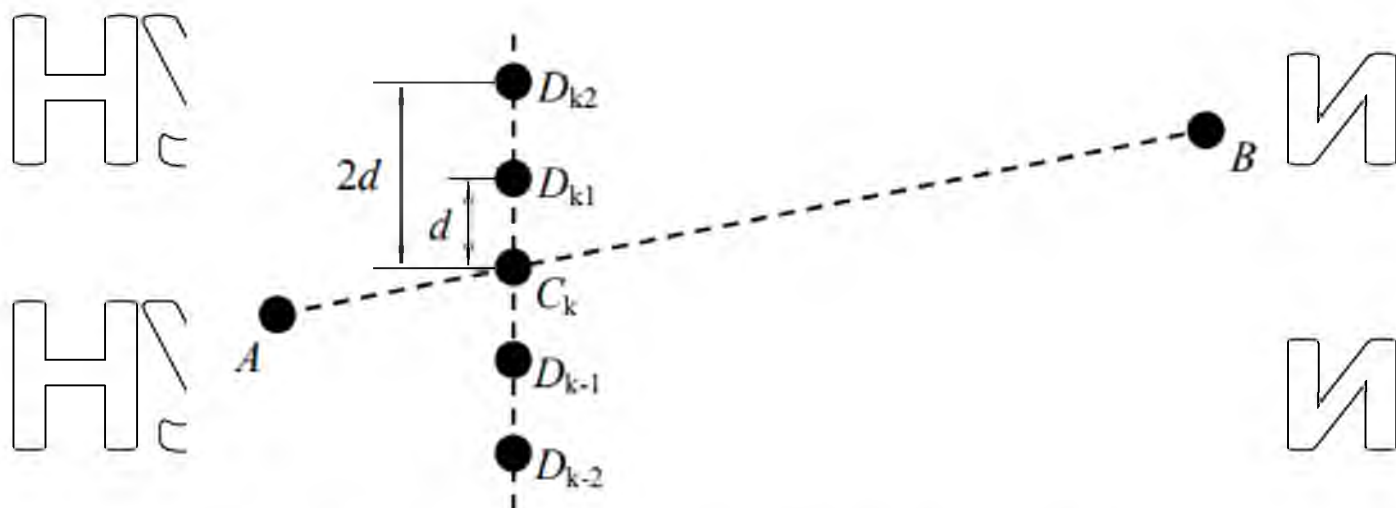


Рис. 2.4 – Шаблон, який використовується для пошуку на зображенні лінії рівня зернового матеріалу

Пошук найкращого розташування відрізка AB відбувається методом Монте

– Карло – шляхом випадкового перебору варіантів розташування кінців відрізка.

За аналізованим зображенням здійснюється 10 000 спроб суміщення шаблону із зображенням. Координати точок відрізка AB визначаються для кожного варіанта наступним чином:

$$x_A = 20 \quad x_B = 20 + F_\tau (480 - 2 \cdot 20);, \quad (2.6)$$

$$y_B = 620 \quad y_A = 20 + F_{\tau+1} (480 - 2 \cdot 20);, \quad (2.7)$$

де x_A, y_A, x_B, y_B – координати точок A та B (у пікселях), не обов'язково цілочисленні, прив'язані до осередків масиву яскравості I_{ij} ; F_τ та $F_{\tau+1}$ –

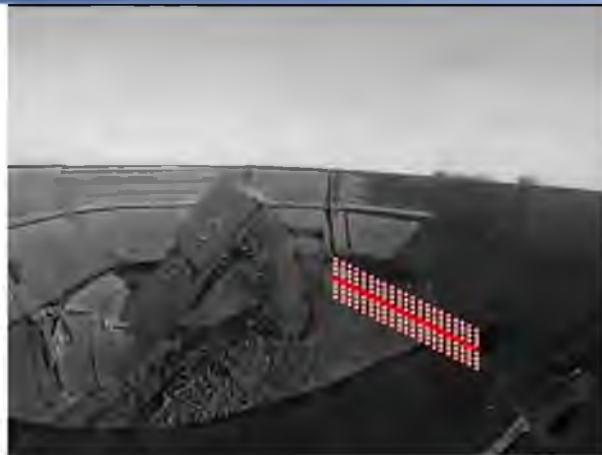
попередні реалізації випадкової величини F , що має рівномірний закон

розподілу вірогідності і яка приймає дійсне значення від 0 до 1. Для реалізації

випадкової величини F використовується генератор випадкових чисел `random` з системи програмування Borland Delphi; τ – номер циклу у методі Монте-Карло,

рис. 2.5.

7 Програмна для оптичного розпізнавання урожаю зерна в бункері



7 Програмна для оптичного розпізнавання урожаю зерна в бункері



Рис. 2.5 – Приклади визначення лінії рівня зернового матеріалу у бункері за допомогою розробленого методу для різних умов освітлення

Для кожного випадкового відрізка AB проводиться розрахунок положення точок D km на зображенні, у яких визначається яскравість зображення.

Насамперед, визначаються координати центральної точки C_k

$$x_{C_k} = x_A + \frac{k}{30(x_B - x_A)}, \quad (2.8)$$

$$y_{C_k} = y_A + \frac{k}{30(y_B - y_A)}, \quad (2.9)$$

де x_{C_k} , y_{C_k} - координати точки C_k , k - номер вертикального набору точок (може приймати значення від 0 до 30)

Далі визначаються координати точок D_{km} :

$$x_{D_m} = x_{C_k} = x_A + \frac{k}{30}(x_B - x_A), \quad (2.10)$$

$$y_{D_{km}} = y_{C_k} - d \cdot m = y_A + \frac{k}{30}(y_B - y_A) - d \cdot m, \quad (2.11)$$

де x_{D_m} , $y_{D_{km}}$ – координати точки D_{km} ; m – номер ряду точок, паралельного відрізьку AB ; d – відстань між сусідніми рядами точок

Для того, щоб у точці D_{km} визначити інтенсивність, необхідно перетворити нецілочисленні значення координат $x_{D_{km}}$, $y_{D_{km}}$ у цілочисленні (виділити цілу частину числа), таким чином прив'язавши точку D_{km} до комірки матриці I_{ij} . Математично це записується наступним виразом:

$$I_{\left[\begin{smallmatrix} x_{D_{km}} \\ y_{D_{km}} \end{smallmatrix} \right]}, \quad (2.12)$$

де квадратними дужками [...] позначається операція виділення цілої частини числа.

Критерій K , що визначає, наскільки добре відрізок AB співпадає з лінією рівня зернового матеріалу, розраховується шляхом підсумовування різниць парних точках:

$$K = \sum_{k=1}^{30} \sum_{m=1}^5 \left(I_{\left[\begin{smallmatrix} x_{D_{km}} \\ y_{D_{km}} \end{smallmatrix} \right]} - I_{\left[\begin{smallmatrix} x_{D_{k-m}} \\ y_{D_{k-m}} \end{smallmatrix} \right]} \right), \quad (2.13)$$

Виражаючи K як функцію координат відрізка AB , отримаємо:

$$K(x_A, y_A, x_B, y_B) = \sum_{k=1}^{30} \sum_{m=1}^5 \left(I_{\left[\begin{smallmatrix} x_A + \frac{k}{30}(x_B - x_A) \\ y_A + \frac{k}{30}(y_B - y_A) - d \cdot m \end{smallmatrix} \right]} - I_{\left[\begin{smallmatrix} x_A + \frac{k}{30}(x_B - x_A) \\ y_A + \frac{k}{30}(y_B - y_A) + d \cdot m \end{smallmatrix} \right]} \right), \quad (2.14)$$

Під час перебору 10 000 варіантів розташування відрізка AB проводиться порівняння критеріїв K для кожного відрізка і вибирається відрізок з найбільшим значенням K , тобто вирішується таке завдання оптимізації:

$$K(x_A, y_A, x_B, y_B) \rightarrow \max \Rightarrow x_A^{opt}, y_A^{opt}, x_B^{opt}, y_B^{opt}, \quad (2.15)$$

де x_A^{opt} , y_A^{opt} , x_B^{opt} , y_B^{opt} – координати відрізка, що найкраще збігається з лінією рівня зернового матеріалу.

За такого методу пошуку лінії рівня зернового матеріалу використовується

припущення, що зображення над лінією рівня зернового матеріалу темніше зображення під лінією рівня, що найчастіше буває насправді (див. фото вище). За рахунок використання безлічі точок $(30) \times 10 = 300$ даний метод оптичного розпізнавання має високу стійкість до різних перешкод:

- наявності різних сторонніх об'єктів на зображенні, перекривають лінію рівня зернового матеріалу;
- запиленню зображення;
- суттєвої непрямолінійності лінії рівня зернового матеріалу.

Як показала багаторазова перевірка на більш ніж 20 різних зображеннях (частина результатів представлена на рисунках вище), розроблений оптичний метод пошуку рівня зернового матеріалу в бункері є надійним і ефективним, тому може використовуватися в реальних системах визначення обсягу зернового матеріалу в бункері комбайну.

2.3.2. Побудова поверхні зернового матеріалу у бункері

Для визначення обсягу зернового матеріалу в бункері необхідно враховувати характер опуклості вільної поверхні зернового матеріалу, яка формується внаслідок двох конкуруючих фізичних процесів: надходження потоку зернового матеріалу і осипання зернового матеріалу. Тому далі було розроблено метод отримання функції вільної поверхні зернового матеріалу $f(x, y, z)$, на основі оптично визначеної межі $\Gamma(x, y, z)$ між стінками бункера і вільною поверхнею зернового матеріалу. В рамках пропонованого методом використовується кут природного укусу, який для пшениці та жита зі- ставить 23... 38° залежно від сорту, вологості та інших факторів.

При розробці способу визначення зміни поверхні зернового матеріалу враховувалося, що межа Γ між поверхнею та стінками бункера може мати суттєво неаналітичну форму, тому при розробці методу використовувався не аналітичний, а універсальніший – чисельний підхід. Метод побудови поверхні заснований на методі взаємодіючих рухомих точок – МВСТ (спорідненими йому методами є метод динаміки частинок, метод молекулярної динаміки, SPH -

метод).

У рамках даного методу геометричний об'єкт розбивається на безліч (часто 10^6) матеріальних точок, що мають умовну масу і взаємодіють з умовними силами, які визначаються виходячи з умови завдання. Для вирішення геометричного завдання моделюється механічне рух матеріальних точок під впливом сил взаємодії і система перетворюється на декотрий стан рівноваги, який і є рішенням завдання.

Вільну поверхню зернового матеріалу доцільно уявити зі- сукупністю N_x N_y матеріальних точок, з індексами ij , координати x_{ij} і y_{ij} які зафіксовано у вузлах квадратної сітки (рис. 2.6):

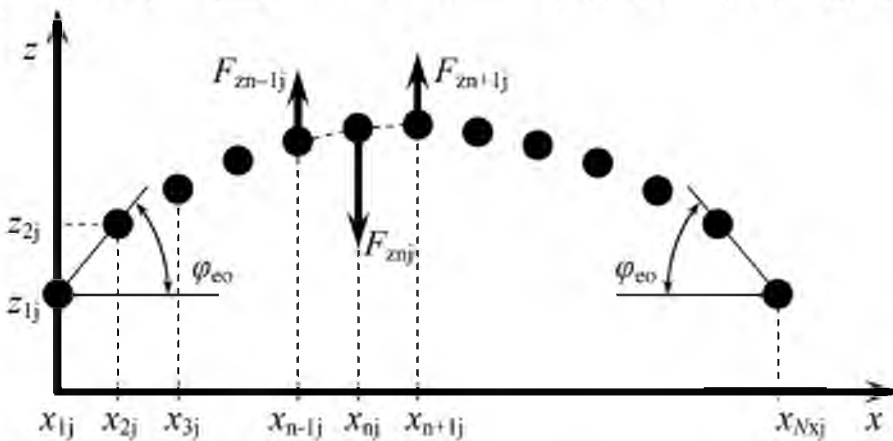


Рис. 2.6. Подання вільної поверхні як сукупності взаємодіючих матеріальних точок

$$x_{ij} = i \cdot d, \quad y_{ij} = j \cdot d, \quad (2.16)$$

де d – крок квадратний сітки.

Координата z_{ij} може змінюватися під час руху точки. Рух точок описується диференціальним рівнянням другого порядку, складеним на основі другого закону Ньютона для матеріальних точок:

$$m \frac{d^2 z_{ij}}{dt^2} = \sum_{k=1}^{N_c} F_{zij}^k(z_{ij}, t), \quad (2.17)$$

де m – умовна маса матеріальної точки (далі прийнято значення 1); t – умовний час; N_c – кількість умовних сил F_{zij}^k , що діють на матеріальну точку.

Для побудови конфігурації вільної поверхні в початковий момент часу

точки, що утворюють поверхню, розташовуються довільним (наприклад, в горизонтальній площині), за винятком граничних точок ($i = 1, i = N_x, j = 1, j = N_y$), які розташовуються таким чином, щоб вони утворювали із сусідніми точками кут заданого природного укосу для зерна φ_{eo} .

