

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

## **Пояснювальна записка**

до дипломної роботи  
освітнього ступеня “Магістр”  
на тему:

# **ОБґРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СІНА В РУЛОНАХ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-1-20  
за спеціальністю 208 “Агроінженерія”

\_\_\_\_\_ Чергинець Богдан Петрович

Керівник \_\_\_\_\_ Пономаренко Наталія  
Олександрівна

Рецензент \_\_\_\_\_

(підпис, прізвище та ініціали)

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ТСГМ \_\_\_\_\_

(назва кафедри)

доцент \_\_\_\_\_

(вчене звання)

Теслюк Г.В. \_\_\_\_\_

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

\_\_\_\_\_ Чергинець Богдан Петрович \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

керівник роботи \_\_\_\_\_ Пономаренко Наталія Олександрівна, к.т.н., доцент

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ 12.11.2021 р.

3. **Вихідні дані до роботи** Сучасний стан механізації транспортування  
грубих кормів. Комплексна оцінка ефективності використання машин для  
транспортування сіна в рулонах. Результати експериментальних досліджень  
ефективності використання транспортних засобів для перевезення сіна в  
рулонах. Результати експериментальних досліджень ефективності  
використання бортового транспортного засобу обладнаного платформою для  
перевезення сіна в рулонах. Економічна ефективність роботи. Охорона праці та  
безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Бібліографічний список..

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. 2. Технічні засоби для формування і транспортування рулонів сіна. 3. Вибір і аналіз факторів впливаючих на ефективність використання машин для транспортування сіна в рулонах. 4. Експериментальні дослідження ефективності використання транспортних засобів для перевезення сіна в рулонах. 5. Результати експериментальних досліджень ефективності використання транспортних засобів для перевезення сіна в рулонах. 6. Пошкоджуваність рулонів на навантажувально-транспортно-розвантажувальних операціях. 7. Платформа до бортового транспортного засобу для перевезення рулонів сіна і технологія їх вивантаження. 8. Платформа до бортового транспортного засобу для перевезення рулонів сіна і технологія їх вивантаження. Висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
1	Пономаренко Н.О.		
2	Пономаренко Н.О.		
3	Пономаренко Н.О.		
4	Пономаренко Н.О.		
5	Кравець В.В.		
6	Вініченко І.І.		
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 20.11.2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

п/п	Назва етапів дипломного Проекту	Строк виконання етапів роботи	<i>При мітка</i>
	Аналітичний (оглядовий)	до 30.09.2021 р.	
	Теоретичний	до 30.09.2021 р.	
	Експериментальний	до 30.09.2021 р.	
	Охорона праці	до 05.10.2021 р.	
	Економічний	до 10.11.2021 р.	
	Демонстраційна частина	до 12.11.2021 р.	

**Студент**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Чергинець Б.П.**

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Пономаренко Н.О.**

(прізвище та ініціали)



## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Сучасний стан механізації транспортування грубих кормів.....	10
1.1. Особливості виробництва грубих кормів.....	10
1.2. Технічні засоби для формування і транспортування рулонів сіна.....	12
1.3. Висновки до розділу.....	20
1.4. Мета і завдання дослідження.....	21
2. Комплексна оцінка ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах.....	22
2.1. Схема оцінки ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах.....	22
2.2. Вибір і аналіз факторів впливаючих на ефективність використання машин для транспортування сіна в рулонах.....	23
2.3. Обґрунтування показників ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах.....	28
2.4. Висновки до розділу.....	34
3. Результати експериментальних досліджень ефективності використання транспортних засобів для перевезення сіна в рулонах.....	35
3.1. Розмірно-масові характеристики рулонів сіна.....	35
3.2. Результати хронометражу транспортування і розвантаження рулонів сіна	41
3.3. Результати досліджень показників ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах.....	47
3.3.1. Методика порівняння ефективності використання транспортних засобів по комплексному критерію ефективності.....	47
3.3.2 Використання вантажопідйомності транспортних засобів і їх продуктивності для транспортування рулонів сіна.....	49
3.3.3. Трудомісткість розвантаження рулонів сіна.....	52
3.3.4. Питома металоємність транспортних засобів.....	53

	6
3.3.5. Пошкоджуваність рулонів на навантажувально-транспортно-розвантажувальних операціях.....	55
3.4. Висновки до розділу.....	56
4. Результати експериментальних досліджень ефективності використання бортового транспортного засобу обладнаного платформою для перевезення сіна в рулонах.....	58
4.1. Платформа до бортового транспортного засобу для перевезення рулонів сіна і технологія їх вивантаження.....	58
4.2. Методика планування багатofакторного експерименту.....	61
4.3. Методика визначення коефіцієнта тертя спокою рулонів сіна по опорному щиту платформи.....	74
4.4. Висновки до розділу.....	76
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	77
5.1. Дослідження виробничого травматизму в господарстві ТОВ «Зоря».....	79
5.2. Рекомендації по поліпшенню умов праці в ТОВ «Зоря».....	82
5.3. Висновки до розділу.....	84
6. Економічна ефективність роботи.....	85
Загальні висновки.....	98
Список використаної літератури.....	99
Додатки.....	102

## АНОТАЦІЯ

Магістерська робота складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 40 найменувань. Основна частина роботи викладена на 94 сторінках машинописного тексту, містить 55 рисунків і 9 таблиць.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності перевезення сіна в рулонах шляхом використання серійних транспортних засобів, обґрунтованих по комплексному критерію ефективності, і застосування на бортових транспортних засобах розробленої платформи.

Для досягнення мети в роботі вирішено такі завдання:

1. Надано оцінку показників ефективності використання деяких серійних транспортних засобів для перевезення сіна в рулонах.

2. Надано оцінку ефективності транспортування сіна в рулонах серійними транспортними засобами.

3. Розроблено конструктивно-технологічну схему платформи для бортового транспортного засобу, яка призначена для перевезення рулонів грубого корму, оптимізовано її геометричні параметри, запропоновано технологію вивантаження з неї рулонів сіна.

4. Розроблено рекомендації щодо вибору транспортного засобу для перевезення рулонів сіна на різні відстані.

Ключові слова: грубі корми, сіно, машина, платформа, навантаження, вивантаження, транспортування.

## ВСТУП

У наш час розвиток м'ясного і молочного виробництва тваринницької продукції в Україні є одним із найважливіших завдань агропромислового комплексу.

Скорочення поголів'я великої худоби призвело до зниження виробництва яловичини і молока більше, ніж на 40%. У зв'язку з цим, потрібне збільшення поголів'я великої рогатої худоби і його продуктивності. Виішення цієї задачі неможливе без розвитку кормової бази.

Основою раціону великої рогатої худоби є комбікорми і силос. Однак для нормального функціонування кишечника тварин необхідно включати в їх раціон і грубі корми, в тому числі сіно й солому, як основне джерело клітковини.

В умовах Вінницької області стійловий період утримання великої рогатої худоби складає більше півроку. Для цього періоду частка грубого корму в загальному обсязі становить до 80%.

Особливе значення має сіно в раціоні сухостійних високопродуктивних корів і телят в зимово-весняний період.

Заготівля сіна як в розсипному, так і в пресованому вигляді, включає ряд технологічних операцій, які слід виконувати в установлені агротехнічні терміни, з високою якістю і мінімальними витратами матеріально-технічних засобів і праці. Зазначені вимоги накладають жорсткі обмеження на складові технологічного процесу.

Заготівля якісного сіна в необхідних обсягах неможлива без застосування прогресивних технологій і використання сучасних машин, що дозволяють мінімізувати як кількісні та якісні втрати вже вирощеної рослинної сировини і кормів, так і собівартість робіт, в тому числі на операціях для транспортування і розвантаження грубих кормів.

В Україні технологія заготівлі сіна спресованого в рулони залишається найбільш розповсюдженою у зв'язку з високою продуктивністю машин і



можливістю максимально механізувати технологічний процес. Ця технологія є перспективною, тому що її використовують не тільки на заготівлі сіна та соломи, а й сінажу та силосу з упаковкою спеціальною плівкою.

В даний час, при великій різноманітності вітчизняних машин по заготівлі, навантаженні, транспортуванні та розвантаженню грубого корму, відсутні чітко орієнтовані напрямки по високоефективному їх використанню. Не досить повно обґрунтоване застосування тих чи інших технічних засобів на транспортування грубого корму в рулонах.

У зв'язку з цим, важливим і актуальним завданням для науковців, конструкторів і виробників вітчизняної техніки є розробка нових науково-обґрунтованих і удосконалення традиційних технологій і технічних засобів для транспортування грубого корму в рулонах.

# 1. СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГРУБИХ КОРМІВ

## 1.1. Особливості виробництва грубих кормів

Поголів'я великої рогатої худоби поки не досягло рівня 2010 року. Якщо у 2010 році поголів'я великої рогатої худоби становило 9,5 млн. голів, то в 2019 році - лише 5,3 млн. голів.

Поряд з розвитком тваринництва м'ясного напрямку, необхідно розвивати і молочне тваринництво. Так, в найближчі 5-6 років слід збільшити в Україні поголів'я молочних корів як мінімум на мільйон голів, підвищивши при цьому продуктивність корів.

Однак без розвитку кормовиробництва досягти зазначеного рівня виробництва м'ясного і молочного тваринництва практично неможливо.

В системі сівозмін особливе місце займають кормові сівозміни [1, 14], 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 слід застосовувати при заготівлі корму сучасні технології, реалізацію яких забезпечують високопродуктивні і надійні машини.

Основою 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 [37, 21].

Крім того, в раціоні великої рогатої худоби молочного напрямку велику частку складають силос і сінаж, мають підвищену кислотність, що негативно позначається на якості молочної продукції [12]. Тому, з метою отримання високоякісної продукції з молока, в раціон великої рогатої худоби молочного напрямку вводиться сіно.

Важливе 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, як впливає з роботи [12], залишається більше 10% каротину. 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 Вінниччини. Цінним в якості кормової добавки може бути полова.

Однак ефективна технологія збору полов 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 практично позбавляє можливість збору полов.

Тому важливо провести дослідження технологічних операцій заготівлі сіна.

## 1.2. Технічні засоби для формування і транспортування рулонів сіна

В даний час заготівлю сіна ведуть в розсипному і пресованому вигляді.

Грубий корм, в тому числі і сіно, в розсипному вигляді заготовляють по наступних технологіях з утворенням валка, копиць і стяжки.

Всі перераховані вище технології заготівлі грубого корму в розсипному вигляді досить повно описані в науковій літературі.

Технологія збирання розсипного сіна з утворенням валка передбачає використання напівпричепи-підбирача ТП-Ф-45 (рис. 1.1 а), який здійснює підбирання, навантаження і транспортування сіна.

Однак ефективність використання ТП-Ф-45 на відстанях транспортування грубого корму понад 3 км низька [13]. Крім того, собівартість корму при реалізації даної технології надзвичайно висока [20].

Технологія збирання розсипного сіна з утворенням на полі ряду копиць включає операції, що виконуються підбирачем-копнувачем ПК-1,6А (рис. 1.1, б): підбирання валків сіна, формування копиць круглої форми об'ємом до 9 м<sup>3</sup> і укладання копиць на поле рядами; операції навантаження копиць навантажувачем ПФ-0,5М (рис. 1.2, а), навісним універсальним навантажувачем СНУ-550 (рис. 1.2, б), транспортування копиць копицевозами, наприклад, ПКУ-0,8-4 (рис. 1.3, а), спеціальними причепами-кормовозами, тракторними причепами та автомобілями з нарощеними бортами.



а)



б)

Рисунок 1.1. Напівпричіп-підбирач ТП-Ф-45 (а) і підбирач-копнувач ПК-1,6А (б).



а)



б)

Рисунок 1.2. Навантажувач фронтальний ПФ-0,5М (а) і копице-навантажувач навісний універсальний СНУ-550 (б).

Хоча підбирач-копнувач ПК-1,6А знятий з виробництва, але технологія збирання сіна з його застосуванням широко використовується в господарствах Вінниччини.

Копицева технологія [12] заснована на використанні комплексу машин: машинно-тракторний агрегат, що складається з колісного трактора тягового класу 2, 3 або 5 і копицеутворювача СПТ-60 (рис. 1.3, б), який здійснює підбирання грубого корму з валка, формування копиці об'ємом  $60 \text{ м}^3$  з щільністю пресування  $70\text{-}90 \text{ кг/м}^3$  і вивантаження її на поле; копицевоз СП-60, який підбирає і транспортує копицю сіна до місця зберігання. Машини, які використовуються даною технологією, зняті з виробництва.



