

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра агроінжинірингу**

До захисту допускається  
завідувач кафедри  
**агроінжинірингу**

**Шуляк М. Л.**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за магістерським рівнем вищої освіти  
на тему: «Обґрунтування конструктивних параметрів платформи для  
транспортування сіна в рулонах»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Неверов М. В.**

(прізвище, ініціали)

Група:

**СТЗ 2302-2М**

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Воліна Т. М.**

(прізвище, ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність **208 Агроінженерія**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри агроінжинірингу

\_\_\_\_\_ Шуляк М.Л.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ (МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Неверову Максиму Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування конструктивних параметрів платформи для транспортування сіна в рулонах»,  
керівник роботи: Воліна Тетяна Миколаївна, к. т. н., доцент,  
затвердені наказом закладу вищої освіти від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року  
№ \_\_\_\_\_
2. Строк подання здобувачем роботи: “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: вимоги міжнародних, регіональних, національних стандартів, законодавчих документів; науково-технічна література, патенти та авторські свідоцтва, інтернет-ресурси; нормативно-технічна документація.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):  
виконати огляд та аналіз досліджень механізації транспортування грубих кормів; вивчити методику комплексного оцінювання ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах; провести дослідження ефективності використання транспортних засобів для перевезення сіна в рулонах загалом та бортового транспортного засобу, обладнаного платформою, зокрема; розробити заходи з охорони праці; дослідити техніко-економічну доцільність впровадження пропонованих рішень.
5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування			
Охорона праці			

7. Дата видачі завдання: “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної (магістерської) роботи
1.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики		
2.	Складання плану роботи		
3.	Написання вступу		
4.	Підготовка розділу «Огляд та аналіз механізації транспортування грубих кормів»		
5.	Підготовка розділу «Комплексна оцінка ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах»		
6.	Підготовка розділу «Експериментальні дослідження»		
7.	Підготовка розділу «Охорона праці»		
8.	Підготовка розділу «Техніко-економічне обґрунтування пропонованих рішень»		
9.	Написання висновків та пропозицій		
10.	Подання роботи на перевірку унікальності		
11.	Подання роботи до експертної ради факультету		
12.	Подання роботи на рецензування		
13.	Подання до попереднього захисту		

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Неверов М. В.**  
(прізвище та ініціали)

**Керівник кваліфікаційної (магістерської) роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Воліна Т. М.**  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота містить:

- пояснювальну записку: 83 стор., 51 іл., 9 табл., 16 використаних джерел, додатки;

- мультимедійну презентацію.

Дослідження спрямовані на оптимізацію процесу транспортування пресованих в рулони грубих кормів серійними транспортними засобами, а також шляхом інтеграції розробленої платформи бортових транспортних засобів. Об'єктом дослідження є платформа для транспортування пресованих в рулони грубих кормів, а предметом – вплив її конструктивних параметрів на якість процесу перевезення сіна в рулонах.

В роботі проведено огляд та проаналізовано дослідження, що стосуються механізації транспортування грубих кормів. Викладено методіку комплексного оцінювання ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах. Виконано експериментальні дослідження ефективності використання транспортних засобів для перевезення сіна в рулонах, а також бортового транспортного засобу, обладнаного платформою для перевезення сіна в рулонах. Наведені основні вимоги охорони праці на сільськогосподарських підприємствах, викладено відповідні рекомендації. Досліджено техніко-економічну оцінку пропонованого рішення.

За результатами досліджень викладено висновки та пропозиції.

**ГРУБІ КОРМИ, СІНО, МАШИНА, ПЛАТФОРМА, НАВАНТАЖЕННЯ,  
ВИВАНТАЖЕННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ.**

## ЗМІСТ

Вступ	6
1. Огляд та аналіз процесу транспортування сіна	8
Висновки до розділу 1	17
2. Комплексна оцінка ефективності транспортування грубих кормів	19
2.1. Схема оцінювання ефективності машиновикористання	19
2.2. Фактори, які впливають на ефективність машиновикористання	19
2.3. Показники ефективності машиновикористання	22
Висновки до розділу 2	25
3. Експериментальні дослідження ефективності транспортування грубих кормів	27
3.1. Основні характеристики рулонів сіна	27
3.2. Хронометраж транспортування і розвантаження рулонів сіна	33
3.3. Дослідження показників ефективності машиновикористання	38
Висновки до розділу 3	45
4. Експериментальні дослідження ефективності використання бортового транспортного засобу, обладнаного платформою	47
4.1. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів платформи для транспортування рулонів сіна	47
4.2. Проведення трифакторного експерименту	49
4.3. Дослідження статичного положення рулонів на платформі	61
Висновки до розділу 4	62
5. Охорона праці	64
6. Техніко-економічне обґрунтування пропонованих рішень	69
Загальні висновки	81
Список використаних джерел	82
Додатки	84

## ВСТУП

Сьогодні одним із головних пріоритетів українського аграрного сектору є м'ясний та молочний напрямки. Зменшення чисельності тварин призвело до суттєвого скорочення обсягів виробництва м'яса та молочних продуктів на понад 40 %. Вирішення цієї проблеми вимагає збільшення кількості тварин і підвищення їхньої продуктивності, що неможливо без покращення бази для годування. Основним джерелом харчування тварин є концентровані корми та консервовані рослини. Водночас, для правильної роботи травної системи необхідно забезпечити достатню кількість грубих кормів, таких як трав'яні та солом'яні матеріали, що містять клітковину.

У Сумській області тривалість періоду, під час якого з кліматичних причин є неможливим випас тварин, складає приблизно пів-року. У цей період частка грубих кормів у загальному раціоні досягає 80 %. Процес заготівлі розсипного чи пресованого сіна передбачає виконання низки технологічних процесів, які потрібно здійснювати високоточно, вчасно та з мінімальними витратами ресурсів і праці. Ці вимоги встановлюють суворі обмеження на етапи його культивування.

Заготівля необхідної кількості сіна високої якості є неможливою без застосування передової техніки та без імплементації новітніх технологій, що дозволяє зменшити як кількісно-якісні втрати рослинної сировини та кормів, а також знизити витрати на виконання робіт, включаючи транспортування та вивантаження. У нашій країні завдяки високій продуктивності машин та можливості максимальної механізації всього процесу найпоширенішою є заготівля пресованого в рулони сіна.

Наразі, попри значну кількість вітчизняних машин для заготівлі, навантаження, транспортування та вивантаження грубих кормів, не існує чітко визначених напрямків їх ефективного використання. Також недостатньо обґрунтоване застосування конкретної техніки для транспортування грубих кормів у рулонах. Тому важливою науковою проблемою є обґрунтування

нових і вдосконалення традиційних технологій транспортування сіна у рулонах.

Мета магістерської роботи полягає в оптимізації процесу транспортування пресованих в рулони грубих кормів серійними транспортними засобами, а також шляхом інтеграції розробленої платформи бортових транспортних засобів. Об'єктом дослідження є платформа для транспортування пресованих в рулони грубих кормів, а предметом – вплив її конструктивних параметрів на якість процесу перевезення сіна в рулонах.

Для досягнення поставленої мети треба розв'язати наступні задачі:

1. Проаналізувати ефективність застосування транспортних засобів серійного виробництва для транспортування пресованих в рулони грубих кормів.

2. Провести комплексне критеріальне оцінювання результативності транспортування пресованих в рулони грубих кормів.

3. Запропонувати конструктивно-технологічну схему платформи для бортових автомобілів, призначеної для перевезення грубих кормів, з оптимізацією її геометричних параметрів та розробкою технології розвантаження рулонів.

4. Викласти рекомендації щодо вибору транспортних засобів для виконання операції розвантаження рулонів з її удосконаленням.

## 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ СІНА

Чисельність поголів'я тварин в Україні стрімко знижується: у 2010 році воно складало 9,5 мільйонів голів, в 2019 році – 5,3 мільйонів. Відповідно до цього протягом наступних 5–6 років потрібно збільшити кількість молочних корів в Україні щонайменше на мільйон, паралельно підвищуючи їхню продуктивність. Без вдосконалення виробництва кормів досягти цього рівня м'ясного та молочного виробництва буде майже неможливо.

У сівозмінах важливу роль відіграють кормові культури, які є основним джерелом харчування для сільськогосподарських тварин. Значну частку їх раціону складає корм, отриманий з природних пасовищ, причому до 80 % річної потреби в кормі забезпечується саме зеленими кормами з цих пасовищ. Основний обсяг заготовленого сіна також походить з природних угідь і луків [5].

Для розвитку виробництва кормів для великої рогатої худоби необхідний комплексний підхід. Це передбачає не лише відбір продуктивних тварин, а й розширення площ вирощуваних кормових культур, а також підвищення їх врожайності. Важливо також впроваджувати сучасні технології під час заготівлі кормів, що забезпечується надійними та ефективними машинами. Основу харчування цієї худоби складають комбікорми та силос. Проте для належної роботи травної системи тварин до раціону слід додавати грубі корми, такі як сіно і солома різних рослин. У харчуванні дійної корови в стійловий період грубий корм має становити 15–20 % від загального обсягу їжі [3, 11].

Крім того, у харчуванні молочних корів значну частину займають кормові маси з високою кислотністю, що негативно впливає на якість отриманої продукції. Для досягнення кращих показників молока до раціону корів молочного напрямку додають трав'яні корми [6, 9].

Сіно є також суттєвим для м'ясних тварин, оскільки воно є джерелом каротиноїдів, які є важливими для росту. Це особливо актуально під час

переходу тварин на літнє харчування, коли зменшується вміст клітковини в раціоні.

При виборі методики збору зеленої маси важливо врахувати, що після природного висихання залишається значна частина каротину. Тому, обираючи методи заготівлі і техніку для цього, необхідно звести до мінімуму втрати листя та квіток через осипання.

Основним грубим кормом для великої рогатої худоби є трав'яні корми, солома займає другорядне місце. Зазвичай солома використовується для підстилки тварин, а в ролі корму її застосовують лише в роки з низькою вологістю, переважно в окремих господарствах. Полова може бути цінною кормовою добавкою.

Проте, на сьогодні не існує ефективної технології для збору полови за допомогою зернозбиральних комбайнів. Натомість активно використовують методику збирання зернових колосових культур із подрібненням соломи та її розкиданням по полю, що значно ускладнює процес збору полови. Тому важливо провести дослідження технологічних процесів заготівлі трав'яних кормів.

На сьогоднішній день заготівля трав'яних кормів здійснюється у формі насипу та брикетів. Грубі корми, зокрема трави, насипом збираються різними методами, що передбачають формування валків, купок і стяжок.

Процес збору насипного сіна з утворенням валків включає використання напівпричепа-підбирача ТП-Ф-45, який виконує функції підбору, навантаження та транспортування трав (рис. 1.1, а).

Проте ефективність використання ТП-Ф-45 для перевезення грубих кормів на відстані більше 3 км є низькою [13, 15]. Крім того, витрати на виробництво кормів за цією технологією є надто високими [16].

Процес збору насипного сіна з формуванням рядів купок на полі включає дії, що виконуються підбирачем-копнувачем ПК-1,6А (рис. 1.1, б): підбір валків сіна, формування купок круглої форми об'ємом до 9 м<sup>3</sup> та укладання їх рядами на полі.



а)



б)

Рисунок 1.1 – Засоби механізованого збору сіна причіпного типу:

а – ТП-Ф-45;

б – ПК-1,6А

Додаткові етапи включають навантаження купок за допомогою навантажувача ПФ-0,5М (рис. 1.2, а) або навісного універсального навантажувача СНУ-550 (рис. 1.2, б), транспортування купок спеціальними машинами, такими як ПКУ-0,8-4 (рис. 1.3, а), а також використання причепів для перевезення кормів, тракторних причепів і автомобілів з підвищеними бортами.



а)



б)

Рисунок 1.2 – Механічні засоби для навантаження сіна, що агрегатуються на трактори:

а – ПФ-0,5М;

б – СНУ-550

Попри те, що підбирач-копнувач ПК-1,6А вже не виготовляється, метод сінозаготівлі за його використання широко застосовується в агрогосподарствах Сумщини.

Метод формування копиць [12] базується на комплексному застосуванні техніки: колісного трактора (2, 3 або 5го класу) і механізованого засобу формування копиць СПТ-60 (рис. 1.3, б), за допомогою якого відбувається підбір грубих кормів з валків, формування купки об'ємом близько 55 м<sup>3</sup> зі щільністю близько 80 кг/м<sup>3</sup> та її вивантаження на полі, а також транспортера копиць СП-60. Усі зазначені машини більше не виготовляються.



а)



б)

Рисунок 1.3 – Механізовані засоби формування копиць причіпного типу:

а – навантажувач ПКУ-0,8-4;

б – формувальник копиць СПТ-60

У процесі збору сіна формування стяжки проводиться напівпричепом-підбирачем ТП-Ф-45. Подальше завантаження зі стяжки в тракторні причепи та автомобілі здійснюється за допомогою навантажувачів копиць ПФ-0,5 М або СНУ-550. Напівпричеп-підбирач ТП-Ф-45 є доволі високопродуктивним, а собівартість сіна за його використання є нижчою порівняно з іншими технологіями. Проте, одним із головних недоліків описаної технології є низькопродуктивність виконання навантаження та транспортування.

Крім рулонної заготівлі, існує заготівля сіна в тюки вагою до 35 кг, яка виконується прес-підбирачами ПС-1,6 (рис. 1.4, а), К-459 та Z 2690 METAL

FACH (рис. 1.4, б).



а)



б)

Рисунок 1.4 – Причепні машино-тракторні агрегати з функцією ущільнення біомаси:

а – прес-підбирачі ПС-1,6;

б – Z 2690 METAL FACH

Збір і навантаження тюків у транспортні засоби можуть здійснюватися за допомогою навантажувачів ПФ-0,5М, а для транспортування використовуються тракторні візки або автомобілі. Для цих же цілей можна застосовувати підбирач-тюкоутворювач ГУТ-2,5А у поєднанні з транспортувачем ТШН-2,5А.

Збір сіна в тюки вагою до 0,5 тони виконується вітчизняними та закордонними прес-підбирачами, передовими серед яких є John Deere 680 та John Deere 690, New Holland D1010 та New Holland D1210, Hesston 4800, Claas Quadrant 1200 та Claas Quadrant 2200, Welger D4000 та Welger D6500, Krone BigPack 120x80, Fortschritt F-530 та Fortschritt F-550, Massey Ferguson MF185 та Massey Ferguson MF190 [4]. Завантажування тюків такої ваги проводиться за допомогою навантажувачів-копицеутворювачів, а транспортування – за допомогою тракторних причепів.

Сьогодні в Україні та за кордоном широко використовують заготівлю рулонів сіна різних розмірів. Рулоноформування сіна (або соломи) виконується за допомогою рулонних прес-підбирачів, до яких належать такі

моделі, як ПРП-1,6 (рис. 1.5, а), ПР-Ф-110 (рис. 1.5, б), ПР-145С (рис. 1.6, а), ПР-Ф-180 (рис. 1.6, б), ППР-120 “Pelikan” (рис. 1.7, а) і ПР-Ф-750 (рис. 1.7, б), серед інших, вироблених як вітчизняними, так і закордонними компаніями.



а)



б)

Рисунок 1.5 – Механізовані агрегати для збирання і ущільнення валків:

а – ПРП-1,6;

б – ПР-Ф-110



а)



б)

Рисунок 1.6. – Механізовані агрегати для збирання і ущільнення валків:

а – ПР-145 С;

б – ПР-Ф-180

Вказані рулонні прес-підбирачі формують рулони із сіна вагою від 120 до 750 кг. Використання пресованого сіна дозволяє зменшити втрати поживних речовин у 1,5–2 рази в порівнянні з розсипним варіантом. Крім того,

в сховищах можна розмістити в 3–4 рази більше пресованого сіна в рулонах.



а)



б)

Рисунок 1.7 – Механізовані агрегати для збирання і ущільнення валків:

а – ППР-120 “Pelikan”;

б – ПР-Ф-750

Господарства Сумщини, що займаються заготівлею сіна в пресованому вигляді, мають достатню кількість прес-підбирачів різних типів, в тому числі рулонних. Проте, спеціалізовані машини, здатні виконувати підбирання, транспортування та розвантаження рулонів, у цих господарствах відсутні. Для навантаження та розвантаження рулонів зазвичай використовуються навантажувачі ПФ-0,5 з пристроєм ПТ-Ф-500 і навантажувачі СНУ-550.

Перевезення грубих кормів виконується за стандартною схемою, яка включає кілька етапів: очікування транспортного засобу на завантаження, навантаження рулонів за допомогою навантажувача, переміщення з поля до місця зберігання, очікування навантажувача для розвантаження (якщо не використовується самоскид), розвантаження та повернення до місця завантаження рулонів [7].

Для транспортування рулонів застосовують різні транспортні агрегати, такі як МТЗ-82.1 з причепом 2ПТС-4 (рис. 1.8, а), К-701 з причепом ЗПТС-12, транспортувальники рулонів ТП-10 (рис. 1.8, б), а також автомобілі з різною вантажопідйомністю (рис. 1.9).



а)



б)

Рисунок 1.8 – Платформи причіпного типу для транспортування сіна:

а – 2ПТС-4,5;

б – ТП-10



а)



б)

Рисунок 1.9 – Механізовані транспортні засоби на базі бортових вантажних автомобілів:

а – КАМАЗ 55102;

б – ГАЗ-САЗ 3307

Зараз в Україні тривають роботи над пристроями для збору та транспортування грубих кормів, включаючи призматичні тюки та рулони. Зокрема, створено спеціалізоване транспортне обладнання, яке призначене для навантаження, перевезення та розвантаження рулонів.

У світовій практиці активно використовуються пристрої для збору та транспортування, які за допомогою спеціальних захоплювачів різної конфігурації підбирають рулони сіна або соломи з поля та вантажать їх у

транспортні засоби. Після навантаження рулон переміщається за допомогою стрічкового або ланцюгового транспортерів по платформі підбирача-транспортувальника [14].

Такі пристрої виробляються як великими компаніями, що спеціалізуються на сільгосптехніці в США, Німеччині, Швеції, Канаді та інших країнах, так і окремими фермерськими господарствами. Наприклад, компанія COOK виготовляє самозавантажувальні транспортувальники для одного рулону моделей BALE BIGGY VBI-20NS і VBI-20 H [1], а компанія BALE SHUNTER пропонує моделі, що вміщують 5 рулонів довжиною 1,2 метра або 4 рулони довжиною 1,5–1,8 метра [8, 15]. Компанія TRAILERE SYSTEMS також виробляє пристрої на 4, 5 і 8 рулонів [2, 10].

Аналіз наукових робіт демонструє, що методи заготівлі сіна у великих тюках і рулонах є більш ефективними порівняно з заготівлею їх малих розмірів, а також порівняно з заготовкою розсипного сіна. Серед основних переваг можна виділити наступні:

1. Вища ефективність виконання процесів навантажування та транспортування.
2. Використання серійних причепів для тракторів та універсальних кормовозів.
3. Застосування універсальних навантажувачів-копицеутворювачів, оснащених спеціальними елементами для захвату.
4. Відсутність необхідності в ручній праці під час вантажних і розвантажувальних робіт.

Проте, такі методи заготівлі сіна мають не тільки переваги, а й недоліки, основними серед яких є наступні:

Основними недоліками зазначених методів є такі:

1. Пресування сіна має виконуватись при вологості, близькій до стандартних значень ( $17 \pm 4$  %), чого складно досягти через часті зміни погодних умов.
2. Якщо ворошінням, спущуванням або валкуванням неможливо

забезпечити необхідний рівень вологості, то виникає потреба у використанні дорогих консервантів.

3. Низький рівень впровадження технологій та відсутність спеціальної техніки (подрібнювачів та розмотувачів) у господарствах.

Через це переважно використовуються прес-підбирачі, здатні формувати рулони вагою 0,25 тони.

## **Висновки до розділу 1**

Вивчення наукових публікацій виявило такі ключові моменти:

1. Розширення кормової бази є вкрай важливим для тваринництва.
2. Важливо збільшити обсяги заготівлі якісного сіна, оскільки це особливо критично для корів молочного напрямку, допомагає знизити кислотність молока, а також для м'ясних корів як джерела каротину і провітаміну А, необхідного для росту.
3. Заготівля сіна відбувається як у розсипному вигляді, так за технологією пресування. Найбільш перспективним напрямом є технологія пресування сіна у рулони.
4. Для збору сіна використовується широкий спектр техніки від вітчизняних і закордонних виробників.
6. Засоби навантаження і транспортування поступаються своєю якістю та продуктивністю перед рулонними прес-підбирачами.
7. Транспортування сіна від місця заготівлі до місця зберігання або продажу виконується за допомогою вантажних автомобілів, причепів, транспортерів тощо. Проте це є малоефективним: автомобілі і тракторні причепи – через неповне використання вантажопідйомності, транспортери та причепи – через низьку швидкість і обмежений радіус дії, несамоскидні машини потребують додаткових механізмів для розвантаження. Крім того, витрати енергії зростають під час розвантаження, а всі види транспорту не мають механізмів для одночасного або часткового вивантаження.

10. Ефективність будь-якої технології або нових механізмів слід оцінювати за ступенем відповідності реальних результатів очікуваням. Для цього варто використовувати агреговану функцію, що враховує всі показники ефективності.

## **2. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГРУБИХ КОРМІВ**

### **2.1. Схема оцінювання ефективності машиновикористання**

Комплексне оцінювання ефективності машиновикористання при транспортуванні грубих кормів у рулонах повинно базуватися на аналізі конкретних показників.

Відповідно до цього необхідно:

- ідентифікувати фактори, які впливають на ефективність машиновикористання та провести їх аналіз;
- сформулювати набір показників, що дозволить виконати диференційовану оцінку ефективності на основі результатів експериментальних досліджень;
- використовуючи обрані показники ефективності та різні форми комплексного критерію, треба вибрати відповідний критерій ефективності машиновикористання і провести розрахунок його значення;
- виконати аналіз ефективності використання цих машин, що дозволить запропонувати технічні або технологічні рішення для підвищення результативності збирання сіна.

Схему оцінювання ефективності машиновикористання для транспортування рулонів сіна представлено в додатку А.

### **2.2. Фактори, які впливають на ефективність машиновикористання**

Фактори, що мають вплив на ефективність машиновикористання можна класифікувати на дві основні категорії: конструктивно-технологічні та експлуатаційно-організаційні (додаток Б). Фактори конструкційно-технологічного характеру визначаються, передусім, специфікою конструкції транспортного засобу. Фактори експлуатаційно-організаційного характеру оцінюються критеріями машиновикористання у конкретних умовах. Також

необхідно враховувати розмір рулону, його вагу тощо.

Зупинимося детальніше на одному з основних факторів – відстані від місця збору сіна до місця вивантаження для зберігання на території господарства. Від цього фактору значним чином залежать витрати, у тому числі фінансові, пов'язані з перевезенням рулонів сіна.

Ефективність транспортних засобів за загальним критерієм (кількість перевезеного вантажу в тонах за одну годину робочого циклу) обчислюється за рівнянням:

$$W_{\text{тр}} = \frac{q_{\text{н}}\gamma}{t_{\text{ц}}}, \quad (2.1)$$

де  $q_{\text{н}}$  – максимальна вантажопідйомність, т;

$\gamma$  – коефіцієнт експлуатації вантажопідйомності;

$t_{\text{ц}}$  – тривалість всіх технологічних операцій процесу, год.

Питомий виробіток прес-підбирача визначається у відповідності до виразу:

$$W_{\text{п-п}} = 0,1B_{\text{р}}\nu_{\text{р}}\tau, \quad (2.2)$$

де  $B_{\text{р}}$  – ефективна ширина жатки, м;

$\nu_{\text{р}}$  – номінальна швидкість машино-тракторного агрегату, км/год;

$\tau$  – коефіцієнт ефективності використання робочого часу.

За відомої врожайності визначаємо виробіток машино-тракторного агрегату:

$$W_{\text{п-п}} = W_{\text{п-п}}\mathcal{Y}. \quad (2.3)$$

Для забезпечення потокового способу виконання робіт при збиранні сіна необхідно досягти рівності перебування всіх задіяних машино-тракторних агрегатів:

$$W_{\text{п-п}}n_{\text{пр-п}} = W_{\text{тр}}n_{\text{тр}}. \quad (2.4)$$

Беручи до уваги наведені вище рівняння будемо мати рівність у наступному вигляді:

$$0,1B_{\text{р}}\nu_{\text{р}}\tau\mathcal{Y}n_{\text{пр-п}} = \frac{q_{\text{н}}\gamma}{t_{\text{ц}}}n_{\text{тр}}. \quad (2.5)$$

Викладемо параметр  $t_{ц}$  з урахуванням попереднього рівняння:

$$t_{ц} = \frac{q_H \gamma n_{тр}}{B_p v_p \gamma n_{пр-п}}. \quad (2.6)$$

Час виконання технологічної операції з транспортування транспортним механізмом становитиме:

$$t_{ц} = t_n + t_p + t_{\Gamma} + t_x, \quad (2.7)$$

де  $t_n, t_{\Gamma}$  – тривалість навантаження та розвантаження, год.;

$t_{\Gamma}, t_x$  – час переміщення машино-тракторного агрегату, год.