Для того, щоб крапки сформували в просторі плавну поверхню, що має кут φ_{eo} з бічними стінками бункера, долаються сили, діють на точки, і які прагнуть «вирівняти» поверхню: які прагнуть розташувати кожну трійку послідовних точок на одну пряму. З урахуванням цього рівняння руху приймає наступний вигляд.

$$m \frac{d^2 z_{ij}}{dt^2} = -c \left((z_{i+1,j} - z_{ij}) - (z_{ij} - z_{i-1,j}) \right) - c \left((z_{i,j+1} - z_{ij}) - (z_{ij} - z_{i,j-1}) \right) - \alpha \frac{dz_{ij}}{dt} \quad (2.18)$$

де c – коефіцієнт умовної жорсткості поверхні; α – коефіцієнт умовного в'язкого тертя під час руху точок, що дозволяє виключити різкі зміни координат та швидкостей точок через довільність початкових умов.

Приклади конфігурації вільної поверхні зернового матеріалу, побудованих для різних кутів природного укосу для найпростішою межі в формі прямокутника показано на рис. 2.7.

Для чисельного інтегрування рівнянь руху матеріальних точок використовується модифікований метод Ейлера-Коші [2]. Цей метод забезпечує другий порядок точності по відношенню до координати та перший порядок точності по відношенню до швидкості.

$$z_{ij}^{\tau+1} = z_{ij}^{\tau} + v_{ij}^{\tau} \Delta t + \frac{F_{zij}^{\tau}}{m} \cdot \frac{(\Delta t)^2}{2}, \quad (2.19)$$

$$v_{zij}^{\tau+1} = v_{ij}^{\tau} + \frac{F_{zij}^{\tau}}{m} \cdot \Delta t, \quad (2.20)$$

де τ – номер кроку за часом; Δt – Величина кроку за часом; v_{zij}, v_{zij} – компоненти швидкості матеріальної точки ij .

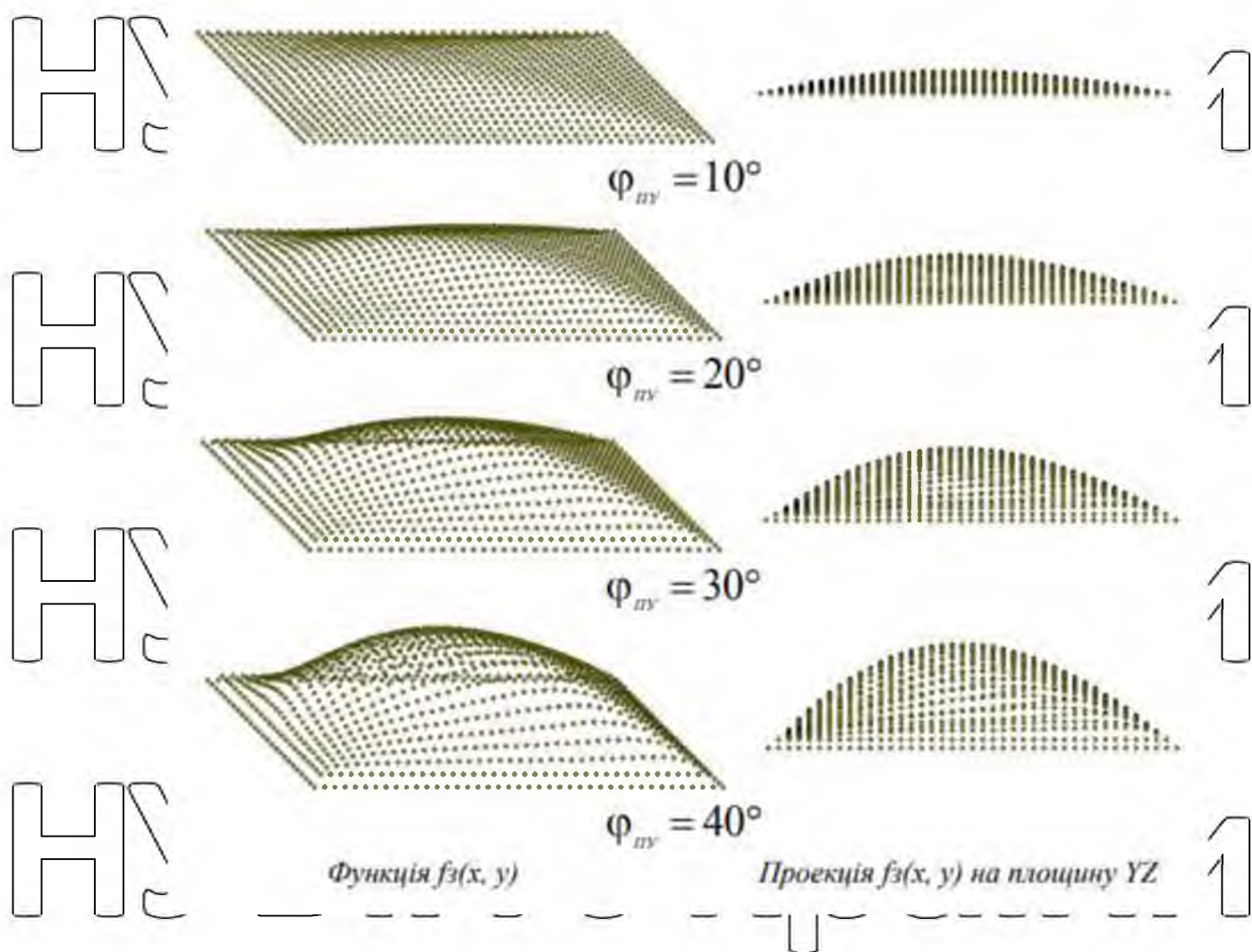


Рис. 2.7 – Приклади конфігурації вільної поверхні зернового матеріалу, побудованих для різних кутів природного укосу $\varphi_{\text{ср}}$ для найдрестішої межі Γ у формі прямокутника

Початкові умови. У початковий момент часу точки мають довільну координату z , за винятком граничних точок, які повинні складати кут $\varphi_{\text{ср}}$ із сусідніми точками. Початкова швидкість точок дорівнює нулю $v_{zij} = 0$.

Граничні умови. У процесі руху точок, при чисельному інтегруванні рівняння руху, граничні ряди точок та сусідні з ними витримуються фіксованими, так, щоб витримувався кут природного укосу $\varphi_{\text{ср}}$.

2.3.3. Визначення обсягу зерна в бункері

Отримавши функцію вільної поверхні зернового матеріалу $f_z(x, y)$ на основу попереднього оптичного розпізнавання кордону, з'являється можливість розрахувати з практично прийнятною точністю обсяг V зернового матеріалу в бункері. Аналітично, у наближенні безперервних функцій, обсяг зернового матеріалу обчислюється за допомогою подвійного інтеграла.

$$V = \iint_{D(\text{Пр. } XY\Gamma)} (f_z(x, y) - z_0(x, y)) dx \cdot dy, \quad (2.21)$$

де $z_0(x, y)$ - функція двох змінних, що описує форму нижньої частини бункера; D - область у просторі (x, y) , не більше якої виробляється інтегрування, що є проєкцією на горизонтальну площину XY границі Γ між стінками бункера та вільною поверхнею зернового матеріалу, визначеною за допомогою оптичного розпізнавання.

У ряді випадків бункер може мати геометрично складну форму (наприклад багато зв'язкову), тоді обсяг зернового матеріалу розраховується за більш складної формулі, що враховує додаткові геометричні особливості.

Для підвищення геометричної адекватності функцію f_z доцільно представити над вигляді аналітичної функції, а використовувати табличне завдання функції (матрицю f_{zij} розміром $N_x \times N_y$). Тоді для бункера прямокутного перерізу, який використовується як базовий у даній роботі, обсяг зернового матеріалу розраховується наступним чином.

$$V = \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} (f_{zij} - z_{0ij}), \quad (2.22)$$

де z_{0ij} - таблично задана функція нижньої поверхні бункера (для бункера простої геометричної форми, дана функція може бути простою, наприклад для бункера з плоским днищем $z_{0ij} = \text{const}$).

2.3.4. Режими розвантаження бункера комбайна при вивантаженні зерна

Описана вище методика вимірювання обсягу зернового матеріалу в бункері розрахована на режим «заповнення бункера з нуля», за якого поверхня зернового матеріалу є гідкою правильною формою. Однак у робочому циклі комбайна форма поверхні зернового матеріалу може бути більшою складною через чергування режимів заповнення та випорожнення бункера. Для того, щоб встановити вид поверхні необхідно в центрі бункера встановити вимірювальну смугу (наприклад, сталеву смугу), яка дозволяє визначати рівень зернового матеріалу в центрі h_c за допомогою того ж алгоритму оптичного визначення рівня зернового матеріалу, що використовується біля стінок бункера (рис. 2.8).

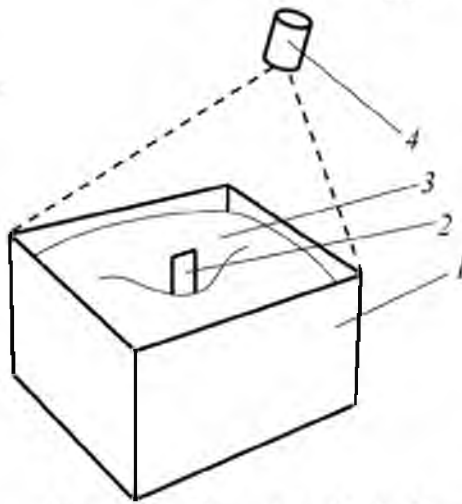


Рис. 2.8 – Схема розміщення вертикальної вимірювальної смуги для визначення рівня зернового матеріалу у центрі бункера: 1 – бункер; 2 – вимірювальна смуга; 3 – насипна поверхня зернового матеріалу; 4 – відеокамера

Поверхня зернового матеріалу вибудовується у розробленій моделі на основі визначених оптичним шляхом висоти h_c , і межі між поверхнею зернового матеріалу і стінками бункера, а також інформації про поточному режимі (заповнення або спорожнення), рис. 2.9.

Розроблена методика побудови поверхні зернового матеріалу виявляє-ся

доціль універсальною, щоб відтворювати режими насипання та видалення зернового матеріалу в різних точках поверхні.

Так, якщо зерновий матеріал видаляється у центрі бункера, формується заглиблення, до системи рівнянь, що описують сітку поверхні, необхідно додати

граничні умови :

$$Z_{[Nx/2],[Ny/2]} = h_z \quad (2.23)$$

$$Z_{[Nx/2+],[Ny/2]} = Z_{[Nx/2-],[Ny/2]} = Z_{[Nx/2],[Ny/2+]} = Z_{[Nx/2],[Ny/2-]} = h_z + d \cdot \tan \varphi_{\text{ср}} \quad (2.24)$$

де квадратними дужками позначено оператора виділення цілої частини числа із округленням $[...]$ / $\lfloor \dots \rfloor$. Висота поверхні зернового матеріалу бункера; d – крок сітки; $\varphi_{\text{ср}}$ – кут природного укосу зерна.

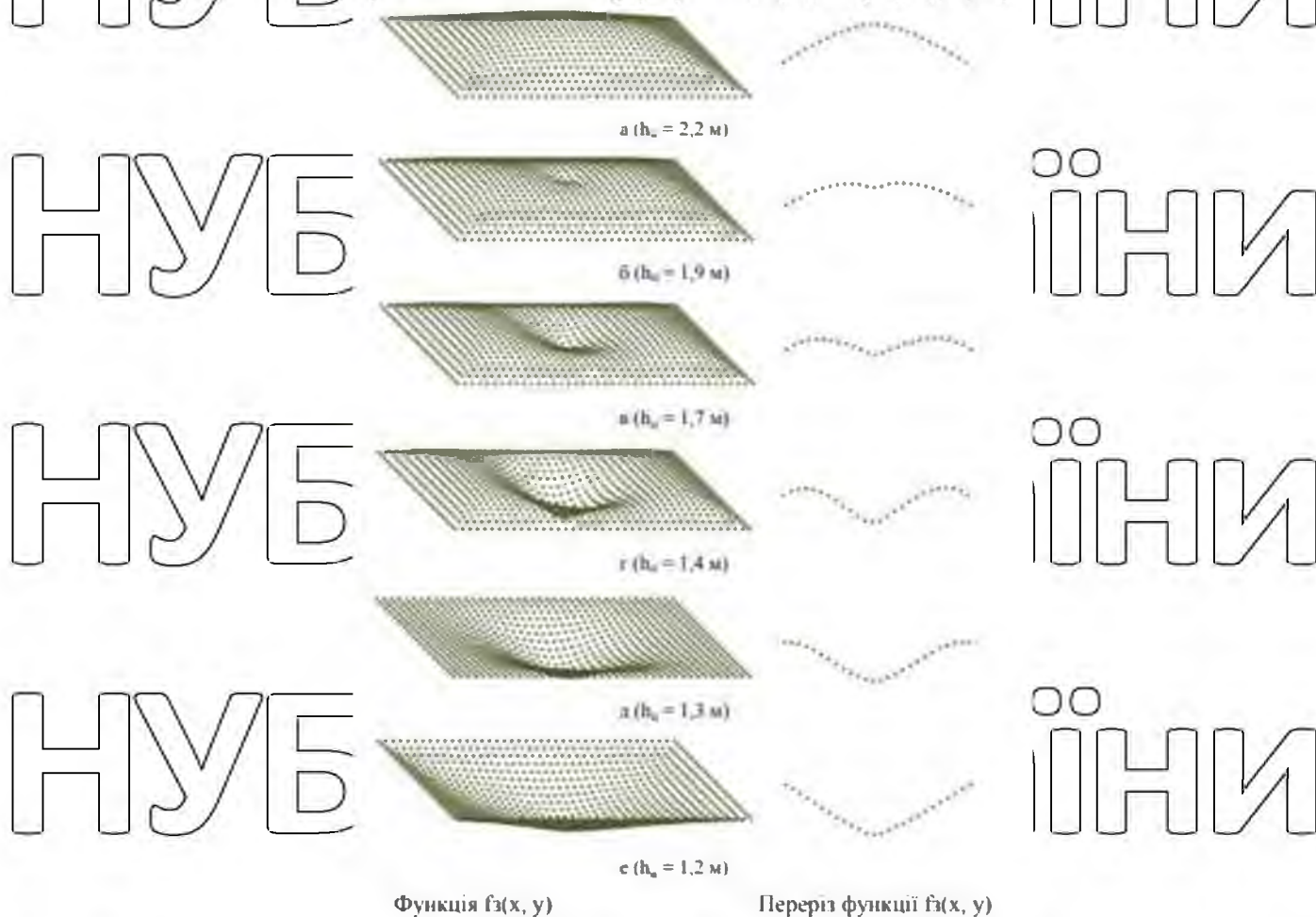


Рис. 2.9 Зміна форми вільної поверхні зернового матеріалу у міру процесі випорожнення бункера (зниження висоти центру h_0)