а)



б)

Рисунок 1.3. Навантажувач-копицевоз універсальний ПКУ-0,8-4 (а) і копицеутворювач СПТ-60 (б).

При реалізації технології збирання розсипного грубого корму з утворенням стяжки використовується напівпричіп-підбирач ТП-Ф-45, який вивантажує сіно в стяжку.

Навантаження сіна із стяжки в транспортні засоби (причепи-кормовози, тракторні причепи і автомобілі) виконується навантажувачами копиць ПФ-0,5 М або СНУ-550. Напівпричіп підбирач ТП-Ф-45 має досить високу продуктивність. При цьому собівартість сіна низька в порівнянні з іншими технологіями заготівлі сіна в розсипному вигляді [23].

Одним з основних недоліків розглянутих технологій заготівлі сіна в розсипному вигляді - низька продуктивність навантажувальних і транспортних операцій.

Грубий корм в пресованому вигляді заготовляють в тюках і рулонах.

Для заготівлі сіна в тюках масою до 36 кг застосовуються прес-підбирачі ПС-1,6 (рис. 1.4, а), К-459, Z 2690 METAL FACH (рис. 1.4, б), які формують тюки і вивантажують їх на поле.



а)



б)

Рисунок 1.4. Прес-підбирачі ПС-1,6 (а) і Z 2690 METAL FACH (б).

Підбирання і навантаження тюків в транспортні засоби може здійснюватися навантажувачами ПФ-0,5М, а транспортування в цьому випадку - тракторними візками або автомобілями. Для підбору тюків, їх навантаження і транспортування може використовуватися підбирач-тюкоутворювач ГУТ-2,5А



з транспортувальником штабелів тюків ТШН-2,5А. Однак в малих селянських фермерських господарствах часто використовують ручну працю на навантаженні і укладанні малогабаритних тюків в транспортний засіб, а також на розвантаження в місцях зберігання.

Технологія заготівлі сіна в тюках масою до 500 кг передбачає використання прес-підбирача ПКТ-Ф-2 вітчизняного виробництва, а також зарубіжних фірм: «Джон Дір» (моделі 680 і 690), «Нью-Холланд» (D1010 і D1210), «Хесстон» (Hesston4800); «Клаас» (CLAAS QUADRANT- 1200, -2200), «Вельгер» (D4000 і D6500), «Кроне» (BigPack120x80), «Фортшрітт» (F-530 і F-550); «МассейФергюсон» (MF185 і MF190); «Рівієрре» (модель 12080) [13].

Навантаження великогабаритних тюків виконується навантажувачами-копицеутворювачами, обладнаними спеціальними робочими органами для захвату тюків. При транспортуванні великогабаритних тюків застосовуються, як правило, тракторні причепи.



а)



б)

Рисунок 1.5. Рулонні прес-підбирачі ПРП-1,6 (а) і ПР-Ф-110 (б).

В даний час, як в Україні, так і за кордоном широке застосування отримала заготівля сіна в рулонах різної маси. Рулони сіна (соломи) формуються рулонними прес-підбирачами, серед яких 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), ПР-Ф-750 (рис. 1.7, б) та інші як вітчизняного, так і закордонного виробництва.



а)



б)

Рисунок 1.6. Рулонні прес-підбирачі ПР-145 С (а) і ПР-Φ-180 (б).



а)



б)

Рисунок 1.7. Рулонні прес-підбирачі ППР-120 «Pelikan» (а) і ПР-Φ-750 (б).

Зазначені вище рулонні прес-підбирачі формують рулони з сіна масою від 120 до 750 кг. Заготівля сіна в пресованому вигляді дозволяє в 1,5-2 рази знизити втрати поживних речовин в порівнянні із заготівлею розсипного сіна. Крім того, пресованого сіна у вигляді рулонів поміщається в сховище в 3-4 рази більше.

Господарства Вінниччини, що займаються заготівлею сіна в пресованому вигляді, достатньо забезпечені прес-підбирачами різного типу, в тому числі і рулонними. Однак спеціалізованих засобів, які могли б виконувати і підбирання, і транспортування, і розвантаження рулонів, в господарствах немає.

Для навантаження і розвантаження рулонів використовуються, як правило, навантажувачі ПФ-0,5 з пристроєм ПТ-Φ-500, навантажувачі СНУ-550.



Транспортування грубих кормів здійснюється по широко використовуваній в даний час прямій схемі, що включає операції очікування транспортним засобом завантаження, завантаження рулонів навантажувачем, переїзд транспортного засобу з поля до місця зберігання рулонів, очікування навантажувача для розвантаження рулонів (у випадку використання не самоскидного транспортного засобу), розвантаження, переїзд до місця завантаження рулонів.

Транспортування рулонів здійснюють транспортними агрегатами МТЗ-82.1 + 2ПТС-4 (рис. 1.8, а), К-701 + ЗПТС-12, транспортувальниками рулонів ТП-10 (рис. 1.8 б), а також автомобілі різної вантажопідйомності.



а)



б)

Рисунок 1.8. Тракторний візок 2ПТС-4,5 (а) і транспортувальник рулонів ТП-10 (б).



а)



б)

Рисунок 1.9. Транспортування рулонів сіна на автомобілях КАМАЗ 55102 (а) і ГАЗ-САЗ 3307 (б).

В Україні ведуться розробки підбирачів-транспортувальників і призматичних тюків і рулонів грубих кормів. Зокрема, розроблено спеціалізований транспортний засіб для навантаження, перевезення та розвантаження рулонів [14], який показаний на рисунку 1.10.

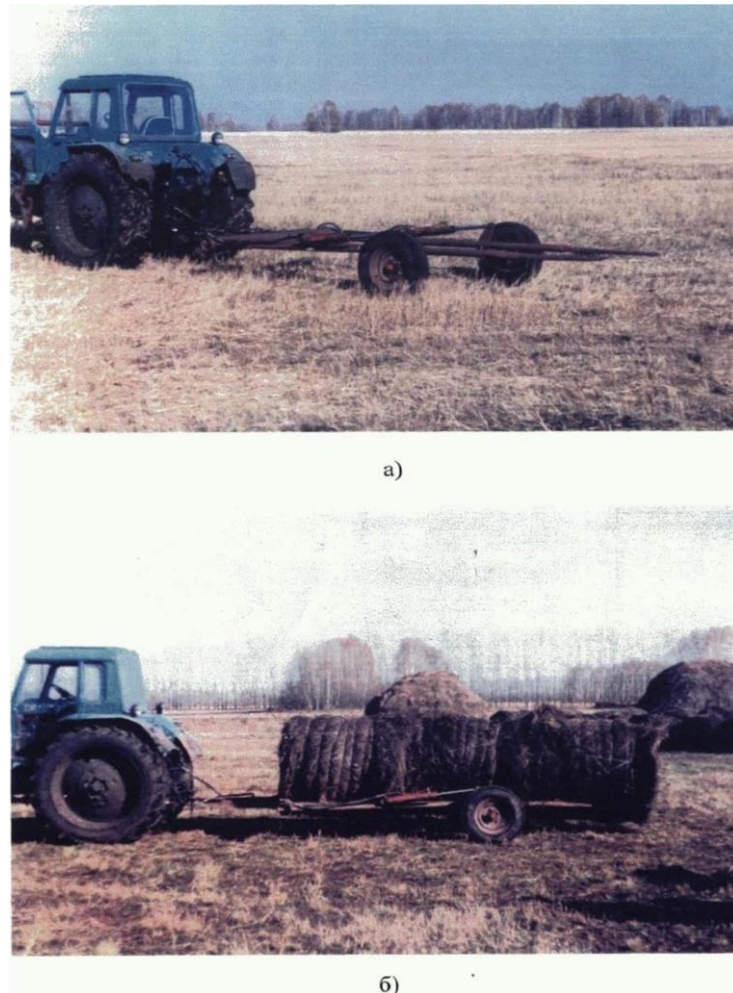


Рисунок 1.10. Спеціалізований транспортний засіб.

За кордоном широке поширення набули підбирачі-транспортувальники, які спеціальними захоплюючими рамками, що мають різну форму, збирають з поля рулони сіна або соломи і вантажать їх у транспортний засіб. Причому, після навантаження рулону, він переміщається стрічковим або ланцюговим транспортером по транспортному майданчику підбирача-транспортувальника.

В даний час підбирачі-транспортувальники випускають як великі фірми-виробники сільськогосподарської техніки Сполучених Штатів Америки,

Німеччини, Швеції, Канади та інших країн, так і самі фермери. Зокрема, фірма COOK випускає самозавантажувальний транспортувальник одного рулону моделей BALE BIGGY BBI-20NS і BBI-20 H [38], фірма BALE SHUNTER - на 5 рулонів довжиною 1,2 м або 4 рулонна довжиною 1,5...1,8 м [39], фірма TRAILEYRE SYSTEMS - на 4, 5 і 8 рулонів [40].

Огляд наукових досліджень показує, що використання технологій заготівлі сіна в тюках і рулонах великих розмірів і маси має істотні переваги в порівнянні з технологіями заготівлі сіна в розсипному вигляді і в пресованому вигляді в тюки і рулони малих розмірів і маси:

- 1) висока продуктивність навантажувачів і транспортних засобів;
- 2) застосування серійних тракторних причепів і універсальних кормовозів;
- 3) використання універсальних навантажувачів-копицеутворювачів, обладнаних спеціальними робочими органами для захвату тюків або рулонів.
- 4) відсутність ручної праці на вантажно-розвантажувальних і транспортних роботах. Однак технології заготівлі сіна в тюках і рулонах великих розмірів і маси мають і недоліки.

Основними недоліками даних технологій є наступні:

- 1) пресування сіна необхідно здійснювати при вологості сіна близької до стандартної (17%) з допустимим відхиленням не більше 3-5%, що не завжди можливо виконати через часто змінювані погодні умови;
- 2) у разі відсутності можливості забезпечення необхідної вологості сіна шляхом ворошіння, впусування і валкування спеціальними машинами, забезпеченість господарств якими вельми низька, потрібне використання дорогих консервантів;
- 3) низька забезпеченість господарств спеціальними подрібнювачами і розмотувачами тюків і рулонів;
- 4) низький ступінь реалізації приватними господарствами.

У зв'язку з цим, в господарствах Вінницької області в більшій мірі використовуються прес-підбирачі, що формують рулони масою до 250 кг.

### 1.3. Висновки до розділу

Огляд наукових досліджень по темі роботи показав:

1. Для підвищення продуктивності великої рогатої худоби необхідно розширювати кормову базу.
2. Потрібно збільшення обсягів заготівлі високоякісного сіна, як найважливішого з грубих кормів для нормального функціонування шлунково-кишкового тракту великої рогатої худоби, необхідного продукту для корів молочного напрямку з метою зниження кислотності молока і для корів м'ясного напрямку як джерело каротину і провітамін А - вітамін росту.
3. Заготівлю сіна ведуть в розсипному і пресованому вигляді.
4. Для заготівлі сіна за різними технологіями використовується велика різноманітність машин як вітчизняного, так і закордонного виробництва.
5. Найбільш перспективною технологією є технологія заготівлі сіна пресованого в рулони.
6. Рулонні прес-підбирачі забезпечують високу якість пресування сіна та істотно випереджають по продуктивності засоби навантаження і транспортування рулонів.
7. Для перевезення рулонів сіна з поля на місце зберігання або реалізації використовуються грузові бортові або самоскидні автомобілі різної вантажопідйомності, тракторні причепи, транспортувальники рулонів та інші спеціальні транспортні засоби.
8. Використовувані для перевезення рулонів сіна транспортні засоби малоефективні: автомобілі і тракторні причепи через неповне використання вантажопідйомності; транспортувальники рулонів і тракторні причепи через малу швидкість і обмежений радіус перевезення; несамоскидні вимагають додаткових машин для розвантаження рулонів; на розвантаження рулонів з усіх транспортних засобів, збільшується споживання енергії; всі види транспорту не обладнані пристроями, що забезпечують вивантаження рулонів як всіх одночасно, так і декількох рулонів, в тому числі і одного.

9. Ефективність технологічних процесів, в основному, оцінюють економічними показниками.