Витрати часу на зазначені роботи складуть:

$$t_n + t_p = \frac{q_H}{W_{п}} + \frac{q_H}{W_p} = \frac{q_H (W_{п} + W_p)}{W_{п} \cdot W_p}. \quad (2.8)$$

Час переміщення становитиме:

$$t_{\Gamma} + t_x = \frac{l_{\Gamma}}{v_{\Gamma}} + \frac{l_x}{v_x} = \frac{l_{\Gamma} v_x + l_x v_{\Gamma}}{v_{\Gamma} v_x}. \quad (2.9)$$

При рівних відстанях між місцем завантаження і розвантаження будемо мати:

$$t_{\Gamma} + t_x = \frac{l_{\Gamma} (v_{\Gamma} + v_x)}{v_{\Gamma} \cdot v_x},$$

а отже:

$$t_{ц} = \frac{q_H (W_{п} + W_p)}{W_{п} + W_p} + \frac{l_{\Gamma} (v_{\Gamma} + v_x)}{v_{\Gamma} \cdot v_x}. \quad (2.10)$$

На основі рівнянь (2.5) та (2.10) маємо:

$$\frac{q_H \gamma n_{тр}}{0,1 B_p v_p \tau n_{пр-п}} = \frac{q_H (W_{п} + W_p)}{W_{п} + W_p} + \frac{l_{\Gamma} (v_{\Gamma} + v_x)}{v_{\Gamma} \cdot v_x}. \quad (2.11)$$

Відповідно отримаємо:

$$l_{\Gamma} = q_H \left[ \frac{\gamma n_{тр}}{0,1 B_p v_p \tau n_{пр-п}} + \frac{W_{п} + W_p}{W_{п} \cdot W_p} \right] \cdot \frac{v_{\Gamma} \cdot v_x}{v_{\Gamma} + v_x}. \quad (2.12)$$

Враховуючи середню ефективність операції отримаємо:

$$W_{п-р} = \frac{2 W_{п} \cdot W_p}{W_{п} + W_p}. \quad (2.13)$$

Також швидкість:

$$v_{\Gamma-x} = \frac{2v_{\Gamma} \cdot v_x}{v_{\Gamma} + v_x}. \quad (2.14)$$

А отже:

$$l_{\Gamma} = \frac{q_H v_{\Gamma-x}}{2} \left[ \frac{\gamma n_{\text{тр}}}{0,1 B_p v_p \tau n_{\text{пр-п}}} - \frac{2}{W_{\text{п-р}}} \right]. \quad (2.15)$$

Отже, представлена методика визначення довжини маршруту автомобіля та зв'язок цього чинника з показником результативності.

### 2.3. Показники ефективності машиновикористання

Результативність застосування техніки для перевезення сіна в рулонах можна оцінити на основі набору показників, визначення яких є метою диференційованого підходу. Цей підхід полягає в порівнянні значень показників результативності використання техніки з аналогічними, найкращими показниками, які прийняті для порівняння.

При виборі критеріїв результативності використання техніки для перевезення грубих кормів у рулонах слід врахувати такі вимоги:

1. Значимість кожного критерію у загальному наборі. Необхідно обирати та використовувати найважливіші критерії, тобто ті, які найбільше впливають на ефективність транспортування грубих кормів у рулонах.

2. Оцінювання критеріїв результативності повинно здійснюватися з урахуванням досягнутого рівня відповідних значень.

3. Варто враховувати можливість підвищення значень критеріїв через різні заходи, зокрема технічні, як на етапі розробки проекту технологічного процесу, так і під час його впровадження.

4. Необхідність розширення застосування обраних критеріїв на подібні технологічні агропроцеси.

5. Логічність структури. Усі окремі критерії мають бути однорідними в даній групі, не допускаючи якісного дублювання під час оцінки результативності транспортування грубих кормів у рулонах і уникати зайвих

критеріїв.

6. Сумісність критеріїв результативності перевезення грубих кормів у рулонах з певними показниками якості технологічного процесу.

7. Можливість оцінювання критеріїв результативності та перевірки результатів під час повторних досліджень.

8. Доцільність практичного використання в реальному аграрному виробництві.

З урахуванням зазначених умов формуються склад і структура критеріїв результативності перевезення грубих кормів у рулонах.

Ефективність роботи транспортного засобу є ключовим показником його експлуатації. Однак, цей показник залежить від максимальної вантажопідйомності автомобіля та коефіцієнта його використання.

Крім того, використання зайвих критеріїв під час оцінювання ефективності будь-якого технологічного процесу є неприйнятним.

Враховуючи можливість оцінки коефіцієнта використання вантажопідйомності транспортного засобу та перевірки його значень під час повторних досліджень, було вирішено використовувати цей показник як одиничний критерій результативності.

Для зниження собівартості транспортних операцій важливо підвищувати продуктивність техніки. При цьому необхідно враховувати обмеження, пов'язані з вантажопідйомністю. Коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу не повинен перевищувати одиницю.

При встановленні бажаного значення цього коефіцієнта необхідно враховувати, що обмеженням є максимально дозволені (відповідно до правил дорожнього руху) розміри, а також ризики втрати контролю і перекидання автомобіля.

Враховуючи, що максимально допустима швидкість транспортування визначається типом дороги і неможливістю випадіння рулонів сіна з кузова під час руху, можна припустити, що втрати рулонів при перевезенні до місця

зберігання або продажу не відбудуться. Це припущення підтверджується результатами багаторічного спостереження за транспортуванням рулонів сіна. Втрати спостерігалися в основному під час перевезення за відсутності належного закріплення рулонів та перевантаженості транспортного засобу.

Втрат при перевезенні до місця реалізації не зафіксовано, тому цей до розгляду не приймаємо.

Отже, визначено такі одиничні критерії результативності перевезення грубих кормів у рулонах, враховуючи їхнє ранжування:

- 1) питомі затрати,  $C$ , грн./км·рул.;
- 2) вартість використання та утримання механізованих засобів, що задіяні у технологічних операціях,  $\gamma$ ;
- 3) вартість роботи персоналу, що задіяний при виконанні робіт,  $T$ , люд.-год.;
- 4) питома металомісткість засобів механізації,  $M_{num.}$ , кг·км·рул.;
- 5) втрата готової продукції під час виконання робіт,  $\Pi$ , %.

Під час сортування параметрів ефективності перевезення грубих кормів у рулонах було оцінено їх значущість за зростанням з присвоєнням кожному певного рангу у вигляді цілих чисел. Використовувався метод прямого ранжування, де найважливіший параметр отримував ранг  $1$ , а найменш важливий –  $m$ .

Після цього проводили обробку переваг і аналіз отриманих рангів, визначаючи відносну важливість кожного з параметрів. У результаті прямого ранжування ефективності транспортування кормів у рулонах було отримано їхній розподіл за значимістю з урахуванням результатів оцінки показників.

Було виконано обчислення коефіцієнтів кореляції між рангами для оцінки ступеня взаємозв'язку між показниками  $\rho$  Спірмена:

$$\rho = 1 - \frac{6}{m(m^2 - 1)} \sum_{i=1}^m (r_{1i} - r_{2i})^2, \quad (2.16)$$

де  $m$  – кількість показників;

$r_{1i}$  і  $r_{2i}$  – ранг показника.

Коефіцієнти  $\rho$  знаходяться в діапазоні  $-1...+1$ . Якщо  $\rho = +1$ , то ранжування рівнозначне, при  $\rho = -1$  – протилежне, за  $\rho = 0$  не піддається оцінці за допомогою лінійної кореляції..

Рівність (2.16) описує діапазон значень  $\rho$ , в якому вони мають значний вплив та визначаються із рівності  $\rho > \rho\alpha$ :

$$S_\rho < S_\alpha, \quad (2.17)$$

де  $S_\rho = \frac{m(m^2-1)}{6}(1-\rho)$ .

Беручи до уваги (2.2) матимемо:

$$\alpha = \{S_\rho < S_\alpha/m\} = P\{S_\rho \geq S_{max} - S_\alpha/m\}. \quad (2.18)$$

Показники  $S_{max}$  і  $S_{min}$  отримані із довідкової літератури.

Проведені вишукування виявили, що  $\alpha_i > \alpha = 0,05$ .

Оцінювання проводилось по середнім коефіцієнтам Спірмена:

$$\rho = 2 \sum \frac{\rho_i}{n(n-1)}. \quad (2.19)$$

Встановлено, що  $\rho = 0,818$ .

Використавши метод відносних частот, було розраховано коефіцієнти, що відображають значущість кожного параметра ефективності перевезення рулонів грубого корму:

$$\alpha_i = \sum_{l=1}^n r_j^l / \sum_{l=1}^n \sum_{l=1}^m r_j^l, \quad (2.19)$$

в якому  $r_j^l$  – ступінь, назначена j-му окремому параметру.

Отже, для оцінки ефективності машиновикористання в процесі перевезення рулонів сіна пропонується застосовувати як диференційований підхід, оцінюючи кожен параметр окремо, так і комплексний підхід, аналізуючи їх у сукупності. Це передбачає формування узагальненого критерію, де враховується значущість окремих показників ефективності.

## Висновки до розділу 2

1. Розроблено послідовний підхід для оцінки ефективності роботи

машин, призначених для перевезення рулонів грубого корму.

2. Запропоновано поділ критеріїв, що мають вплив на ефективність машиновикористання, на дві категорії: конструктивно-технологічні та експлуатаційно-організаційні.

3. Обґрунтовано основні критерії ефективності використання таких машин, серед яких: вартість перевезення 1 рулону сіна на 1 км, ефективність використання вантажопідйомності, трудомісткість при розвантаженні рулону, питома металоємність транспорту та рівень пошкоджень рулонів під час транспортування.

## 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГРУБИХ КОРМІВ

### 3.1. Основні характеристики рулонів сіна

Габарити та вага рулонів сіна є важливими показниками для визначення ефективності їх транспортування, адже від них напряду залежить кількість рулонів, яку може перевезти транспорт, а також для розробки і обґрунтування технічних вимог до проектованої платформи. Вихідними даними для проведення розрахунків є наступні:

$m_p$  – вага рулону, кг;

$D_p$  – діаметр рулону, мм;

$H_p$  – довжина рулону, мм.

Для проведення натурних випробувань обрано агрегати ППР-120 “Pelikan” та ПР-Ф-110, що набули значного поширення при виконанні даного виду робіт в господарствах. Отримані лінійні показники приймались до розрахунку як середнє значення чотирьох вимірювань. Вимірювання вологості виконано з використанням приладу «ЕЛВІЗ-2С» (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Прилад для визначення вологості «ЕЛВІЗ-2С»

Вологість визначена у відповідності до формули:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} 100\%, \quad (3.1)$$

де  $m_1$  – маса зібраного сіна, г;

$m_2$  – маса сіна після сушки, г.

Вага кожного тюку сіна визначена на вагах типу 2СКП 1515 після їх перевірки шляхом зважування еталону. Геометричні параметри рулонів сіна визначені за допомогою металевої рулетки після її компарування у відповідності до температури повітря під час виконання замірів, при цьому прийняті значення визначалися по максимальному значенню діаметру рулонів  $D_p$  та мінімальній довжині  $H_p$  після одразу після їх формування (рис. 3.2).

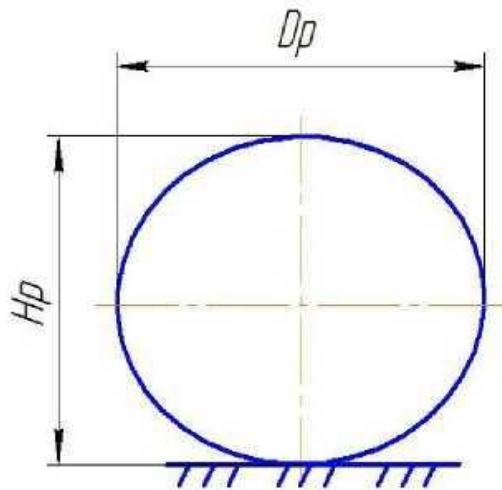


Рисунок 3.2 – Схема проведення вимірювань габаритів рулонів при вивантаженні із преса-подрібнювача

Результати вимірювань структувалися за правилами статистики. Застосовані параметри характеризуються числовою варіативністю, що обумовлює потребу у їхній статистичній обробці.

Діапазон надійності для середнього значення вибірки з усіх проведених вимірювань можна обчислити за допомогою такої формули:

$$\bar{x} \pm \frac{tS}{\sqrt{n}}, \quad (3.2)$$

де  $\bar{x}$  – усереднений показник параметру;

$t$  – статистичний критерій Стьюдента;

$S$  – стандартне відхилення;

$n$  – розмір вибірки для аналізу.

Щоб зменшити похибку вибірки до бажаного рівня, слід врахувати, що максимальну похибку можна обчислити за допомогою певної формули під час визначення середнього значення:

$$S_{\bar{x}} = \frac{tS}{\sqrt{n}} \quad (3.3)$$

Відповідно обсяг вибірки:

$$n = \frac{t^2 S^2}{S_{\bar{x}}^2}. \quad (3.4)$$

Враховуючи показник критерію  $t_{0.5} = 2$  та  $t_{0.1} = 3$  що будуть відповідати 95 та 99-відсотковій імовірності. Відповідного встановимо для 5 та 1-відсоткового рангу впливу відповідно до виразів:

$$n_{0.5} = \frac{4S^2}{S_{\bar{x}}^2}, \quad (3.5)$$

$$n_{0.1} = \frac{9S^2}{S_{\bar{x}}^2}. \quad (3.6)$$

У наведених рівняннях як дисперсія, так і похибка можуть бути виражені як у абсолютних, так і у відносних одиницях, наприклад, у процентах.

Для розрахунку необхідного обсягу вибірки потрібно мати дані про варіабельність ознаки ( $S$ ) та заздалегідь визначити величину похибки ( $S_{\bar{x}}$ ). Ця величина повинна бути приблизно у 2–3 рази меншою за значення, які планується отримати для середніх показників порівнюваних груп:

$$S_{\bar{x}} = \frac{HCP}{2 \div 3}, \quad (3.7)$$

де  $HCP$  – мінімально значуща відмінність між середніми значеннями порівнюваних показників. Цей показник  $HCP$  має дорівнювати п'яти відсоткам.

Згідно з дослідницьким підходом, було проведено вимірювання ваги ста рулонів, створених прес-підбирачами ПР-Ф110, і ста рулонів, сформованих прес-підбирачами ППР-120 “Pelikan”. Перед початком роботи машини були

налаштовані на задану щільність, щоб отримати рулони вагою 150 кг та 250 кг відповідно для ПР-Ф110 і ППР-120 “Pelikan”.

Визначали число класів у статистичному ряді відповідно до виразу  $N_u = \sqrt{N}$ , де  $N$  – кількість замірів. У нашому випадку число класів становить 10.

Розмір кожного класу визначався за формулою:

$$\Delta W = \frac{m_{p.max} - m_{p.min}}{N_i}, \quad (3.8)$$

в якій  $m_{p.max}$ ,  $m_{p.min}$  – найбільша і найменша маси рулону.

Ширина класу  $\Delta W$  рулонів, утворених за допомогою прес-підбирачів ПР-Ф-110 і ППР-120 “Pelikan”, становить 5 кг.

Масові коливання рулонів показано на рисунках 3.3, 3.4.

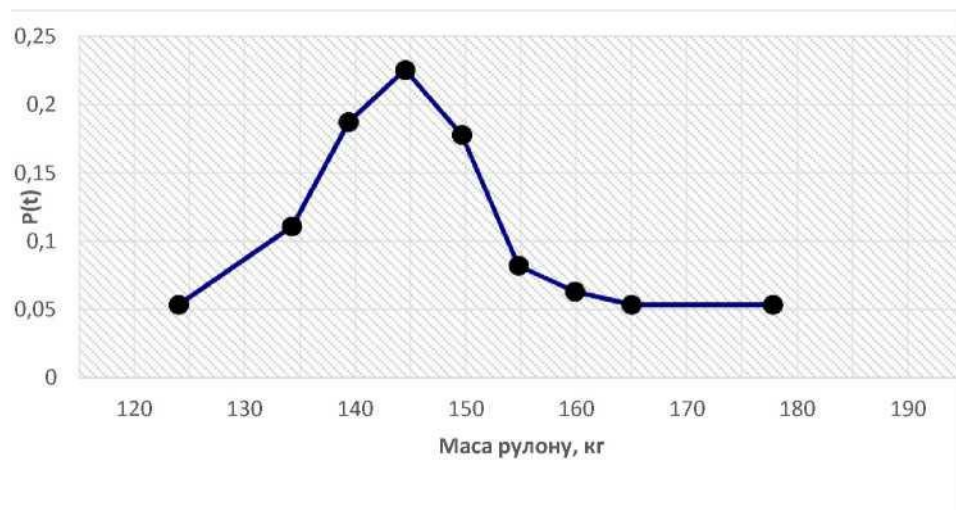


Рисунок 3.3 – Масові коливання рулону, створеного прес-підбирачем ПР-Ф-110

Прес-підбирач ПР-Ф110 створює рулони середньо масою 150 кг, а ППР-120 “Pelikan” – 250 кг. Середньо квадратичне відхилення маси рулону:

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum(m_i - m_{cp})^2}{N}}, \quad (3.9)$$

де  $m_i$  і  $m_{cp}$  – маса рулону та її середнє значення відповідно.

Обчислення виявили, що для рулонів, утворених за допомогою прес-підбирача ПР-Ф-110, стандартне відхилення склало 13 кг, тоді як для рулонів,

отриманих прес-підбирачем ППР-120 “Pelikan” – 11 кг.

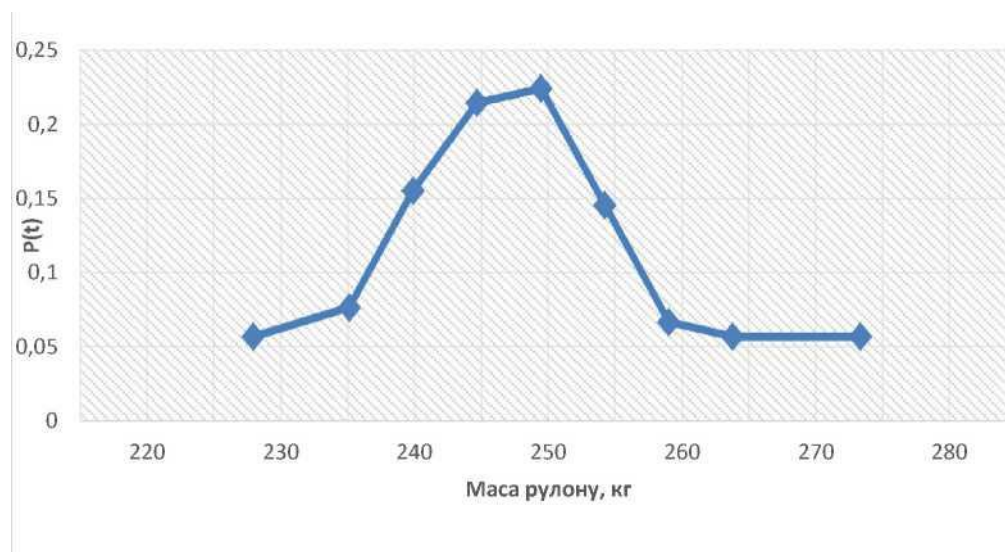


Рисунок 3.4 – Коливання маси рулону, утвореного прес-підбирачем ППР-120 “Pelikan”

Результати вказують на те, точність утворення рулонів розглянутими прес-підбирачами, наближається до розрахункових значень. Середньо квадратичне відхилення маси рулону свідчить про те, що прес-підбирач ППР-120 “Pelikan” виготовляє рулони сіна меншої варіації маси в порівнянні з ПР-Ф-110.

Згідно з дослідницькою методологією, проводилися вимірювання розмірів ста рулонів, створених прес-підбирачем ПРФ-110, а також ста рулонів, виготовлених прес-підбирачем ППР-120 “Pelikan”. Результати варіації діаметра та висоти рулону наведені на малюнках 3.5 і 3.6.

Встановлено, що середнє значення діаметра рулону для прес-підбирача ПР-Ф-110 становить 1,13 м, а висота дорівнює 1,08 м. Для прес-підбирача ППР-120 “Pelikan” ці показники складають 1,24 м та 1,20 м відповідно.

Було обчислено середню еліпсність рулонів, яка є різницею між діаметром і висотою та є незначною. Цей висновок підтверджується значеннями середнього квадратичного відхилення діаметра та висоти. Середні квадратичні відхилення діаметра та висоти рулонів для ПР-Ф-110 становлять 0,11 м і 0,09 м відповідно, а для ППР-120 “Pelikan” – 0,08 м і 0,07 м.

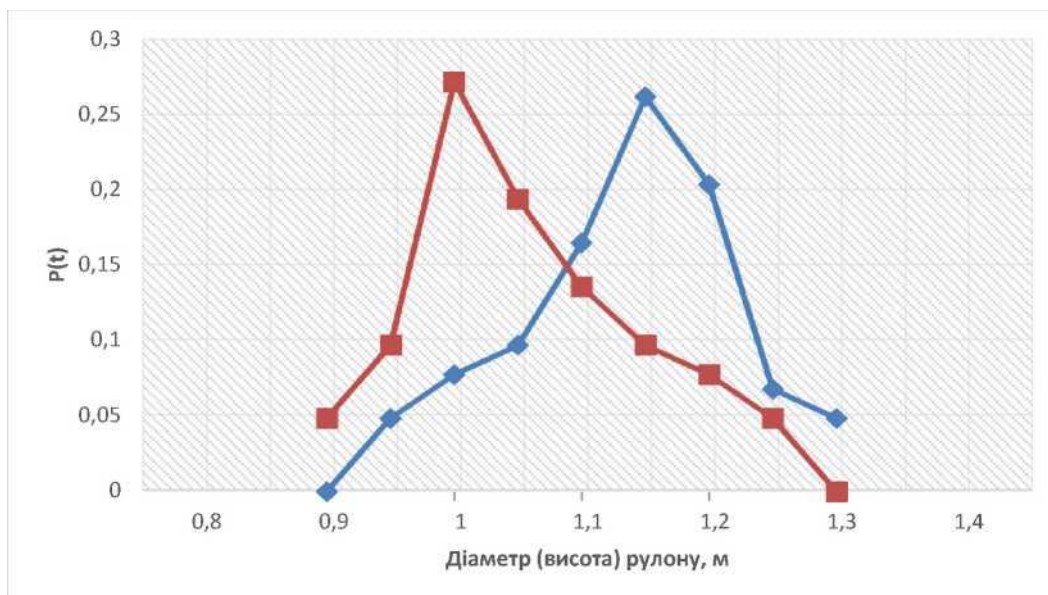


Рисунок 3.5 – Коливання діаметра (червоне) та висоти (синє) рулону, виготовленого прес-підбирачем ПР-Ф-110

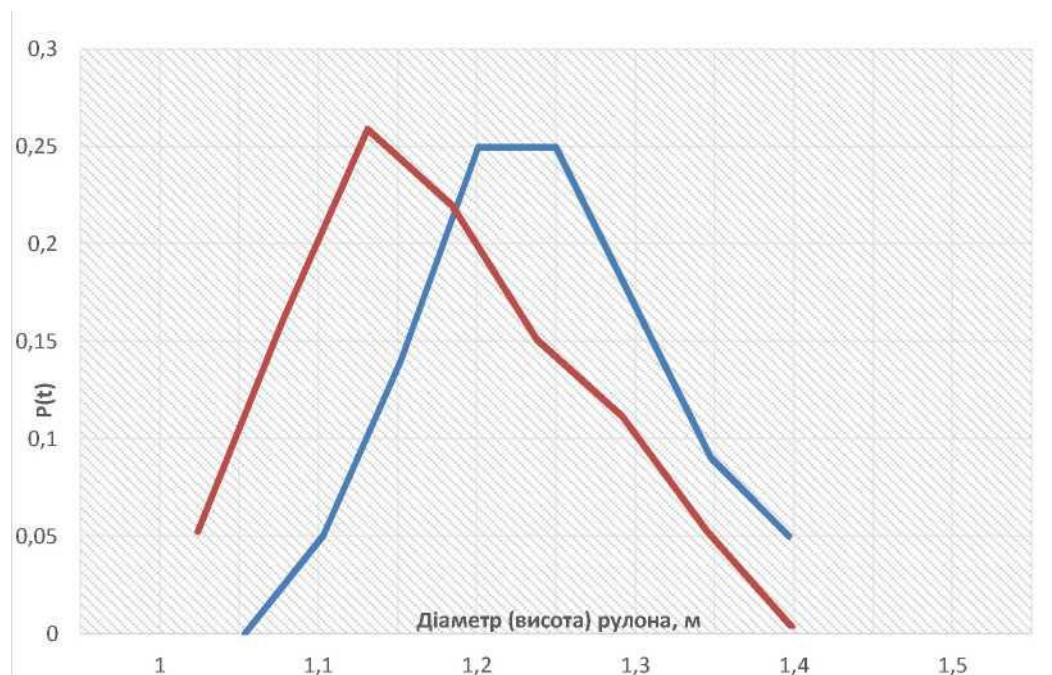


Рисунок 3.6 – Коливання діаметра (червоне) та висоти (синє) рулону, створеного прес-підбирачем ППР-120 “Pelikan”

Отримані значення середнього квадратичного відхилення діаметра і висоти рулонів для прес-підбирача ППР-120 “Pelikan” є нижчими, ніж для прес-підбирача ПР-Ф-110. Це, ймовірно, пов'язано з більшим ступенем пресування сіна в ППР-120 “Pelikan” у порівнянні з ПР-Ф-110.

Таким чином, рулони, які потрапляють на поле після роботи прес-

підбирача, трансформуються з циліндричної форми в еліптичний циліндр. Встановлено, що зменшення щільності пресування призводить до збільшення еліпсності рулону, і ця характеристика практично не змінюється після перебування на полі більше доби.

### **3.2. Хронометраж транспортування і розвантаження рулонів сіна**

Для оцінки показників ефективності та обчислення загального критерію перевезення грубих кормів у рулонах необхідно визначити:

- середню кількість рулонів сіна, що транспортуються різними засобами під час одного рейсу, а також за весь період дослідження;
- кількість рейсів, здійснюваних для перевезення рулонів, сформованих різними пресами;
- відстань, на яку перевозять рулони;
- пробіг автомобілів та години роботи тракторів під час одного і всіх рейсів перевезення сіна в рулонах;
- споживання пального, мастильних матеріалів та інших рідин технічного призначення;
- ушкодження шпагату, що призводить до псування рулону сіна під час навантаження, транспортування та розвантаження;
- час, необхідний для розвантаження транспорту, та кількість працівників, залучених до цього процесу;
- кількість технічних обслуговувань транспортних засобів за різними категоріями та обсяги використаних витратних матеріалів.

Наведені параметри можна визначити за допомогою хронометражу роботи транспортних засобів. Використовувався вибірковий хронометраж, при якому спостерігали та фіксували лише ті елементи оперативного часу, що стосуються роботи транспортних агрегатів, необхідні для збору даних про кількість перевезених рулонів і тривалість їх розвантаження.