1 Обґрунтовано структуру системи скорочення витрат часу на виконання транспортних процесів при збиранні сільськогосподарської продукції з використанням моніторингу наповнюваності бункер.

2 Розроблено методику визначення тривалості виконання транспортно-технологічних операцій при збиранні зернових, виявлення втрат часу на операції очікування своєї черги на завантаження, дозавантаження та переміщення до комбайна.

3 Запропоновано структуру інформаційних потоків контролю та управління збирально-транспортними процесами.

4 Розроблено методику оптичного розпізнавання меж між вільною поверхнею зернового матеріалу та стінками бункера комбайна, що відрізняється урахуванням оптичних умов при засипанні зернового матеріалу в бункер, стійкістю до оптичних перешкод (запилення, перекриття потоком зернового матеріалу), високою деталізацією складної форми Межі.

Розроблено методику визначення конфігурації вільної поверхні зернового матеріалу в бункері, що відрізняється можливістю використовувати в як вихідні дані кут природного укосу зерна і попередньо оптично визначену форму кордону між зерновим матеріалом та стінками бункер.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РІВНЯ ЗЕРНА В БУНКЕРІ КОМБАЙНА

3.1. Програма експериментальних досліджень

Для перевірки працездатності системи, оцінки її ефективності в різних умовах роботи, проведено експериментальне дослідження розробленої системи оптичного виміру рівня зернового матеріалу в бункері. На рис. 3.1 схематично показані найбільш суттєві зовнішні параметри, що впливають на ефективність розробленої системи (вхідні параметри), та показники ефективності (вихідні параметри).

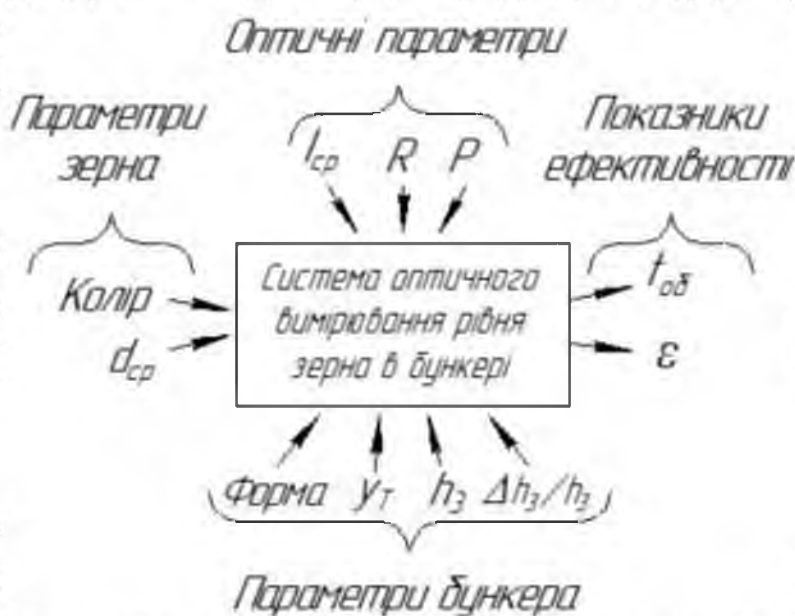


Рис. 3.1 – Постановка завдання експериментальне дослідження

розробленої системи оптичного виміру рівня зернового матеріалу в бункері

Вхідні параметри поділені на три групи. До першої групи належать параметри зернового матеріалу:

- колір: в першу чергу важлива насиченість жовтою складника кольору,

яка у форматі RGB кількісно оцінюється виразом $(I R + I G) / I$;

- $d_{ср}$ – середній ефективний діаметр зерен: система оптичного розпізнавання зберігає працездатність в широкому діапазоні розмірів: від зерен проса (близько 0,5 мм) до зерен кукурудзи (близько 8 мм). Також, можливе

використання системи для заповнення бункера овочами (картопля, буряк, морква тощо) з ефективним розміром порядку 50...100 мм.

До другої групи змінних належать параметри бункера:

- форма: для бункерів різної форми необхідно скоригувати аналітичні вирази, що задають бічні поверхні бункера та відповідні фрагменти програмного коду;

- x_T – місце розташування місця надходження зернового матеріалу за відношенню до бункера (загалом задається двома координатами x_T, y_T);

- h_3 – висота рівня зернового матеріалу бункері;

- $\Delta h_3 / h_3$ – нерівномірність рівня зернового матеріалу в бункері; найпростішому варіанті оцінюється висотою гірки зернового матеріалу по відношенню до середньої висоти поверхні зернового матеріалу.

До третьої групи змінних відносяться оптичні умови:

- I_{sp} – середня яскравість зображення;

- R – дозвіл зображення;

- P – умовний параметр, що задає перекриття зображення потоком зерно-ого матеріалу.

Як показники ефективності розробленої системи прийняті слід-дючі:

- t_{pro} – час обробки одного кадру;

- $\varepsilon = \Delta V / DV$ – Похибка вимірювання обсягу зернового матеріалу.

3.2. Устаткування для випробування запропонованого методу

Первинна перевірка працездатності розробленого методу зроблена на серії фотографій, отриманих у процесі засипання зернового матеріалу в лабораторний бункер (рис. 3.2).

Форма бункера характеризується прямокутними горизонтальними перерізами. Верхня половина бункера є практично прямокутним паралелепіпед, нижня частина – що звужується до низу призма.

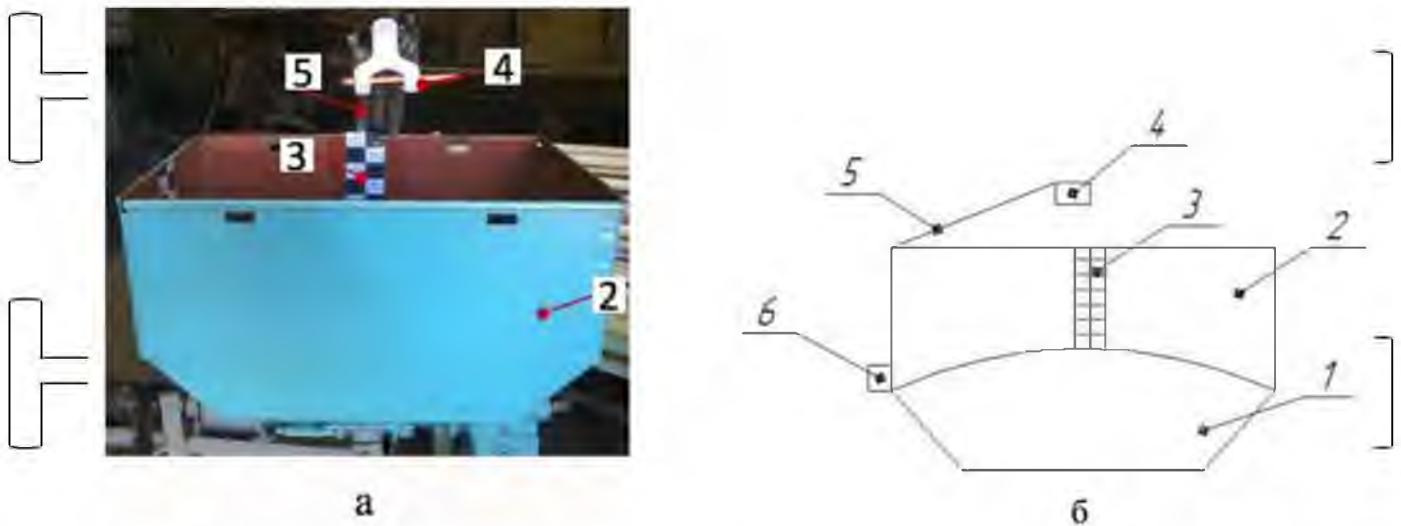


Рис. 3.2 – Пристрій для моніторингу рівня зернового матеріалу в бункері: а – лабораторний бункер, б – схема розміщення основних елементів для визначення заповнюваності лабораторного бункера, 1- зерновий матеріал; 2 бункер; 3 – вимірювальна шкала; 4 – відеокамера; 5 - кронштейн; 6 – блок управління

В рамках розробленого методу межа між поверхнею зернового матеріалу та стінками бункера шукається у вигляді ламаної лінії. З урахуванням форми лабораторного бункера кордон складалася з 16 відрізків: по 4 відрізка на кожен стінок бункера (напрямні кінці відрізків показані товстими лініями на рис. 3.3,

а). Така дискретизація дозволила з досить високою точністю визначити конфігурацію кордону за малого часу обробки кадру (порядку 0,5 с).

Лабораторні вимірювання проводилися як нерухомої камери. на етапі попереднього калібрування визначалися координати на зображенні ключових точок бункера, за якими потім відновлювалися 16 напрямних ліній, вздовж яких здійснювався пошук кінців відрізків кордону. Для контролю ступеня заповнення бункера на стінках були нанесені шкали з кроком 2,5 см. Якості блок управління був використаний ноутбук.

Оптичне визначення кордону за допомогою розробленого методу здійснюється з досить високою точністю. Оцінка за зображеннями з накладеною границею (рис. 3.3) показує, що помилка Межі не перевищує 1... 3 пікселя при

доволі зображення 720 x 480 пікселів, що складає 0,13... 0,66% від лінійного розміру зображення.

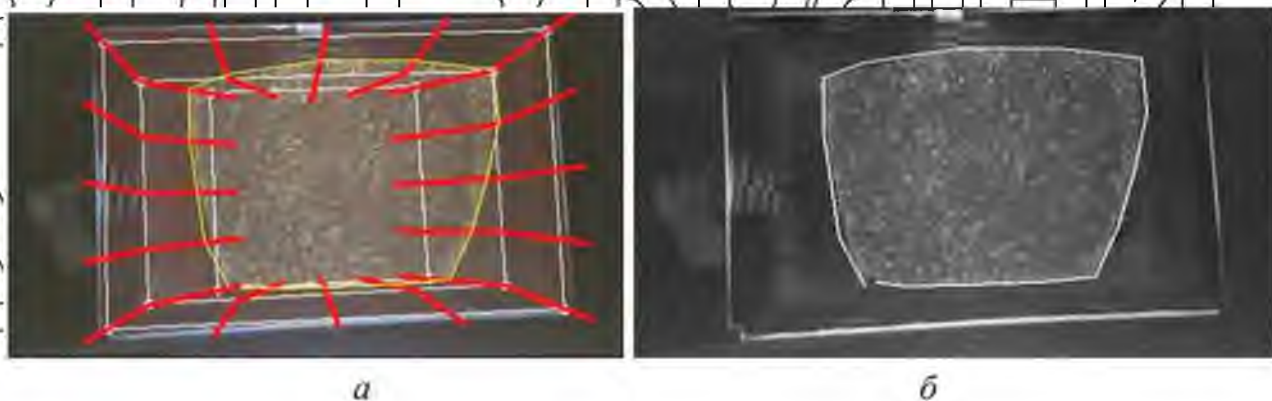


Рис. 3.3 – Робота системи оптичного вимірювання обсягу зернового матеріалу у бункері: *a* - Вихідне зображення з накладеними геометричними елементами бункера; *б* – кордон між поверхнею зернового матеріалу та бункером у вигляді ламаної лінії з 16 відрізків

3.3. Методика проведення досліджень впливу різних умов на точність та час спрацювання запропонованого методу

Вплив загального рівня яскравості. Залежно від середньої яскравості зображення звужується або збільшується динамічний діапазон яскравості каналів R, G, B зображення, що надає вплив на точність визначення межі між зерновим матеріалом та бункером і, відповідно, обсягу зернового матеріалу у бункері. З метою вивчення впливу середньої яскравості на ефективність розробленого методу проведено серія експериментів з чотирма зображеннями, отриманими в різних оптичних умовах, зокрема, з різною середньою яскравістю (приклади зображень наведено рис. 3.4). Середня яскравість досліджуваних зображень становила 67 (рис. 3.4, б), 129, 188 (рис. 3.4, а), 212 одиниць за шкалою 0... 255 од.