10. Ефективність будь-якого технологічного процесу або впровадження нової техніки, в тому числі і використання транспортних засобів для транспортування рулонів сіна, слід оцінювати ступенем відповідності реального результату до необхідного. При цьому слід використовувати функцію агрегування, що враховує сукупність показників ефективності.

#### **1.4. Мета і завдання дослідження**

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності перевезення сіна в рулонах шляхом використання серійних транспортних засобів, обґрунтованих по комплексному критерію ефективності, і застосування на бортових транспортних засобах розробленої платформи.

Завдання дослідження:

1. Оцінити показники ефективності використання деяких серійних транспортних засобів на перевезення сіна в рулонах.

2. За комплексним критерієм оцінити ефективність транспортування сіна в рулонах серійними транспортними засобами.

3. Розробити конструктивно-технологічну схему платформи для бортового транспортного засобу, яка призначена для перевезення рулонів грубого корму, оптимізувати її геометричні параметри, запропонувати технологію вивантаження з неї рулонів сіна.

4. Розробити рекомендації щодо вибору транспортного засобу для перевезення рулонів сіна на різні відстані із удосконаленням технології вивантаження рулонів сіна з бортового транспортного засобу.

## **2. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СІНА В РУЛОНАХ**

### **2.1. Схема оцінки ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах**

З метою оцінки рівня ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах спочатку встановили основний принцип, що визначає загальний підхід для досягнення поставленої мети - комплексна оцінка рівня ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах повинна ґрунтуватися на результатах оцінки показників.

З огляду на сформульований принцип, необхідно:

- по-перше, вибрати фактори, які впливають на ефективність використання машин для транспортування грубого корму в рулонах, дати їх аналіз;

- по-друге, вибрати сукупність показників, що дають можливість виконати диференціальну оцінку ефективності за результатами експериментальних досліджень;

- по-третє, використовуючи сукупність обраних показників ефективності та можливі форми комплексного критерію ефективності, а також мета дослідження - вибрати комплексний критерій ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах і розрахувати його значення;

- по-четверте, дати аналіз ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах, на основі якого запропонувати технічні або (і) технологічні рішення по підвищенню ефективності збирання сіна.

Схема оцінки ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах представлена на схемі (рис. 2.1).

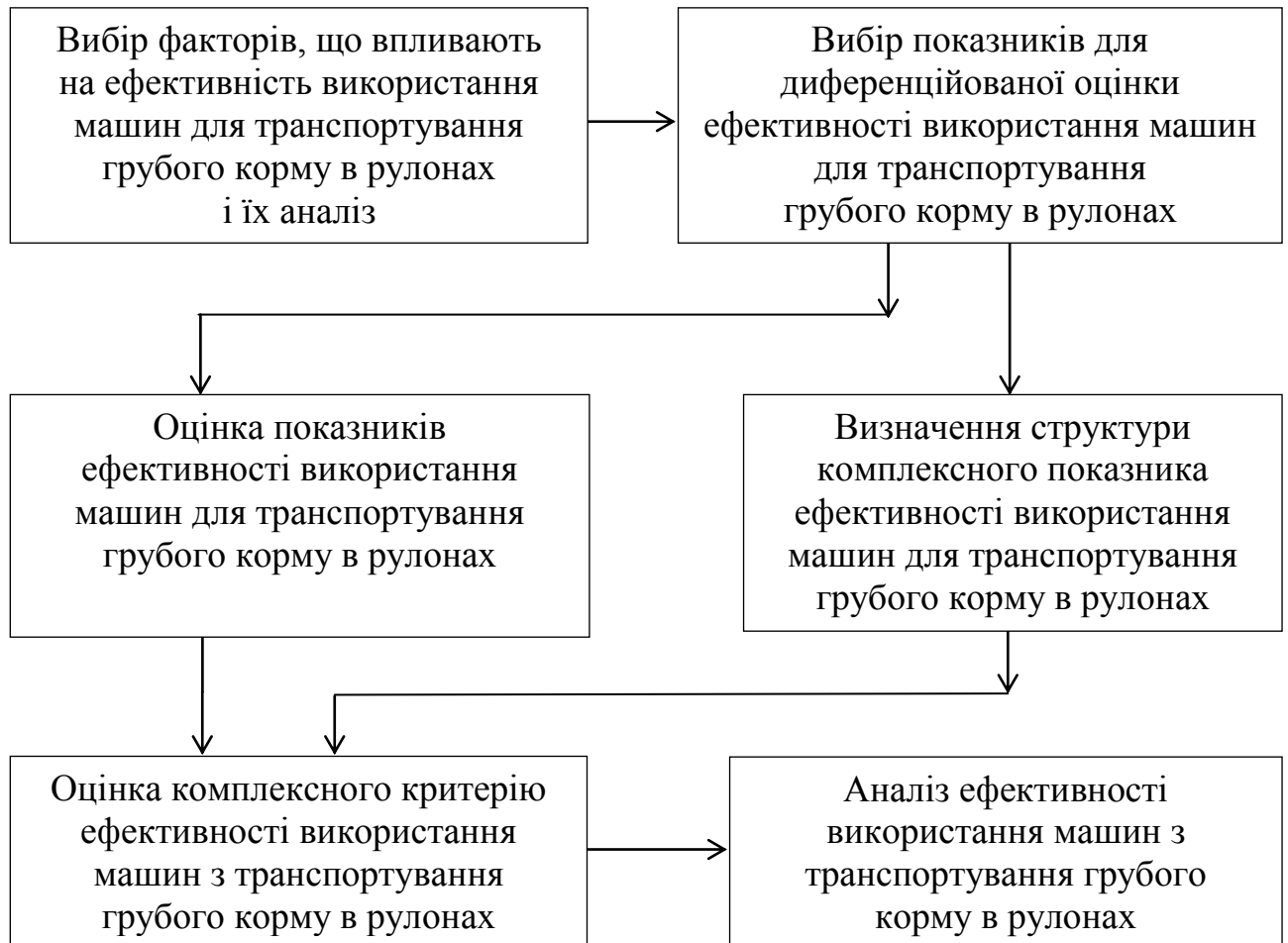


Рисунок 2.1. Схема оцінки ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах

Подальші теоретичні та експериментальні дослідження передбачають виконання всіх представлених на схемі (рис. 2.1) етапів оцінки ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах.

## **2.2. Вибір і аналіз факторів впливаючих на ефективність використання машин для транспортування сіна в рулонах**

На ефективність використання машин для транспортування сіна в рулонах впливає сукупність різних факторів (рис. 2.2). Всі фактори можна поділити на дві основні групи: конструктивно-технологічні і експлуатаційно-організаційні.

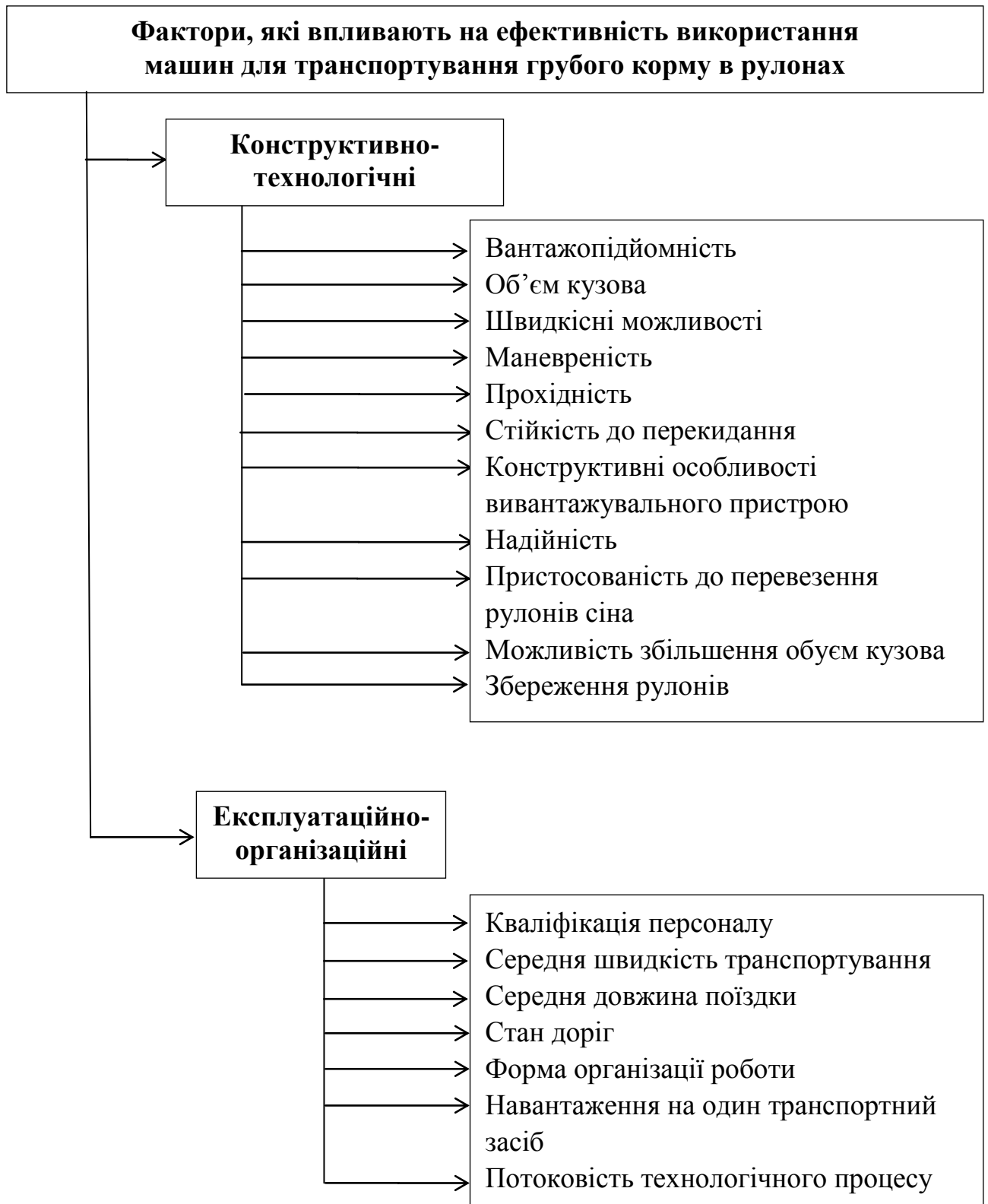


Рисунок 2.2. Фактори, які впливають на ефективність використання машин для транспортування грубого корму в рулонах



Конструктивно-технологічні фактори залежать, перш за все, від конструктивних особливостей транспортного засобу: вантажопідйомності і можливості її використання, об'єму кузова і можливості його зміни, швидкісних можливостей, маневреності, прохідності по різних видах доріг, стійкості до перекидання, конструктивних особливостей вивантажувального пристрою (самоскидний або з використанням додаткових засобів), технічної та технологічної надійності транспортного засобу, можливості транспортування рулонів сіна, збереження форми рулонів, їх обв'язування та інших факторів.

Експлуатаційно-організаційні фактори визначаються показниками використання транспортних засобів в заданих умовах, що залежать від кваліфікації обслуговуючого персоналу, середньої швидкості транспортування, величина якої визначається як характеристиками потужності і швидкісними можливостями самохідного транспортного засобу або тягача транспортного засобу, так і кваліфікацією водія, станом доріг і т.д. Крім того, до цієї групи факторів можна віднести середню відстань перевезення рулонів, яка визначається, зокрема, розмірами господарства і відстанню до місця реалізації, стан доріг як ґрунтових, так і з твердим покриттям, відстань шляху, що відноситься до транспортування рулонів по дорогах з твердим покриттям і до переїздів по полю, форма організації роботи (індивідуальна, ланкова, бригадна і т.п.), навантаження на один транспортний засіб, що залежить від обсягу перевезень і кількості транспортних засобів різної вантажопідйомності і об'єму кузова, потоковість збирально-транспортно-розвантажувальних робіт, що залежить від якості роботи управляючого персоналу щодо забезпечення узгодженої роботи всіх ланок, які виконують технологічний процес та інші.

Важливо також враховувати і розмірно-масові та інші характеристики рулонів сіна.

Таким чином, для оцінки рівня ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах необхідно враховувати вплив як окремих факторів, так і їх сукупності, на одиничні показники і на комплексний критерій ефективності.

Розглянемо, наприклад, вплив одного з найважливіших факторів - відстань від місця збирання сіна та формування рулонів до місця їх вивантаження, на показники застосування автотранспортних засобів при перевезенні сіна або соломи в рулонах в господарствах незалежно від їх форми власності.