Отримані результати спостережень за експлуатацією машин для

транспортування сіна в рулонах були занесені на спеціально підготовлені бланки, відповідно до вимог стандартів. Після цього проводилася первинна обробка даних, яка полягала у розподілі витрат оперативного часу по визначеним категоріям, а далі здійснювався їх аналіз.

Додатково було застосовано метод спостережень у певні моменти, що має на меті репрезентативну оцінку показників загальної групи на основі аналізу вибіркової групи. Завдяки цьому підходу суттєво зменшилася трудомісткість вивчення масових процесів. Цей метод дозволяє розширити обсяг вибірки вивчених дій, при цьому витрати ресурсів і часу залишаються практично незмінними в порівнянні з повним хронометражем. Крім того, підвищується точність зібраної інформації.

Основним документом у процесі хронометражу був спостережний бланк. Окрім цього, використовувався журнал для фіксації потрібних пояснень. Для реєстрації результатів вимірювань характеристик рулонів було створено спостережні бланки.

У журналі фіксувалися умови досліджень:

1. Характеристики ділянки, з якої проводився вивіз рулонів сіна: рельєф, ухили та інші параметри.
2. Характеристики шляхів, по яких відбувається транспортування рулонів сіна: тип покриття, ухили на підйомах і спусках тощо.
3. Середні значення розмірно-масових параметрів рулонів сіна.
4. Середня вологість сіна в рулонах.
5. Опис транспортного засобу: тип і модель, вантажопідйомність.

У ході дослідження визначалися функціональні параметри машин: швидкість перевезення (км/год) та кількість безперешкодних переміщень по ділянці. Спостереження за експлуатацією транспортних засобів під час заготівлі кормів проводилися протягом трьох сезонів (з 2023 по 2024 р.).

В завершення кожної зміни проводилася попередня обробка хронокарт. Зокрема, формувалися ряди хронометражу за кількістю перевезених рулонів, використовуючи однотипні прес-підбирачі та транспортні засоби. Також

враховувалися тривалість руху техніки по полях і дорогах з ґрунтовим та твердим покриттям, а також час, витрачений на розвантаження.

Склалися статистичні ряди для всіх вивчених параметрів і проводилася їх статистична обробка на основі всіх спостережних бланків. Далі виконувався математичний аналіз отриманих і згрупованих даних щодо елементів основного часу.

Відносна похибка при оцінці середнього значення числового ряду становила 5–10 %. Під час математичної обробки також розраховувався коефіцієнт варіації для досліджуваного показника. Отримані статистичні ряди дозволили створити гістограми для кожного показника і визначити залежності їх змін.

Провели хронометраж перевезення рулонів сіна з використанням різних серійних транспортних засобів: МТЗ-82.1 з двома причепами 2ПТС-4,5, ГАЗ-3302 «Газель», ГАЗ-САЗ-3507/35071 і КАМАЗ-45144, а також спеціалізованих машин для розвантаження з платформою. Визначили середньорічну кількість рулонів, що перевозяться, залежно від відстані до місць зберігання та реалізації, що відображено в таблиці 3.1.

Дослідження показало, що протягом сезону в господарстві було спресовано 8326 рулонів сіна, використовуючи два типи прес-підбирачів – ПР-Ф-110 і ППР-120. Усі рулони були доставлені до місця зберігання, з них 10 призначалися для годівлі тварин, решта – для реалізації.

Більшість рулонів (83,7 %), які перевозили на відстань до 3 км (від поля до місця зберігання), транспортували автомобілі ГАЗ-3302 «Газель» і ГАЗ-САЗ-3507/35071.

Перевезення силосу в рулонах до найближчих селищ переважно виконувалося за допомогою автомобіля ГАЗ-3302 «Газель», що становило 66,6 % від загального обсягу.

Основну частину рулонів сіна (82,7 %) при доставці на значні відстані транспортували за допомогою автомобіля КАМАЗ-45144 у складі з причепом.

Аналізуючи отримані дані, слід зазначити, що зі збільшенням відстані

перевезення рулонів сіна від прес-підбирачів ПРФ-110 і ППР-120 за допомогою автомобілів ГАЗ-3302 «Газель» і ГАЗ-САЗ-3507/35071 спостерігається зменшення кількості рулонів, які можуть бути перевезені одним транспортом за один рейс.

**Таблиця 3.1 – Середня кількість рулонів, які перевозяться транспортним засобом**

Марка транспортного засобу	Показник	Кількість перевезених рулонів на відстань		
		До 3 км	Від 3 км до 20 км	Від 20 км до 100 і більше
МТЗ-82.1 + 2ПТС-4.5	всього	1361	-	-
	На один ТЗ за один рейс від ПР-Ф-110	14,2	-	-
	На один ТЗ за один рейс від ППР-120	12,7	-	-
ГАЗ-3302 «Газель»	всього	3991	1406	1072
	На один ТЗ за один рейс від ПР-Ф-110	9,28	8,9	8,6
	На один ТЗ за один рейс від ППР-120	5,71	5,2	4,8
ГАЗ-САЗ- 3507/35071	всього	2974	704	-
	На один ТЗ за один рейс від ПР-Ф-110	10,1	8,2	-
	На один ТЗ за один рейс від ППР-120	10,6	9,0	-
КАМАЗ-45144 з причепом	всього	-	-	5124
	На один ТЗ за один рейс від ПР-Ф-110	-	-	38,1
	На один ТЗ за один рейс від ППР-120	-	-	36,7

Варто підкреслити, що кількість рулонів сіна, які перевозилися, іноді

була обмежена максимальними габаритами транспортного засобу з вантажем, згідно з правилами дорожнього руху. Окрім цього, механізатор, який обслуговує машинно-тракторний агрегат МТЗ-82.1 з причепом 2ПТС-4,5, та водії автомобілів мають великий досвід і високий рівень кваліфікації, що дозволяє їм ефективно виконувати перевезення рулонів до місць зберігання та реалізації протягом багатьох років.

Ще однією важливою метою хронометражу є оцінка часу, необхідного для розвантаження транспортного засобу. Час розвантаження рулонів включає не лише основний (безпосередній) час вивантаження, але й час, витрачений на під'їзд з маневруванням до потрібного місця, а також на від'їзд від нього. Цей час також враховує період, необхідний для відкриття та закриття борту, а також для активації системи вивантаження, якщо використовуються самоскиди.

**Таблиця 3.2 – Результати хронометражу розвантаження транспортних засобів**

Марка транспортного засобу	Елементи витрат часу зміни	Частка, %	Середнє значення, с	Середнє Квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації
МТЗ-82.1 + 2ПТС-4.5	Під'їзд	60,8	581	111,2	0,19
	Розгрузка	19,4	185	15,4	0,08
	Від'їзд	19,8	189	19,4	0,10
ГАЗ-3302 «Газель»	Під'їзд	28,6	176	19,5	0,11
	Розгрузка	48,5	298	27,2	0,15
	Від'їзд	22,9	141	28,1	0,09
ГАЗ-САЗ-3507/35071	Під'їзд	49,5	246	34,5	0,14
	Розгрузка	21,7	108	15,9	0,15
	Від'їзд	28,8	143	11,8	0,08
КАМАЗ-45144 з причепом	Під'їзд	49,2	439	81,0	0,18
	Розгрузка	26,1	233	25,4	0,11
	Від'їзд	24,7	221	35,6	0,16

Варто зазначити, що під час вивантажування не застосовувалися інші механізовані засоби. Результати аналізу витрат часу на різні етапи розвантажувальних операцій (табл. 3.2). Наведені дані свідчать про наступне:

1. Час, витрачений на під'їзд до потрібної ділянки та від'їзд з неї, займає значну частину загального часу. Це спостереження характерне для всіх вивчених транспортних засобів. Часові витрати на ці етапи залежать від низки факторів, таких як умови під'їзду, кваліфікація водія та інші.

2. Найбільший час на безпосереднє вивантаження рулонів необхідний бортовому автомобілю ГАЗ-3302 «Газель», так як цей процес відбувається в ручному режимі.

3. Автомобіль КАМАЗ-45144 потребує незначно більшого часу на вивантажування рулонів у порівнянні з ГАЗ-САЗ-3507/35071. Проте, КАМАЗ-45144 без додаткового устаткування дає змогу транспортувати на 10–12 рулонів більше в порівнянні з ГАЗ-САЗ-3507/35071.

### **3.3. Дослідження показників ефективності машиновикористання**

Дослідження проводилися в умовах різних видів перевезень: загальногосподарського призначення (< 3 км), внутрішньогосподарського (3...20 км) і позагосподарського (20...100 км). Операції виконувалися з рулонами, виготовленими за допомогою двох різновидів прес-підбирачів: ПР-Ф-110 та ПРП-120. Згідно з цією класифікацією було проведено експериментальні дослідження, спрямовані на оцінку машиновикористання.

Розглядалися такі транспортні засоби:

- для загальногосподарських перевезень: трактор МТЗ-82.1 в поєднанні з 2ПТС-4,5 та вантажний автомобіль ГАЗ-3302 «Газель»;
- для внутрішньогосподарських перевезень: вантажні автомобілі ГАЗ-3302 «Газель» та самоскидний автомобіль ГАЗ-САЗ-3507/35071 з тристороннім вивантаженням;
- для позагосподарських перевезень: вантажні автомобілі ГАЗ-3302

«Газель» та самоскид КАМАЗ-45144 + причеп (рис. 3.7, табл. 3.3).

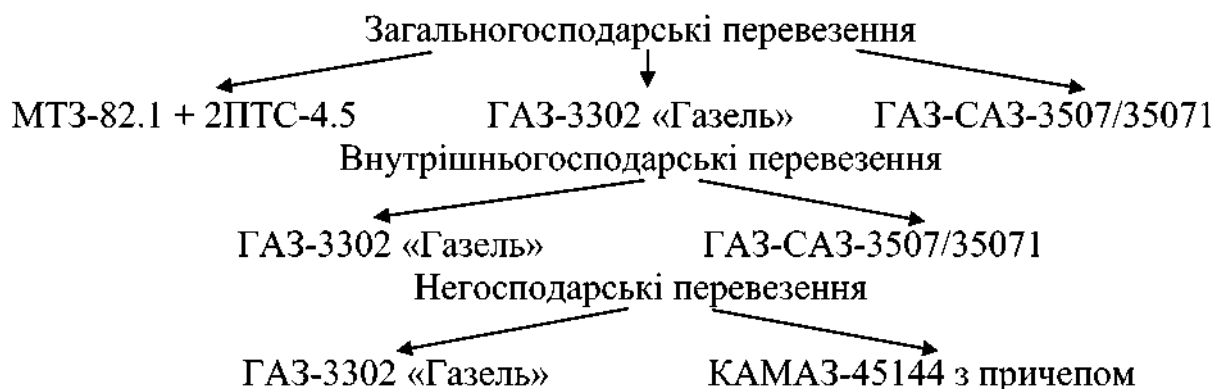


Рисунок 3.7 – Ранжування транспорту відповідно до задач

Таблиця 3.3 – Деякі технічні показники транспортних засобів

Марка транспортного засобу	Вантажопідйомність, кг	внутрішні розміри платформи, м	
		довжина	ширина
МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5	4500	4,080	2,220
ГАЗ-3302 «Газель»	1500	3,056	1,978
ГАЗ-САЗ-3507/35071	3930	3,516	2,280
КАМАЗ-45144 + причіп	14000	5960	2320
	7000	5335	2320

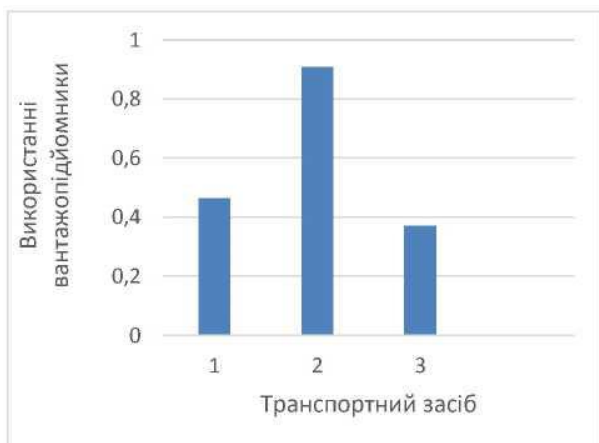
З місця збору до місця зберігання за рік було перевезено 7016 рулонів сіна, отриманих з прес-підбирача ПР-Ф-110, та 9576 рулонів від ПРП-120.

На основі середньої ваги рулонів, що перевезені під час одного рейсу ( $M_p$ ), та максимальної вантажопідйомності ( $q_n$ ) транспортного засобу був розрахований коефіцієнт використання вантажопідйомності (рис. 3.8 – 3.10):

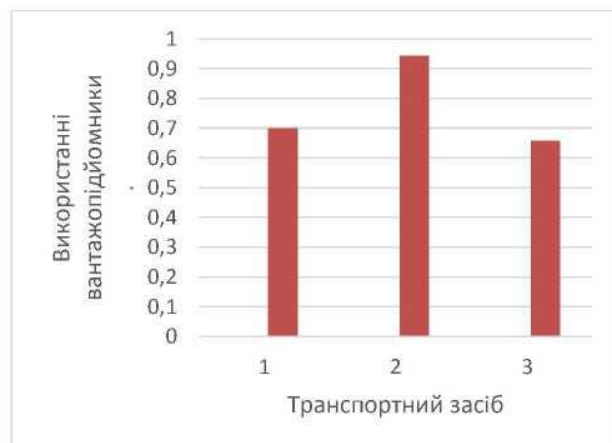
$$\gamma = \frac{M_p}{q_n}. \quad (3.10)$$

Аналіз отриманих результатів вказує на те, що максимальні можливості вантажу автомобіля ГАЗ-3302 «Газель» ефективно використовуються при перевезенні рулонів, створених за допомогою прес-підбирача ПРП-120, на відстань, меншу за 3 км. У разі подовження маршруту спостерігається

зниження коефіцієнта використання вантажопідйомності. Найменшою мірою використовуються вантажні можливості автомобілів КАМАЗ-45144.



а)

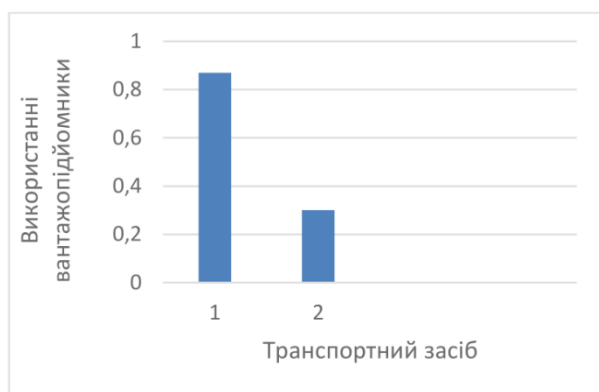


б)

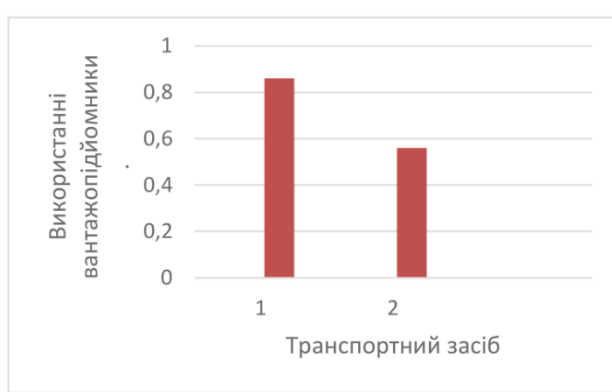
Рисунок 3.8 – Застосування можливостей вантажу автотранспорту для перевезення сіна в рулонах на відстань не більше 3 км: 1 – МТЗ-82.1+2ПТС-4,5; 2 – ГАЗ-3302 «Газель»; 3 – ГАЗ-САЗ-3507/35071

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120



а)

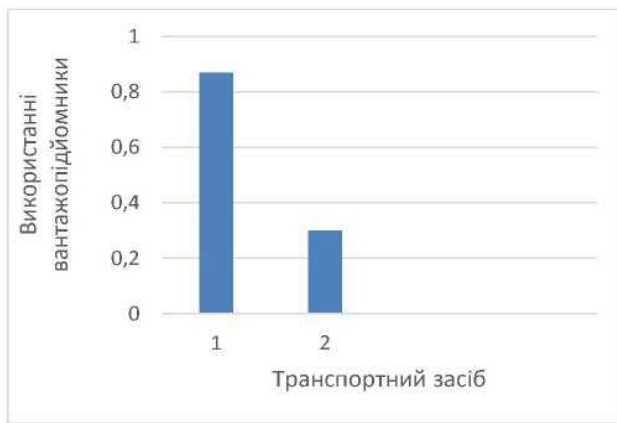


б)

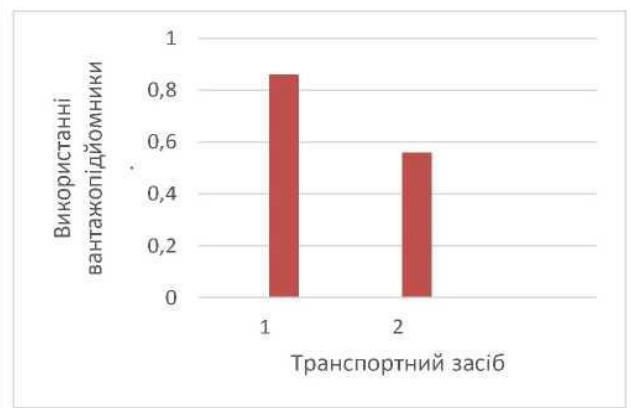
Рисунок 3.9 – Застосування можливостей перевезення автомобіля для транспортування сіна в рулонах на відстань від 3 до 20 км: 1 – ГАЗ-3302 «Газель»; 2 – ГАЗ-САЗ-3507/35071

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120



а)



б)

Рисунок 3.10 – Застосування вантажних можливостей автомобіля для перевезення сіна в рулонах на відстань, що перевищує 20 км:

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120;

1 – ГАЗ-3302 «Газель»; 2 – КАМАЗ-45144 + причіп

Витрати праці на розвантаження проводилися з використанням різних типів транспортних засобів: тракторного самоскидного візка 2ПТС-4,5, бортового автомобіля ГАЗ-3302 «Газель», самоскида ГАЗ-САЗ-3507/35071 та КАМАЗ-45144 з причепом. Вони визначалися як добуток тривалості розвантаження на кількість працівників, які виконували цю операцію. Для виключення впливу несуттєвих чинників враховувався лише основний час, необхідний для розвантаження. З наведених в таблиці 3.2 даних основний час розвантаження для МТЗ-82.1 з 2ПТС-4,5 склав 190 секунд, для ГАЗ-3302 «Газель» – 299 секунд, для ГАЗ-САЗ-3507/35071 – 107 секунд, а для КАМАЗ-45144 + причеп – 230 секунд. Трудомісткість розвантажування розглянутих транспортних засобів показано на рисунку 3.11.

Отже, дані про витрати праці під час розвантаження різних типів серійних автомобілів, не беручи до уваги кількість перевезених рулонів, показали, що найнижчі витрати відзначаються при розвантаженні транспортних засобів ГАЗ-САЗ-3507/35071 і КАМАЗ-45144 (без причепа). Найвищі витрати праці спостерігаються під час розвантаження автомобіля

ГАЗ-3302 «Газель».

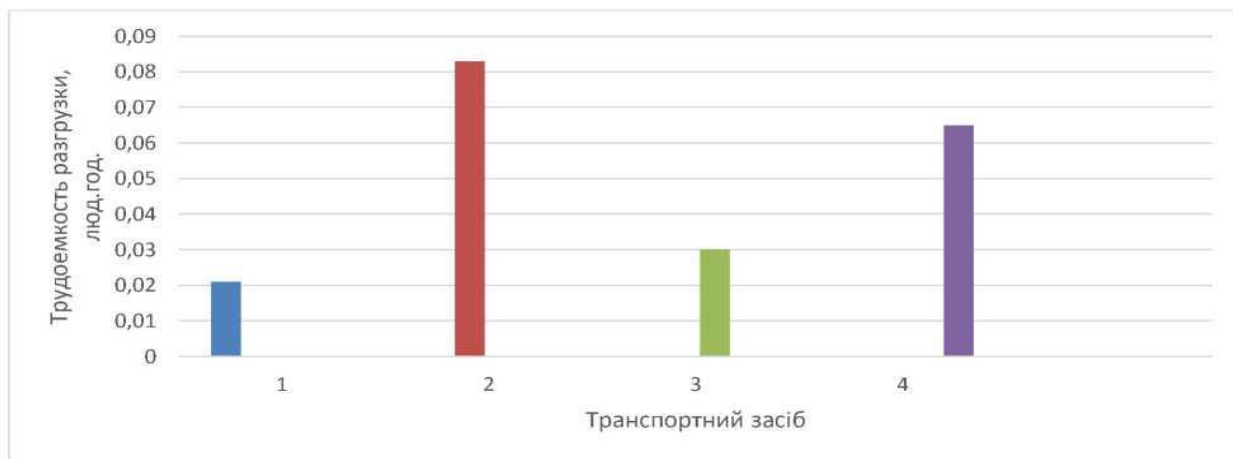


Рисунок 3.11 – Витрати праці на розвантаження: 1 – МТЗ-82.1+2ПТС-4,5; 2 – ГАЗ-3302 «Газель»; 3 – ГАЗ-САЗ-3507/35071; 4 – КАМАЗ-45144 з причепом

Питома металоємністю транспортного засобу – це співвідношення його ваги до кількості перевезених рулонів та подоланої за одну поїздку відстані:

$$M_{\text{пит}} = \frac{M_{\text{тз}}}{l_{\text{г}} N_{\text{р}}}, \quad (3.11)$$

де  $M_{\text{тз}}$  – загальна вага транспортного засобу, що включає всі його компоненти:

МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5 – 5680 кг;

ГАЗ-3302 «Газель» – 1940 кг;

САЗ 3507 – 3150 кг;

КАМАЗ-45144 + причеп – 15450 кг (рис. 3.12 – 3.14).

Дослідження виявили, що транспортування на дистанцію менше 3 км є найефективнішим з урахуванням питомої металоємності при використанні автомобіля ГАЗ-3302 «Газель», тоді як для великих відстаней оптимальним варіантом є автомобілі КАМАЗ-45144 + причеп.

Оцінка пошкоджень рулонів сіна під час навантаження, транспортування та розвантаження проводилася переважно за критерієм ушкодження шпагату із наступним руйнуванням рулону. Виявлено, що залежно від кількості ушкоджених шпагатів, які виникали під час використання прес-підбирачів для формування рулонів, не було виявлено

значних відмінностей.



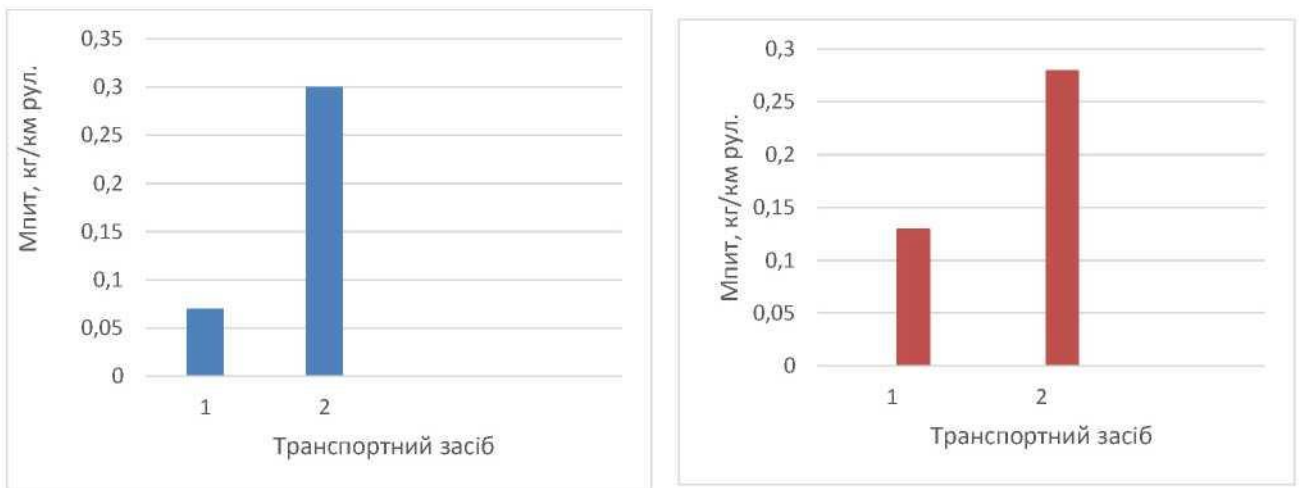
а)

б)

Рисунок 3.12 –  $M_{\text{пит}}$  при транспортуванні рулонів сіна на відстань до 3 км: 1 – МТЗ-82.1+2ПТС-4,5; 2 – ГАЗ-3302 «Газель»; 3 – ГАЗ-САЗ-3507/35071:

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120



а)

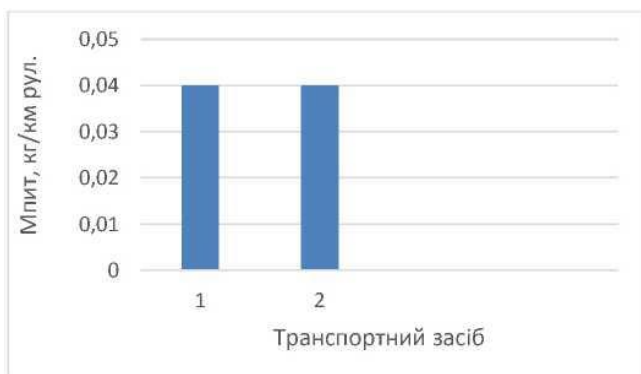
б)

Рисунок 3.13 –  $M_{\text{пит}}$  при транспортуванні рулонів сіна на відстань 3÷20 км: 1 – ГАЗ-3302 «Газель»; 2 – ГАЗ-САЗ-3507/35071:

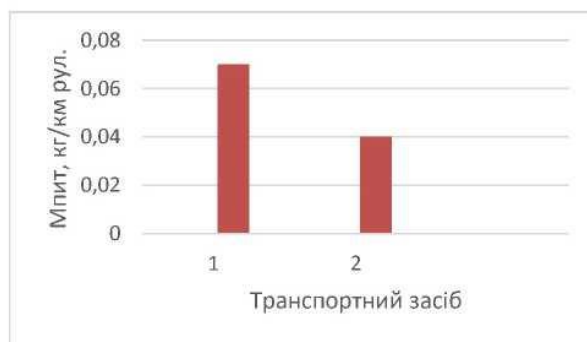
а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120

У результаті дослідження була визначена загальна частка травмованих рулонів (табл. 3.4).