Вплив ступеня перекриття зображення зерновим матеріалом. Однією із найбільш серйозних проблем реальної експлуатації системи оптичного вимірювання об'єму зерна є запиленість зображення та перекриття зображення потоком зерна та елементами конструкції.



Рис. 3.4 – Експерименти із заповненням бункера при різній яскравості

Для вивчення впливу рівня перекриття зображення зерновим матеріалом оброблена серія зображень, з різним рівнем закилення (рис. 3.5).

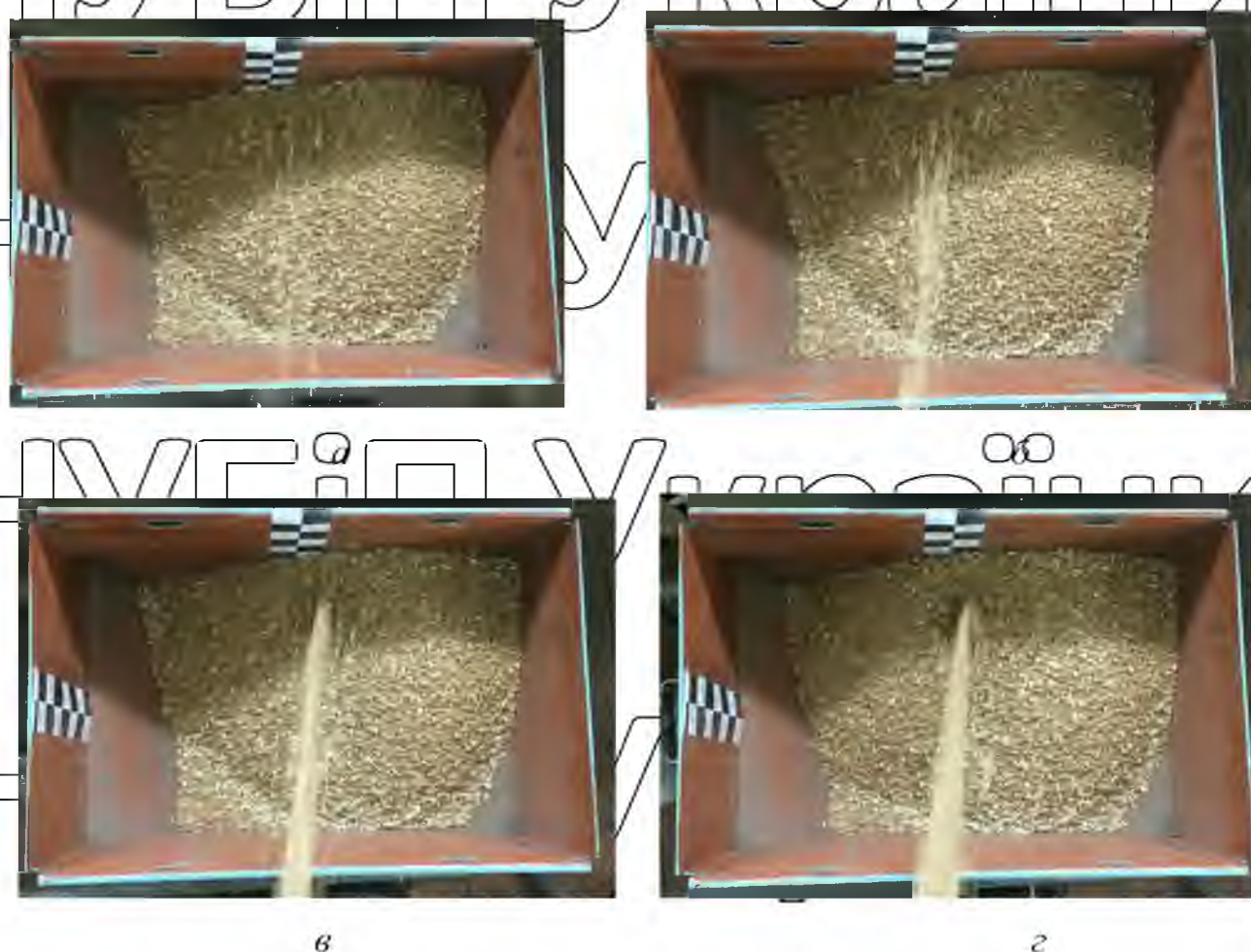


Рис. 3.5 – Різні умови перекриття границі: *a* – окремі зерна, що летять; *б* – окремі зерна, що летять, і запилення; *в* – слабкий потік зерен; *г* – сильний потік зерен

Ступінь перекриття зображення P оцінювалася кількісно за умовною шкалою від 0 до 1 та для зображень малюнка 2.15 складала відповідно 0,00, 0,33, 0,67, 1,00.

Вплив кольорів зернового матеріалу. Для перевірки впливу насиченості жовтого кольору на зображенні зерен були підбрані додаткові фотографії до основного лабораторного експерименту (рис. 3.6).



Рис. 3.6 Зображення для випробування розробленої системи за різні насиченості жовтого кольору зернового матеріалу:

а – 0,22 од.; б – 0,31 од.; в – 0,44 од.

Рівень насиченості жовтого кольору $I_{\text{жовт}} = (I_R + I_G) / (I_R + I_G + I_B) \cdot 3/2$ міг приймати значення від 0 до 1 і для обраних фотографій склав 0,22, 0,31, 0,44.

Вплив розташування вхідної труби. Від місця надходження зернового матеріалу в бункер залежить несиметричність гірки зернового матеріалу, що може надавати вплив на точність визначення обсягу зернового матеріалу у бункері. Для дослідження даного впливу проведено обробку серії зображень у яких при тому самому похилі потоку зернового матеріалу місце падіння зерен

змінювалося від практично удару про стінку (рис. 3.7, *a*) до падіння в центр бункера (рис. 3.7, *б*). При цьому координата y_1/B (де B - ширина бункера) падіння потоку зерен змінювалася від 0,0 до 0,5. Були відібрані шість зображень, де y_1/B становив 0,0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5.



Рис. 3.7. Кадри, отримані у процес дослідження впливу місця находження зерна на ефективність розробленої системи оптичного розпізнавання

3.4. Програма проведення дослідно-виробничої перевірки

Дослідно-виробнича перевірка проводилася в підприємстві. Як техніка для випробування було обрано зернозбиральний комбайн ACROS 580 (базова комплектація). Комбайн використовував загінний спосіб рухи. Технологія збирання та транспортування зернового матеріалу здійснювалася прямим способом з використанням як автотранспорт самоскида ГАЗ-САЗ-35071 з надставними сортами

Спостереження проводилися за допомогою фотографій робочого часу, вимірів застосовувався хронограф. Завданням дослідження було визначити на скільки хвилин зменшиться час очікування транспортного засобу комбайном на навантажувально-розвантажувальних робіт з використанням запропонованого програмно-апаратного комплексу. Для цього була проведена серія вимірів протягом робочого дня, вимірювався час роботи комбайна у загоні, очікування під'їзду автотранспорту; час на розвантаження. Перший і другий день виміри проводилися у звичайному режимі (без використання додаткових пристроїв).

Третій і четвертий день з застосуванням розробленого програмно-апаратного комплексу для моніторингу рівня зернового матеріалу у бункері комбайна. Для роботи над бункером була встановлена відеокамера, приєднана до блоку управління (Arduino) модулем передачі на відстань.

Тарування проводилося так: бункер комбайна встановили під самоплив елеватора, синхронізували програмно-апаратний комплекс з комп'ютером (встановили інтервалом запису показань LLS -10сек), виставили висип на заповнення бункера в течія 10-15 хв, засікли час по секундоміру, відзначили час спрацювання програми (для визначення мертвої зони під датчиком), по- Після заповнення бункера відзначили загальний час заповнення, виміряли середню вологість та натуру, вивантажили зерновий матеріал з комбайна в машину та зважили її на автоваги.

Під час збирально-транспортного процесу водій автотранспорту отримував інформацію про динаміці наповнюваності бункера в вигляді графіка і ґрунтуючись на цих даних приймав рішення про місце та час подачі транспорту.

1. Розроблено програму експериментального дослідження, для перевірки роботоздатності системи, оцінки її ефективності в різних умовах роботи.

Схематично показані найбільш суттєві зовнішні параметри, що впливають на ефективність розробленої системи (вхідні параметри), та показники ефективності (вихідні параметри).

2. В рамках розробленого методу межу між поверхнею зернового матеріалу та стінками бункера пропонується шукати у вигляді ламаної лінії. 3

обліком форми лабораторного бункера, використовується 16 відрізків: по 4 відрізка на кожну стінку бункера.

3. Розроблено методику перевірки працездатності програми у залежності від впливу оптичних умов, оптичних перешкод (перекриття потоком зернової маси), високою деталізацією складної форми кордону при засипанні зернової маси в бункер.

Запропонована система оптичного вимірювання обсягу зернового матеріалу у бункері реалізована за допомогою програми для ПК мовою Object Pascal в середовищі програмування Borland Delphi 7. «Програма для оптичного визначення рівня зерна у бункері комбайна»

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України






НУБІП України








4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ
ОБ'ЄМУ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ

4.1. Результати, отримані у ході заповнення зерном лабораторного
бункера

Результати по порційному заповненню бункера, зведені до таблиці 4.1.








Таблиця 4.1 Результати дослідів із порційного заповнення бункера

№	V _ф , л	Фото наповнюваності бункера	Ve1, л.	Ve2, л.	Ve3, л.	Ve4, л.	Ve5, л.	V _{срп} , л.	ε, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,5		1,42	1,46	1,45	1,45	1,42	1,44	4
2	3		2,96	3	2,94	2,97	2,98	2,97	1
3	4,5		4,51	4,58	4,65	4,64	4,52	4,58	1,7
4	6		6,18	6,09	6,12	6,19	6,17	6,15	2,5
5	7,5		7,42	7,88	7,97	8,18	7,55	7,8	4

1	2	3	4	5	6	8	9	10	
6	9		9,43	9,21	9,15	9,47	9,49	9,35	3,8
7	10,5		10,24	9,98	10	9,99	10,39	10,12	3,6
8	12		12,15	12,32	12,16	12,20	12,47	12,25	2,1
9	13,5		13,79	13,5	13,81	13,73	13,67	13,7	1,5
10	15		15,5	15,67	15,3	15,36	15,32	15,43	2,8
11	16,5		15,97	15,94	16,3	16,13	16,01	16,07	2,6
12	18		18,58	18,44	18,52	18,47	18,54	18,51	2,8

НУБІП України

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	19,5		19,06	19,17	19,49	19,05	19,23	19,2	1,5
14	21		20,41	20,61	20,59	20,91	20,78	20,66	1,6
15	22,5		23,08	22,65	23,07	23,07	22,81	22,94	2
16	24		24,88	24,46	24,58	24,43	24,1	24,49	2
17	25,5		26,21	26,19	26,22	26,23	25,55	26,1	2,4
18	27		27,08	27,08	26,98	28,01	27,8	27,39	1,4
19	28,5		29,17	29,15	28,02	29,14	29,12	28,94	1,5

НУБІП України

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	30		31,02	29,97	30,03	30,12	30,01	30,23	0,7
21	31,5		30,64	30,96	31,78	31,34	30,98	31,14	1,1
22	33		33,01	33,29	33,93	34,05	33,82	33,62	1,9
23	34,5		34,55	35,5	34,53	35,23	35,09	34,98	1,4
24	36		37,38	37,26	36,28	37,33	36,8	37,01	2,8
25	37,5		38,98	37,98	38,53	37,6	38,16	38,25	1,2

НУБІП України

На основі отриманих даних побудована залежність об'єму зернового матеріалу від номера циклу досипання, і отримані відповідні результати системи вимірювання рівня зернового матеріалу в бункері (рис. 3.10).