Вивантаження рулонів може здійснюватися або на місці їх зберігання в господарстві, або місці їх реалізації.

У даній роботі розглянемо перший випадок, коли рулони перевозяться автотранспортом до місця їх зберігання в господарстві.

Обраний фактор, як впливає з огляду наукових досліджень, впливає на продуктивність транспортних засобів і питомі витрати, в тому числі і грошові, пов'язані з транспортуванням рулонів сіна.

Продуктивність транспортних засобів за підсумковим показником - обсягом  $Q$  перевезень в  $t$  за 1 годину часу циклу визначається за формулою:

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

де  $q_n$  - номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т;

$\gamma$  - коефіцієнт використання вантажопідйомності (при транспортуванні рулонів сіна або соломи  $\gamma = 1$  при використанні спеціальної платформи [37]);

$t_{\text{ц}}$  - тривалість циклу, год.

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

$$W_{\text{п-п}} = 0,1 B_p v_p \tau, \quad (2.2)$$

де  $B_p$  - робоча ширина захвату косарки при скошуванні сіна, м;

$v_p$  - робоча швидкість прес-підбирача, км/год;

$\tau$  - коефіцієнт використання часу зміни.

Знаючи урожайність культури ( $Y$ ) і продуктивність прес-підбирача по площі ( $W_{\text{п-п}}$ ), визначимо продуктивність прес-підбирача по масі сформованого сіна в рулони

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

Припустимо, що в ланці зі збирання сіна використовуються  $n_{np-n}$  прес-підбирачі однієї марки, а в транспортному -  $n_{mp}$  автомобілі з однаковою вантажопідйомністю. Тоді, для забезпечення поточності процесу збирання сіна на етапі «підбирання сіна з формуванням рулонів - транспортування рулонів з поля до місця вивантаження», необхідно дотримуватися рівності сумарної годинної продуктивності всіх прес-підбирачів ланки і всіх транспортних засобів:

$$W_{np-p} n_{np-p} = W_{tp} n_{tp}. \quad (2.4)$$

З урахуванням виразів (2.1), (2.2) і (2.3) рівність (2.4) перепишемо у вигляді:

$$0,1B_p v_p \tau \gamma n_{np-p} = \frac{q_n \gamma}{t_{ц}} n_{tp}. \quad (2.5)$$

З рівності (2.5) висловимо  $t_{ц}$ :

$$t_{ц} = q_n \gamma n_{tp} / 0,1B_p v_p \tau \gamma n_{np-p}. \quad (2.6)$$

Тривалість циклу транспортного засобу дорівнює

$$t_{ц} = t_n + t_p + t_2 + t_x, \quad (2.7)$$

де  $t_n$ ,  $t_p$  - відповідно час навантаження і розвантаження транспортного засобу, год.;

$t_2$ ,  $t_x$  - відповідно час руху транспортного засобу з вантажем і без вантажу, год.

Тривалість вантажно-розвантажувальних робіт автомобіля дорівнює

$$t_n + t_p = \frac{q_n}{W_n} + \frac{q_n}{W_p} = \frac{q_n(W_n + W_p)}{W_n \cdot W_p}. \quad (2.8)$$

Тривалість руху автомобіля визначимо за формулою

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

Якщо шлях, який проїхав автомобіль з вантажем, дорівнює шляху без вантажу  $l_2 = l_x$ , отримаємо

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

Тоді

$$t_{\text{ц}} = \frac{q_{\text{н}}(W_{\text{п}}+W_{\text{р}})}{W_{\text{п}} \cdot W_{\text{р}}} + \frac{l_{\text{г}}(v_{\text{г}}+v_{\text{х}})}{v_{\text{г}} \cdot v_{\text{х}}}. \quad (2.10)$$

Висловивши з виразу (2.5)  $t_{\text{ц}}$  і прирівнявши його з (2.10), отримаємо рівність

$$\frac{q_{\text{н}} \gamma n_{\text{тр}}}{0,1 B_{\text{р}} v_{\text{р}} \tau \gamma n_{\text{пр-п}}} = \frac{q_{\text{н}}(W_{\text{п}}+W_{\text{р}})}{W_{\text{п}} \cdot W_{\text{р}}} + \frac{l_{\text{г}}(v_{\text{г}}+v_{\text{х}})}{v_{\text{г}} \cdot v_{\text{х}}}. \quad (2.11)$$

З рівності (2.11) визначимо

$$l_{\text{г}} = q_{\text{н}} \left[ \frac{\gamma n_{\text{тр}}}{0,1 B_{\text{р}} v_{\text{р}} \tau \gamma n_{\text{пр-п}}} - \frac{(W_{\text{п}}+W_{\text{р}})}{W_{\text{п}} \cdot W_{\text{р}}} \right] \cdot \frac{v_{\text{г}} \cdot v_{\text{х}}}{(v_{\text{г}}+v_{\text{х}})}. \quad (2.12)$$

Беручи до уваги такі поняття, як середня гармонійна продуктивність вантажно-розвантажувального процесу

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

і середня гармонійна швидкість руху

$$v_{\text{г-х}} = \frac{2v_{\text{г}} \cdot v_{\text{х}}}{v_{\text{г}}+v_{\text{х}}}, \quad (2.14)$$

отримаємо формулу для розрахунку  $l_{\text{г}}$ :

$$l_{\text{г}} = \frac{q_{\text{н}} v_{\text{г-х}}}{2} \left[ \frac{\gamma n_{\text{тр}}}{0,1 B_{\text{р}} v_{\text{р}} \tau \gamma n_{\text{пр-п}}} - \frac{2}{W_{\text{п-р}}} \right]. \quad (2.15)$$

Таким чином, показана методика обґрунтування довжини шляху автомобіля і взаємозв'язок цього фактора з показником ефективності.

### 2.3. Обґрунтування показників ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах

Ефективність використання машин для транспортування сіна в рулонах можливо оцінювати за сукупністю показників, визначення значень яких є метою диференційованого методу. Даний метод полягає в зіставленні значень показників ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах з аналогічними показниками, найкращими, прийнятими для порівняння.

При виборі показників ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах до них пред'являються такі вимоги:

1. Важливість кожного показника в сукупності показників. При цьому слід вибирати і надалі використовувати найбільш суттєві показники, тобто ті, які в більшій мірі впливають на рівень транспортування грубого корму в рулонах.

2. Оцінку показників ефективності слід вести з урахуванням досягнутого рівня відповідних показників.

3. Враховувати можливість підвищення значень показників шляхом різних заходів, в тому числі технічних, як на стадії розробки проекту технологічного процесу, так і на стадії його реалізації.

4. Можливість розширення сфери використання обраних показників на аналогічні технологічні сільськогосподарські процеси.

5. Стрункість структури. Всі одиничні показники повинні бути однорідними в даній групі показників, не допускати їх якісного повторення при оцінці ефективності транспортування грубого корму в рулонах і використання зайвих показників.

6. Сумісність показників ефективності транспортування грубого корму в рулонах з деякими показниками якості технологічного процесу.

7. Можливість оцінки показників ефективності та перевірки результатів оцінки при повторних дослідженнях.

8. Можливість практичного застосування.

З урахуванням зазначених вимог визначається склад і структура показників ефективності транспортування грубого корму в рулонах.

При виборі сукупності показників, які відповідали б цілям практичної оцінки ефективності транспортування грубого корму в рулонах, використовувався відомий метод експертних оцінок. Він дозволив врахувати як якісний характер оцінюваних показників, так і професійний і науковий досвід фахівців зі збирання грубих кормів.

В експертизі брали участь інженери, агрономи і економісти, які пов'язані з проблемою прибирання сіна, формування рулонів і транспортування їх до місця зберігання або реалізації.

Всі експерти були розділені на групи, але кожна група формувалася з осіб різних спеціальностей. Кожна група експертів виконувала інтуїтивно-логічний аналіз питань, поставлених перед ними.

Мета експертизи - отримання корисної інформації, що дозволяє якісно судити про вплив обраних показників на ефективність транспортування грубого корму в рулонах.

Попереднє опитування експертів - фахівців в області збирання сільськогосподарських культур, в основному, сіна, з безлічі можливих показників, що впливають на ефективність використання машин для транспортування грубого корму в рулонах обрано такі показники: продуктивність транспортного засобу; собівартість транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр; використання вантажопідйомності транспортного засобу; трудомісткість розвантаження одного рулону сіна з транспортного засобу; металоємність транспортного засобу, яка припадає на один рулон сіна при перевезенні його на один кілометр - питома металоємність транспортного засобу; пошкоджуваність рулонів; втрати сіна.

Однак подальший аналіз перерахованих вище показників показав, що при виборі в якості показників продуктивності транспортного засобу і використання його вантажопідйомності відбувається якісне повторення цих показників, тому що вони взаємозалежні (формула 2.1).

Продуктивність транспортного засобу - найважливіший показник його використання. Але при цьому даний показник залежить від вантажопідйомності транспортного засобу і коефіцієнта використання вантажопідйомності.

Крім того, застосування зайвих показників при оцінці ефективності будь-якого технологічного процесу не припустиме.

З огляду на можливість оцінки коефіцієнта використання вантажопідйомності транспортного засобу та перевірки результатів його оцінки

при повторних дослідженнях, прийшли до висновку, що застосовувати вказаний показник в якості одиничного показника ефективності.

Як відомо, продуктивність транспортного засобу необхідно збільшувати з метою мінімізації собівартості транспортних операцій. При цьому слід враховувати обмеження щодо використання вантажопідйомності. Коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу не повинен перевищувати одиниці.

При виборі бажаного значення даного коефіцієнта слід враховувати, що обмежувальними факторами є максимально можливі (за вимогами правил дорожнього руху) габаритні розміри, можливість втрати керованості і перекидання транспортного засобу.

У зв'язку з тим, що максимально допустима швидкість руху транспортного засобу, що визначається типом дороги [36] і неприпустимістю випадання рулонів сіна з кузова при русі машини, то можна припустити, що втрат рулонів сіна при їх транспортуванні до місця зберігання або до місця реалізації не буде.

Дане припущення підтвердив аналіз багаторічних спостережень за транспортуванням рулонів сіна. Втрати рулонів зафіксовані у випадках, в основному, при транспортуванні їх з поля до місця зберігання, коли вони не закріплені і транспортний засіб перевантажено. Втрат рулонів сіна до місця їх реалізації не спостерігалось.

У зв'язку з цим, одиничний показник втрат сіна надалі розглядати не будемо.

Таким чином, обрані наступні одиничні показники ефективності транспортування грубого корму в рулонах з урахуванням їх ранжирування:

- 1) собівартість транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр,  $C$ , грн./км·рул.;
- 2) використання вантажопідйомності транспортного засобу,  $\gamma$ ;
- 3) трудомісткість розвантаження одного рулону сіна з транспортного засобу,  $T$ , люд.·год.;

- 4) питома металоємність транспортного засобу,  $M_{num.}$ , кг/км·рул.;
- 5) пошкоджуваність рулонів,  $P$ , %.

Результати інформації, отриманої від експертів, були оброблені. При цьому використовувався відповідний математичний апарат.

При оцінці показників, що характеризують транспортування рулонів сіна, експерти виконували «вимірювання» важливості всіх показників. Потім виконувався аналіз отриманої від експертів інформації, і її обробка. Після чого проводилося узгодження думок окремих експертів і формувалася колективна думка.

Експертна оцінка важливості показників ефективності включала такі основні етапи:

- 1) обґрунтування мети і завдань дослідження;
- 2) розробка методики отримання вихідної інформації;
- 3) вибір методів обробки вихідної інформації;
- 4) формування груп експертів;
- 5) підготовка анкет для опитування експертів;
- 6) опитування експертів;
- 7) обробка отриманих результатів;
- 8) аналіз отриманих результатів експертизи;
- 9) інтерпретація результатів.

При ранжируванні показників ефективності транспортування грубого корму в рулонах всі експерти мали оцінювані показники в порядку їх росту по їх перевагах з точки зору експерта і приписували кожному одиничному показнику ранги у вигляді натуральних чисел. Нами використовувалося пряме ранжування показників, відповідно до якого більш кращий показник мав ранг 1, а менш кращий - ранг  $m$ .

Потім здійснювалася обробка переваг кожного експерта і аналіз рангів показників, після чого визначалася перевага групи експертів по відношенню до досліджуваних показників.