а)



б)

Рисунок 3.14 –  $M_{\text{пит}}$  при транспортуванні рулонів сіна на відстань понад 20 км: 1 – ГАЗ-3302 «Газель»; 2 – КАМАЗ-45144 + причіп:

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120;

**Таблиця 3.4 – Сумарна частка пошкоджених рулонів сіна при навантаженні, транспортуванні та розвантаженні**

Транспортний засіб	Сумарна частка пошкоджених рулонів,% під час транспортування на відстань		
	до 3 км	від 3 км до 20 км	Більше 20 км
МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5	1,6	-	-
ГАЗ-3302 «Газель»	1,8	1,9	2,7
ГАЗ-САЗ-3507/35071	2,0	2,3	-
КАМАЗ-45144	-	-	2,9

Дослідження виявили, що при підвищенні швидкості пересування автомобіля збільшується кількість ушкоджених рулонів. Це спостерігається для всіх категорій перевезень: загальних, внутрішніх і позагосподарських. Таким чином, ефективність використання серійних автомобілів з урахуванням травмування рулону варіюється в значних межах (2,8...1,5 %).

Також були проведені дослідження, спрямовані на виявлення видів робіт, які найбільше впливають на ушкодження (рис. 3.15).

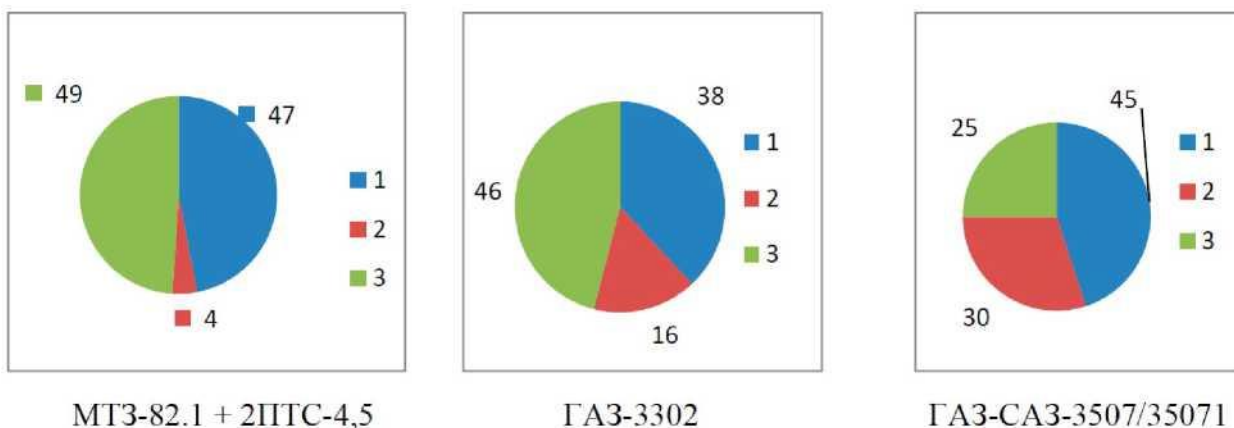


Рисунок 3.15 – Класифікація ушкоджень шпагатів відповідно до видів робіт під час застосування різних автомобілів: 1 – навантаження; 2 – транспортування; 3 – розвантаження

Наведені вище дані свідчить про те, що основна кількість ушкоджень шпагатів під час експлуатації серійних автомобілів виникає під час навантаження та розвантаження рулонів.

### Висновки до розділу 3

1. Дослідження розмірно-масових параметрів рулонів сіна проводилися за допомогою методу статистичної варіаційної оцінки вивчених показників.

2. Після обробки експериментальних результатів було визначено:

- середнє значення ваги рулону сіна, сформованого пресом ПР-Ф-110, дорівнює  $147 \pm 13$  кг, а для преса ППР-120 “Pelikan” –  $248 \pm 11$  кг;

- середній діаметр рулону, утвореного ПР-Ф-110 становить  $1,14 \pm 0,11$  м, а висота –  $1,09 \pm 0,09$  м, тоді як для ППР-120 “Pelikan” ці параметри дорівнюють  $1,23 \pm 0,08$  м і  $1,19 \pm 0,07$  м відповідно;

- середні затрати часу на вивантаження автомобіля ГАЗ-3302 «Газель» склав 298 с, що помітно більше часу, необхідного для розвантаження рулонів самоскидними машинами.

3. Розроблено способи хронометражу діяльності автомобілів.

4. Викладено методологію комплексного оцінювання результативності

автомобілів на загальних, внутрішніх та позагосподарських транспортуваннях рулонів, утворених за допомогою двох типів пресів.

5. Порівняльні дослідження застосування вантажопідйомності автомобілів МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, ГАЗ-3302, ГАЗ-САЗ-3507/35071 і КАМАЗ-45144 + причеп показали, що максимально вантажопідйомність автомобіля ГАЗ-3302 «Газель» використовується при перевезенні рулонів на відстань до 3 км з їх формуванням пресом ПРП-120, ( $y = 0,944$ ), а найменша – у КАМАЗ-45144 при перевезенні легких рулонів ( $y = 0,27$ ).

6. Найменші витрати праці спостерігаються при розвантаженні машин ГАЗ-САЗ-3507/35071 (0,025 люд.-год), а найбільші – під час розвантаження бортового ГАЗ-3302 «Газель» (0,082 люд.-год).

7. Транспортування рулонів сіна на дистанцію менше 3 км є економічно доцільним з боку питомої металоємності автомобілів ГАЗ-3302 «Газель» (0,16 кг/км.рул.), тоді як для більших відстаней найбільш ефективними є автомобілі КАМАЗ-45144 + причеп (0,035 кг/км.рул.).

8. Травмування рулонів варіюється в значному діапазоні (від 2,9 до 1,6 %) залежно від типу автомобіля та його швидкості руху.

## 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БОРТОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ОБЛАДНАНОГО ПЛАТФОРМОЮ

### 4.1. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів платформи для транспортування рулонів сіна

В результаті аналізу наукових досліджень було запропоновано прототип платформи для використання на бортовому транспортному засобі (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Бортова платформа на базі «Газель»

До нижньої основи конструкції прикріплено два бічні відкидні борти 2, що у порівнянні з прототипом мають зменшену висоту. Висота бортів 2 є достатньою для похилого розміщення рулонів 11 на щиті опори. Кожен з бортів 2 оснащено фіксуєчим механізмом 3 і важелем для управління процесом розвантаження 4. Трос 5, що прикріплений до кріпильного пристрою 6 у верхній частині борту 2, активує планку 7 із опорним щитом 12. Планка 7 рухається вздовж напрямних 8. В початкове положення її повертають пружини 9. Похилий задній борт 10 містить механізм налаштування свого нахилу (рис. 4.2).

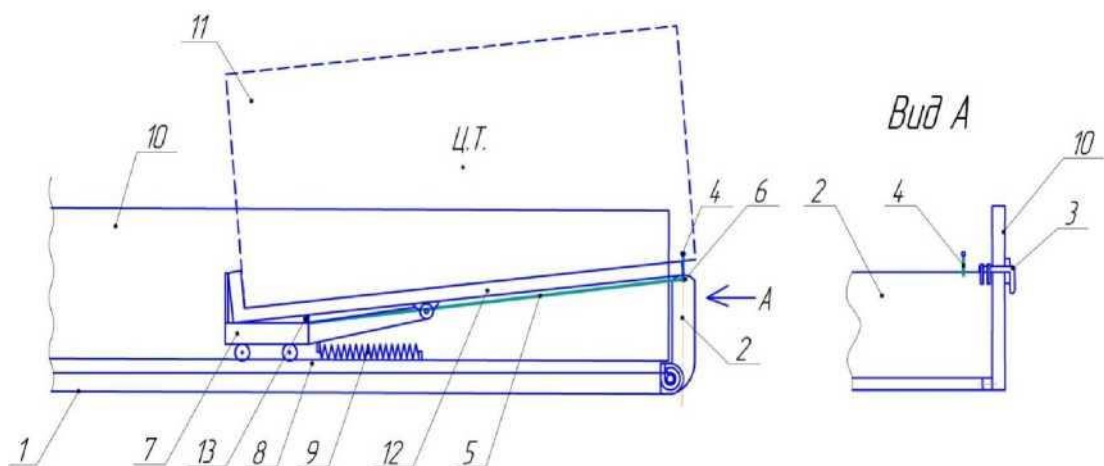


Рисунок 4.2 – Схема експериментальної платформи: 1 – дно платформи; 2 – бічний відкидний борт; 3 – механізм фіксації борту; 4 – важіль управління розвантаженням; 5 – трос; 6 – вузол кріплення гнучкого зв'язку на борту; 7 – рухомий брус; 8 – направляючі; 9 – пружини; 10 – задній борт; 11 – рулон сіна; 12 – опорний щит; 13 – механізм повернення

Конструктивна схема опорного щита 12 (рис. 4.3) складається з горизонтально розташованих круглих або прямокутних труб 1, з'єднаних планкою 2 із листового металу та зігнута радіусом  $R_{рул.}$ , який дорівнює радіусу рулону. Вертикально розташовані стійки 3 листовим металом 4 зварені між собою і з горизонтально розміщеними трубами 1.

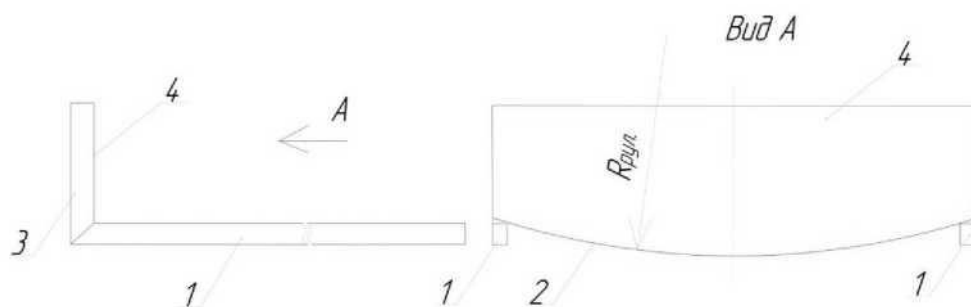


Рисунок 4.3 – Схема опорного щита

В момент відкритті важелем 4 одного з бічних бортиків 2, рухома планка 7 разом із боковим бортиком 2 зміщуються назовні, викликаючи стиснення пружини 9. Як наслідок, рулони 11, які спираються з одного боку на рухома планку 7, а з іншого – на борт 2, переміщуються під кутом назовні. Коли

ексцентриситет вантажу 11 переміщується за край платформи 1, відбувається його вивантаження. Щит опори повертається в початкове положення за допомогою поворотного механізму 13. При закритті бічного борту 2 пружини 9 відновлюють положення рухомого бруса 7, після чого аналогічним чином відбувається вивантаження рулонів 11 сіна з іншої сторони платформи.

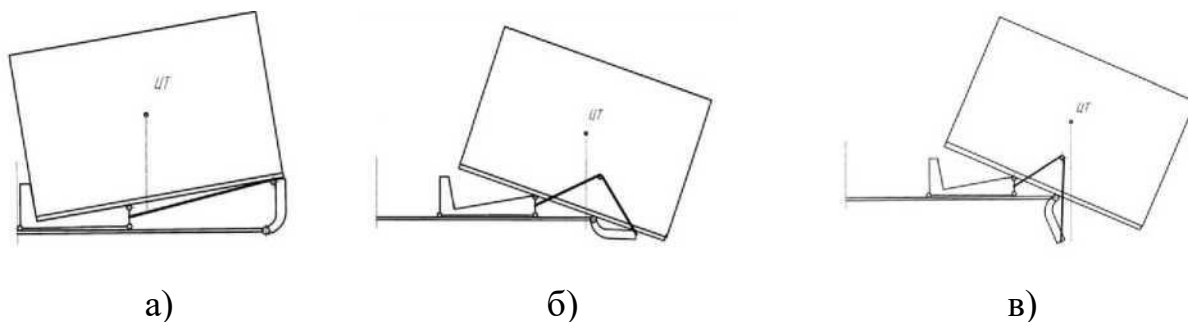


Рисунок 4.4 – Технологічні схеми розвантаження рулонів:

а – початкова, транспортне положення рулону;

б – проміжне положення рулону;

в – вивантаження рулону

Конфігурація платформи, що пропонується, дозволяє змінювати висоту борту, ширину рухомого бруса, розташування шарніра з'єднання рухомого бруса та опорного щита, а також обводити ролики, регулювати жорсткість пружин тощо.

## 4.2. Проведення трифакторного експерименту

У дослідженні платформи використовувався метод експериментального планування, який передбачав врахування основних вимог до факторів: їх незалежність, вимірюваність, можливість варіювання та визначення граничних значень, а також їх вплив на оптимізаційний критерій. Критерієм оптимізації було обрано дію працівника на механізм керування процесом відкидання платформи.

Для вибору факторів на основі їх незалежності та визначення допустимого діапазону зміни попередньо було проведено теоретичні

розрахунки геометрії платформи: встановлення залежності висоти борту  $H$  від тиску на важіль  $P$  та інших геометричних характеристик платформи.

Перейдемо до розгляду загального випадку прикладення сили (рис. 4.5).

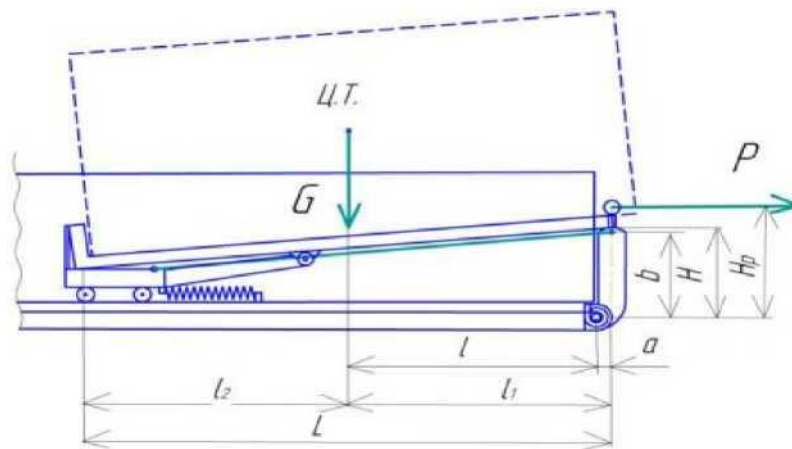


Рисунок 4.5 – Схема до визначення висоти борту платформи

Перейдемо до дослідження стану рівноваги відкидного бічного борту під час його відкриття. Нехай шпагат з'єднання рухомої планки та борту закріплено на висоті останнього. Тоді дистанція між місцем приєднання шпагату до осі повороту є рівною з висотою борту:  $b = H$  (рис. 4.6).

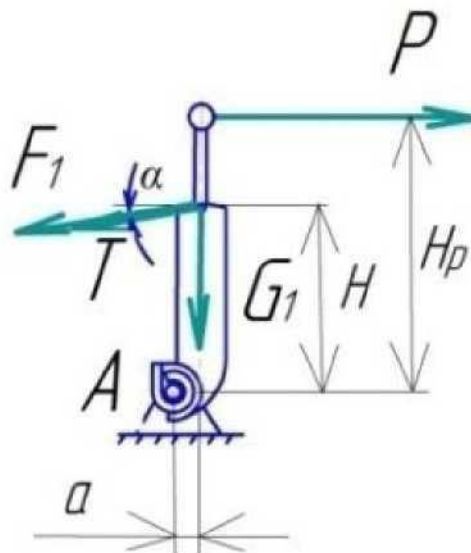


Рисунок 4.6 – Схема дії сил

До врахування мають бути прийняті такі сили:  $P$  – дія оператора на борт під час відкриття,  $T$  – напруга шпагату,  $F_1$  – сила тертя між опорним щитом і

бортом,  $G$  – частина сили ваги рулону та щита опори, що чинить бічний тиск. Сила опору в точці  $A$  до розрахунку не приймається.

Сумарний момент сил в крупленні  $A$  є рівним нулеві:

$$\sum M_a = 0, \quad (4.1)$$

$$P \cdot H_p - T \cdot H \sin \alpha - F_1 \cos \alpha \cdot H + G_1 \cdot a = 0$$

де  $H_p$  – плече сили;

$a$  – центр мас борту, м;

$\alpha$  – початковий кут нахилу щита опори, град.

У (4.1) перед остання складова приймається додатною, якщо петля борту розміщується в напрямку руху бруса, і зі знаком «мінус» – якщо проти такого напрямку.

З (4.1) виразимо силу, яку оператор прикладає до борту під час його відкривання:

$$P = T \frac{H}{H_p} \cos \alpha + F_1 \frac{H}{H_p} \cos \alpha - G_1 \frac{a}{H_p}, \quad (4.2)$$

де  $F_1 \cos \alpha = f_{\text{тр}} G_1$  і  $G_1 = mg \frac{l_2}{L}$ ,

$f_{\text{тр}}$  – коефіцієнт тертя металу по металу;

$m$  – загальна вага рулонів з одночасним їх вивантажуванням та вагою щита опори, кг;

$L$  – дистанція між рухомим брусом та бортом, м;

$l_2$  – горизонтальна дистанція між транспортним центром маси рулону та точкою дотику рухомого брусом платформи до опорного щита, м.

Звідси:

$$P = T \frac{H}{H_p} \cos \alpha + mg \frac{l_2}{L} \left( f_{\text{тр}} \frac{H}{H_p} - \frac{a}{H_p} \right). \quad (4.3)$$

Для визначення сили  $T$  розглянемо дії сил на брус в початковий момент (рис. 4.7).

Сумарна проекція сил на вісь  $Ox$  є рівною нулеві:

$$\sum x = 0,$$

$$T \cos \alpha - F_2 = 0.$$

де  $F_2 = f_k G_2$ ,

$G_2$  – сила ваги рулону і щита опору, яка діє на планку, Н;

$f_k$  – коефіцієнт кочення опорної планки по основі платформи.

$$G_2 = G \frac{l_1}{l},$$

$$T \cos \alpha = f_k m g \frac{l_1}{L}. \quad (4.4)$$

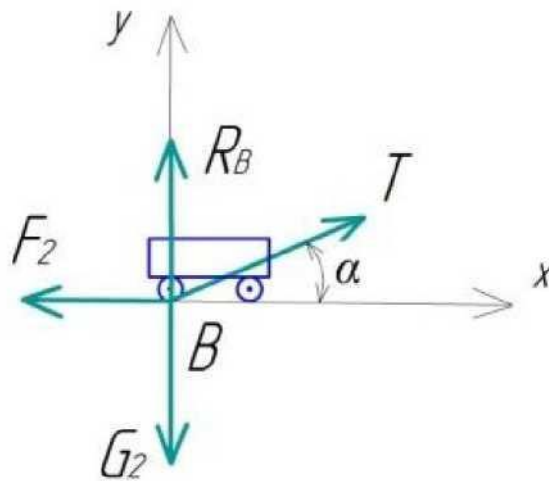


Рисунок 4.7 – Схема сил діючих на рухомий брус

Підстановкою (4.4) в (4.3) після відповідних перетворень отримаємо:

$$P = m g \frac{H}{H_p L} (f_k l_1 + f_{тр} l_2) - m g \frac{l_2}{L} \cdot \frac{a}{H_p}. \quad (4.5)$$

Отримане рівняння дає можливість обчислити діючу на важіль силу у момент початку підйому борта платформи, виходячи з певних геометричних характеристик платформи.

За допомогою обчислень отримано графік, який відображає залежність висоти борта від відстані  $l_1$  під час вивантаження рулонів, утворених за допомогою прес-підбирача ПР-Ф-110 (рис. 4.8).

Аналіз графіка показав, що його можна дуже точно ( $R^2 = 0.994$ ), та виражається наступним виразом:

$$l_1 = 0,43H^2 + 0,32H + 0,5. \quad (4.6)$$

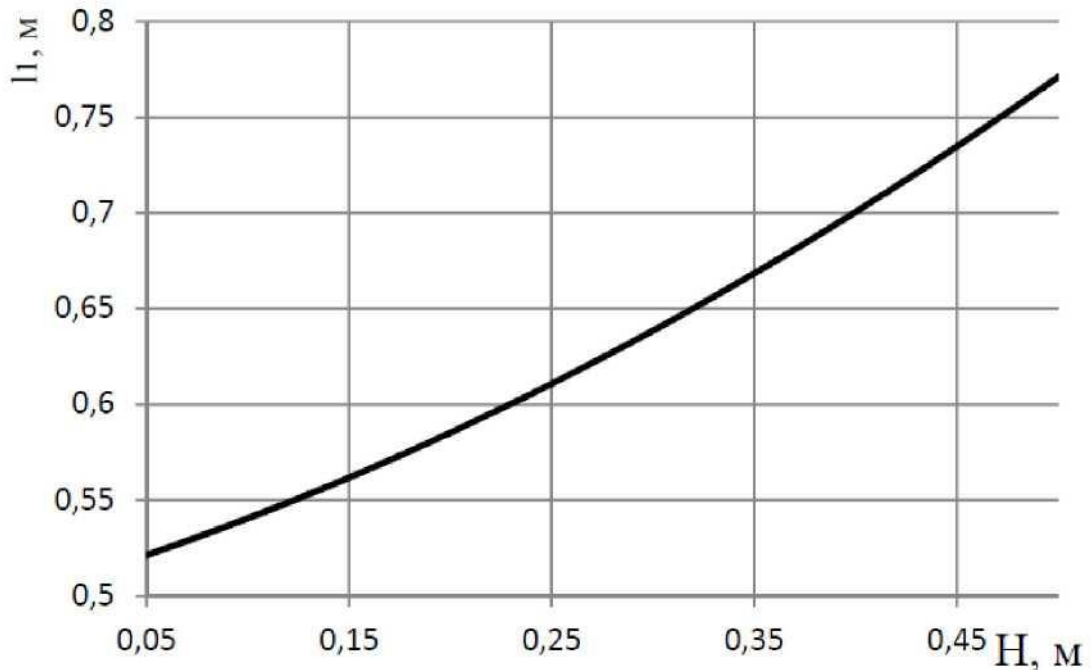


Рисунок 4.8 – Зміна відстані  $l_1$  під час підйому платформи

Вищенаведена рівність використовується для знаходження критичного зміщення центру маси платформи, та після модифікації ( $P=0$ ) має наступний вигляд:

$$a \leq \frac{H}{l_2} (f_k l_1 + f_{\text{тр}} l_2). \quad (4.7)$$

Необхідно враховувати обмеження робочого місці оператора устаткування, що накладаються на величину зусилля  $P$  та плеча його прикладання, тому наступні обчислення виконуються при заданій її величині:

$$H = \frac{P \cdot H_p L}{mg(f_k l_1 + f_{\text{тр}} l_2)} + \frac{a l_2}{f_k l_1 + f_{\text{тр}} l_2}. \quad (4.8)$$

Формула (4.8) дає можливість розрахувати величину бокової стінки платформи. Розглянемо два способи вивантаження тюків сіна з платформи.

Перший спосіб. Тюк сіна почне рухатися по опорній панелі, якщо кут нахилу цієї панелі буде дорівнювати або перевищувати кут статичного тертя між тюком і сталеву поверхню.

Проаналізуємо співвідношення конструктивних характеристик

платформи: висоти ( $h$ ) місця кріплення шарніра на рухомій рейці, висоти ( $H$ ) бокової стінки та ексцентриситету стінки ( $a$ ). Сформулюємо умову для початку руху тюка по опорній панелі.

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h}{\Delta} \geq \operatorname{tg}[\beta], \quad (4.9)$$

де  $h$  – дистанція від осьової лінії шарніра рухомої балки до нижньої частини платформи;

$[\beta]$  – кут статичного тертя тюка сіна на сталевій поверхні.