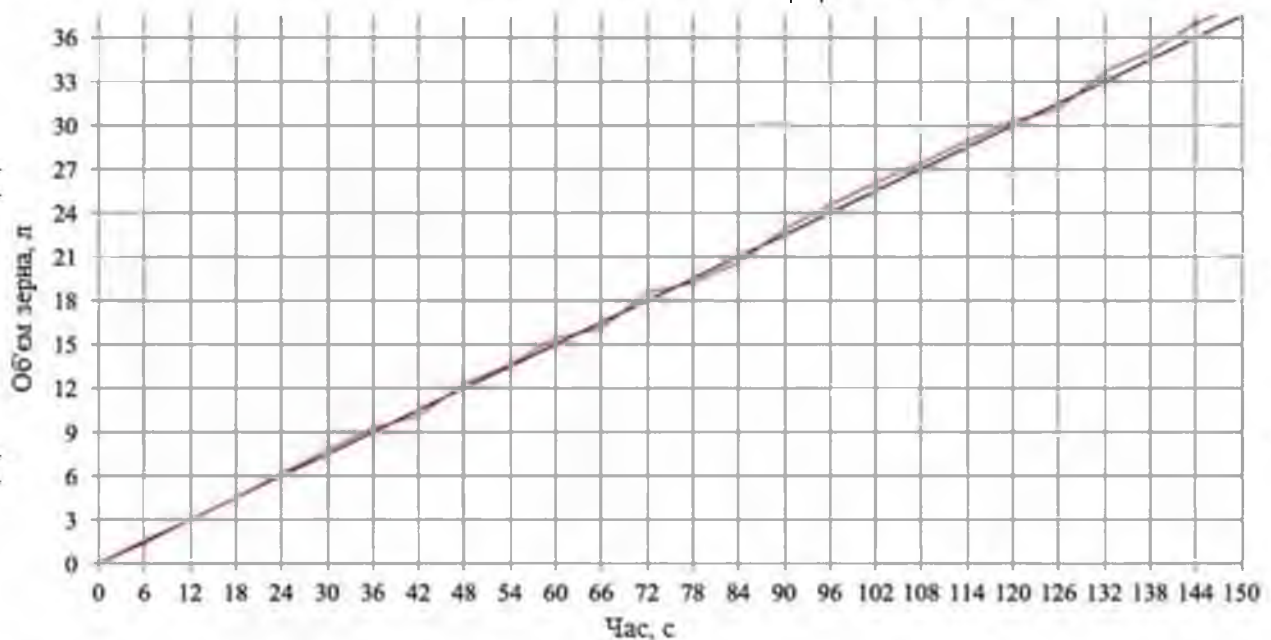


Рис. 4.1 – Залежність обсягу зернового матеріалу V у бункері від часу t : червона лінія – результати оптичного виміру; чорна лінія – реальний об'єм

Похибка у визначенні обсягу зернового матеріалу в бункері перевищує 4% при заповненні бункера. Зростання помилки в міру заповнення бункера, пов'язаний з зростанням оптичних перспективних спотворень по мірі руху межі до краю зображення та з формуванням вираженої несиметричної гірки зернового матеріалу, що не до кінця враховується в моделі. Середня похибка оптичного з-вимірювання рівня зернового матеріалу становить близько 2%.

Таким чином, розроблений метод оптичного виміру рівня зернового матеріалу в бункері забезпечує надійний вимір у всьому діапазоні рівня заповнення бункера із середньою похибкою близько 2% та максимальною похибкою 4% при практично повному заповненні бункера.

4.2. Результати дослідження впливу загального рівня яскравості на точність і час відгуку методу

Виявлено, що для занадто темних та світлих зображень збільшується час,

необхідний для надійного пошуку меж зображення (рис. 4.2, а) через збільшення кількості кроків пошуку на зображенні оптимального місця знаходження відрізків меж. Пошук на занадто яскравим або занадто темному зображенні утрудняється зменшенням динамічного діапазону яскравості.

Також, на надто яскравих та надто темних зображеннях збільшується похибка визначення обсягу зернового матеріалу до 6... 8%, тоді як при середніх значеннях яскравості похибка становить близько 3% (рис. 4.2, б).

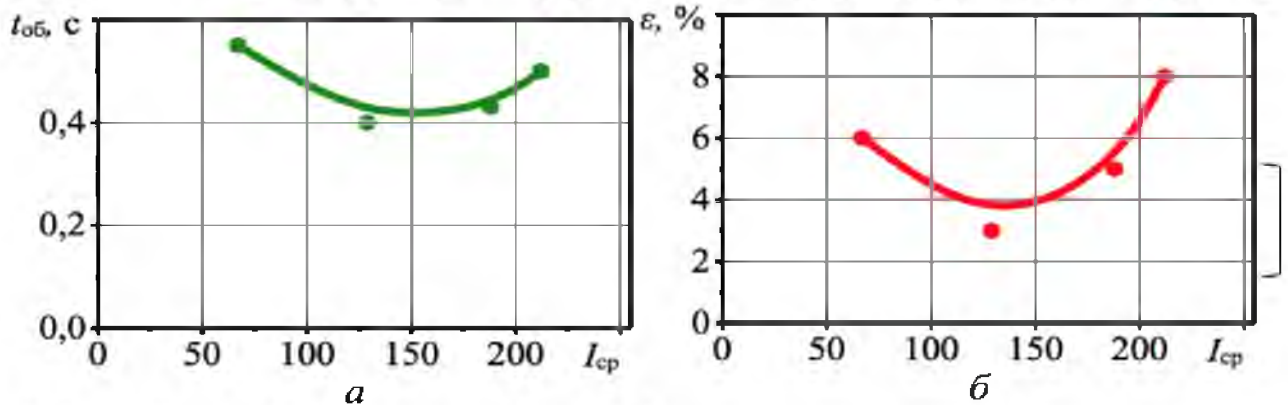


Рис. 4.2 – Вплив середньої яскравості зображення (у формаг від 0 до 255 од.) на показники ефективності розробленого методу оптичного розпізнавання
 а – час t про обробку одного кадру; б – відносну похибку визначення обсягу

зернового матеріалу в бункері

Таким чином, розроблений метод залишається працездатним в широкому діапазоні середньої яскравості. Для підвищення точності вимірювання об'єму зернового матеріалу та прискорення обробки доцільно використовувати середні значення яскравості з широким динамічним діапазоном зміни інтенсивності по зображенню.

4.3. Результати та час відгуку запропонованого методу з визначення впливу ступеня перекриття

Виявлено, що навіть у разі суттєвого перекриття потоком зернового матеріалу межі між поверхнею зернового матеріалу і стінками бункера розроблений метод зберігає працездатність (рис. 4.3).

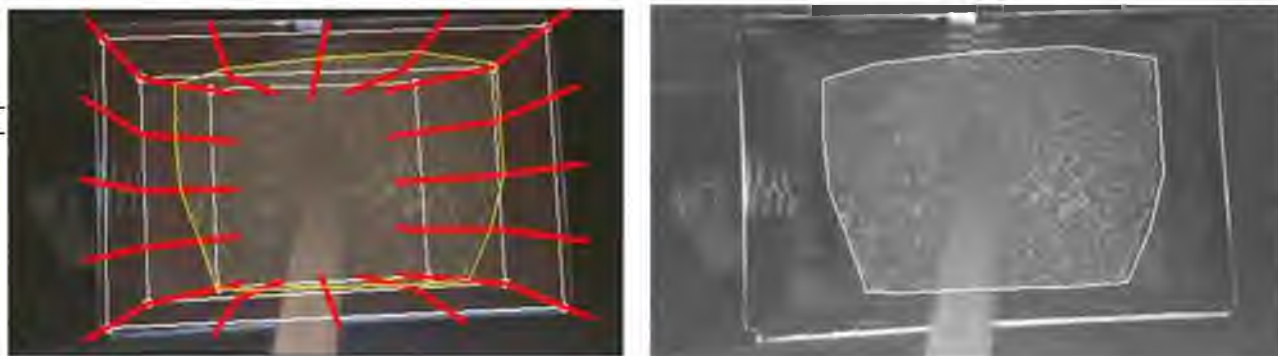


Рис. 4.3 – Результат обробки кадрів із сильним перекриттям потоком зернового матеріалу границі між зерновим матеріалом та бункером: *a* – вихідне зображення із зазначенням ключових геометричних елементів бункера; *б* – перетворене зображення з накладенням знайденої межі між поверхнею зернового матеріалу та стінками бункера

На рис. 4.4 представлені графіки впливу P на час надійної обробки зображень та похибки.

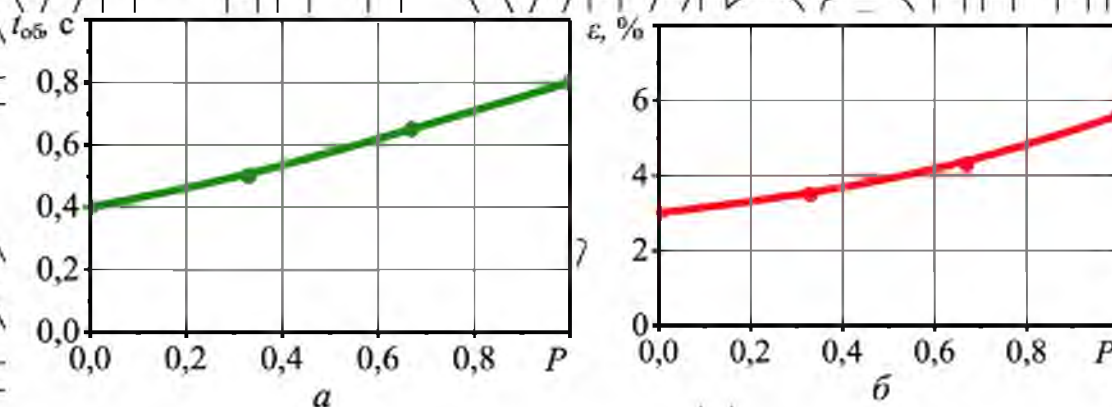


Рис. 4.4 – Вплив ступеня перекриття зображення P на показники ефективності методу оптичного визначення обсягу зернового матеріалу в бункері: *a* – час t про обробку одного кадру; *б* – відносну похибку визначення обсягу зернового матеріалу в бункері

Зі збільшенням рівня перекриття зображення сторонніми об'єктами децю погіршуються можливості оптичної обробки, що проявляється в збільшенні часу надійною обробки зображення з 0,4 до 0,8 з (рис. 4.7, а), та збільшення похибки з 3,0 % до 5,6 % (рис. 4.7, б). Збільшення часу про-робітки пов'язано з необхідністю збільшувати кількість кроків в циклі пошуку кожного елементарного відрізка кордону, а похибка збільшується через складнощі в принципі визначити кордон через перекриття зображення сторонніми об'єктами.

Однак, навіть у разі сильного перекриття зображення розроблений метод зберігає працездатність.

Таким чином, розроблений метод дозволяє визначати обсяг зернового матеріалу в бункері з прийнятною точністю та за розумний час обробки навіть в разі сильного запилення або перекриття кордонів потоком зернового матеріалу або елементами конструкції.

4.4. Результати та час відгуку методу при зміні кольору зернового матеріалу

Виявлено, що насиченість жовтого кольору має слабкий вплив на ефективність розробленого методу (рис. 4.5).

Зі збільшенням насиченості жовтого кольору покращуються можливості оптичного відділення на зображенні області зернового матеріалу від області бункера, тому час надійної обробки знижується (рис. 4.5 а). Похибка визначення обсягу слабо залежить від насиченості жовтого кольору зернового матеріалу (рис. 4.5 б).

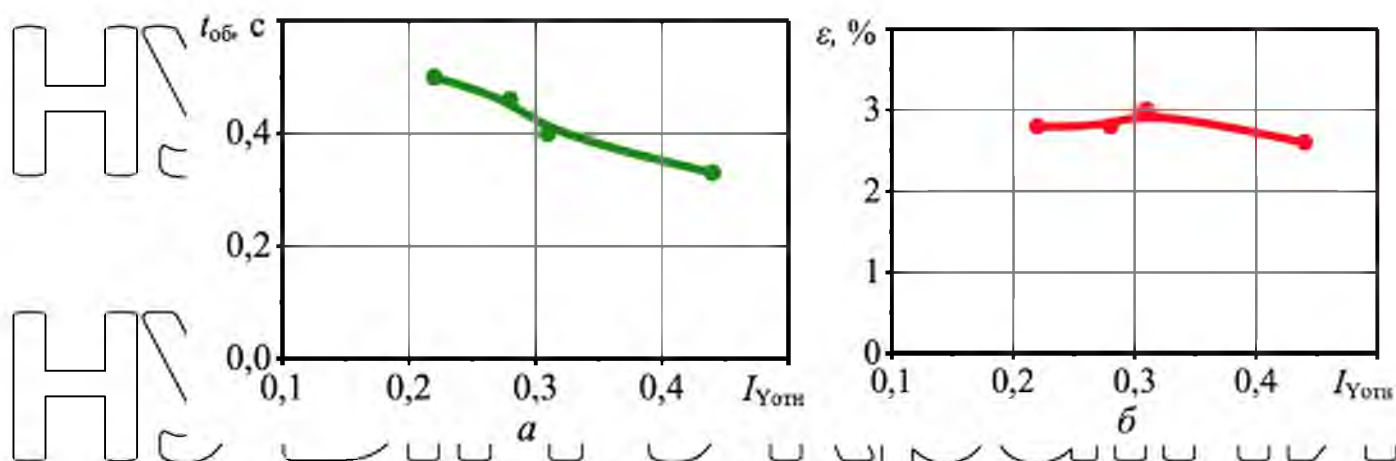


Рис. 4.5 – Вплив кольору зернового матеріалу на показники ефективності методу оптичного визначення обсягу зернового матеріалу в бункері: *а* – час t про обробку одного кадру; *б* – відносну похибку ϵ визначення обсягу зернового матеріалу бункері

Таким чином, розроблений метод дозволяє надійно визначати обсяг зернового матеріалу у бункері. Зі збільшенням насиченості жовтого кольору знижується час надійної обробки зображення.