В результаті прямого ранжирування показників ефективності транспортування грубого корму в рулонах було отримано розподіл розглянутих за важливістю. При цьому враховували результати ранжування показників тих експертів, думки яких були незалежними.

Розраховувалися коефіцієнти рангової кореляції  $\rho$  Спірмена, по значенням яких оцінювалася незалежність думок експертів:

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

де  $m$  - число показників;

$r_{1i}$  і  $r_{2i}$  - ранг, віднесений відповідно першим і другим експертом до  $i$ -того показника.

Значення коефіцієнтів  $\rho$  змінюються від -1 до +1. Якщо  $\rho = +1$ , то ранжування однакові, якщо  $\rho = -1$  - протилежні, при  $\rho = 0$  ранжування лінійно не корельовані.

Отримані результати розрахунку коефіцієнтів рангової кореляції для всіх пар експертів надані в розділі 4.

Критична область коефіцієнтів  $\rho$  визначається нерівністю  $\rho > \rho_\alpha$ , що рівносильно нерівності [29]

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

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

З огляду на (2.2), запишемо:

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

Значення  $S_{max}$  і  $S_{min}$  табличні [29]. Чим більша ймовірність  $P$  на прийнятому (5%-вий, тобто  $\alpha = 0,05$ ) рівні значущості, тим вірніше гіпотеза про незалежності думок експертів.

Розрахунки показали, що для всіх варіантів  $\alpha_i > \alpha = 0,05$ .

Групова думка експертів, отримана за результатами індивідуальних переваг, оцінювалася за середнім значенням коефіцієнтів Спірмена [29]:

$$\rho = 2 \sum \rho_i / n(n - 1). \quad (2.19)$$

Визначено, що  $\rho = 0,818$ .

Застосувавши метод відносних частот, були визначені коефіцієнти важливості кожного показника ефективності транспортування грубого корму в рулонах [29]:

$$\alpha_i = \sum_{l=1}^n r_j^l / \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^m r_j^l, \quad (2.20)$$

де  $r_j^l$  - ранг, присвоєний  $j$ -му одиничного (окремого) показника  $1$ - $m$  експертом.

При цьому слід враховувати, що найкращий показник буде мати ранг  $(m - 1)$ , а найгірший - ранг  $0$ , а також, що  $\sum \alpha_i = 1$ .

Таким чином, оцінку ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах пропонується виконувати як диференційовано, тобто по кожному окремому показнику, так і комплексно, тобто по їх сукупності, сформованих в комплексний критерій з урахуванням важливості кожного показника ефективності.

## 2.4. Висновки до розділу

1. Розроблено схему поетапної оцінки ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах.

2. Запропоновано класифікацію факторів, що впливають на ефективність використання машин для транспортування грубого корму в рулонах, по двом групам: конструктивно-технологічним і експлуатаційно-організаційним.

3. Обґрунтовано показники ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах. До них віднесені: собівартість транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр, використання вантажопідйомності транспортного засобу, трудомісткість розвантаження одного рулону сіна з транспортного засобу, питома металоємність транспортного засобу і пошкоджуваність рулонів.

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

#### 3.1. Розмірно-масові характеристики рулонів сіна

Розмірно-масові характеристики сформованих рулонів сіна необхідні для розрахунку деяких показників використання транспортних засобів, зокрема, кількість перевезених транспортним засобом рулонів, а також для обґрунтування вихідних вимог проектної платформи.

На основі поставлених в роботі мети і завдань дослідження необхідно оцінити розмірно-масові характеристики рулонів сіна, зокрема, масу одного рулону ( $m_p$ ), діаметр ( $D_p$ ) і висоту ( $H_p$ ) рулону. Для визначення розмірно-масових характеристик рулонів використовувалися тільки ті рулони, які були сформовані одним і тим самим прес-підбирачем, в один день, на одному полі. При цьому використовувалися дві марки прес-підбирачів: ПР-Ф-110 і ППР-120 «Relikan», що широко застосовуються в господарствах Вінницької області. Прес-підбирачі були відрегульовані на обрану щільність пресування.

Вологість сіна коливалася в межах  $\pm 1\%$ . Її значення визначали по ГОСТ 27548-97 [10]. Повторність відбору проб - чотириразова.

Вологість сіна в пробі визначалася із застосуванням аналізатора вологості «ЕЛВІЗ-2С», (рис. 3.1).

Маса сіна в навішуванні становила 3...5 г. Сіно подрібнювалося і висушувалося при температурі  $105^\circ\text{C}$  до сухого стану. Даний стан сіна визначався самим аналізатором. Аналізатором при цьому фіксувалися початкова і кінцева маси навішування і обчислювалася вологість сіна. У програмі визначення вологості використовувалася формула:

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

де  $m_1$  - початкова маса наважки, г;

$m_2$  - кінцева маса наважки, г.

Масу рулону визначали, зважуванням на електронних вагах Скейл 2СКП 1515 (СКІ-А-12Е) з точністю до 1,0 кг.



Рисунок 3.1. Аналізатор вологості «ЕЛВІЗ-2С».

Діаметр і висоту рулону визначали за допомогою спеціально виготовленого вимірювального пристрою, що має шкалу. Точність вимірювання 5 мм.

Нами прийнято, що діаметр рулону  $D_p$  (рис.3.2) - це максимальне, а висота рулону  $H_p$  - мінімальне значення діаметру рулону після його деформації при вивантаженні з прес-підбирача.

Причому діаметр і висоту рулону сіна вимірювали в діаметрально протилежних напрямках.

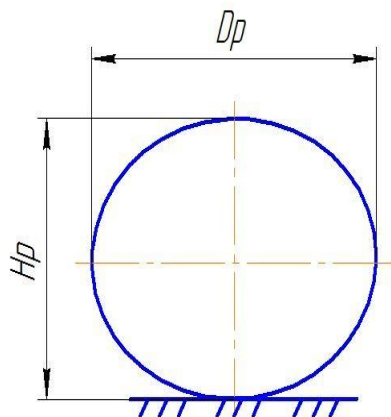


Рисунок 3.2. Схема вимірювання діаметра і висоти рулону.

Отримані дані вимірювань оброблялися із застосуванням теорії математичної статистики [11] на ПЕОМ.

Обрані характеристики мають кількісну мінливість. В зв'язку з цим, вимагають статистичної оцінки. Тому кожен рулон сіна, відібраний з ділянки з поля, досліджувався окремо.

Довірчий інтервал для вибіркової середньої із сукупності вимірювань відповідно до [6] можна визначити за формулою

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

де  $\bar{x}$  - середнє значення у вибірці;

$t$  - критерій Ст'юдента з урахуванням обраного рівня ймовірності;

$S$  - стандартне відхилення;

$n$  - об'єм вибірки.

Для того, щоб помилка вибірки була менше запланованого значення, врахуємо, що граничну похибку вибірки при розрахунку середньої можна визначити за формулою

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

Звідки розмір вибірки визначається по залежності [6]

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

З огляду на значення критерію  $t_{0,5} = 2$  і  $t_{0,1} = 3$  відповідно для 95% і 99% рівня ймовірності, тобто для 5% і 1% рівнів значущості, отримаємо формули

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

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

У представлених формулах, як дисперсії, так і помилки можуть бути представлені як в абсолютних, так і у відносних показниках, наприклад, відсотках.

Щоб визначити розмір вибірки, необхідно знати варіабельність ознаки ( $S$ ), а також запланувати значення помилки ( $S_{\bar{x}}$ ). Її величина повинна бути приблизно в 2...3 рази менше значень, які передбачається отримати для середніх значень порівнюваних сукупностей [6]:

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

де  $HCP$  - найменша істотна різниця між середніми значеннями порівнюваних показників.

$HCP$  для сільськогосподарських культур рекомендують вибирати для 5% рівня значущості [6].

Тоді, при оцінці, наприклад, маси рулону, при стандартному відхиленні  $S = 0,2\%$ , помилку  $S_x = 0,02\%$  і рівні значущості 5% необхідно зважити  $n_{0,5} = 4 \cdot 0,02^2 / 0,004^2 = 100$  рулонів.

Відповідно до методики дослідження здійснювалося зважування 100 рулонів, сформованих прес-підбирачами ПР-Ф110 і 100 рулонів - ППР-120 «Pelikan».

Прес-підбирачі попередньо були відрегульовані на розрахункову щільність пресування сіна з метою отримання рулонів масою 150 і 250 кг відповідно прес-підбирачами ПР-Ф-110 і ППР-120 «Pelikan».

Визначалася кількість інтервалів статистичного ряду за формулою  $N_u = \sqrt{N}$ , тут  $N$  - число вимірювань [11]. Для нашого випадку кількість інтервалів дорівнює 10.

Величина одного інтервалу визначалася по залежності:

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

де  $m_{p.max}$ ,  $m_{p.min}$  - відповідно максимальна і мінімальна маса рулону.

Для рулонів, сформованих прес-підбирачами ПР-Ф-110 і ППР120 «Pelikan»  $\Delta W = 5$  кг.

Результати зміни маси рулонів - на рис. 3.3 і рис. 3.4.

Математичне сподівання маси рулону за прес-підбирачем ПР-Ф110 рівне 147 кг, а за прес-підбирачем ППР-120 «Pelikan» - 248 кг.

Розрахунок середнього квадратичного відхилення маси рулону виконували за формулою [11]:

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

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

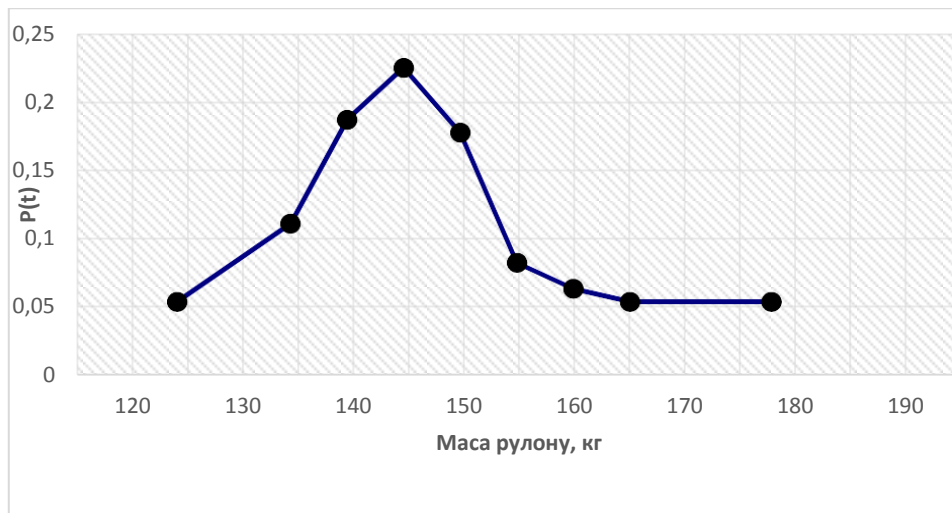


Рисунок 3.3. Зміна маси рулону, сформованого прес-підбирачем ПР-Ф-110.

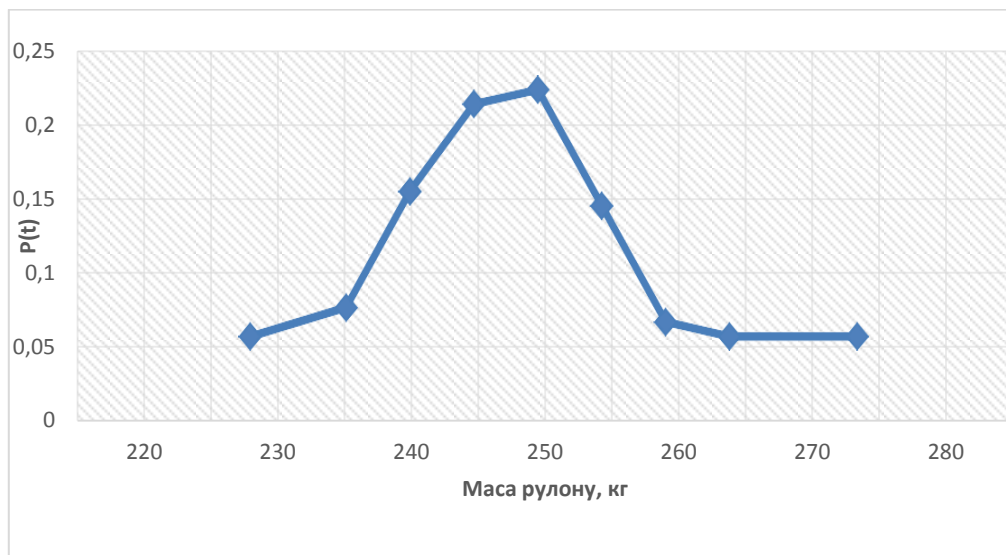


Рисунок 3.4. Зміна маси рулону, сформованого прес-підбирачем ППР-120 «Pelikan».