Із наведеного вище отримаємо:

$$h = \Delta \operatorname{tg}[\beta]. \quad (4.10)$$

Після аналізу утвореного трикутника  $ACD$  отримуємо вираз для розрахунку величини зміщення платформи  $\Delta$ :

$$H_2 = 2H_1 \sin^{\gamma} / 2. \quad (4.11)$$

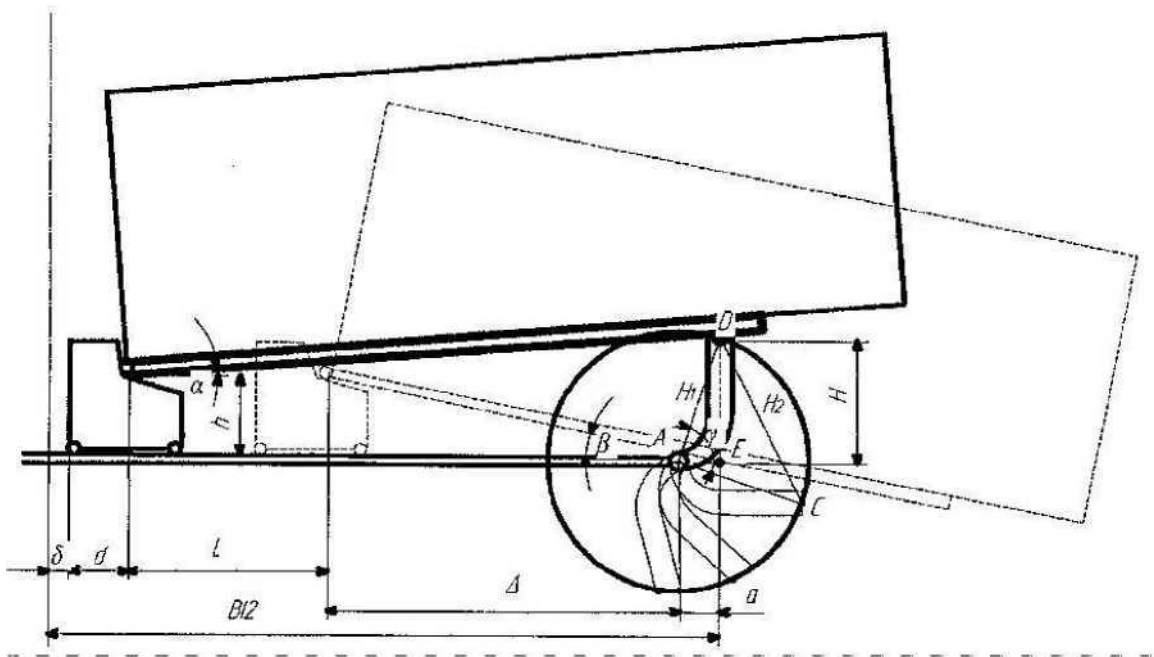


Рисунок 4.9 – Розрахункова схема вивантаження до обраного методу

Відповідно до наведеної схеми отримаємо вираз для розрахунку величини опускання платформи відносно осі обертання коліс установки:

$$H_1 = \sqrt{H^2 + a^2}. \quad (4.12)$$

На основі отриманого матимемо переміщення платформи відносно упору в крайньому положенні:

$$H_2 = 2\sqrt{H^2 + a^2 \sin^2 \gamma/2}. \quad (4.13)$$

Оскільки  $L = H_2$  на початку вивантаження то отримаємо:

$$\Delta = \frac{B}{2} - \delta - d - a - L = \frac{B}{2} - \delta - d - a - 2\sqrt{H^2 + a^2 \sin^2 \gamma/2}, \quad (4.14)$$

в якому  $B$  – відстань між бортами.

Взаємозв'язок висоти борту, осі рухомого бруса та відстані зміщення характеризує поєднання виразів (4.14) та (4.10), з якого отримаємо:

$$h \geq \left( \frac{B}{2} - \delta - d - a - 2\sqrt{H^2 + a^2 \sin^2 \gamma/2} \right) \operatorname{tg}[\beta]. \quad (4.15)$$

Виведене рівняння дозволяє встановити межі варіювання параметрів під час підготовки експерименту з кількома змінними.

Розглянемо інший спосіб вивантаження тюків. Останній рухається по опорній панелі за умов, подібних до тих, що були описані для першої технології: у випадку рівності або перевищення кута нахилу панелі кута статичного тертя між тюком і сталлю. У цьому випадку кореляція кута нахилу панелі відбувається як за рахунок переміщення борту під час його відкриття, так і за рахунок обертання опорної панелі навколо шарнірного з'єднання між нею і рухомою балкою, що переміщується назовні через натяг шпагату. Однак, в попередньому випадку шарнірне з'єднання опорної панелі з рухомою балкою розташовано на кінці панелі, в другому ж варіанті воно знаходиться на деякій відстані від рухомої балки, зміщене у бік борту (рис. 4.10).

Відношення конструктивних параметрів платформи для другого методу вивантаження тюків сіна відповідає формулі (4.15).

Виявлено, що при визначенні параметрів, які впливають на величину зусилля на важіль відкидного борту, недоцільно вибирати висоту борту ( $H$ ) в якості одного з факторів та одночасно використовувати ексцентриситет борту ( $a$ ) і висоту кріплення шарніра на рухомій балці ( $h$ ) як взаємозалежні.

Вивчаючи результати авторів і дані, отримані в процесі проведених експериментів, виділено три ключові контрольовані фактори: висота борту ( $x_1$ ); вертикальна дистанція між точкою кріплення шпагату на борту та



**Таблиця 4.1 – Поправочні коефіцієнти при вимірюванні зусилля оператора на важіль управління відкриттям борту платформи**

№ з/п	Вага зразків, кг	Зусилля на динамометрі, кг	Різниця показників, кг	№ з/п	Вага зразків, кг	Зусилля на динамометрі, кг	Різниця показників, кг
1	0,6	0,6	0	11	5,6	5,7	- 0,1
2	1,1	1,1	0	12	6,1	6,1	0
3	1,6	1,6	0	13	6,6	6,9	- 0,3
4	2,1	2,3	- 0,2	14	7,1	7,3	- 0,2
5	2,6	2,8	- 0,2	15	7,6	7,7	- 0,1
6	3,1	3,3	- 0,2	16	8,1	8,3	- 0,2
7	3,6	3,8	- 0,2	17	8,6	8,8	- 0,3
8	4,1	4,3	- 0,2	18	9,1	9,5	- 0,4
9	4,6	4,7	- 0,1	19	9,6	9,9	- 0,3
10	5,1	5,1	0	20	10,2	10,6	- 0,4

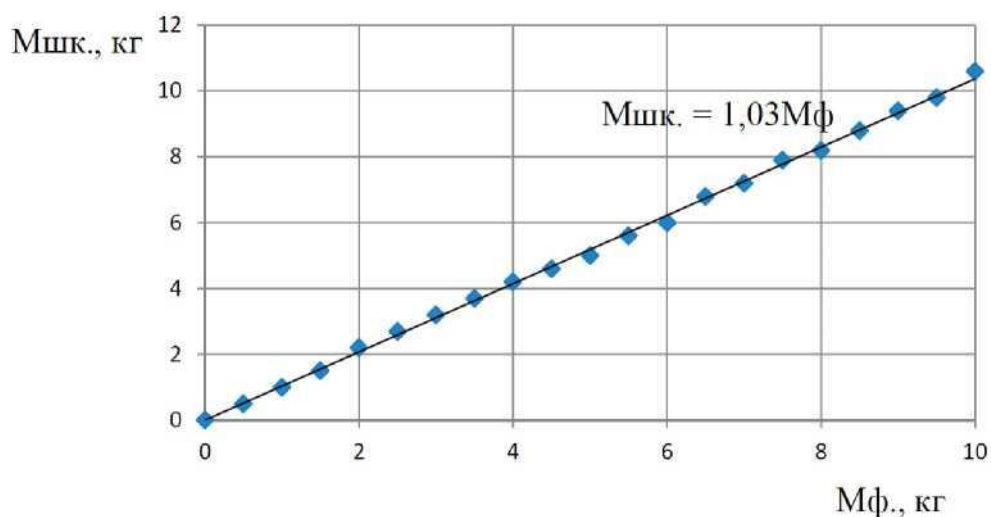


Рисунок 4.12 – Графічне представлення тарування динамометра

Встановлена пряма кореляція фактичних ( $M_{ф.}$ ) та отриманих за допомогою приладу показників ( $M_{шк.}$ ):

$$M_{шк.} = 1,03M_{ф.}, \quad (4.16)$$

а отже:

$$M_{ф.} = \frac{M_{шк.}}{1,03}. \quad (4.17)$$

Об'єктивне значення зусилля отримано застосуванням поправочного

коефіцієнту до отриманих значень на лабораторному приладі.

Вимірювання висоти борту, вертикальної відстані від центра ролика до бокової частини платформи, дистанції від ролика до нижньої частини платформи проводилися за допомогою рулетки з точністю 1,0 мм. Кожен параметр вимірювався тричі для забезпечення точності.

Наведена нижче модель описує залежність параметрів  $(x_1, x_2, x_3)$  на показник сили впливу оператора платформи (P) на важіль керування вивантаженні (рис. 4.13)

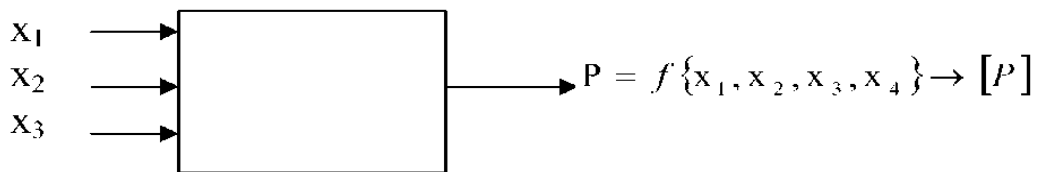


Рисунок 4.13 – Графічний вигляд моделі залежності зусилля на важіль платформи оператором при її розвантаженні

Функція що описує параметр наведений вище набуває наступного вигляду:

$$P = (x_1; x_2; x_3) \rightarrow [P], \tag{4.18}$$

в якій [P] – нормативне значення сили P з огляду вимог ПТБ.

Перелік параметрів що вивчались, їх ранжування та діапазон наведені у таблиці нижче.

**Таблиця 4.2 – Перелік параметрів вимірювання, їх ранжування та діапазони**

Фактори	Ранг параметру			Діапазон вимірювання, ε
	0	-1	+1	
x1 - ексцентриситет борту, мм	0	-30	30	30
x2 - відстань від шарніра до проекції центру ваги рулону, мм	50	0	100	50
x3 - висота борту, мм	120	60	180	60

Наведена нижче матриця (таблиця 4.3) відображає багатофакторний аналіз отриманих результатів.

**Таблиця 4.3 – Матриця плану Рехтшафнера для трифакторного експерименту**

1	-1	-1	-1
2	-1	1	1
3	1	-1	1
4	1	1	-1
5	1	-1	-1
6	-1	1	-1
7	-1	-1	1
8	1	0	0
9	0	1	0
10	0	0	1

У ході дослідження оптимальних величин параметрів було обрано план Рехтшафнера. Цей підхід є близьким до  $P$ -оптимального. Він також має перевагу, оскільки є максимально насиченим: кількість експериментів кожної серії рівне числу коефіцієнтів у рівнянні регресії, що формується на основі отриманих результатів.

Тотожність експериментів оцінена із застосуванням критерію Кохрена.

$$\gamma^2 = \frac{\sum_1^m (y_{in} - \bar{Y}_n)^2}{m - 1}, \quad (4.19)$$

де  $y_{in}$  – показник параметру оптимізації ;

$\bar{Y}_n$  – усереднений показник параметру;

$m$  – повторюваність експерименту.

Кількісні показники зазначеного вище критерію визначались у відповідності до виразу:

$$G_p = \frac{\delta_{i \max}^2}{\sum_1^N \delta_i^2}, \quad (4.20)$$

в якому  $\delta_{i \max}^2$ ,  $\sum_1^N \delta_i^2$  – граничні значення та сукупність дисперсії.

Величину  $G_p$  аналізували на відповідність табличним даним які

забезпечуються тотожність досліджень:

$$G_p = G_{0.05}. \quad (4.21)$$

Відповідно шифрування параметрів:

$$x_1 = \frac{x_i - x_0}{E_i}, \quad (4.22)$$

де  $x_1$  – шифр параметру, що вивчається відповідно до ранжування.

$x_i, x_0$  – натуральні показники параметру, що досліджується на поточному та початковому рівнях;

$E_i$  – діапазон параметру вимірів:

$$E_i = \frac{x_i^B - x_i^H}{2}, \quad (4.23)$$

де  $x_i^B, x_i^H$  – показники параметру на граничних рівнях ранжування.

За виразом, наведеним нижче, обчислено показники регресії.

$$\begin{aligned} b_0 &= \frac{\sum_{u=1}^N \bar{Y}_u}{N}; \quad b_i = \frac{\sum_{n=1}^N x_{in} \bar{Y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2}, \\ b_{i\mu} &= \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{Y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{ju}^2}; \quad b_{ii} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \bar{Y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{ju}^2}, \end{aligned} \quad (4.24)$$

в якому  $\bar{Y}_u$  – середній показник параметру оптимізації, що обчислений в ході поточного експерименту;

$i$  – номер досліджу.

Встановлено відповідність отриманих результатів реальним умовам виконання робіт в полі:

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_e^2}, \quad (4.25)$$

де  $S_{ад}^2$  та  $S_e^2$  – дисперсія, яка характеризує відповідність результатів реальним умовам виконання, та визначаються у відповідності до виразів нижче:

$$\begin{aligned} S_{ад}^2 &= \frac{m \sum_1^N \sum_1^m (\widehat{y_{iu}} - \bar{Y}_u)^2}{N - n - 1}; \\ S_{ад}^2 &= \frac{m (\sum_1^{N-2} y_u - N \sum_1^N b_i)^2}{N - n - 1}, \end{aligned} \quad (4.26)$$

де  $\widehat{Y}_u$  – середній показник параметру оптимізації;

$n$  – кількість параметрів.

Вплив вірогідної похибки визначали через її дисперсію:

$$S_y^2 = \frac{\sum_1^N \sum_1^m (y_{iu} - \bar{y}_u)^2}{N \cdot (m - 1)}, \quad (4.27)$$

де  $y_{iu}$  – показник параметру оптимізації у суміжних експериментах;

$m$  – кількість суміжних експериментів.

### 4.3. Дослідження статичного положення рулонів на платформі

Статичний кут ( $f_{mp}$ ) рулону по запропонованій платформі фіксується в момент, коли рулони сіна, розміщені на щиті, починали рухатись. Дослідження проводилися при різному вмісті вологи в сіна з кроком 5 %. Кожна серія експериментів повторювалася тричі. Кут тертя спокою визначається кутом між поверхнею та горизонталлю в момент початку руху. Тангенс цього кута дорівнює співвідношенню сили нормальної реакції поверхні до максимального статичного кута. Для визначення останнього може бути застосована установка, зображена на рисунку 4.14.

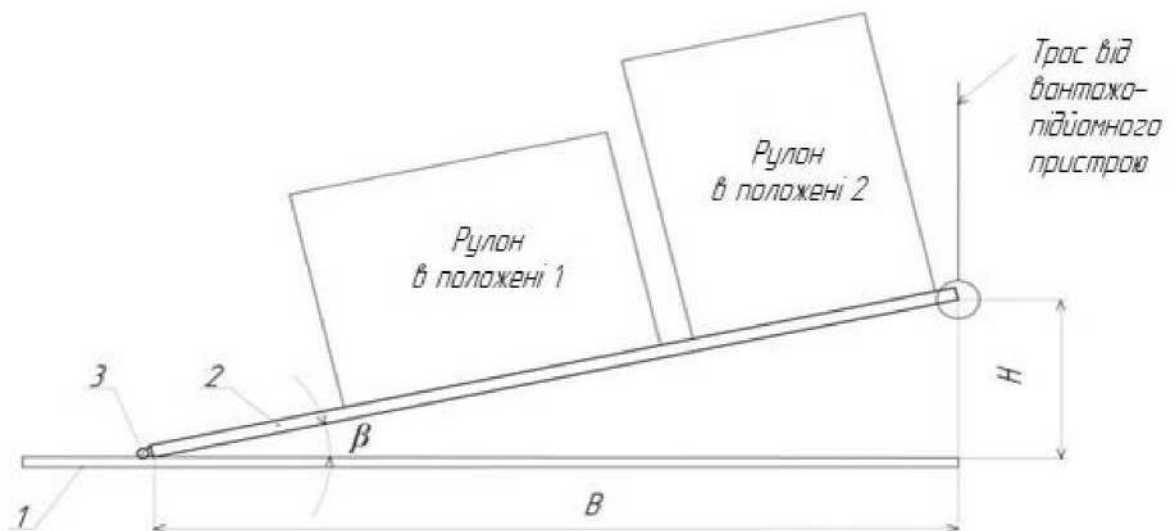


Рисунок 4.14 – Умовна схема проведення експерименту

Експериментальне устаткування для визначення кута тертя виготовлено спеціально для наближення дослідження до реальних умов експлуатації та

наведено на рисунку нижче.



Рисунок 4.15 – Фотофіксація процесу в ході експерименту

Дослідження виконувалося наступним чином. Лист 2 розміщувався на основі 1, а на нього ставився вантаж в положенні 1 або 2. Канат механізму монтувався до кінця листа 2, що знаходиться протилежно до шарніра 3. Підйомний пристрій поступово, без різких рухів, піднімав настил 2, що може вільно рухатись довкола шарнірного вузла 3. Натурні випробування продовжувались до моменту сходження тюка та фіксація Н. Значення кута  $\beta$  встановлено розрахунковим шляхом при відомих сторонах трикутника.

Величина показнику тертя спокою встановлено у відповідності до виразу:

$$f_{\text{тр}} = tg\beta. \quad (4.28)$$

#### **Висновки до розділу 4**

1. Запропоновано конструктивну схему рухомої платформи, що встановлюється на бортовий транспортний засіб, а також технологію виконання робіт за допомогою запропонованого пристрою.

2. Розроблена методика багатофакторного експерименту для оптимізації

геометричних характеристик платформи.

3. Викладено методику для вимірювання кута тертя спокою рулонів по щиту опори пропонованої конструкції.

4. Розраховано оптимальні конструктивні параметри платформи, що забезпечать допустиме навантаження на органи керування:

- ексцентриситет борту –  $24 \div 30$  см;
- дистанція між шарнірним з'єднанням та центром мас вантажу – 50 мм,;
- висота бортів –  $125 \div 130$  мм.

5. Оснащення бортового автомобіля ГАЗ-3302 запропонованою платформою дозволяє виконати розвантаження тюків продовж 57 секунд при значному зменшенні трудових витрат.

6. Встановлено показники ефективності експлуатації бортового автомобіля ГАЗ-3302 «Газель».

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Напрямок техніки безпеки – це сукупність правил, яких необхідно дотримуватись, щоб уникнути травм та нещасних випадків, особливо під час роботи з технікою в аграрній сфері. Головна мета цих правил – створення безпечних умов праці безпосередньо в середовищі де виконуються роботи. До складу цього комплексу включені не лише загальні правила безпеки, а й вимоги щодо пожежної безпеки, які спрямовані на захист людей та майна від можливих пожеж.

З досвіду роботи на полі стає зрозуміло, що більшість нещасних випадків трапляється саме через нехтування цими правилами або недостатнє знання техніки безпеки. Дотримання встановлених норм не лише допомагає уникнути травм і професійних захворювань, але й позитивно впливає на продуктивність роботи, адже в безпечному середовищі кожен відчувається впевненіше і працює більш ефективно.

У тракторних бригадах відповідальність за техніку безпеки несе бригадир. Його завдання – проводити інструктаж для працівників, перевіряти їх знання правил безпеки, слідкувати за дотриманням цих правил і регулярно контролювати стан технічних засобів безпеки.

Основні правила техніки безпеки для працівників сільськогосподарської сфери, які працюють з машинами, включають наступне:

1. Управляти тракторами та комбайнами мають право лише спеціально навчені особи з відповідними дозволами.

2. Машини повинні бути справними, а всі механізми правильно налаштованими. Використання несправної техніки суворо заборонено.

3. При з'єднанні машини з трактором треба діяти обережно, уникаючи ривків. Перед початком руху слід переконатися, що нікого немає на шляху, а агрегати правильно під'єднані.

4. Працівники повинні перебувати на призначених робочих місцях і не переходити на інші під час роботи машини. Усі повинні знати умовні сигнали

та правильно їх розуміти.

5. Під час руху на спуску або підйомі потрібно перемикатися на відповідну передачу, щоб уникнути надмірного навантаження на двигун.

6. У запилених умовах необхідно користуватися захисними масками для захисту органів дихання.

7. Обслуговування і ремонт машини дозволено тільки при вимкненому двигуні.

8. Перед перетином залізничних колій чи доріг важливо переконатися в безпеці проїзду, а в нічний час машини повинні бути забезпечені хорошим освітленням.

9. Забороняється відпочивати або спати в небезпечних місцях, таких як борозни, купи сіна або біля доріг.

Основні вимоги, що регламентують засади з безпечного виконання робіт з ґрунтообробними машинами:

1. Під час руху транспортного засобу з причепом перебувати всередині причепа заборонено.

2. Заміна або переміщення навісного чи причіпного обладнання дозволені тільки при вимкненому двигуні або якщо агрегат повністю від'єднаний від машини.

3. Очищення робочих частин ґрунтообробних машин від землі та залишків рослин слід виконувати лише на поворотних смугах.

4. Якщо працюєте в суху або вітряну погоду, потрібно подбати про захист очей.

5. Повороти машини дозволяється виконувати тільки тоді, коли всі робочі елементи переведені в транспортне положення.

Також важливо дотримуватися правил техніки безпеки при роботі з машинами, які використовуються для сівби та підживлення рослин:

1. При виконанні комплексу робіт висівної кампанії працівники повинні стояти на підніжці трактора.

2. Заборонено перебувати між машиною та агрегатом або підніматися

чи сходити з підніжки під час руху.

3. Перед початком сівби чи внесення добрив потрібно переконатися, що всі ємності з матеріалом щільно закриті.

4. Очищати робочі органи машино-тракторних агрегатів голіруч категорично забороняється.

5. Голіруч формувати або розподіляти туковисівний матеріал в накопичувальних бункерах з лопатями (змішувачами, транспортерами тощо) не можна.

6. Якщо висівний апарат засмітився чи сівба зупинилася, то усунення проблеми проводиться тільки при повній зупинці технологічного процесу та за вимкненого двигуна привідного механізму машино-тракторного агрегату.

7. Повороти агрегату під час сівби дозволяються тільки з піднятою і відключеною сівалкою.

8. У кукурудзяних сівалках є автоматичне зчеплення, тому потрібно постійно контролювати стан замкового механізму.

9. Під час завантаження насінневих баків слід уникати перебування на стороні вітру, щоб не вдихати шкідливий пил, також категорично забороняється вживати їжу чи напої при виконанні зазначеної вище технологічної операції.

10. Переключення маркерів у транспортне положення або робоче слід виконувати, стоячи позаду агрегату, і робити це на ходу не можна.

Перелік правил, що регламентують безпечне виконання робіт із внесення туковисівного матеріалу наступний:

1. Машино-тракторні агрегати та самохідні установки, що вносять засоби підживлення чи захисту рослин повинні обладнуватися баками з достатньою кількістю води, щоб за необхідності змити аміачну воду зі шкіри у разі контакту.

2. При виконанні робіт із застосуванням навантажувачами будь-якої конструкції залишати кабінку можна лише після того, як ківш буде опущений.

3. Під час переміщення відвалів навантажувачів їх потрібно

переводити у транспортне положення, щоб не пошкодити лінії електропередач.

4. При контакті з дрібнодисперсним матеріалом потрібно використовувати засоби захисту для органів дихання.

5. Завантажувати насіння та добрива у ємності заборонено, коли сільськогосподарська машина рухається.

6. Заборонено перебувати біля активних робочих елементів сільськогосподарських машин.

Окремо слід виділити нові вимоги для забезпечення безпеки під час польових робіт, які були введені в Україні після вторгнення окупантів з росії:

1. Міністерство внутрішніх справ та ДСНС повинні провести перевірку сільськогосподарських угідь, залучених до польових робіт, щоб виявити можливі вибухові пристрої та інші небезпечні матеріали, особливо в прифронтових зонах.

2. Керівники підприємств разом з уповноваженими особами мають розробити евакуаційні плани для персоналу та план дій на випадок аварійних ситуацій, щоб мінімізувати ризики для життя і здоров'я працівників. Всі ці інструкції необхідно донести до персоналу під підпис.

3. Під час транспортування або ручного перенесення техніки та засобів виробництва необхідно рухатися лише за заздалегідь визначеними безпечними маршрутами.

4. Польові роботи слід виконувати лише в денний час або за умови достатньої видимості.

5. Забезпечення достатнього рівня знань персоналу щодо правил техніки безпеки з метою профілактики виробничого травматизму потребує проведення додаткових тренінгів та навчання задіяного персоналу, що виконує роботи підвищеної небезпеки. Особливо актуальним стало підвищення навичок щодо надання першої невідкладної медичної допомоги та правил поведіння із вибухонебезпечними предметами.

6. Забороняються будь-які роботи в полі без письмового дозволу

ДСНС України в підприємствах де проходили активні бойові дії чи які перебували в окупації під час військової агресії російської федерації.

## 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

Собівартість транспортування вантажу визначається сукупними питомими витратами.

Оскільки об'єктивною оцінкою питомої ефективності перевезення твердого кормового матеріалу є величина отриманої продукції, то у нашому випадку доцільно застосувати 1 рул./км.

До витрат на перевезення належать:

- Відрахування на реновацію та поточне утримання у справному технічному стані машино-тракторного парку (перший блок);
- Затрати на паливно-мастильні витратні матеріали (другий блок);
- Грошова винагорода операторів машино-тракторних агрегатів, що задіяні у технологічному процесі (третій блок);
- Грошова винагорода обслуговуючого персоналу, що задіяний для поточного обслуговування технічних засобів (четвертий блок);
- Інші супутні витрати, що не належать до наведених вище (п'ятий блок).

Враховуючи наведене, можна встановити, що питомі витрати при транспортуванні одиниці готової продукції сіна становитимуть сукупність витрат відповідно до формули:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5, \quad (6.1)$$

в якій  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$  – наведені вище відповідно.

Відрахування на реновацію та поточне утримання у справному технічному стані машино-тракторного парку визначаються у відповідності до виразу:

$$C_1 = \frac{\frac{B_a A_a}{T_a 100} + \frac{B_{\Pi} A_{\Pi}}{T_{\Pi} 100}}{l_{\Gamma} N_p}, \quad (6.2)$$

де  $B_a, B_{\Pi}$  – балансові вартості автомобіля/трактора та причепа відповідно, у гривнях;

$A_a, A_{\Pi}$  – амортизаційні відрахування автомобіля/трактора та причепа

відповідно відповідно, у відсотках;

$T_a$ ,  $T_{\Pi}$  – використання залучених машино-тракторних агрегатів продовж одного циклу технологічної карти, у відсотках;

$l_T$  – загальна відстань транспортування продукції;

$N_p$  – середня кількість перевезення продукції за один повний рейс;

Амортизаційні відрахування автомобіля/трактора та причепа розраховуються наступним чином:

$$A_a = \frac{D_{\text{вик}}^a}{D_p};$$
$$A_{\Pi} = \frac{D_{\text{вик}}^{\Pi}}{D_p},$$
(6.3)

де  $D_{\text{вик}}^a$ ,  $D_{\text{вик}}^{\Pi}$  – кількість днів в році, в які використовується автомобіль/трактор та причеп;

$D_p$  – тривалість робіт продовж року.