4.5. Результати та час відгуку методу з розташування вхідної труби

Час надійної обробки практично не залежить від місця надходження потоку, оскільки визначається не так геометричними факторами, як оптичними умовами (рис. 4.6, *а*). Похибка трохи збуває з видаленням місця падіння зернового матеріалу від стінки та наближенням до центру бункера від 4 до 3% (рис. 4.6, *б*).

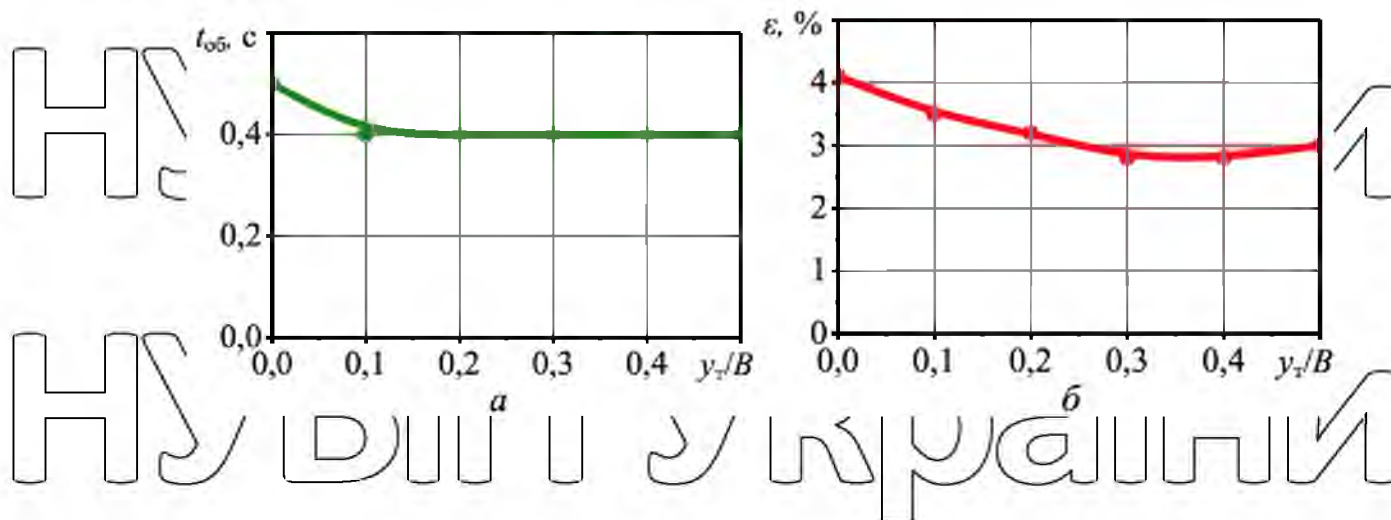


Рис. 4.6 – Вплив положення місця надходження зернового матеріалу на показники ефективності методу оптичного визначення об'єму зерна в бункері: *a* – час, про обробку одного кадру; *b* – відносну похибку ϵ визначення об'єму зерна в бункері

Чим ближче надходить зерновий матеріал до стінки бункера, тим більше несеметричною виявляється гірка зернового матеріалу, і тим більше перекривається потіком межі між поверхнею зернового матеріалу і стінками бункера, що тягне за собою збільшення похибки визначення об'єму.

Таким чином, розроблений метод визначення об'єму зернового матеріалу в бункері зберігає високу ефективність незалежно від місця надходження зернового матеріалу. Чим ближче місце надходження зернового матеріалу до стінкам бункера, тим вище похибка визначення об'єму і час надійною обробки зображення

4.6. Результати виробничого експерименту

Через додавання даних граничних умов поверхню моделі згинається в центрі таким чином, щоб формувати поглиблення з кутом природного відкоса

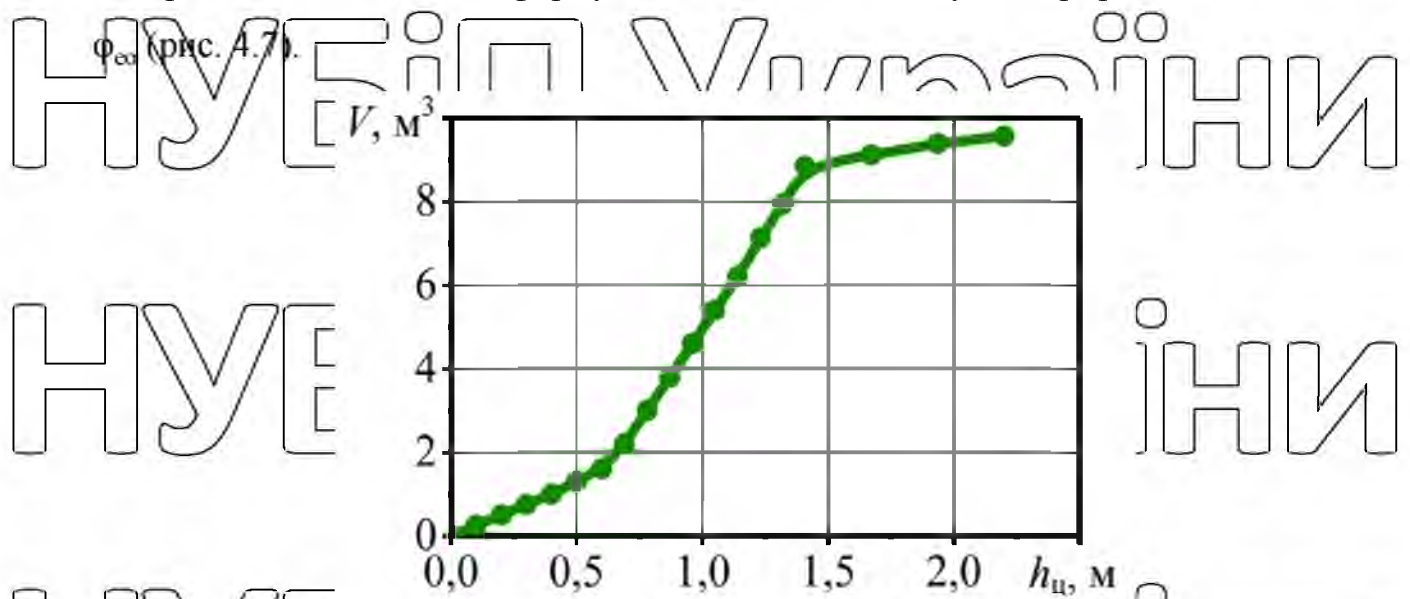


Рис. 4.7 – Залежність об'єму зерна у бункері V від висоти поверхні в центрі $h_{\text{ц}}$ при вивантажі

Обсяг зернового матеріалу в бункері суттєво нелінійно залежить від висоти поверхні зернового матеріалу в центрі бункера (рис. 4.7). Так, при початку формування поглиблення в центрі, зі зменшенням $h_{\text{ц}}$ у широкому діапазоні від 2,2 до 1,4 м об'єм зернового матеріалу зменшується слабо: від 9,6 до 8,9 м³.

Однак, при подальшому зменшенні $h_{\text{ц}}$ відбувається «розворот» поверхні: поверхня зернового матеріалу з переважно опуклою стає переважно увігнутою. При цьому зменшення $h_{\text{ц}}$ з 1,4 до 0,5 м призводить до різкого зменшення обсягу зернового матеріалу: з 8,9 до 1,5 м³. При подальшому зменшенні $h_{\text{ц}}$ зернового матеріалу, що залишилося в призматичній частині бункера видаляється з меншою швидкістю (для $h_{\text{ц}} = 0,0 \dots 0,5$ м).

Графіки отримані за допомогою програмно-апаратного комплексу під час виробничої перевірки показано на рис. 4.8.

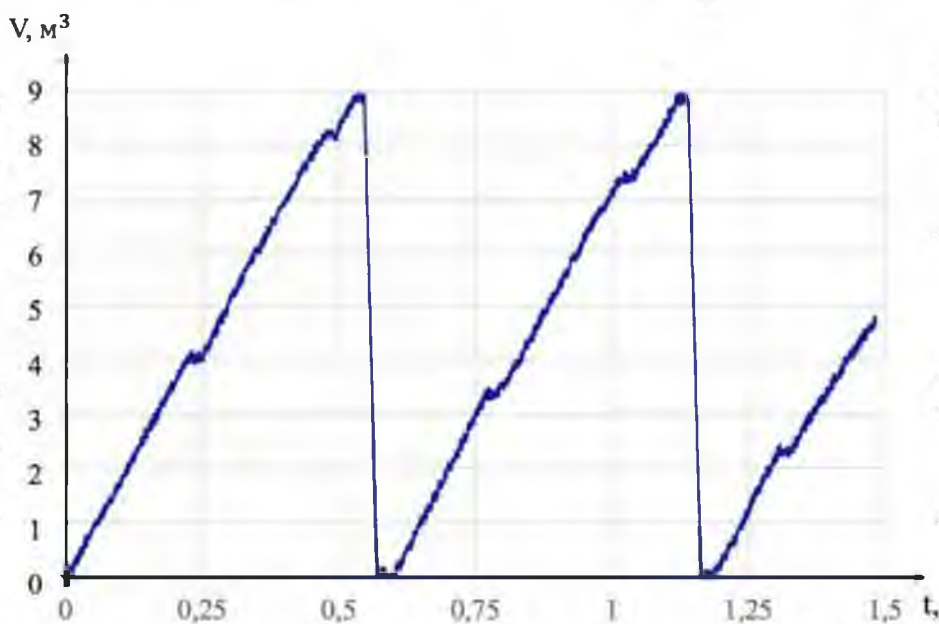


Рис. 4.8- Залежність обсягу зернового матеріалу в бункері V від часу t в процесі польового експерименту

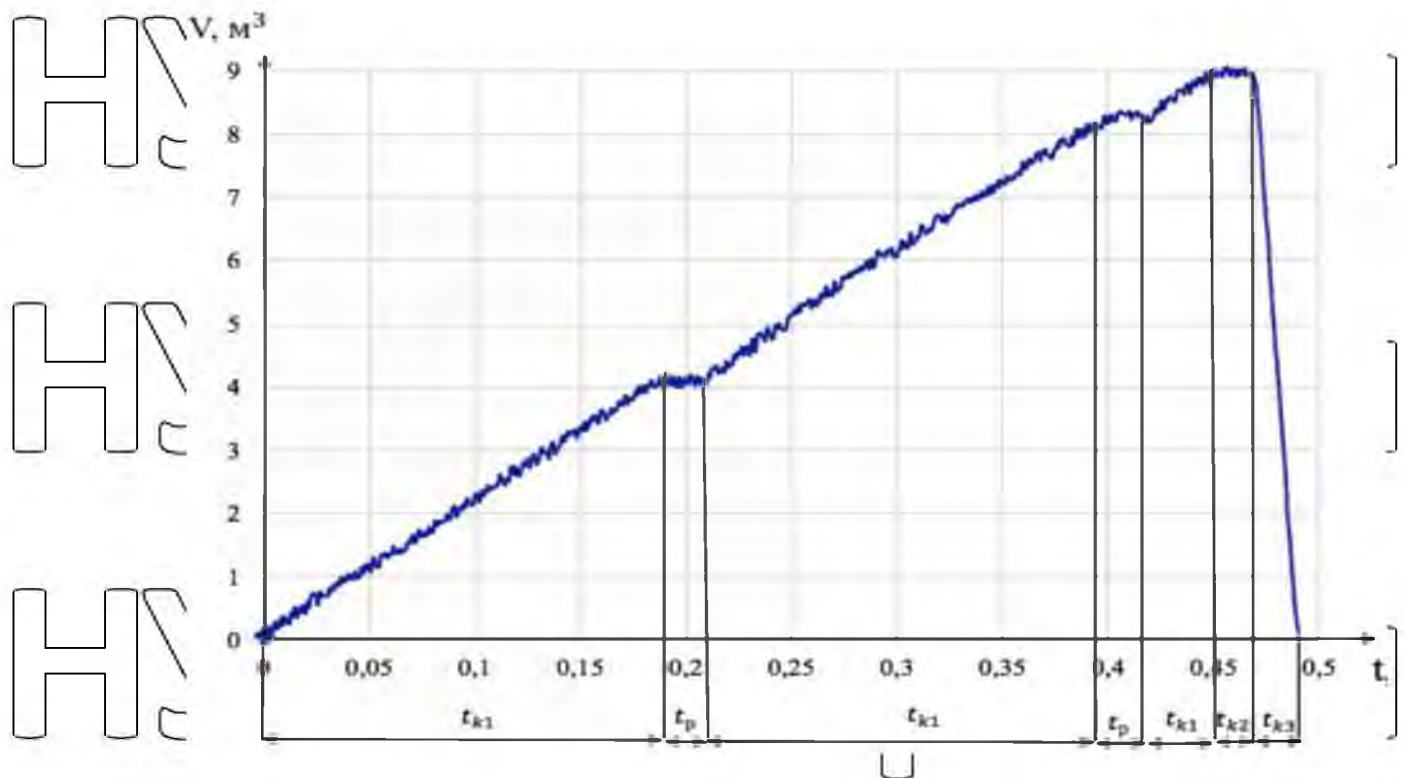


Рис. 4.9 – Залежність обсягу зернового матеріалу у бункері V від часу t у

процесі польового експерименту, з визначенням витрат часу на основні етапи роботи комбайна в полі

Оптичні вимірювання обсягу зернового матеріалу проводились з інтервалом 3 с. Випадкова похибка становила близько 1,5%, систематична похибка близько 4%.