Розрахунки показали, що для рулонів за прес-підбирачем ПР-Ф-110  $\sigma_{m1} = 13$  кг, а за прес-підбирачем ППР-120 «Pelikan» -  $\sigma_{m2} = 11$  кг.

З отриманих результатів випливає, що розглянуті прес-підбирачі забезпечують пресування рулонів сіна з точністю, близькою до розрахункової. Крім того, значення середнього квадратичного відхилення маси рулону показали, що прес-підбирач ППР-120 «Pelikan» пресує рулони сіна з меншим розкиданням по масі, ніж ПР-Ф-110.

Відповідно до методики дослідження здійснювалося вимірювання розмірів 100 рулонів, сформованих прес-підбирачем ПРФ-110, і 100 рулонів - ППР-120 «Pelikan». Результати зміни діаметра і висоти рулону представлені на рис. 3.5 і рис. 3.6.

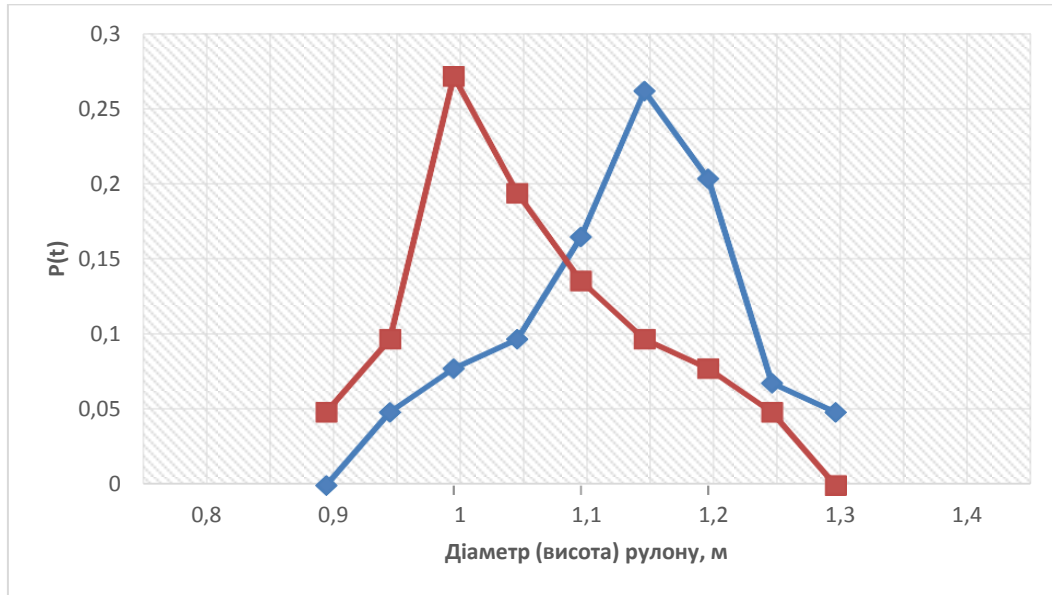


Рисунок 3.5. Зміна діаметру (1) і висоти (2) рулону, сформованого прес-підбирачем ПР-Ф-110.

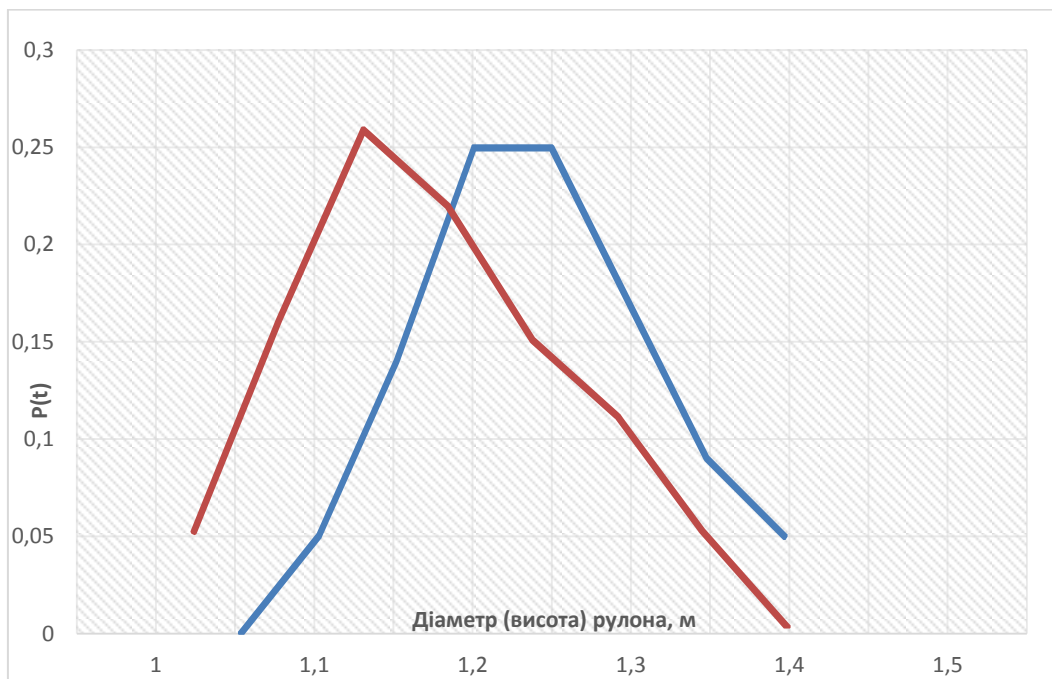


Рисунок 3.6. Зміна діаметру (1) і висоти (2) рулону, сформованого прес-підбирачем ППР-120 «Pelikan».



Визначено, що математичне очікування діаметра рулону за прес-підбирачем ПР-Ф-110 рівне 1,13 м і висоти - 1,08 м, а за прес-підбирачем ППР-120 «Pelikan» - відповідно 1,24 м і 1,20 м.

Розрахована середня еліпсність рулонів - різниця між діаметром і висотою. Еліпсність рулонів незначна. Даний результат підтверджує значення середнього квадратичного відхилення діаметра і висоти рулону, які розраховані за формулою, аналогічною (3.9). Середні квадратичні відхилення діаметра і висоти рулонів за ПР-Ф-110 дорівнюють відповідно 0,11 і 0,09 м, а за ППР-120 «Pelikan» - відповідно 0,08 і 0,07 м.

Отримані дані значень середнього квадратичного відхилення діаметра і висоти рулону за прес-підбирачем ППР-120 «Pelikan» нижче, ніж за прес-підбирачем ПР-Ф-110. Це пов'язано, очевидно, із більшим ступенем підпресування сіна ППР-120 «Pelikan», ніж ПР-Ф-110.

Таким чином, рулони, падаючи на поле з прес-підбирача, трансформуються з циліндричної форми в еліптичний циліндр. Встановлено, що при зниженні щільності пресування еліпсність рулону збільшується і практично не змінюється після знаходження його на полі більш доби.

### **3.2. Результати хронометражу транспортування і розвантаження рулонів сіна**

Для вирішення завдань цієї роботи по оцінці показників і розрахунку комплексного критерію ефективності транспортування грубого корму в рулонах, потрібно оцінити:

- середнє число рулонів сіна, що перевозяться різними транспортними засобами від використовуваних в господарстві прес-підбирачів за один рейс і протягом року дослідження;
- число рейсів транспортних засобів під час перевезення рулонів, сформованих різними прес-підбирачами;
- відстань перевезення рулонів;

- пробіг автомобілів і напрацювання трактора в мотогодинах за один та всі рейси для транспортування рулонів сіна;
- витрата палива, мастильних та інших технічних рідин;
- пошкодження шпагату, що приводить до руйнування рулону сіна, на навантаженні, транспортуванні та розвантаженні рулонів;
- тривалість розвантаження транспортного засобу та число осіб, які беруть участь на розвантаження;
- число технічних обслуговувань транспортних засобів за видами і обсяг витратних матеріалів.

Значення вказаних вище параметрів можна отримати хронометражем використання транспортних засобів.

Застосовувався вибірковий хронометраж, тобто в процесі хронометражу спостерігали і послідовно фіксували виміри тільки ті елементи оперативного часу роботи транспортних агрегатів, які необхідні для отримання інформації про кількість перевезених рулонів транспортним засобом і часу їх розвантаження.

Результати спостережень за використанням машин для транспортування рулонів сіна були внесені на бланки, складені за вимогами ГОСТ 24055-80, ГОСТ 24059-80. Потім проводилася їх первинна обробка, суть якої полягала в розподілі витрат оперативного часу роботи транспортних агрегатів по обраних категоріях, після чого проводили їх аналіз [9].

Також використовували і метод моментних спостережень, мета якого - репрезентативна оцінка показників генеральної сукупності на основі обстеження вибіркової сукупності. Використовуючи даний метод, була істотно знижена трудомісткість дослідження масових процесів. Метод моментоспостережень дозволяє збільшити обсяг вибірки досліджуваних операцій.

При цьому, витрати часу і коштів практично не збільшуються в порівнянні із суцільним хронометражем. Крім того, значно підвищується репрезентативність зібраної інформації.

Основним документом при хронометражі був спостережний лист. Крім спостережного листа використовувався журнал, в якому фіксувалися необхідні пояснення.

Для відображення результатів вимірювання розмірно-масових характеристик рулонів були розроблені спостережні листи спеціальної форми.

Хронометраж проводився відповідно до ГОСТ 28722-90 (СТ РЕВ 6944-89), ГОСТ 26026, згідно з СТ СЕВ 292, СТ РЕВ 878, СТ РЕВ 4492, ГОСТ12.2042, СТ РЕВ 1850 СТ РЕВ 3087, ГОСТ 20915 та ін.. Зазначені вище документи регламентують методи випробування сільськогосподарських машин.

У журналі відображалися умови досліджень:

- 1) показники характеристики поля, з якого здійснювали вивіз рулонів сіна: рельєф, ухил поля та ін.);
- 2) показники характеристики доріг, по яких транспортуються рулони сіна (вид покриття дорожнього полотна, ухили на підйомах і спусках та ін.);
- 3) середні значення розмірно-масових характеристик рулонів сіна;
- 4) середня вологість сіна в рулонах;
- 5) характеристика транспортного засобу (вид і марка транспортного засобу, вантажопідйомність).

За кожним транспортним засобом був закріплений хронометражист, який за допомогою секундоміра фіксував витрати часу на вибрані операції, що виконуються транспортним засобом, і записував їх у спостережні листи.

Перед початком виконання хронометражу всі хронометражисти відповідним чином були проінструктовані за методикою хронометражу.

В процесі хронометражу визначені функціональні характеристики транспортних машин: транспортна швидкість (км/год), нехолості переїзди по полю. Спостереження за роботою транспортних засобів при заготівлі кормів проводили протягом 3 збиральних сезонів (з 2018 р по 2020 р.) в господарствах Вінницької області.

В кінці кожної зміни здійснювалася попередня обробка хронокарта. Зокрема, складалися хронометражні ряди за кількістю перевезених рулонів від

однотипних прес-підбирачів однотипними транспортними засобами, по тривалості руху транспортного засоби по полю і по дорогах з ґрунтовим і твердим покриттям, за тривалістю розвантаження транспортного засобу та ін. Формувалися статистичні ряди всіх досліджуваних параметрів. Здійснювалася статистична обробка всіх спостережних листів.

Потім виконувався математичний аналіз отриманої і згрупованої за однойменними затратами елементів основного часу, інформації.

Відносна помилка при оцінці середньоарифметичної величини числового ряду була прийнята рівною 5...10% [9].

При математичній обробці розраховували також і коефіцієнт варіації досліджуваного показника.

Отримані статистичні ряди дозволили побудувати гістограми кожного показника і визначити залежності їх змін.

Отримані хронометражні ряди обробляли за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel - 2019 через пакету Microsoft Office - 2019 року.