Показники вартості задіяного устаткування та механізованих засобі згідно бухгалтерського обліку основних засобів:

- МТЗ-82.1 з причепом 2ПТС-4,5 – 1 330 000 грн (5 амортизаційна група);
- Бортовий автомобіль ГАЗ-3302 «Газель» – 810 000 грн (4 амортизаційна група);
- Самоскидний автомобіль ГАЗ-САЗ-3507 – 1 295 000 грн (4 амортизаційна група);
- КАМАЗ-45144 з семитонним причепом – 3 100 000 грн (5 амортизаційна група).

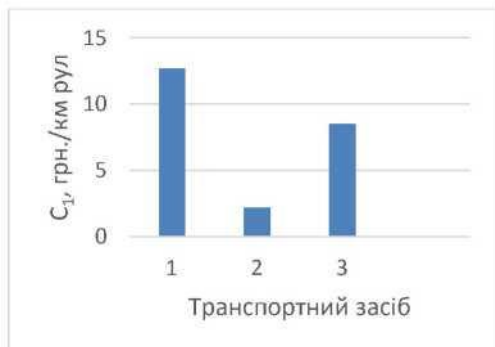
Беручи до уваги що, пробіг до капітального ремонту для автомобіля ГАЗ 3302 «Газель» становить понад 150000 км, а також понад 200000 км для КАМАЗ 45144 прийняті значення амортизаційних відрахувань на рівні 14,27% та 82,2% відповідно, а також 14,29% для причіпних платформ.

Складова собівартості  $C_l$  розраховується за наступних параметрів:

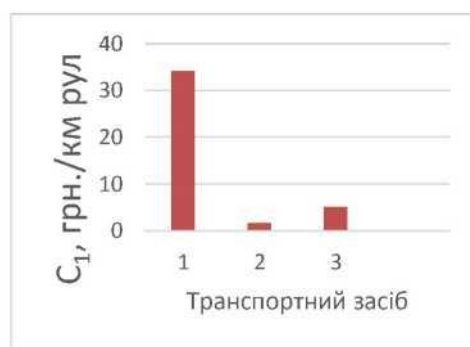
1. транспортування на відстань до 3 кілометрів (Варіант 1);

2. транспортування на відстань 3÷20 кілометрів (Варіант 2);
3. транспортування на відстань понад 20 кілометрів (Варіант 3).

Обрані сценарії перевезення застосовані при роботі з двома типами прес-подрібнювачів (рис. 6.1-6.3).



а)

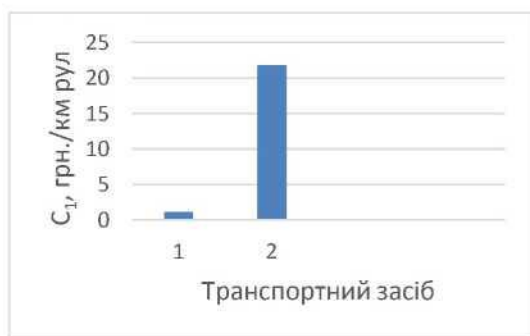


б)

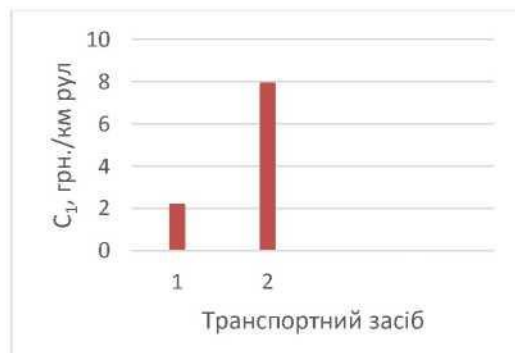
Рисунок 6.1 – Варіант 1: 1 – машино-тракторний агрегат у складі трактору МТЗ 82.1 з причіпною платформою 2 ПТС 4.5; 2 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302, 3 – бортовий вантажний автомобіль САЗ 35071

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120



а)



б)

Рисунок 6.2 – Варіант 2: 1 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302; 2 – бортовий вантажний автомобіль САЗ 35071:

а – ПР-Ф-10;

б – ПРП-120

Отже, для транспортування готової продукції на незначні відстані з

економічної точки зору вигідніше використовувати автомобілі ГАЗ3302 «Газель», тоді як для більших відстаней доцільно застосовувати автомобілі КАМАЗ-45144 з причепом. Ця закономірність актуальна як для легких, так і для важких рулонів сіна.

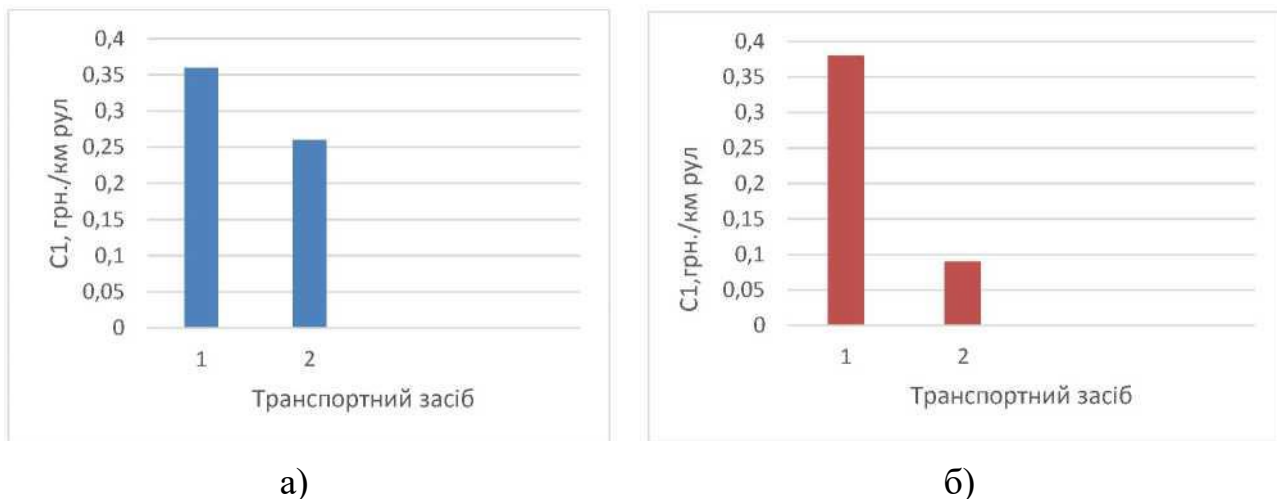


Рисунок 6.3 – Варіант 3: 1 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302; 2 – бортовий вантажний автомобіль КАМАЗ 45144 з причіпною платформою  
 а – ПР-Ф-110;  
 б – ПРП-120

При використанні транспортного засобу протягом року для при відмінних середніх відстанях транспортування, складова собівартості  $C_1$  розраховувалася з урахуванням загальної дистанції, яку подолали рулони сіна протягом року, починаючи від заданого прес-підбирача ( $\sum l_r$ ).

Другий блок витрат, що формують показники питомої собівартості включає затрати на паливно-мастильні матеріали задіяної техніки, та обчислюється у відповідності до формули:

$$C_2 = \frac{Z_T + Z_M + Z_{TЖ}}{l_r N_p}, \quad (6.4)$$

в якій:  $Z_T$  – потреба задіяної техніки в паливі;

$Z_M$  – потреба в змащувальних матеріалах;

$Z_{TЖ}$  – потреба в технічних рідинах (тормозна рідина, охолоджуюча рідина, тощо).

Витрати на придбання пального є найбільш вагомими серед паливно-мастильних матеріалів. Вони визначаються на основі ринкової ціни:

дизельне паливо – 51,86 грн./л;

бензин марки АІ 92 – 53,26 грн./л

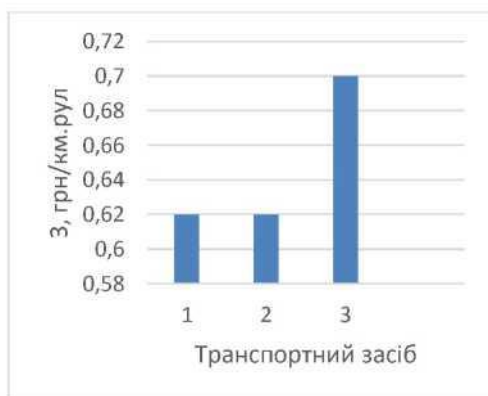
Питомі витрати на придбання палива для роботи механізованих транспортних засобів розраховується у відповідності до виразу

$$z_{\text{т}} = \frac{P_{\text{т}}}{l_{\text{т}} N_{\text{р}}}, \quad (6.5)$$

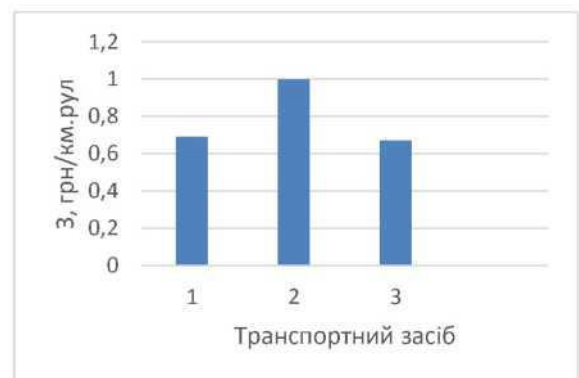
де  $P_{\text{т}}$  – витрата пального;

$l_{\text{т}}, N_{\text{р}}$  – кількість рулонів.

Питомі витрати на паливо для транспортування одиниці продукції при роботі з агрегатам ПР-Ф-110 та ПРП-120 та транспортуванні наведені нижче (рис. 6.4–6.6)



а)

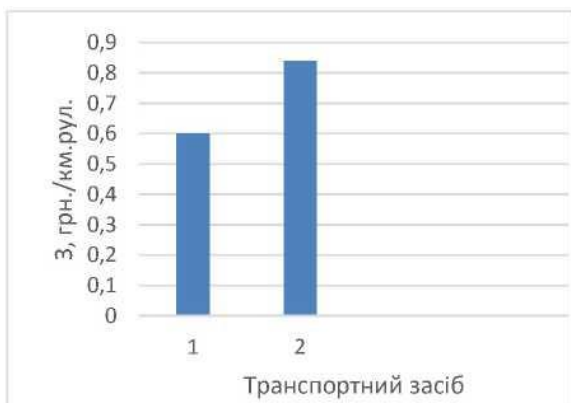


б)

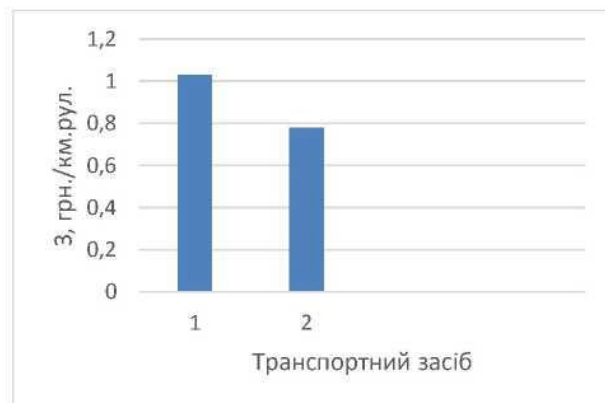
Рисунок 6.4 – Питомі потреби в паливі задіяних машин та механізмів при транспортуванні на віддаль менше 3 кілометрів: 1 – машино-тракторний агрегат у складі трактору МТЗ 82.1 з причіпною платформою 2 ПТС 4.5; 2 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302, 3 – бортовий вантажний автомобіль САЗ 35071:

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120



а)

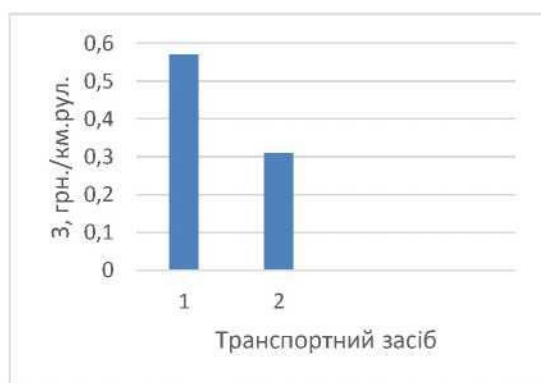


б)

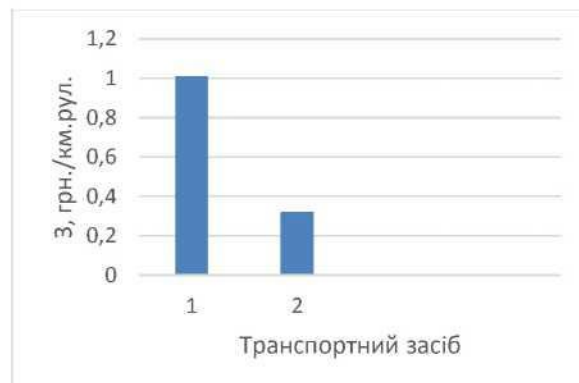
Рисунок 6.5 – Питомі витрати палива задіяних механізованих засобів: 1 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302; 2 – бортовий вантажний автомобіль САЗ 35071:

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120



а)



б)

Рисунок 6.6 – Питомі потреби в паливі при дистанціях перевезення понад 20 кілометрів: 1 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302; 2 – бортовий вантажний автомобіль КАМАЗ 45144 з причіпною платформою

а – ПР-Ф-110;

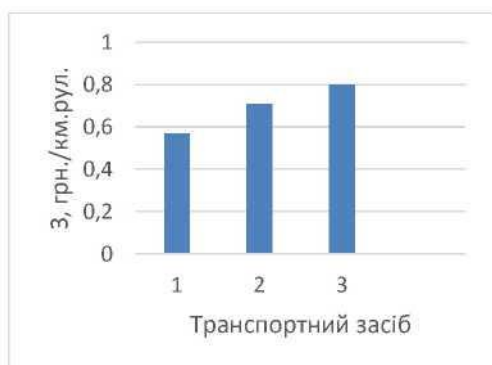
б – ПРП-120

Витрати на моторне мастильні матеріали визначаються у відсотковому відношенні до витрат пального, прийнято:

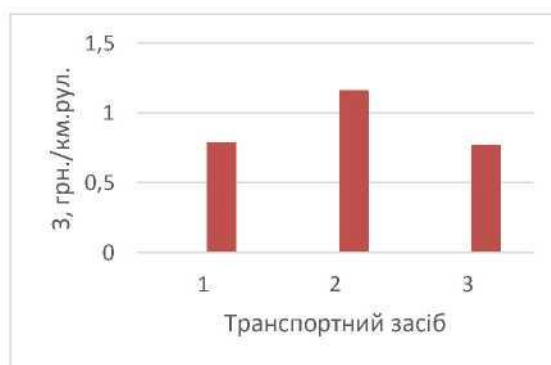
- моторна олива – 1 % при вартості 115,00 грн./л;
- інші технологічні рідини та пластичні змащувальні матеріали – 0,3 %

при вартості 247,00 грн./л.

Другий блок питомих витрат із урахуванням всіх паливно-мастильних матеріалів наведено у графічному вигляді нижче (рис. 6.7-6.9):



а)

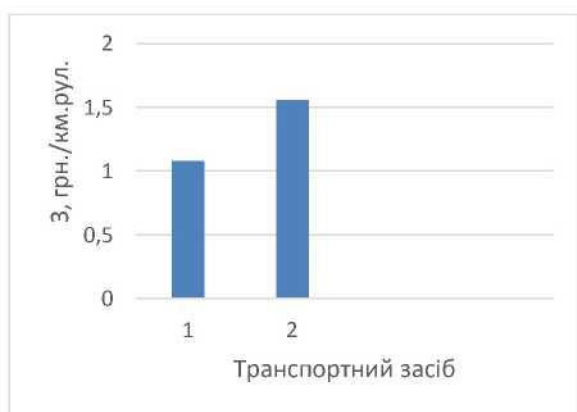


б)

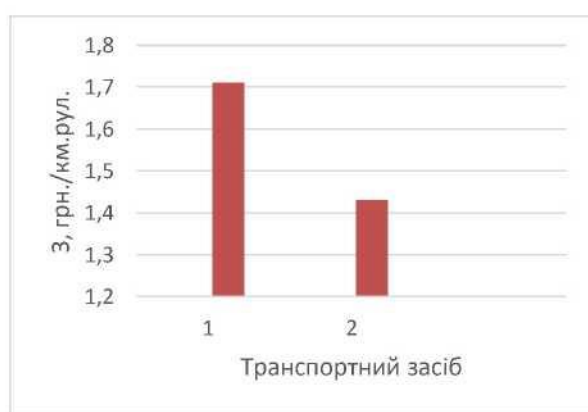
Рисунок 6.7 – Складова собівартості  $C_2$  транспортування при відстані до 3 кілометри: 1 – машино-тракторний агрегат у складі трактору МТЗ 82.1 з причіпною платформою 2 ПТС 4.5; 2 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302, 3 – бортовий вантажний автомобіль САЗ 35071:

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120



а)

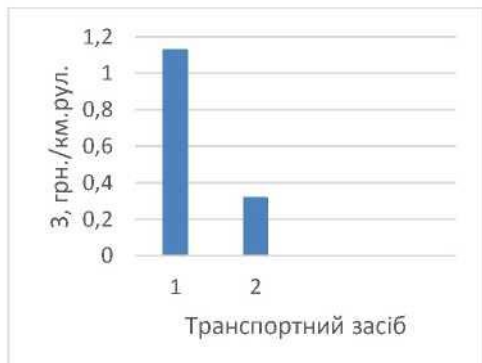


б)

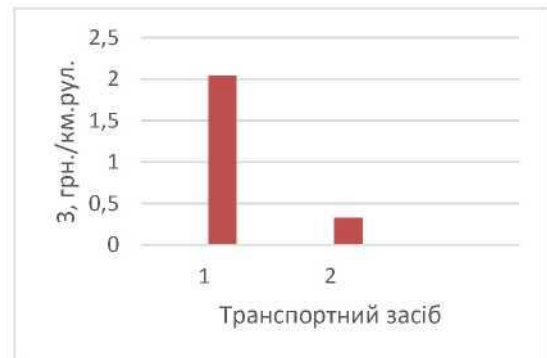
Рисунок 6.8 – Складова собівартості  $C_2$  транспортування при відстані в діапазоні 3÷20 кілометри: 1 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302; 2 – бортовий вантажний автомобіль САЗ 35071:

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120



а)



б)

Рисунок 6.9 – Складова собівартості  $C_2$  транспортування при відстані понад 20 кілометрів: 1 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302; 2 – бортовий вантажний автомобіль КАМАЗ 45144 з причіпною платформою:

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120;

Аналіз отриманих даних вказує, що транспортуванні сіна в рулонах на короткі дистанції до 3 км доцільно застосовувати машино-тракторного агрегату, в той час, як при відносно значних відстанях слід застосувати колісний транспорт значної вантажомісткості додатково обладнаного причіпними платформами.

Третій блок питомих витрат включає грошову винагороду усього задіяного персоналу. Доплата за складність виконуваної роботи може становити до 40 % від оплати за 1 нормо-зміну.

Зведені показники витрат третього блоку наведені у табличному вигляді нижче.

Отже, з точки зору витрат на оплату праці операторів механізованих засобів виконання робіт найефективнішим є використання автомобіля КАМАЗ-45144 з причепом.

Четвертий блок питомих витрат при виробництві продукції представлений витратами на ТО та ремонт транспортних засобів. Передбачається, що протягом виконання досліджуваного об'єму робіт трактор МТЗ-82.1 та автомобілі ГАЗ-3302 і ГАЗ-САЗ-3507 потребують одного ТО-1, а

КАМАЗ-45144 – два.

**Таблиця 6.1 – Витрати на виплату заробітної плати**

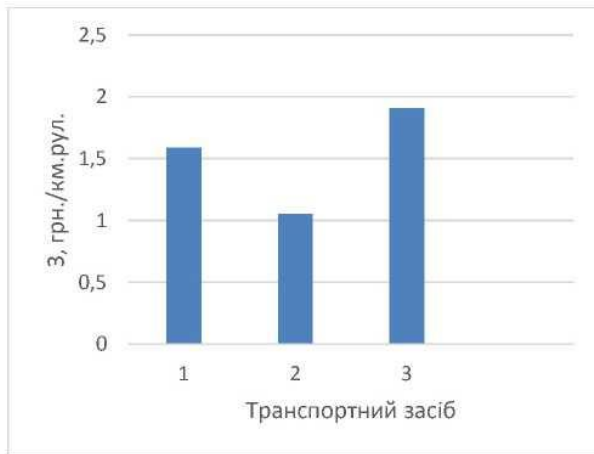
Блок затрат	Транспортний засіб						
	МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5	ГАЗ-3302 «Газель»			ГАЗ-САЗ- 3507/35071	КАМАЗ45144 з причепом	
	≤ 3 км	≤ 3 км	3÷20 км	≥20 км	≤ 3 км	3÷20 км	≥20 км
ПР-Ф-110							
відпрацьовано нормо-змін	12	12	10	16	7	2	9
Заробітна плата, грн.	12000	24000	20000	40000	7000	2000	11250
СЗ, грн. км·рул.	5,03	2,22	0,82	0,80	0,91	0,19	0,03
ПРП-120							
Відпрацьовано нормо-змін	5	26	9	27	11	5	26
Заробітна плата, грн.	5000	52000	18000	67500	11000	5000	32500
Сз, грн. км·рул.	2,34	7,84	1,24	2,42	1,36	0,43	0,09

Результати розрахунків наведено на рисунках 6.10–6.12.

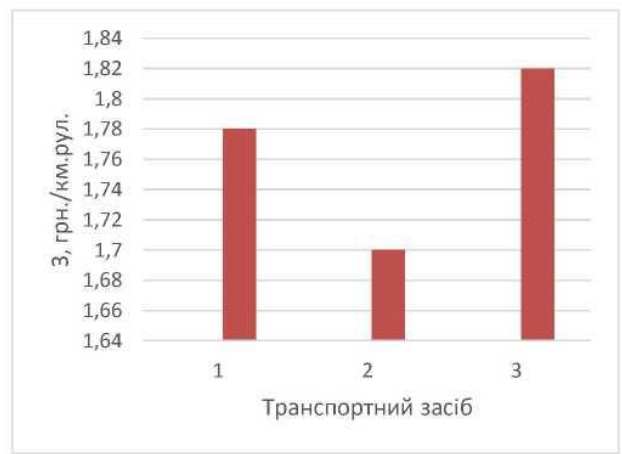
Аналіз отриманих даних повторює висновки попереднього блоку, та свідчить про доцільність збільшення вантажопідйомності транспортного засобу при зростанні плеча перевезення.

П'ятий блок в нашому випадку не передбачає витрат оскільки при виконанні работ не виникали ситуації що регламентують додаткову оплату праці чи витрати на відрядження.

Підсумкові показники питомої собівартості продукції отримані із розрахунків усіх статей витрат наведені нижче (таблиця 6.2).