1. Експериментальна перевірка показала, що розроблений метод оптичного виміру рівня зернового матеріалу в бункері забезпечує надійне вимір у всьому діапазоні рівня заповнення бункера з середньою похибкою близько 4%.

2. Розроблений метод залишається працездатним у широкому діапазоні про- щей яскравості від 0,22 до 0,44. Для підвищення точності вимірювання об'єму зернового матеріалу та прискорення обробки доцільно використовувати середні значення яр- кістки з широким динамічним діапазоном зміни інтенсивності по зображу- ня.

3. Розроблений метод дозволяє визначати об'єм зернового матеріалу у бункері з точністю 3 – 7% та за час обробки від 0,4 до 0,8 с навіть у разі сильного перекриття кордонів потоком зернової маси або елементами конструкції.

Розроблений метод визначення обсягу зернового матеріалу в бункер зберігає високу ефективність незалежно від місця надходження зернового матеріалу. Чим ближче місце надходження зернового матеріалу до стінок бункера, тим вище похибка визначення обсягу та час надійної обробки зображення.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

Техніко-економічне обґрунтування проведено з метою визначення доцільності застосування програмно-апаратного комплексу як пристрій для моніторингу рівня зернового матеріалу у бункері зернозбирального комбайна.

Передбачуваним ефектом застосування запропонованого способу є скорочення простоїв транспортних та технологічних машин, дотримання агротехнічних термінів збирання.

5.1 Загальні засади методики розрахунку модернізації комбайна

Вартість модернізації $Z_{\text{мод}}$ комбайна, знаходимо за формулою:

$$Z_{\text{мод}} = Z_{\text{м}} + Z_{\text{изг}} + Z_{\text{сб}} + \Phi; \quad (5.1)$$

де $Z_{\text{м}}$ - витрати на матеріали, з яких виготовлено пристрій, грн.; $Z_{\text{изг}}$ - Витрати виготовлення пристрою, грн.; $Z_{\text{сб}}$ - витрати на складання пристрою та його встановлення на машину, грн.; Φ – інші прямі витрати, грн.

Витрати виготовлення пристрою складуться:

$$Z_{\text{изг}} = Z_{\text{п}} + Z_{\text{к}}; \quad (5.2)$$

де $Z_{\text{п}}$ - витрати на паяння з'єднань приладу;

$Z_{\text{к}}$ – витрати на калібрування приладу;

Витрати на матеріали, з яких виготовлено пристрій, вважаються за таблицею 5.1:

Таблиця 5.1 – Витрати на матеріали для пристрою

Найменування	Од. вим	Кількість	Ціна, грн.	сума, грн.
Гофра	м.п.	2	3,18	6,36
Дріт	м.п.	2	14,68	29,36
Відеокамера	шт	1	2196,1	2196,1
Блок керування	шт	1	1596,98	1596,98
Корпус блоку керування	шт	1	177,88	177,88
Корпус для камери	шт	1	131,12	131,12
Кріплення	КОМПЛ.	1	230,35	230,35
Разом				4368,15

Припускаємо, що організовано безвідходне провадження

Витрати на пайку становлять 15,50 грн./од., витрати на кацібрування приладу становлять 100 грн./од.

Витрати на роботи з модернізації машини визначаємо за такою формулою:

$$Z_{сб} = C_{сб} \cdot H_{сб}; \quad (5.3)$$

де $C_{сб}$ - середня тарифна ставка слюсаря-збирача, грн./год;

$H_{сб}$ - трудомісткість установки пристроїв на машину, люд./год.

Середня тарифна ставка слюсаря-збирача складає 130 грн./год.

Трудомісткість установки складає 1 люд./год.

Для забезпечення роботи програмно-апаратного комплексу для моніторингу рівня зернового матеріалу в бункері необхідно підключити прилад до системи навігації комбайна, це будуть інші прямі витрати Φ , які складуть 800 грн. Прилад встановлюється в бункер комбайна і підключається до системи навігації для організації передачі даних диспетчеру.

Таким чином загальні витрати на пристрій з його збиранням, встановленням, таруванням та підключенням до навігаційної системи становитимуть 5413,65 грн.

5.2 Розрахунок економічної ефективності запропонованого технічного рішення

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності представлені в таблиці 5.2

Зробимо розрахунок експлуатаційних витрат за запропонованим способом модернізації комбайна. Економія прямих експлуатаційних витрат за одиницю напрацювання визначається з зміни витрат на оплату праці, амортизацію, витрат за поточний ремонт і техобслуговування.

Розрахунок питомих витрат за оплату праці обслуговуючого персоналу, визначається з наступного виразу:

НУБІП України

$$O_T = \frac{3_{оп}n}{Q}, \quad (5.4)$$

Питомі витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу для базового варіанта та проектного будуть однаковими.

Таблиця 5.2 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

№	Показники	Позначення	Од. вим.	Значення
1	Кількість обслуговуючого персоналу	n	люд.	1
2	Відрахування на реновацію	a	%	11,1
3	Відрахування на ТО, ПР та КР	N _p	%	8
4	Тарифна ставка оператора	C _{оп}	грн./люд.- год.	115,5
5	Нормативне річне завантаження	Tз	год.	400
6	Продуктивність	Q	т/год.	20
7	Ціна комбайна	Ц	грн.	8 669 106
8	Облікова річна ставка за кредитами банку або вкладом у банк	NS	%	18
9	Строк служби	T	років	9
10	Площа, що прибирається	S _v	га	3044
11	Врожайність	У	ц/га	42,6
12	Кількість збиральної техніки	n _y	од	10
13	Продуктивність комбайна ACROS 580	W _к	га/год	4,15
14	Середня вартість оренди комбайна	B _{ок}	грн./га	4500
15	Вартість 1 т урожаю	B _y	грн.	8000

Питомі витрати на амортизацію розраховуються за формулою:

$$A_{ам} = \frac{Ba}{100T_3Q}, \quad (5.5)$$

де B – балансова вартість машин, грн.; Ц – вартість машин, встановлених у комплексі, грн.; a – відрахування на реновацію, %; Tз – річне завантаження, год.

Питомі витрати на ТО, ПР та КР:

$$P_{ТО, ПР, КР} = \frac{BN}{100T_3Q}, \quad (5.6)$$

де N_p - відрахування на ТО, поточний та капітальний ремонт, %.

Питомі експлуатаційні витрати визначаються за формулою:

$$U = O_T + A_{ам} + P_{ТО, ПР, КР} \quad (5.7)$$

Отримані дані зведено до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Витрати прями експлуатаційні витрати

Показник	Літерне позначення	Сума, грн.	
		для базового	для проектного
Питомі витрати на оплату праці	O	5,80	5,80
Питомі витрати на амортизацію	$A_{ам}$	168,03	168,10
Питомі витрати на ТО, ПР, КР	$P_{ТО, ПР, КР}$	121,11	121,16
Питомі витрати на експлуатаційні витрати	U	294,91	295,03

Визначаємо розмір економії/перевитрати експлуатаційних витрат за сезон за проектованим приладом за формулою:

$$E_{Г} = (U_{баз} - U_{пр}) \cdot 20 \cdot 400; \quad (5.8)$$

З цього випливає, що загальний перевитрата експлуатаційних витрат за рік складе 954,31 грн.

Використання приладу на 1 комбайні підприємства недоцільно, через необхідність встановлення контролю за всім обсягом зерна, що збирається.

На парк аналізованого підприємства з 10 комбайнів витрати становитимуть:

$$E_{Г. заг} = E_{Г} \cdot 10; \quad (5.9)$$

Таким чином, у разі встановлення приладів на всі комбайни підприємства приріст загальних річних витрат складе 9543,10 грн.

Однак слід врахувати, що основним завданням цього пристрою є скорочення часу очікування вантажно-розвантажувальних робіт транспортними та технологічними машинами. Це дозволить уникнути витрат пов'язаних із

використанням найманої техніки або втрат від самоосипання зерна.

У разі використання орендованої техніки економічний ефект розраховується за такою формулою:

$$E_a = W_{\text{до}} \cdot t \cdot Ц_a \quad (5.10)$$

де t - час роботи комбайна на полі.

Згідно з протоколами фотографії робочого часу, проведених на підприємстві, запропонований пристрій дозволяє збільшити час корисної роботи зміни на 12%.

Враховуючи втрати на вартість обладнання та експлуатаційні витрати економічний ефект складе 196 004 грн.

1. Для реалізації запропонованого програмно-апаратного комплексу для моніторингу рівня зернового матеріалу в бункері комбайна необхідні витрати на складання, встановлення, тарування та підключення до навігаційної системи.

Розрахунки показали, що вартість всього перерахованого вище становить 5 413,65 грн.

2. Зроблено розрахунок експлуатаційних витрат за пропозованим способом модернізації комбайна, визначено, що у разі встановлення приладів на всі комбайни підприємства приріст загальних річних витрат складе 9543,10 грн.

3. Економічний розрахунок показав, що скорочення витрат від використання орендованої техніки становитиме 196 004 грн.

ВИСНОВКИ

1. Витрати часу виконання транспортних процесів при прибиранні зернових культур складаються з наступних етапів: переміщення транспортних та технологічних машин на полі; виконання збиральних операцій із заповненням бункера; очікування на комбайн транспортного засобу; розвантаження бункера та транспортування врожаю на тік з наступною вивантаженням. Система обліку витрат часу має оперативно фіксувати витрати часу на кожному технологічному етапі та виявляти відповідні нераціональні витрати часу збиральних та транспортних машин з використанням моніторингу обсягу зернового матеріалу в бункері комбайну.
2. Запропонована математична модель визначення витрат часу на виконання етапів збирально-транспортного процесу на основі моніторингу наповненості бункера зернозбирального комбайна дозволяє проводити оцінку ефективності етапів транспортного процесу та домогтися збільшення часу корисної роботи зміни комбайна до 12%.
3. Розроблена методика моніторингу обсягу зернового матеріалу в бункері комбайна з використанням машинного зору забезпечує розпізнавання кордонів та конфігурації насипної поверхні зернового матеріалу, побудова її цифрової моделі і можливість обробки зображень з обліком спільного рівня яскравості, кольору, місця та інтенсивності надходження зернового матеріалу, елементи конструкції комбайна, що перекривають зображення. Запропонована методика забезпечує надійний вимір у всьому діапазоні рівня заповнення бункера зі середньою похибкою близько 4 % та максимальною – 8 %.
4. Експериментальними дослідженнями встановлено, що на зображеннях із загальною яскравістю 67 і 212 одиниць збільшується похибка визначення обсягу зернового матеріалу до 8%, тоді як при середніх значеннях яскравості похибка становить близько 3%. Зі збільшенням рівня перекриття зображення сторонніми об'єктами збільшується час обробки зображення з 0,4 до 0,8 с погрішність з 3,0% до 5,6%. Виявлено, що насиченість жовтого кольору надає

слабке впливом геть ефективність оцінки. Час обробки зображення у цьому випадку знаходиться в діапазоні від 0,3 до 0,5 с. Встановлено, що час обробки практично не залежить від місця надходження потоку, так як визначається не

стільки геометричними факторами, що оптичними, і становить 0,4 с. Похибка

незначно зменшується з видаленням місця падіння зерна від стінки та з наближенням до центру бункера від 4% до 3%.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Д.Войтюк, І.І.Мельник, Р.В.Шатров, В.Г.Опалко, В.І. Солтисюк, В.В.Марченко, Л.С.Шимко. Експлуатація машинно-тракторного парку в агропромисловому комплексі. Навчальний посібник. Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2016, – 632 с.: іл.

2. В.Д.Войтюк, В.Д.Гречкосій, Р.В.Шатров, В.Г.Опалко, О.А.Бешун, І.І.Чвартацький, В.В.Марченко. Технологічно-транспортні процеси у виробництві продукції рослинництва: навчальний посібник. Навчальний посібник. - Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2017.- 928 с.

3. Балабанов, В.І. Навігаційні технології у сільському господарстві. Координатне землеробство: навчальний посібник / В.І. Балабанов, С.В. Железова, Є.В. Березівський, А.І. Бєденков, В.В. Єгоров. К., 2013. – 143 с.

4. Балабанов, В.І. Огляд інноваційних розробок у галузі точного земледілля/В.І. Балабанов// Агротехніка та технології. - 2018. - №2 - С. 24-27.