Хронометраж здійснювався для транспортування рулонів сіна серійними транспортними засобами: МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, ГАЗ-3302 «Газель», ГАЗСАЗ-3507/35071 і КАМАЗ-45144 та розвантаження їх, а також за машинами, обладнаними спеціальною платформою.

Відповідно до окремої методики дослідження визначено кількість рулонів, що перевозяться транспортним засобом в середньому за рік, залежно від відстані до місця зберігання і місця реалізації, табл. 3.1.

Результати хронометражу показали, що в середньому за збиральний сезон в господарстві пресували 8326 рулонів сіна двома марками прес-підбирачів ПР-Ф-110 і ППР-120. Всі рулони перевозилися на місце зберігання. З них 10 рулонів використовувалося для годування власних тварин, а інші реалізовувалися.

Велику (83,7%) частку кількості рулонів на відстань до 3 км (з поля до місця зберігання) перевозили на автомобілях ГАЗ-3302 «Газель» і ГАЗ-САЗ-3507/35071.

**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

Розподілення силосу в рулонах при реалізації його в найближчих населених пунктах здійснювалося в більшій мірі (66,6%) автомобілем ГАЗ-3302 «Газель».

Велику частку (82,7%) рулонів сіна при транспортуванні їх на далекі відстані перевозили автомобілем КАМАЗ-45144 з причепом.

Розглядаючи отримані результати, можна відзначити також, що з збільшенням відстані перевезення рулонів сіна від прес-підбирачів ПРФ-110 і ППР-120 автомобілями ГАЗ-3302 «Газель» і ГАЗ-САЗ-3507/35071 кількість перевезених рулонів одним транспортним засобом за один рейс знижується.

Слід зазначити, що кількість перевезених рулонів сіна в ряді випадків обмежувалося граничними габаритами транспортного засобу з вантажем, допустимими правилами дорожнього руху. Крім того, механізатор, обслуговуючий машинно-тракторний агрегат МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, і водії автомобілів досвідчені, висококваліфіковані фахівці, виконують перевезення рулонів до місця їх зберігання і реалізації протягом багатьох років.

Інша основна задача хронометражу - оцінка часу розвантаження транспортного засобу. Час на розвантаження рулонів з транспортного засобу включає не тільки безпосередній (основне) час вивантаження рулонів, а й час на під'їзд транспортного засобу з елементами маневрування до місця розвантаження і від'їзд його від місця розвантаження. При цьому, в основний час розвантаження рулонів включалося час на відкриття і закриття борту, включення системи вивантаження при використанні самоскидних транспортних засобів.

Слід зазначити, при розвантаженні рулонів з транспортного засобу інші засоби механізації не використовувалися.

Результати обробки затрат часу за елементами розвантажувальних операцій надані в таблиці 3.2.

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

Представлені результати показують:

1. Час на під'їзд транспортного засобу з елементами маневрування до місця розвантаження і від'їзд його від місця розвантаження становить велику частку часу. Цей факт стосується всіх досліджуваних транспортних засобів. Витрати часу на дані елементи залежать від ряду факторів: умов під'їзду до місця розвантаження, кваліфікації водія транспортного засобу, довжини транспортного засобу та інших.

2. Час безпосередньо на вивантаження рулонів максимально у бортового автомобіля ГАЗ-3302 «Газель», оскільки рулони з кузова вивантажувалися вручну методом зштовхування.

3. Час вивантаження рулонів сіна тільки з кузова автомобіля КАМАЗ-45144 або тільки з його причепа незначно перевищує час розвантаження ГАЗ-САЗ-3507/35071. Але при цьому на автомобілі КАМАЗ-45144 без причепа можна перевести на 10-12 рулонів більше, ніж на ГАЗ-САЗ-3507/35071.

### **3.3. Результати досліджень показників ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах**

#### **3.3.1. Методика порівняння ефективності використання транспортних засобів по комплексному критерію ефективності.**

З метою вибору найбільш ефективного транспортного засобу при перевезенні рулонів сіна обрані: машинно-тракторний агрегат в складі трактора МТЗ-82.1 з причіпним візком 2ПТС-4,5, бортовий автомобіль ГАЗ-3302 «Газель»; грузові причепа автомобілі ГАЗ-САЗ-3507/35071 і КАМАЗ-45144 з причепом.

Дослідження ефективності використання транспортних засобів виконувалися на загальногосподарських (до 3 км), внутрішньогосподарських (від 3 до 20 км) і позагосподарських (більше 20 км) перевезеннях рулонів сіна, сформованих двома марками рулонних прес-підбирачів ПР-Ф-110 і ПРП-120.

На рис. 3.7 показано розподіл транспортних засобів за видами перевезень.

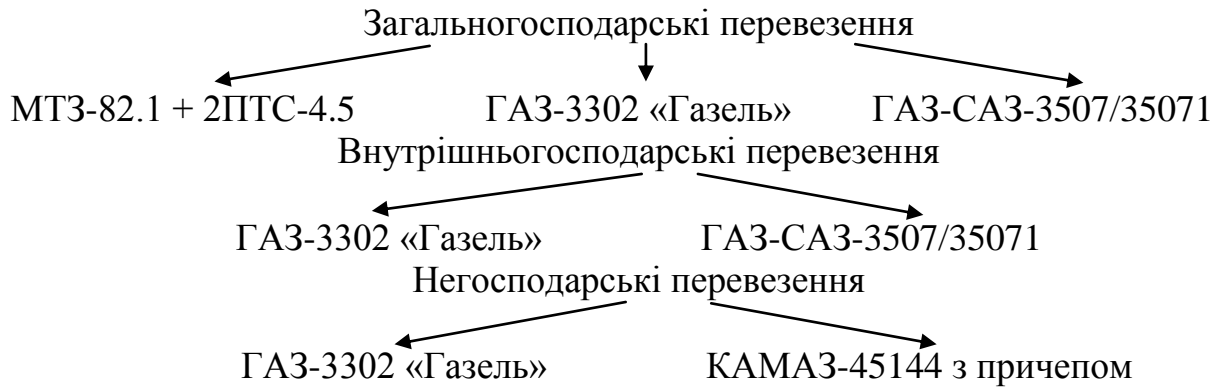


Рисунок 3.7. Розподіл транспортних засобів за видами перевезень.

За технічними характеристиками кожного досліджуваного транспортного засобу були обрані: вантажопідйомність, розміри кузова, маса, витрата палива: для трактора МТЗ-82.1 за одну мото-год, для автомобілів на 100 км пробігу; співвідношення (у відсотках) витрати моторного масла, охолоджувальної і гальмівної рідини з витратою основного палива.

За даними бухгалтерії господарства, в якому проводилися дослідження, визначена балансова вартість досліджуваних транспортних засобів і причепів.

Після отримання експериментальних даних були визначені одиничні показники ефективності використання машин для транспортування сіна в рулонах: собівартість транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр, використання вантажопідйомності транспортного засобу, трудомісткість розвантаження одного рулону сіна з транспортного засобу, питома металоємність транспортного засобу і пошкоджуваність рулонів. Методом експертної оцінки визначена важливість кожного показника. Потім обрані кращі (бажані, необхідні) значення показників ефективності і розрахований комплексний критерій.

Після розробки рекомендацій виробництву щодо ефективного використання транспортних засобів для транспортування рулонів сіна, виконано порівняння по комплексному критерію ефективності використання бортового автомобіля ГАЗ-3302 «Газель» серійного і обладнаного спеціальною платформою.



### 3.3.2 Використання вантажопідйомності транспортних засобів і їх продуктивності для транспортування рулонів сіна.

Автор роботи [36] всі перевезення сільськогосподарських вантажів в залежності від відстані перевезення поділяє на загальногосподарські (до 3 км), внутрішньогосподарські (від 3 до 20 км) і позагосподарські (зовнішні) (до 100 км).

У відповідності з цією класифікацією перевезень, виконані експериментальні дослідження з оцінки продуктивності транспортних засобів для транспортування рулонів сіна.

Розглядалися такі транспортні засоби:

- на загальногосподарських перевезеннях: МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5 і вантажний автомобіль ГАЗ-3302 «Газель»;
- на внутрішньогосподарських перевезеннях: вантажні автомобілі ГАЗ-3302 «Газель» і самоскидний з тристороннім розвантаженням ГАЗ-САЗ-3507/35071;
- на позагосподарських перевезеннях - вантажні автомобілі ГАЗ-3302 «Газель» і самоскидний КАМАЗ-45144 з причепом.

Деякі технічні показники транспортних засобів представлені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5.

#### 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

Статистичні дані дозволили отримати наступні дані:

- кількість рулонів сіна від прес-підбирачів ПР-Ф-110 і ПРП-120, що перевозяться розглянутими транспортними засобами в середньому за рік;
- число рейсів, виконаних транспортними засобами на відстані до 3 км, від 3 до 20 км і більше 20 км;
- сумарна маса рулонів, перевезених кожним транспортним засобом, і за один рейс.

За рік перевезено з поля до місця зберігання, а потім на реалізацію 7016 рулонів сіна, сформованих прес-підбирачем ПР-Ф-110, і 9576 рулонів - ПРП-120.

По середній масі рулонів сіна, що транспортуються за один рейс ( $M_p$ ), та номінальній вантажопідйомності ( $q_n$ ) транспортного засобу визначено коефіцієнт використання вантажопідйомності

$$\gamma = \frac{M_p}{q_n}. \quad (3.16)$$

Значення коефіцієнтів використання вантажопідйомності розглянутих транспортних засобів показані на рис. 3.23 - 3.25.

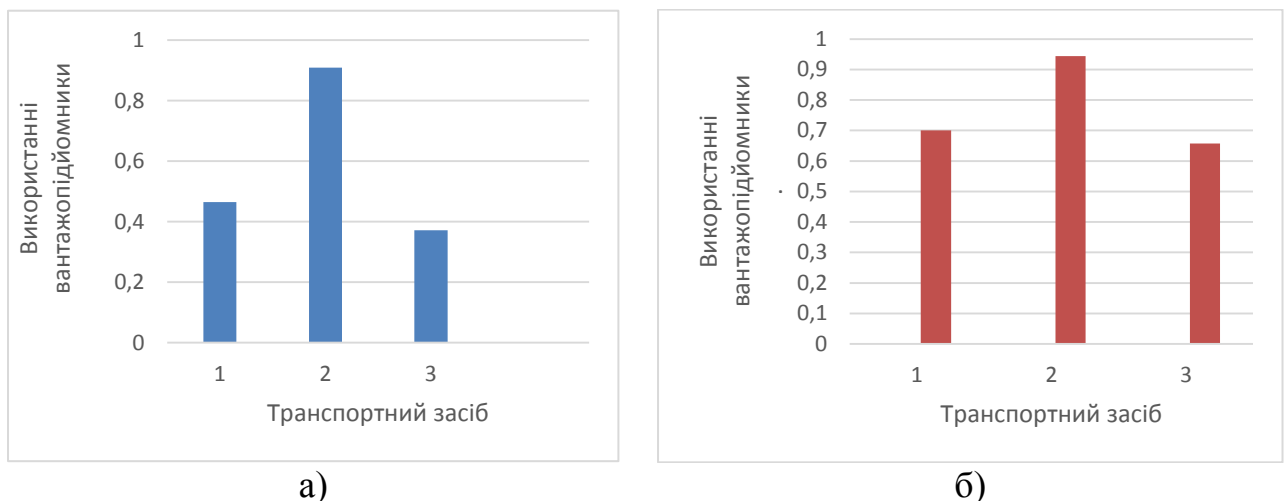
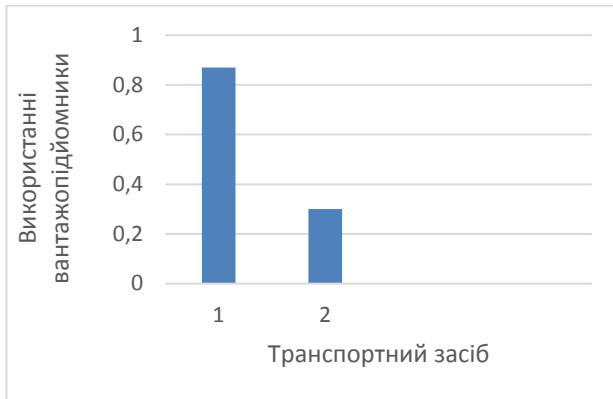
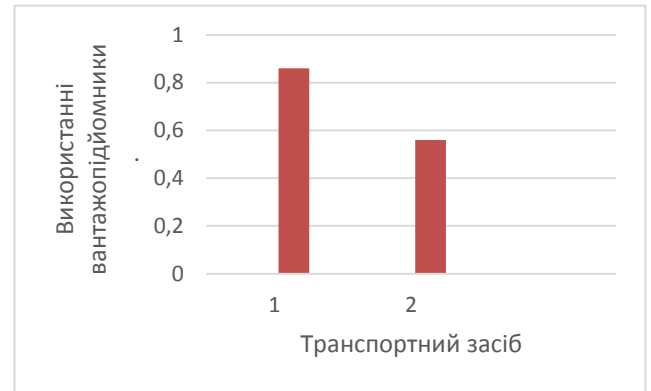


Рисунок 3.23. Використання вантажопідйомності транспортного засобу для транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань до 3 км.