а)

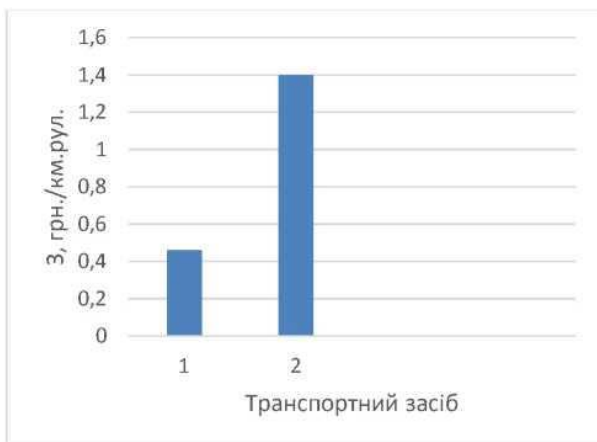


б)

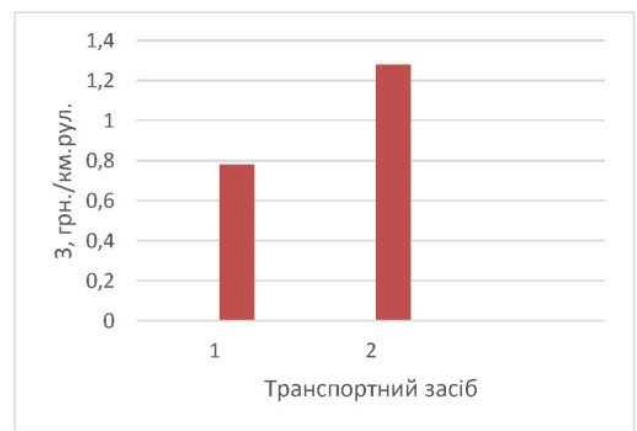
Рисунок 6.10 – Четвертий блок витрат при плечі перевезення продукції до 3 кілометрів: 1 – машино-тракторний агрегат у складі трактору МТЗ 82.1 з причіпною платформою 2 ПТС 4.5; 2 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302, 3 – бортовий вантажний автомобіль САЗ 35071:

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120



а)

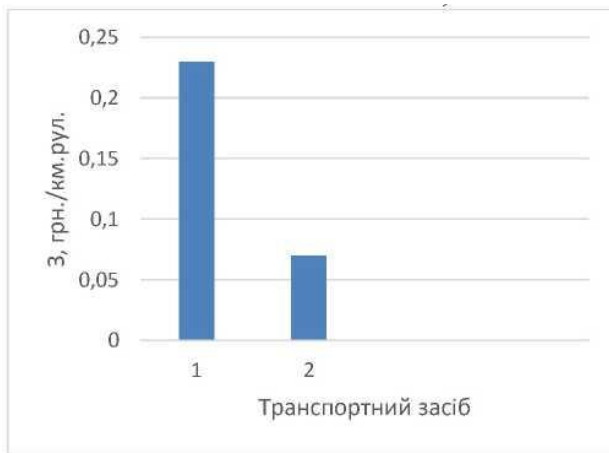


б)

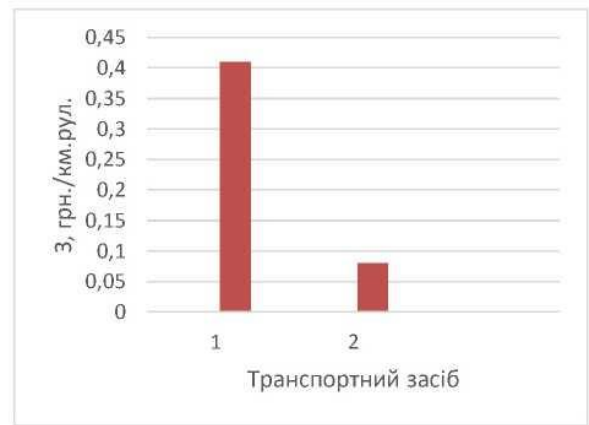
Рисунок 6.11 – Четвертий блок витрати при плечі перевезення продукції в діапазоні 3÷20 кілометрів: 1 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302; 2 – бортовий вантажний автомобіль САЗ 35071:

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120



а)



б)

Рисунок 6.12 – Четвертий блок витрати при плечі перевезення продукції на відстань понад 20 кілометрів: 1 – бортовий вантажний автомобіль ГАЗ 3302; 2 – бортовий вантажний автомобіль КАМАЗ 45144 з причіпною платформою:

а – ПР-Ф-110;

б – ПРП-120

**Таблиця 6.2 – Питома собівартість**

Блок затрат	Транспортний засіб							
	МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5		ГАЗ-3302 «Газель»			МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5		КАМАЗ45144 з причепом
	≤ 3 км	до 3 км	≤ 3 км	більше 20 км	≤ 3 км	від 3 до 20 км	≤ 3 км	
<b>ПР-Ф-110</b>								
$C_1$ , грн. км·рул.	12,69	2,21	1,16	0,36	8,51	21,77	0,26	
$C_2$ , грн. км·рул.	0,71	0,71	1,08	1,13	0,80	1,56	0,32	
$C_3$ , грн. км·рул.	5,03	2,22	0,82	0,80	0,91	0,19	0,03	
$C_4$ , грн. км·рул.	1,59	1,05	0,46	0,23	1,91	1,40	0,07	
$C_5$ , грн. км·рул.	0	0	0	0	0	0	0	
$C$ , грн. км·рул.	20,02	6,19	3,52	2,52	12,13	24,92	0,68	
<b>ПРП-120</b>								
$C_1$ , грн. км·рул.	34,14	1,66	2,21	0,38	5,16	7,95	0,09	
$C_2$ , грн. км·рул.	0,79	1,16	1,71	2,04	0,77	1,43	0,33	
$C_3$ , грн. км·рул.	2,34	7,84	1,24	2,42	1,36	0,43	0,09	
$C_4$ , грн. км·рул.	1,78	1,70	0,78	0,41	1,82	1,28	0,08	
$C_5$ , грн. км·рул.	0	0	0	0	0	0	0	
$C$ , грн. км·рул.	39,05	12,36	5,94	3,25	9,11	11,09	0,59	

Отже, найнижчу питому собівартість продукції отримано під час загально- та внутрішньогосподарських перевезень досягається за допомогою автомобіля ГАЗ-3302, що становить відповідно 6,19 грн./км.рул. Для перевезення на відстані понад 20 кілометрів найефективнішим засобом спостерігався КАМАЗ-45144 з причепом, який забезпечує собівартість лише 0,59 грн./км.рул.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В роботі проведено аналіз параметрів доцільності перевезення тюків твердого корму транспортними засобами: МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, ГАЗ-3302, ГАЗ-САЗ-3507/35071 та КАМАЗ-45144 з причепом. Дослідження охоплювали три варіанти дистанції транспортування продукції в діапазоні 3 кілометри і менше (малі відстані), від 3 км до 20 км (середні відстані) та понад 20 кілометрів (значні відстані).

2. Результати розрахунків комплексного критерію ефективності використання серійних транспортних засобів показали, що для малих дистанцій перевезень ефективним є автомобіль ГАЗ-3302 ( $K_e=0,49$ ) при транспортуванні тюків малої маси, а для перевезень більшої ваги – САЗ 35071 ( $K_e=0,26$ ). На середніх дистанціях також лідирує ГАЗ-3302 ( $K_e=1,92$  і  $K_e=0,60$ ), тоді як при перевезенні на значні відстані найефективнішим виявився КАМАЗ-45144 ( $K_e=4,44$  і  $K_e=8,46$ ). Машинно-тракторний агрегат МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 є неефективним навіть для перевезень на короткі відстані ( $K_e=0,01$ ).

3. Представлено технологічну модель платформи, що застосовується бортовим транспортом при транспортуванні тюків сіна. При цьому встановлені оптимальні параметри:

- Ексцентриситет борту –  $30 \div 24$  мм;
- Дистанція шарнірного вузла до центру ваги розміщеного рулону –  $45 \div 55$  мм;
- Висота борту –  $120 \div 132$  мм.

Також була розроблена технологія вивантаження тюків сіна. Комплексний показник продуктивності платформи на базі автомобіля ГАЗ 3302 становить  $K_e=6,86$ ,  $16,00$  та  $46,21$  при транспортуванні продукції на малі, середні та значні відстані, що в свою чергу перевищує паспортні показники серійних зразків у  $14,1$ ;  $9,89$ ; та  $14,73$  рази відповідно.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Babkov, A., Varavin, V. (2021). Rationale for vehicle parameters for the transportation of straw and hay. *BIO Web of Conferences*, 37:00037. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213700037>.
2. Hoque, A., Padhiary, M. (2024). Automation and AI in precision agriculture: innovations for enhanced crop management and sustainability. *Asian Journal of Research in Computer Science* 17(10):95-109. DOI: <https://doi.org/10.9734/ajrcos/2024/v17i10512>.
3. Karthick, M. B. B., Susikaran, S., Parthiban, K. T., Vasanth, V. (2024). Mechanization in Moriculture. *International Journal of Zoology and Applied Biosciences*, Vol. 9(3), pp. 46–50. DOI: <https://doi.org/10.55126/ijzab.2024.v09.i03.008>.
4. Madzivanzira, T., Mvumi, B., Nazare, R. M., Mapfumo, P. (2024). A review of appropriate mechanisation systems for sustainable traditional grain production by smallholder farmers in sub-Saharan Africa with particular reference to Zimbabwe. *Heliyon*, 10(17):e36695. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36695>.
5. Mehta, C. R., Chandel, N. S., Jena, P. C. Jha, A. (2019). Indian agriculture counting on farm mechanization. *Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America*, Vol. 50(1), pp. 84–89.
6. Padhiary, M. (2024). Status of farm automation, advances, trends, and scope in India. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, Vol. 13(7), pp. 737–745. DOI: <https://doi.org/10.21275/SR24713184513>.
7. Padhiary, M. (2024). The convergence of deep learning, IoT, sensors, and farm machinery in agriculture. *Designing Sustainable Internet of Things Solutions for Smart Industries*, pp. 109–142. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5498-8.ch005>.
8. Rafiq, R., Parihar, P., Ansari, M. M., Scholar, Ph. D. (2024). Constraints perceived by the farmers using farm mechanization under farm machinery banks

(FMBs) in Jammu Division of Jammu and Kashmir. *Journal of Community Mobilization and Sustainable Development*, Vol. 2, pp. 432–436.

9. Rathinavel, S, Kavitha, R., Mohankumar, A. P., Suthakar, B., Surendrakumar, A. (2024). Mechanization challenges in selected distinct agricultural systems in India. *Journal of Experimental Agriculture International*, Vol. 46(9), pp. 122–129. DOI: <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i92811>.

10. Roman, F., Kassel, U., Hensel, O. (2014). Numerical simulations and experimental measurements on the distribution of air and drying of round hay bales. *Biosystems Engineering*, Vol. 122(1), pp. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.03.008>.

11. Rotz, C. A., Shinnars, K. J., Digman M. F. (2020). Hay harvest and storage. *Forages*, pp. 749–765. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch41>.

12. Singh, Sh. P. (2024). Prospects of mechanization in animal husbandry. Conference: 36th National Convention of Agricultural Engineers At: IGKV Raipur.

13. Tufa, A., Arega, Ngoma, H., Marennya, P., Manda, J. (2023). Willingness to pay for agricultural mechanization services by smallholder farmers in Malawi. *Agribusiness*, Vol.1, pp. 1–29. DOI: <https://doi.org/10.1002/agr.21841>.

14. Verma, P., Kumar, H., Deo, M. M., Hashim, M. (2024). Farm mechanization. *Current Trends and Advances in Agricultural Sciences*, pp. 248–263.

15. Zamudio, D., Killerby, M., Charley, R. C., Romero J. J. (2024). Factors affecting nutrient losses in hay production. *Grass and Forage Science*, pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12685>.

16. Grisso, R., Smith, R., Cundiff, J. (2009). Management tips for round bale hay harvesting, moving, and storage. Virginia cooperative extension, publication 442–454.

# ДОДАТКИ

Схема оцінювання результативності застосування техніки для  
перевезення грубих кормів у рулонах



Чинники, що визначають результативність застосування техніки для перевезення грубих кормів у рулонах





ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА  
АВТОМАТИКИ  
АГРОПРОМИСЛОВОГО  
ВИРОБНИЦТВА НААН  
України



НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
України



ІНСТИТУТ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА  
ПРИРОДНИЧИХ НАУК  
НАЦІОНАЛЬНОГО  
ДОСЛІДНИЦЬКОГО ІНСТИТУТУ  
(Польща)

**МАТЕРІАЛИ**  
**ХІІІ-ї Науково-технічної конференції**  
**«Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»**

**01-18 жовтня 2024 року**

*У 2024 році конференція відбулася в рамках проведення  
XXXI Міжнародної науково-технічної конференції ІМА АПВ НААН  
України «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві»*

Глеваха - Київ  
2024

УДК 631.171

Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: XIII Міжнародна науково-технічна конференція, смт Глеваха Київської області – м. Київ, Україна, 1-18 жовтня 2024 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2024. - 101 с.

В матеріалах конференції коротко викладені основні результати теоретичних та експериментальних досліджень з пріоритетних напрямків розвитку тваринництва та кормовиробництва. Наведені дані про ефективність результатів наукових досліджень та їх виробничої перевірки.

Матеріали розраховані на науковців та здобувачів наукового ступеня.

**Організаційний комітет конференції:** *Адамчук В.В.*, д.т.н., проф., академік НААН, директор Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України (голова оргкомітету); *Братишко В.В.*, д.т.н., проф., декан механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України (співголова оргкомітету); *Штробель В.Р.*, доктор наук, директор Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща, (співголова оргкомітету); *Собчук Генрик*, професор, голова вченої ради Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща, (співголова оргкомітету); *Viacheslav Adamchuk*, д.т.н., професор і завідувач кафедри інженерії біоресурсів в Університеті McGill, Канада, (співголова оргкомітету); *Simone Pascuzzi*, д.т.н., професор кафедри агроecологічних та територіальних наук Університету Варі, Італія, (співголова оргкомітету); *Hristo Beloev*, д.т.н., професор Русенського університету, Болгарія, (співголова оргкомітету); *Maroš Korenko*, д.т.н., професор Словацького університету сільського господарства в Нітрі, Словачія, (співголова оргкомітету); *Jüri Olt*, д.т.н., професор агротехніки Естонського університету наук про життя, Естонія, (співголова оргкомітету); *Ребенко В.І.*, к.т.н., доц., доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України (секретар оргкомітету); *Кузьменко В.Ф.*, к.т.н., с.н.с., завідувач лабораторії техніко-технологічних проблем в заготівлі кормів; *Хмельовський В.С.*, д.т.н., проф., завідувач кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Ткач В.В.*, к.т.н., с.н.с. завідувач відділу механіки та автоматики біотехнічних систем у тваринництві ІМА АПВ НААН; *Фененко А.І.*, д.т.н., проф., головний науковий співробітник ІМААПВ; *Голуб Г.А.*, д.т.н., проф., професор кафедри тракторів, автомобілів та біоенергосистем НУБіП України; *Собчук Генрик*, професор, голова вченої ради Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща; *Ревенко І.І.*, д.т.н., проф., професор кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Роговський І.Л.*, д.т.н., проф., завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка; *Заболотько О.О.*, к.т.н., доц., доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Сівак І.М.*, к.т.н., доц., доцент кафедри сільськогосподарських машин і системотехніки ім. П.М. Василенка НУБіП України; *Тітова Л.Л.*, к.т.н., доц., доцент кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка НУБіП України.

*Рекомендовано до видання:*

вченою радою ІМААПВ НААН України (протокол № 15 від «20» листопада 2024 р.);  
вченою радою механіко-технологічного факультету НУБіП України  
(протокол № 4 від «14» листопада 2024 року)

*Адреси для листування:*

08631, Київська обл., Васильківський р-н, смт. Глеваха, вул. Вокзальна, 11  
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12, к. 11

*E-mail:* ima.apv.naan@gmail.com, mtf11k@ukr.net, info@animal-conf.inf.ua

*Сайт конференції:* <http://animal-conf.inf.ua>

© ІМА АПВ НААН України, 2024

© НУБіП України, 2024

<b>Куликівський В.Л.</b>	
Аналіз ресурсозберігаючих технологій приготування та роздавання кормових сумішей тваринам.....	42
<b>Купчук І.М.</b>	
Огляд основних схем отримання високобілкових кормів шляхом переробки сої.....	45
<b>Міненко С.В., Кузьмич В.С., Герасимчук Д.В.</b>	
Особливості обробітку земельних ділянок на схилах.....	48
<b>Міненко С.В., Заgrabчук І.В., Герасимчук Д.В.</b>	
Результати експериментальних досліджень детонації в циліндрі силової установки, що працює на біогазовому паливі.....	50
<b>Неверов М.В.</b>	
Особливості виробництва грубих кормів .....	53
<b>Неверов М.В.</b>	
Оцінка ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах .....	55
<b>Ребенко В.І.</b>	
Розумне виробництво у свинарстві .....	57
<b>Савченко В.М., Кравченко Д.С., Литвинчук Д.А.</b>	
Класифікація обладнання для підготовки зерна до згодовування тваринам .....	63
<b>Яропуд В.М.</b>	
Дослідження ефективності процесу функціонування повітряного теплообмінника побічно-випарного типу .....	65
<b>Журавель Д.П.</b>	
Обґрунтування методу очищення біологічних олій в електричному полі.....	68
<b>Кульпін Р.А.</b>	
Оптимізація режимів руху стрічкового конвеєра для переміщення та роздавання готових кормових сумішей .....	72
<b>Ювченко І.В., Ревенко Ю.І.</b>	
Основні моменти експертної оцінки рівнів властивостей виробів .....	74

УДК 636.085

## ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ГРУБИХ КОРМІВ

**Неверов М. В.** студент, *rooieran2005@gmail.com*,  
*Сумський національний аграрний університет*

За останнє десятиліття в Україні відбулося значне скорочення поголів'я великої рогатої худоби, що викликає занепокоєння серед фахівців аграрної галузі. Зокрема, порівняно з 2010 роком, коли кількість великої рогатої худоби досягала 9,5 мільйонів голів, у 2021 році (до початку повномасштабної війни росії проти України) цей показник зменшився майже вдвічі, склавши лише 5,3 мільйони голів. Очевидно, що в подальші роки тенденція була аналогічною. Це явище свідчить про суттєві зміни в сільськогосподарській структурі країни та піднімає важливі питання щодо майбутнього розвитку тваринництва в Україні.

Разом із розвитком тваринництва м'ясного напрямку, не менш важливим є увага до молочного тваринництва, яке відіграє ключову роль у забезпеченні населення якісними молочними продуктами. У найближчі 5–6 років перед Україною стоїть важливе завдання – суттєво збільшити поголів'я молочних корів, додавши як мінімум мільйон голів. Водночас, необхідно підвищити продуктивність існуючого стада, що стане запорукою стабільного розвитку молочної галузі та сприятиме зміцненню аграрної економіки країни. Однак без розвитку кормовиробництва досягти зазначеного рівня виробництва м'ясного і молочного тваринництва практично неможливо.

В системі сівозмін особливе місце займають кормові сівозміни [1], що є одним з джерел корму для великої рогатої худоби. Крім того, значну частку раціону великої рогатої худоби складає корм з природних пасовищ. Так, до 80 % річної потреби в кормі становить зелений корм з пасовищ. При цьому основна частка заготовленого сіна становить сіно з природних пасовищ і лугів.

До розвитку кормовиробництва для великої рогатої худоби слід підходити комплексно: поряд з підбором високопродуктивних тварин, розширенням площ культур, що застосовуються для корму великої рогатої худоби, і збільшенням урожайності цих культур при заготівлі корму слід

застосовувати сучасні технології, реалізацію яких забезпечують високопродуктивні і надійні машини.

Основу раціону великої рогатої худоби становлять комбікорми і силос. Однак для повноцінного функціонування травної системи тварин потрібно в їх раціон вводити грубі корми, до яких належать сіно і солома різних сільськогосподарських культур. У раціон дійної корови в стійловий період повинен включатися грубий корм до 15–20 % від усього раціону.

Крім того, в раціоні великої рогатої худоби молочного напрямку велику частку складають силос і сінаж, які мають підвищену кислотність, що негативно позначається на якості молочної продукції [2]. Тому з метою отримання високоякісної продукції з молока в раціон великої рогатої худоби молочного напрямку вводиться сіно.

Важливим, крім того, є введення сіна в раціон великої рогатої худоби і м'ясного напрямку, оскільки сіно є джерелом каротину, а, отже, і провітаміну А, що є вітаміном росту. Особливо це важливо для тварин при переведенні їх із зимового на літнє годування, оскільки частка клітковини в раціоні знижується.

При виборі технології збирання сіна слід врахувати той факт, що після сушки сіна в природних умовах залишається більше 10 % каротину [2]. Як відомо, велику частку каротину містять листя і суцвіття рослин. Тому при виборі технології заготівлі сіна і машин, які її реалізують, необхідно врахувати вимогу мінімальних втрат листя і суцвіть рослин шляхом осипання.

З грубих кормів основним для великої рогатої худоби є сіно, а побічним – солома. Солома, як правило, застосовується на підстилку тваринам. В якості корму вона використовується рідко, в основному, в посушливі роки в деяких господарствах. Цінним в якості кормової добавки може бути полова.

Однак, ефективна технологія збору полови з половонабивачем зернозбирального комбайна поки не розроблена. Широко застосовується в даний час технологія збирання зернових колосових культур з подрібненням соломи і розкиданням її по полю, що практично позбавляє можливість збору полови.

Тому дослідження технологічних операцій по заготівлі сіна не втрачає своєї актуальності.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Бабич А. О. Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси. – К.: Аграрна наука, 1996, 571 с.
2. Зінченко О. І. Кормовиробництво: Навчальне видання. – 2-е вид., доп. і перероб. – К.: Вища освіта, 2005, 448 с.



УДК 631.362

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СІНА В РУЛОНАХ

**Неверов М. В.** студент, *rooieran2005@gmail.com*,  
*Сумський національний аграрний університет*

З метою оцінки рівня ефективності використання машин для транспортування сіна (грубого корму) в рулонах спочатку необхідно встановити основний принцип, що визначає загальний підхід: комплексна оцінка рівня ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах повинна ґрунтуватися на результатах оцінки показників.

З огляду на сформульований принцип необхідно:

- вибрати фактори, які впливають на ефективність використання машин для транспортування сіна в рулонах, дати їх аналіз;
- вибрати сукупність показників, що дають можливість виконати диференціальну оцінку ефективності за результатами експериментальних досліджень;
- використовуючи сукупність обраних показників ефективності та можливі форми комплексної оцінки критерію ефективності, вибрати комплексний критерій ефективності використання машин для транспортування сіна і розрахувати його значення;
- дати аналіз ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах, на основі якого запропонувати технічні або (і) технологічні рішення по підвищенню ефективності збирання сіна.

Алгоритм оцінки ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах представлена на схемі (рис. 1).

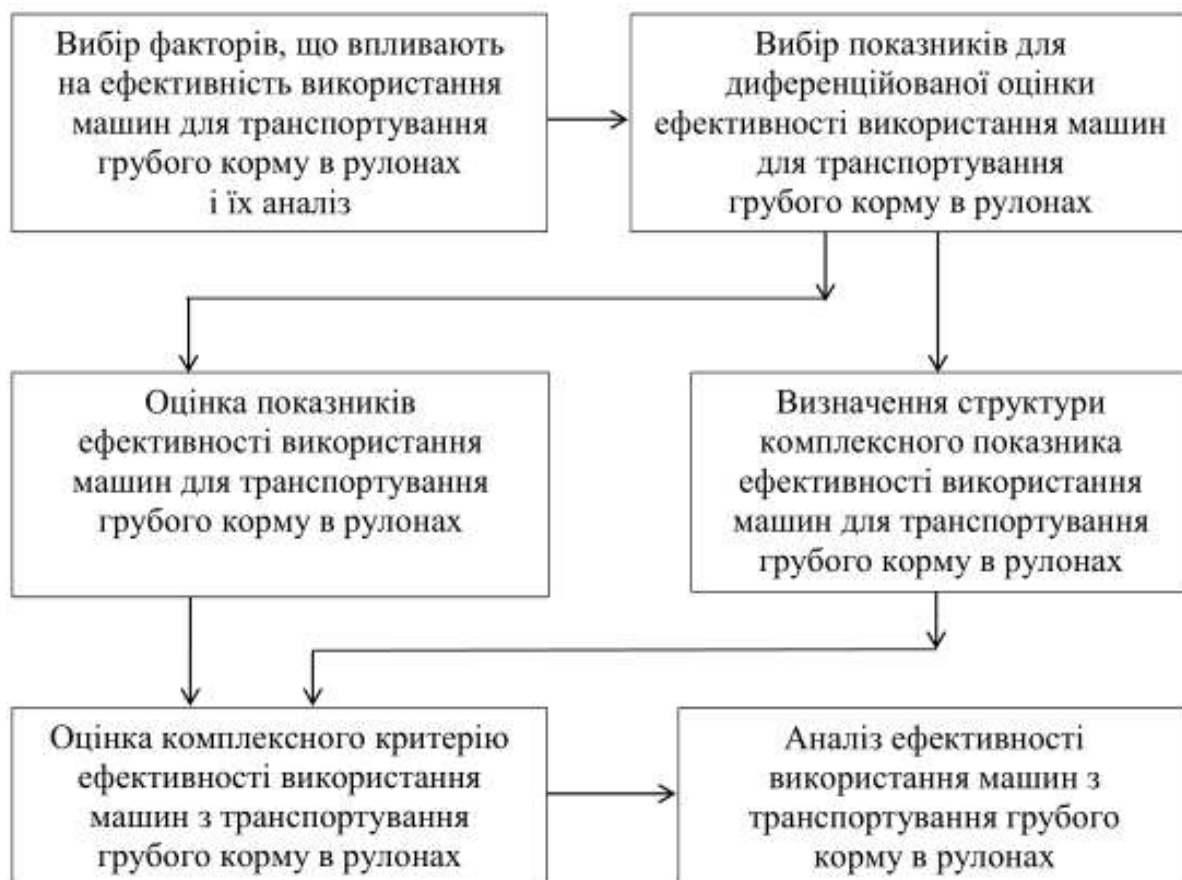


Рисунок 1. Алгоритм оцінки ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах

Перспективою подальшого напрямку досліджень можуть бути теоретичні та експериментальні дослідження, що передбачають виконання всіх представлених на схемі (рис. 1) етапів оцінки ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах.



Наукове видання

Матеріали XIII-ї Науково-технічної конференції  
«Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»

01-18 жовтня 2024 року

Відповідальні за видання:

*В.І. Ребенко*, доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України,

*В.Ф. Кузьменко*, завідувач лабораторії техніко-технологічних проблем заготівлі кормів ІМА АПВ НААН України

Технічний редактор – *О.В. Пономаренко* (ІМА АПВ НААН України)

Інтернет-редактор – *В.І. Ребенко* (НУБіП України)

Підготовка до видання:

відділ механіки та автоматики біотехнічних систем  
у тваринництві ІМА АПВ НААН України;

механіко-технологічний факультет НУБіП України

СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Обґрунтування конструктивних  
параметрів платформи для  
транспортування сіна в рулонах

Виконав: Неверов М. В.

Керівник: к.т.н., доц. Воліна Т. М.

Рецензент: к.т.н., доц. Думанчук М.Ю.

Суми - 2024

# АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

**Мета** магістерської роботи полягає в оптимізації процесу транспортування пресованих в рулони грубих кормів серійними транспортними засобами, а також шляхом інтеграції розробленої платформи бортових транспортних засобів. **Об'єктом** дослідження є платформа для транспортування пресованих в рулони грубих кормів, а **предметом** – вплив її конструктивних параметрів на якість процесу перевезення сіна в рулонах.

Для досягнення поставленої мети треба розв'язати наступні **задачі**:

1. Проаналізувати ефективність застосування транспортних засобів серійного виробництва для транспортування пресованих в рулони грубих кормів.
2. Провести комплексне критеріальне оцінювання результативності транспортування пресованих в рулони грубих кормів.
3. Запропонувати конструктивно-технологічну схему платформи для бортових автомобілів, призначеної для перевезення грубих кормів, з оптимізацією її геометричних параметрів та розробкою технології розвантаження рулонів.
4. Викласти рекомендації щодо вибору транспортних засобів для виконання операції розвантаження рулонів з її удосконаленням.

# ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ І ТРАНСПОРТУВАННЯ РУЛОНІВ СІНА



Напівпричіп-підбирач ТП-Ф-45



Підбирач-накопичувач ПК-1,6А



Копице-навантажувач навісний  
універсальний СНУ-550



Рулонний прес-підбирач ПР-145 С



Транспортувальник рулонів ТП-10



Автомобіль ГАЗ-САЗ 3304

# ВИБІР ТА АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СІНА В РУЛОНАХ

Фактори, які впливають на ефективність використання машин для транспортування грубого корму в рулонах

## Конструктивно-технологічні

- Вантажопідйомність
- Об'єм кузова
- Швидкісні можливості
- Маневреність
- Прохідність
- Стійкість до перекидання
- Конструктивні особливості вивантажувального пристрою
- Надійність
- Пристосованість до перевезення рулонів сіна
- Можливість збільшення об'єму кузова
- Збереження рулонів

## Експлуатаційно-організаційні

- Кваліфікація персоналу
- Середня швидкість транспортування
- Середня довжина поїздки
- Стан доріг
- Форма організації роботи
- Навантаження на один транспортний засіб
- Потоківість технологічного процесу

Продуктивність транспортних засобів з обсягом перевезень  $Q$  в тонах за  $\gamma$  годину циклу:

$$W_{\text{тр}} = \frac{q_{\text{н}} \gamma}{t_{\text{ц}}},$$

де  $q_{\text{н}}$  – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т;

$\gamma$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності (при транспортуванні рулонів сіна або соломи з використанням спеціальної платформи  $\gamma = 1$ );

$t_{\text{ц}}$  – тривалість всіх технологічних операцій процесу, год.

Продуктивність прес-підбирача по площі в га за 1 годину змінного часу:

$$W_{\text{п-п}} = 0,1 B_{\text{р}} v_{\text{р}} \tau,$$

де  $B_{\text{р}}$  – робоча ширина захвату жатки, м;

$v_{\text{р}}$  – робоча швидкість прес-підбирача, км/год;

$\tau$  – коефіцієнт використання часу зміни.

Продуктивність прес-підбирача по масі сформованого в рулони сіна:

$$W_{\text{п-п}} = W_{\text{п-п}} \gamma.$$

Продуктивність всіх прес-підбирачів ланки і всіх транспортних засобів:

$$W_{\text{п-п}} n_{\text{пр-п}} = W_{\text{тр}} n_{\text{тр}}.$$

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІНА В РУЛОНАХ



Прилад для визначення вологості «ЕЛВІЗ-2С»

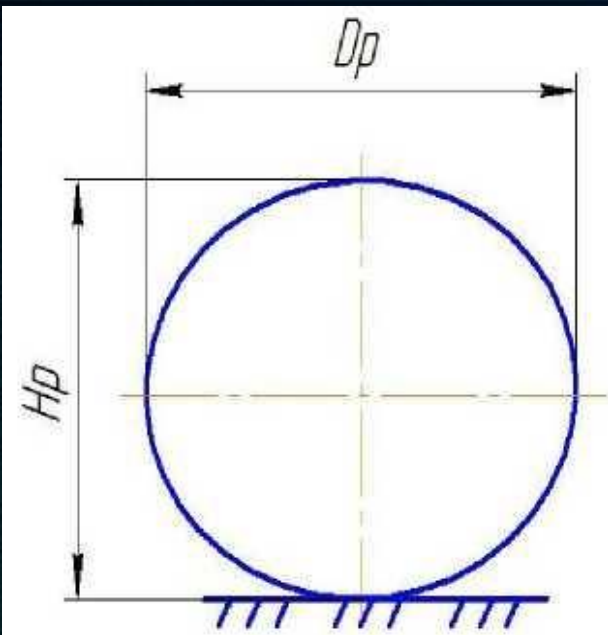


Схема вимірювання діаметра і висоти рулону

Вологість рулону сіна:  $W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} 100\%$ ,

де  $m_1$  – початкова маса наважки, г;  
 $m_2$  – кінцева маса наважки, г.

Величина одного інтервалу:  $\Delta W = \frac{m_{p.max} - m_{p.min}}{N_i}$ ,

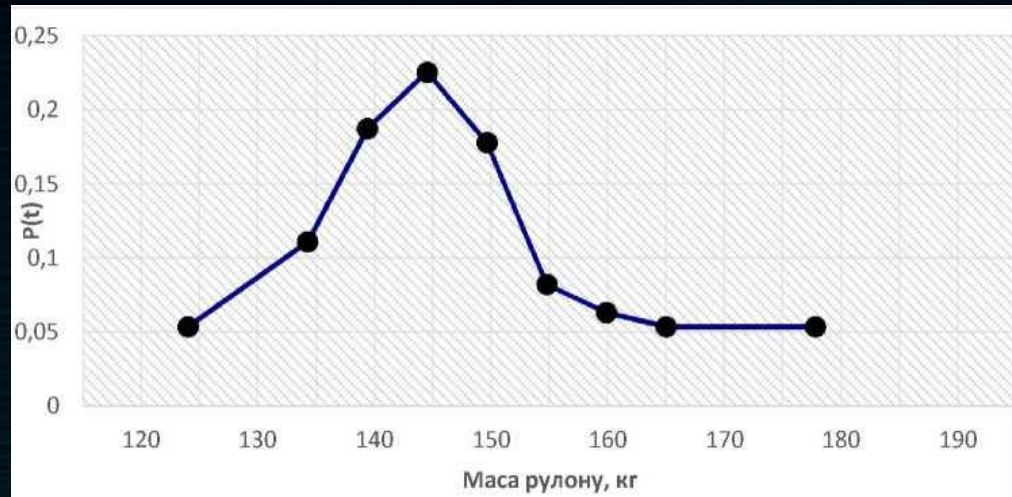
де  $m_{p.max}$ ,  $m_{p.min}$  – максимальна і мінімальна маси рулону відповідно.

Для рулонів, сформованих прес-підбирачами ПР-Ф-110 і ППР-120 “Pelican”  $\Delta W = 5$  кг.  
Математичне сподівання маси рулону за прес-підбирачем ПР-Ф-110 становить 147 кг, а за прес-підбирачем ППР-120 “Pelican” – 248 кг.

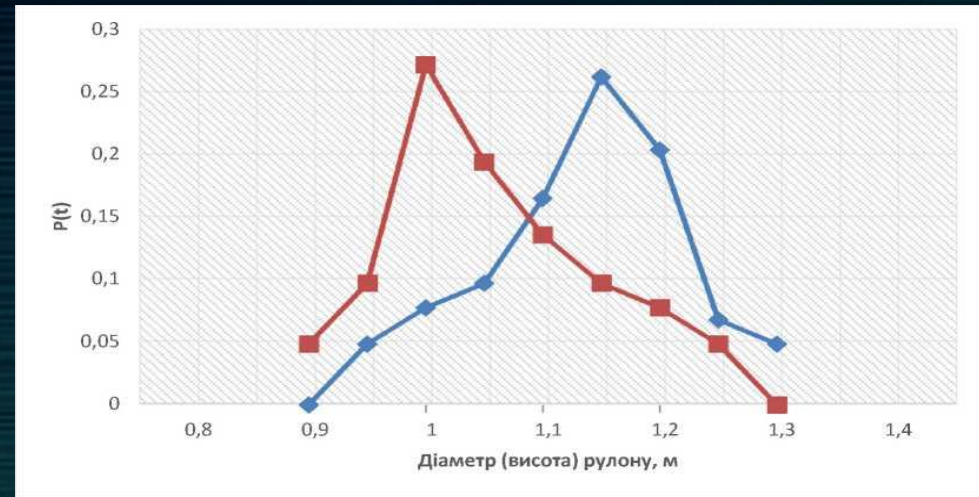
Середньоквадратичне відхилення маси рулону:  $\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum(m_i - m_{cp})^2}{N}}$ ,

де  $m_i$  і  $m_{cp}$  – поточне і середнє значення маси рулону сіна відповідно.

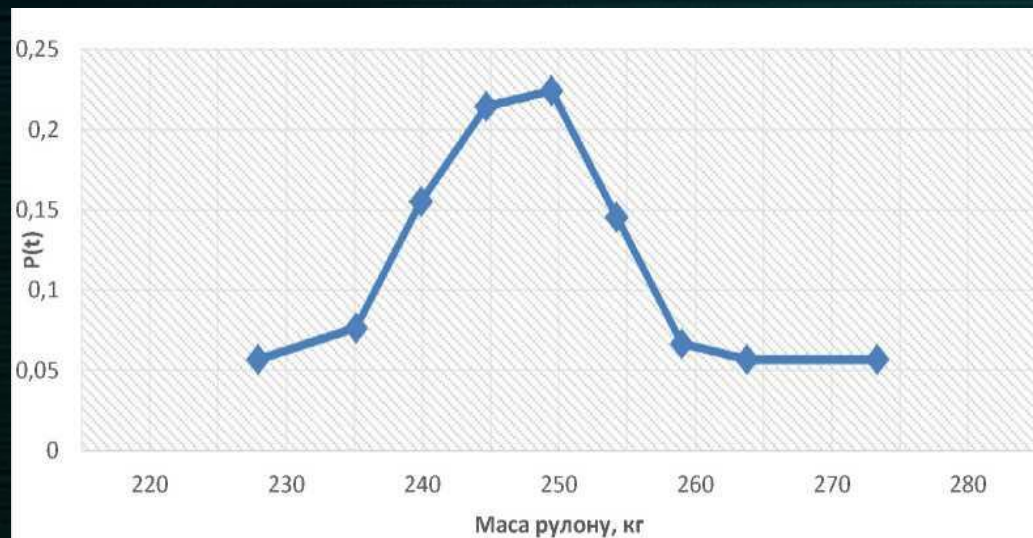
# РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІНА В РУЛОНАХ



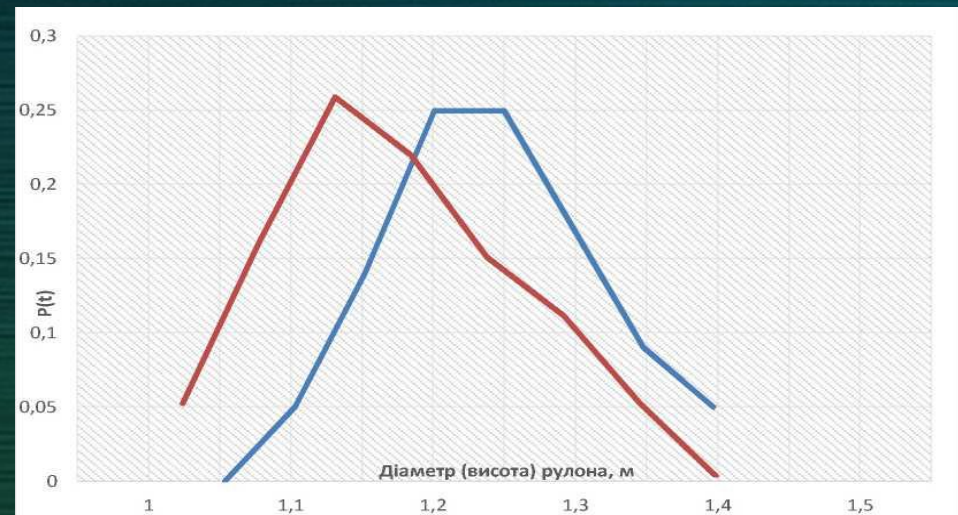
Зміна маси рулону, сформованого прес-підбирачем ПР-Ф-110



Зміна діаметра (червоне) та висоти (синє) рулону, сформованого прес-підбирачем ПР-Ф-110



Зміна маси рулону, сформованого прес-підбирачем ППР-120 "Pelikan"

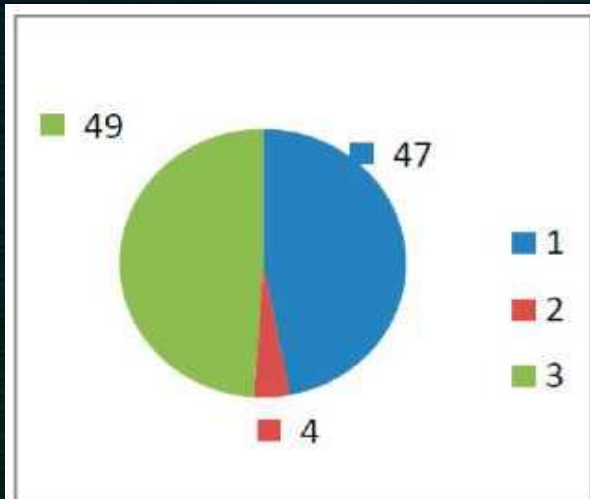


Зміна діаметра (червоне) та висоти (синє) рулону, сформованого прес-підбирачем ППР-120 "Pelikan"

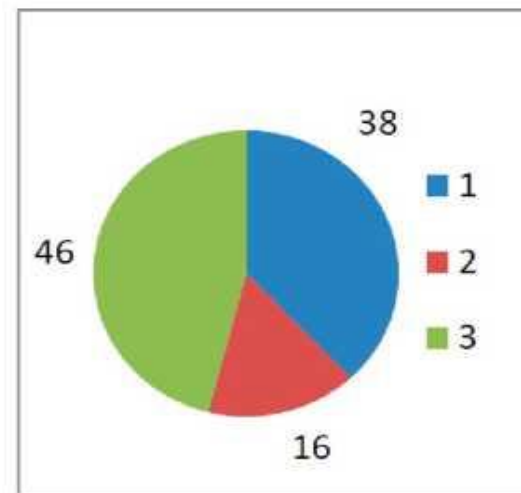
# ПОШКОДЖУВАНІСТЬ РУЛОНІВ НА НАВАНТАЖУВАЛЬНО-ТРАНСПОРТНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

Сумарна частка пошкоджених рулонів сіна при навантаженні, транспортуванні та розвантаженні

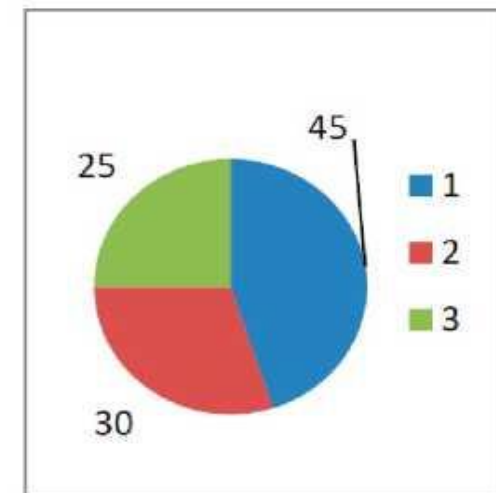
Транспортний засіб	Сумарна частка пошкоджених рулонів,% під час транспортування на відстань		
	до 3 км	від 3 км до 20 км	Більше 20 км
МТЗ-82,1 + 2ПТС-4,5	1,6	-	-
ГАЗ-3302 «Газель»	1,8	1,9	2,7
ГАЗ-САЗ-3507/35071	2,0	2,3	-
КАМАЗ-45144	-	-	2,9



МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5



ГАЗ-3302



ГАЗ-САЗ-3507/35071

Розподіл пошкоджуваності шпагатів відповідно до видів робіт при використанні різних транспортних засобів:

1 – навантаження; 2 – транспортування; 3 – розвантаження

# ПЛАТФОРМА ДЛЯ БОРТОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ РУЛОНІВ СІНА І ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ВИВАНТАЖУВАННЯ



Платформа на базі автомобіля «Газель»

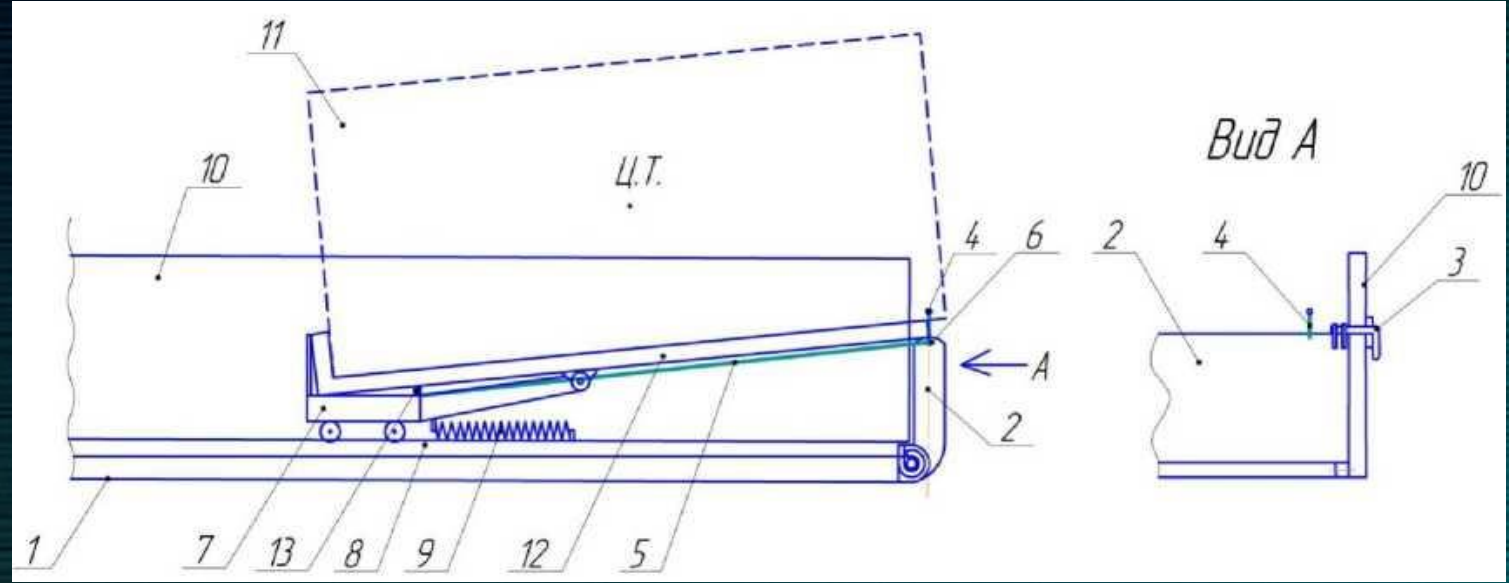
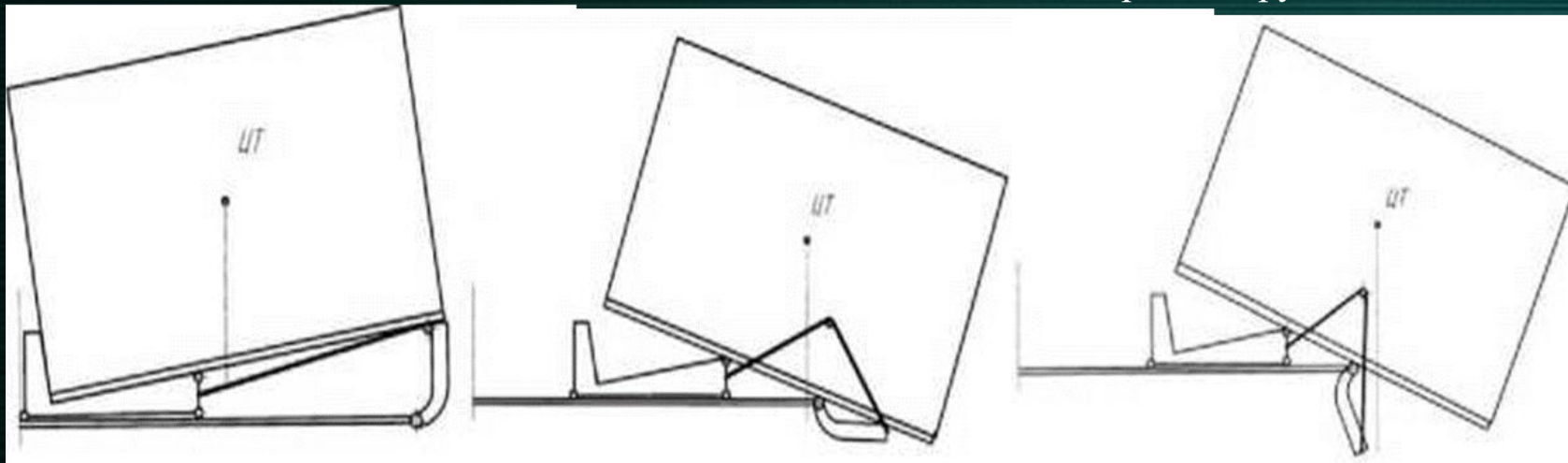


Схема експериментальної платформи: 1 – дно платформи; 2 – бічний відкидний борт; 3 – механізм фіксації борту; 4 – важіль управління розвантаженням; 5 – трос; 6 – вузол кріплення гнучкого зв'язку на борту; 7 – рухомий брус; 8 – направляючі; 9 – пружини; 10 – задній борт; 11 – рулон сіна; 12 – опорний щит; 13 – механізм повернення



Технологічні схеми розвантаження рулонів: початкове, транспортне положення рулону (зліва); проміжне положення рулону (посередині); вивантаження рулону (справа)

# ПЛАТВОРМА ДЛЯ БОРТОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ РУЛОНІВ СІНА І ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ВИВАНТАЖУВАННЯ

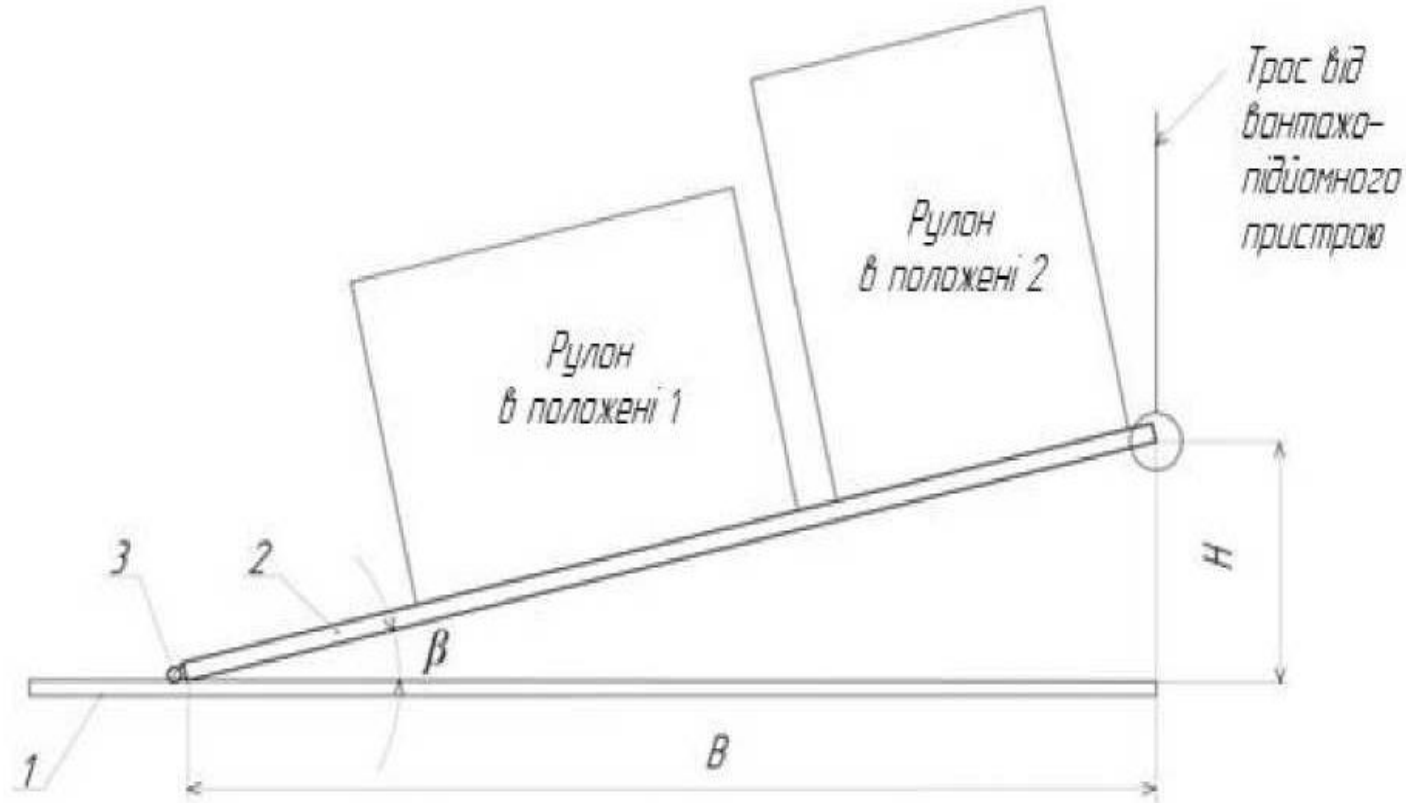


Схема визначення статичного кута тертя



Проведення експерименту з визначення статичного кута тертя

Коефіцієнт тертя спокою:

$$f_{\text{тр}} = \text{tg}\beta.$$

# ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В роботі проведено аналіз параметрів доцільності перевезення тюків твердого корму транспортними засобами: МТЗ-82.1+2ПТС-4,5, ГАЗ-3302, ГАЗ-САЗ-3507/35071 та КАМАЗ-45144 з причепом. Дослідження охоплювали три варіанти дистанції транспортування продукції в діапазоні 3 км і менше (малі відстані), від 3 км до 20 км (середні відстані) та понад 20 км (значні відстані).

2. Результати розрахунків комплексного критерію ефективності використання серійних транспортних засобів показали, що для малих дистанцій перевезень ефективним є автомобіль ГАЗ-3302 ( $Ke=0,49$ ) при транспортуванні тюків малої маси, а для перевезень більшої ваги – САЗ 35071 ( $Ke=0,26$ ). На середніх дистанціях також лідирує ГАЗ-3302 ( $Ke=1,92$  і  $Ke=0,60$ ), тоді як при перевезенні на значні відстані найефективнішим виявився КАМАЗ-45144 ( $Ke=4,44$  і  $Ke=8,46$ ). Машинно-тракторний агрегат МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 є неефективним навіть для перевезень на короткі відстані ( $Ke=0,01$ ).

3. Представлено технологічну модель платформи, що застосовується бортовим транспортом при транспортуванні тюків сіна. При цьому встановлені оптимальні параметри:

- ексцентриситет борту – 30-24 мм;
- дистанція шарнірного вузла до центру ваги розміщеного рулону – 45-55 мм;
- висота борту – 120-132 мм.

Також була розроблена технологія вивантаження тюків сіна. Комплексний показник продуктивності платформи на базі автомобіля ГАЗ 3302 становить  $Ke=6,86$ ,  $16,00$  та  $46,21$  при транспортуванні продукції на малі, середні та значні відстані відповідно, що в свою чергу перевищує паспортні показники серійних зразків у  $14,1$ ;  $9,89$ ; та  $14,73$  рази відповідно.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!