5. Балабанов, В.І. Огляд технологічних рішень для жнив техніки/В.І. Балабанов// Агротехніка та технології. - 2016. - №4 - С. 19-21.

6. Agricultural field machinery selection and utilization for improved farm operations in South-East Nigeria: A review. Available from: https://www.researchgate.net/publication/333951790_Agricultural_field_machinery_selection_and_utilization_for_improved_farm_operations_in_South-East_Nigeria_A_review [accessed Mar 02 2020].

7. William E. Crop – Machinery Management. Lower State University Extension and Outreach. Dept. of Economics, 2015. P. 641-732-5574.

8. Анискевич Д. В. Системи керування нормами внесення матеріалів в технологіях точного землеробства : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 2005. 36 с.

9. Балабанов, В.І. Польова стратегія. Впровадження інновацій у координатному землеробстві/В.І. Балабанов// Агротехніка та технології. - 2016. - №5 - С. 50-53.

10. Бачурін, О.М. Підвищення продуктивності машинно-тракторних

агрегатів при роботі на досвідченій агротехнологічній станції з використанням системи супутникового контролю та моніторингу / О.М. Бічурін, Д.О. Олійник, І.Ю. Богданчиков // Науковий супровід інноваційного розвитку агропромислового комплексу: теорія, практика, перспективи: мат. 65 - й міжнар. науково – практ. конф. - 2014. - С. 26-32 .

11. Бічурін, О.М. Супутниковий контроль та моніторинг для оптимізації роботи агрегатів / А.М. Бічурін, Д.О. Олійник, І.Ю. Богданчиков // Сільський механізатор. - 2015. - №7. - С. 4-5.

12. Богданчиков, І.Ю. Використання інформаційних технологій у механізації сільського господарства / І.Ю. Богданчиков // Сучасні тенденції розвитку науки та технологій. - 2015. - С. 69-71.

13. Бункери-перевантажувачі для логістичних «вишукувань» [Електронний ресурс]/ Журнал «Зерно»//К. – 2017. – Режим доступу: <http://www.zerno-ua.com/journals/2012/novabr-2012-god/bunkery-pereguazhateli-dlya-logisticheskikh-izyskov>

14. Бур'янов, М.А. Оцінка нових нетрадиційних технологій збирання зернових колосових культур/ Бур'янов А.І., Дмитренко А.І., Бур'янов М.А.// Техніка та обладнання для села. - 2010. - № 12. - С. 16-19.

15. Бишов, Н.В. Підвищення ефективності експлуатації автотранспорту та мобільної сільськогосподарської техніки при внутрішньогосподарських перевезеннях/ Н.В. Бишов, С.М. Боричів, І.А. Успенський, Г.К. Рембалович, І.А. Юхін, Н.В. Анікін // Науковий журнал ДАУ. - 2013. - №. 88. - С.519-529.

16. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: підручник, 2-ге вид/ Д.Г. Войтюк. - К.: Каравелла, 2018. - 552 с

17. Комплексна механізація виробництва зерна: Навчальний посібник / В.Д.Гречкосій, М.Я.Дмитришак, Р.В.Шатров та ін.. За ред. В.Д.Гречкосія, М.Я.Дмитришака. – Київ: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2012. – 288 с

18. Жалнін Е.В. Ефективне використання зернозбиральних комбайнів/ Е.В. Жалнін // Сільський механізатор. - 2013. - с. 5-7.

19. Technological and transport processes in agricultural production

(Технологічно-транспортні процеси у виробництві продукції рослинництва):

навчальний посібник / В.Г.Опалко, Р.В.Шатров, В.В.Марченко,
Ю.О.Борхаленко, О.С.Ващишин, Г.І.Махмудов, І.І.Чвартацький, О.С.Дев'ятко.

– Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2022, – 720 с.: іл..

20. Измайлов А.Ю. Автоматизовані інформаційні технології в про-
виробничих процесах рослинництва // А.Ю. Измайлов, В.К. Хорошенко//
Сільськогосподарські машини та технології. – 2010. - С. 3-9.

21. Роговський І. Л. Оцінювання пристосованості до технічного
обслуговування зернозбирального комбайна. Техніко-технологічні аспекти
розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського
господарства України. Дослідницьке. 2006. Вип. 9. Кн. 2. С. 236–241.

22. Измайлов А.Ю. Методика дослідження збирально-транспортних
процесів/ А.Ю. Измайлов, Н.Є. Євтюшенко// Техніка в сільському господарстві.
- 2010 року. - С. 40-43.

23. Роговський І. Л. Відмови зернозбиральних комбайнів в умовах рядової
експлуатації та їх класифікація. Науковий вісник Національного аграрного
університету. Київ. 2005. Вип. 80. С. 200–206.

24. Роговський І. Л. Пристосованість до технічного обслуговування
кормозбирального комбайна. Праці Таврійської державної агротехнічної
академії. Мелітополь. 2006. Вип. 36. С. 39–44.

25. Роговський І. Л. Безвідмовність складальних одиниць
сільськогосподарських машин при поступових відмовах. Праці Таврійської
державної агротехнічної академії. Мелітополь. 2006. Вип. 37. С. 67–71.

26. Роговський І. Л. Сезонні показники експлуатаційної безвідмовності і
ремонтпридатності зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник
Національного аграрного університету. Київ. 2006. Вип. 101. С. 199–203.

27. Лічман, Г.І. Автоматизація технологій ресурсозберігаючого
землеробства/М.С. Савельєва, Г.І. Лічман//Молодий вчений. - 2015 року. - № 9-
2 (89) - С.140-141.

28. Маслов Г. Г. Багаторівневий системний підхід до комплексної
оптимізації процесів збирання, транспортування і очищення зерна/ Г.Г. Маслов,

С.А. Малишев// Науковий журнал ДАУ. - 2016. - № 124 (10). - 24 с.

29. Маслов Г.Г. Перспективні варіанти технологій збирання зернових колосових культур/ Г.Г. Маслов, Є.І. Трубіш, В.В. Абаєв, В.І. Масловський//

Трактори та сільськогосподарські машини. - 2008. - С. 42-44.

30. Маслов, Г.Г. Удосконалення комбайнового збирання зернових колосових культур/Г.Г. Маслов, Є.І. Трубіш, В.В. Абаєв// Механізація та електрифікація сільського господарства. - 2007. - С. 4-5.

31. В.Д.Войтюк, І.І.Мельник, Я.М.Михайлович, Р.В.Шатров, В.Г.Опалко, І.І.Чвартацький, І.В.Логуш, В.В.Марченко, Л.С.Шимко. Система виробничо-технічної експлуатації машиннотракторного парку. Навчальний посібник. - : НУБІП України «Видавництво, 2018. - 632 с..

32. Орлова, С.А. Тенденції розвитку електронного обладнання для контролю і управління машинно - тракторними агрегатами фірми JOHN DEERE/ С.А. Орлова// Центральна наукова сільськогосподарська бібліотека. - 2017. - 696 с.

33. Паршикова, Т. А. Автомобільний парк підприємства та показники його використання/ Т.А. Паршикова, Р.М. Єгоров// Молодий вчений. - 2016. - №12. - С. 364-368.

34. Петровець, В. Р. Сучасні напрями вдосконалення технології та технічних засобів збирання зернових культур/ В.Р. Петровець, Н.А. Баригін// Конструювання, використання та надійність машин сільськогосподарського призначення. - 2015. - № 1 (14). - С. 16-22.

35. Прогнозування термінів збирання з урахуванням можливих втрат врожаю [Електронний ресурс]/А.А. Демко// Київ. - 2017. - Режим доступу: <https://agronom.com.ua/prognozuvannya-srokov-uborky-s-uchetom-vozmozhnyh-poter-urozhaya/>

36. Пухів Є.В. Дослідження процесу контролю завантаження транспортних машин з використанням ультразвукових хвиль/Є.В. Пухов, М.Г. Тимошин// Конференція: інноваційні технології та технічні засоби для агк. - 2016. - с. 105-109.

37. Реконструкція механічних ваг [електронний ресурс] / Компанія «ВесЕксперт» // Київ. – 2017. – Режим доступу: <http://vesexpert.com.ua/ua/>

38. Рембалович, Г.К. Теоретичні дослідження ефективності функціонування контролю технологічного процесу зернозбирального комбайна / Р.В. Безносок, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, В.В. Фокін // ДТУ. - 2016. - С. 13-

17.

39. Рембалович, Г.К. Теоретичне обґрунтування необхідності використання системи контролю завантаження зернозбирального комбайна / Н.В. Бишов, С.М. Боричів, В.В. Фокін, Р.В. Безносок, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович // ДТУ. - 2017. - С. 59-63.

40. Ряднов, А.І. Автоматика та автоматизація технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник / А.І. Ряднів – Х., 2016. – 132 с.

41. Ряднов, А.І. Підвищення продуктивності зернозбирального комбайна / С.В.Тронєв, А.І. Ряднов, О.А. Федорова // Науковий огляд. – 2017. – №21 – С. 38-43.

42. Система автоматизованого обліку зерна та хлібопродуктів «1С: Сакура 8» [Електронний ресурс] / ПП «Інновіпром» // Вінниця. - 2017. - Режим доступу: <https://innovinnprom.com/sistema-avtomatizirovannogo-ucheta-zerna-i-hleboproduktov-1s-sakura-8.htm>

43. Смирнов, І.Г. Аналіз технологічного застосування багатофункціонального безпілотного робота / А.Ю. Ізмайлів, І.Г. Смирнов, Д.О. Хорт, Р.А. Філіпов // Інтелектуальні машинні технології і техніка для реалізації державної програми розвитку сільського господарства: збір. наук. доп. міжнар. науково-техн. конф. – 2015. – с. 207-209.

44. Тимофєєв, С.В. Контроль роботи сільськогосподарських агрегатів на основі супутникових навігаційних систем / С.В. Тимофєєв // Технології і технічні засоби механізованого виробництва продукції рослинництва та тваринництва. - 2016. - С. 122-130.

45. Тимошинов, М.Г. Математична модель визначення рівня зерна у бункері комбайна / С.В. Пухов, В.А. Слідченко, М.Г. Тимошинов, С.С.

Мешкова// Міжнародний техніко-економічний журнал. - 2018. - №3 - С. 20-25.

46. Труфляк, Є.В. Інтелектуальні технічні засоби у сільському господарстві/Є.В. Труфляк// Великі Луки. - 2015. - С. 25-34.

47. Труфляк, Є.В. Точне сільське господарство: сьогодні, завтра/Труфляк Є.В.// ТОВ «ДДТУ-ПРИНТ». - 2017. - С. 469-474.

48. Труфляк, Є.В. Точне сільське господарство: стан та перспективи/Є.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко// ТОВ «СЕКВОЙЯ» - 2017.- С. 288-291.

49. Belaits, DS A promising mechanism for material support of the farming industry (a case study of the Novosibirsk region), Scientific papers-series management economic engineering in agriculture and rural development, 2018, Vol. 181, pp. 85-101.

50. Berberich, J. Online determination of hectolitre mass during threshing by analyzing air-filled pore volume in grain fills, Technik agent 2017: the forum for agricultural engineering innovations, 2017, Vol. 2300, pp. 491-496.

51. Daroczi, M. Influence of information technology on agricultural machinery, Managerial trends in the development of enterprises in globalization era, 2017, pp.552-559.

52. Edwards, Gareth T. C. Route planning evaluation of a prototype optimised in-field route planner for neutral material flow agricultural operations, Biosystems engineering, 2017, Vol. 153, pp. 149-157.

53. Habib, A. Bore-sight calibration of GNSS/INS-Assisted push-broom hyperspectral scanners on UAV platforms, IEEE journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing, 2018, Vol. 11, pp. 1734-1749.

54. Keskin, M. Діяльність двох low-cost GPS receivers for ground speed measurement under varying speed conditions, Precision agriculture, 2017, Vol. 18, pp. 264-277.

55. Kodali, RK IOT заснований на control Appliances, ICCCA, 2016, pp. 1293-1297. 190 Lovarelli, D. Fuel consumption and exhaust emissions during on-field tractor.

56. Mekala, MS A survey : smart agriculture IoT with cloud computing,

International conference on microelectronic devices, circuits and systems, 2017, pp. 101-110.

57. Qaseem, ME Genome-wide association mapping in bread wheat subjected to independent and combined high temperature and drought stress, PLOS ONE, 2018, Vol. 13, pp. 124-133.

58. Rodias, E. Energy savings від optimised B-field route planning for agricultural machinery, Sustainability, 2017, Vol. 9, pp. 213-219.

59. Rodriguez, RY Network monitoring environmental quality in agriculture and pisciculture with low power sensor nodes based on ZIGBEE and GPRS technology/IN-TERCON, 2016, pp. 29-35.

60. Sandugash, S. The newspaper "Turkestanskije Vedomosti" and the beginning of the development of the history of the press in Central Asia, BILIG, 2018, Vol. 84, pp. 1-21..

61. Say, SM. Developing a computer program using the field data for reliability studies, XXVIII CIOSTA/CIGR V Sustainable Agriculture, 2010, pp. 124-129.

НУБІП України

НУБІП ^{ДОДАТОК} України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України