1 - МТЗ-82.1 + 2ПТС - 4,5; 2 - ГАЗ-3302 «Газель»; 3 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.



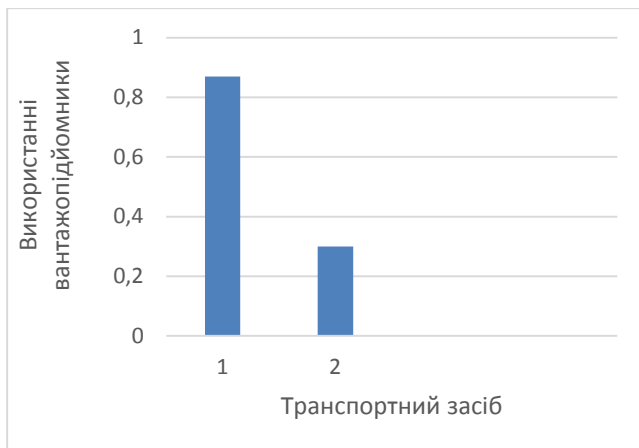
а)



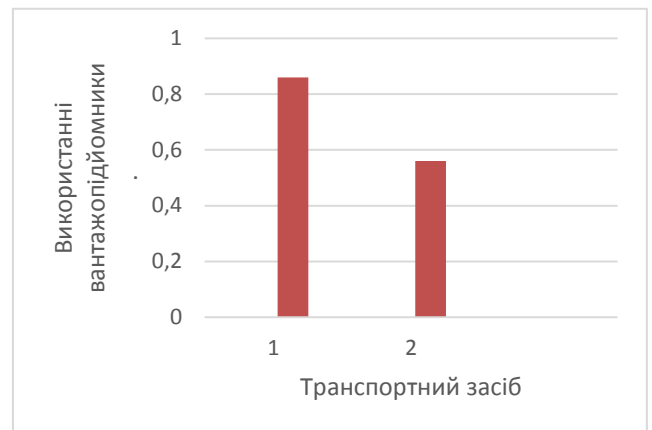
б)

Рисунок 3.24. Використання вантажопідйомності транспортного засобу для транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань від 3 км до 20 км:

1 - ГАЗ-3302 «Газель»; 2 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.



а)



б)

Рисунок 3.25. Використання вантажопідйомності транспортного засобу для транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань більше 20 км.

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

Отримані дані показали, що максимально використовується вантажопідйомність автомобіля ГАЗ-3302 «Газель» для транспортування рулонів від прес-підбирача ПРП-120 на відстань до 3 км. Зі збільшенням відстані перевезення коефіцієнт використання вантажопідйомності знижується. Мінімально використовується вантажопідйомність автомобілів КАМАЗ-45144.

### 3.3.3. Трудомісткість розвантаження рулонів сіна.

Дослідження трудомісткості розвантаження рулонів сіна проводилися на розвантаженні різнотипних транспортних засобів: тракторний самоскидний візок 2ПТС-4,5, бортовий автомобіль ГАЗ-3302 «Газель», самоскид ГАЗ-САЗ-3507/35071 і КАМАЗ-45144 з причепом автомобілів.

Трудомісткість розвантаження транспортних засобів визначалася як добуток часу розвантаження на число робочих, що беруть участь на даній операції.

Щоб виключити вплив на тривалість розвантаження транспортного засобу від таких факторів, як умови під'їзду до місця розвантаження, кваліфікація водія транспортного засобу, довжина транспортного засобу і ряду інших, враховувався тільки основний час на розвантаження. Використовувалися дані, представлені в таблиці 3.2.

Так, з даних, представлених в табл. 3.2, випливає, що основний час на розвантаження МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5 склав 185 с., ГАЗ-3302 «Газель» - 298 с., ГАЗ-САЗ-3507/35071 - 108 с., КАМАЗ-45144 з причепом - 233 с.

Результати оцінки трудомісткості розвантаження рулонів з різних транспортних засобів представлені на рис. 3.26.

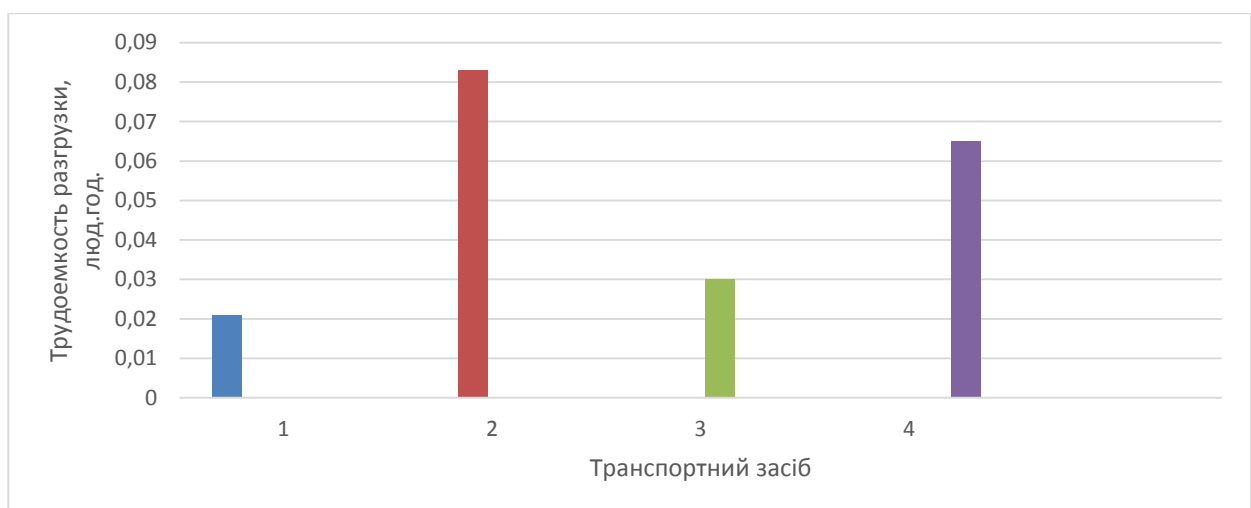


Рисунок 3.26. Трудомісткість розвантаження транспортного засобу:

1 - МТЗ-82.1 + 2ПТС - 4,5; 2 - ГАЗ-3302 «Газель»; 3 - ГАЗ-САЗ-3507/35071; 4 - КАМАЗ-45144 з причепом;

Таким чином, аналіз результатів досліджень трудомісткості розвантаження рулонів сіна з різних серійних транспортних засобів без урахування кількості перевезених ними рулонів показав, що мінімальні витрати праці припадають на розвантаження автомобілів ГАЗ-САЗ-3507/35071 і КАМАЗ-45144 (без причепа). Максимальні витрати праці при розвантаженні бортового ГАЗ-3302 «Газель».

### 3.3.4. Питома металоємність транспортних засобів.

За питому металоємність транспортного засобу нами прийнято відношення його маси до числа перевезених рулонів сіна та пробігу за один рейс:

$$M_{\text{пит}} = \frac{M_{\text{ТЗ}}}{l_{\text{Г}} N_{\text{р}}}, \quad (3.17)$$

де  $M_{\text{ТЗ}}$  - експлуатаційна маса транспортного засобу.

У розрахунках прийняті наступні значення МТС: МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5 - 5670 кг; ГАЗ-3302 «Газель» - 1850 кг; ГАЗСАЗ-3507 - 3200 кг; КАМАЗ-45144 з причепом - 15500 кг.

Значення складової  $M_{\text{пит}}$  представлені на рис. 3.27 - 3.29.

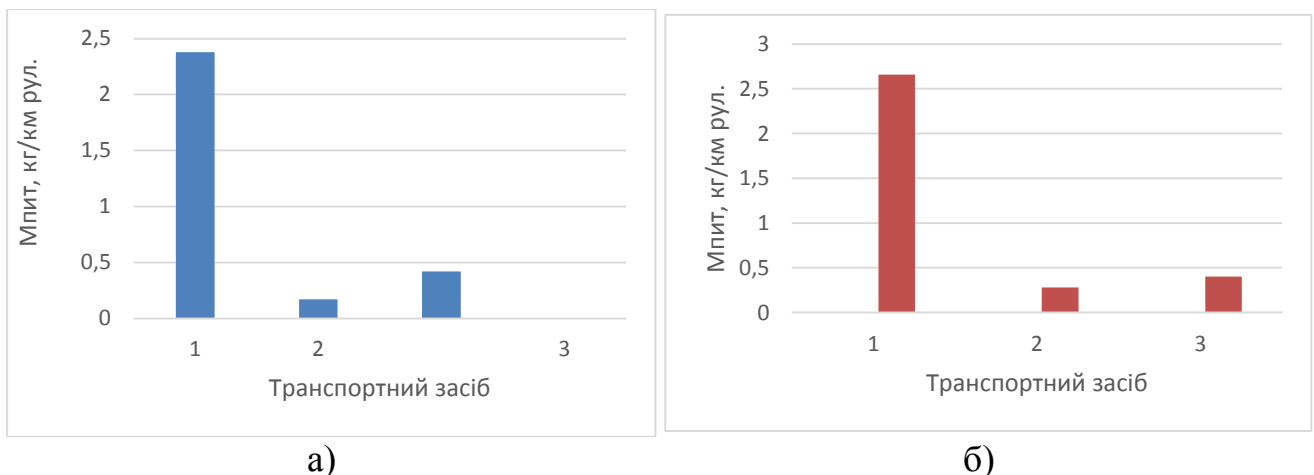
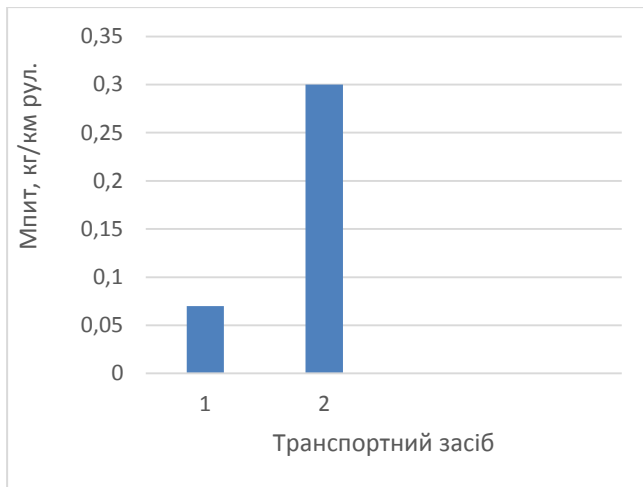
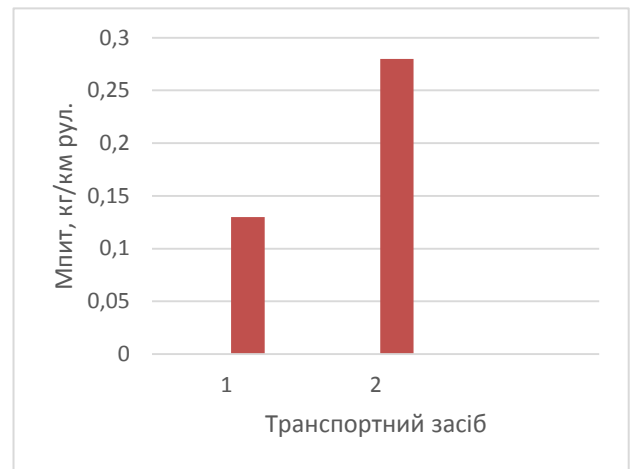


Рисунок 3.27.  $M_{\text{пит}}$  при транспортуванні рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань до 3 км:

1 - МТЗ-82.1 + 2ПТС - 4,5; 2 - ГАЗ-3302 «Газель»; 3 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.



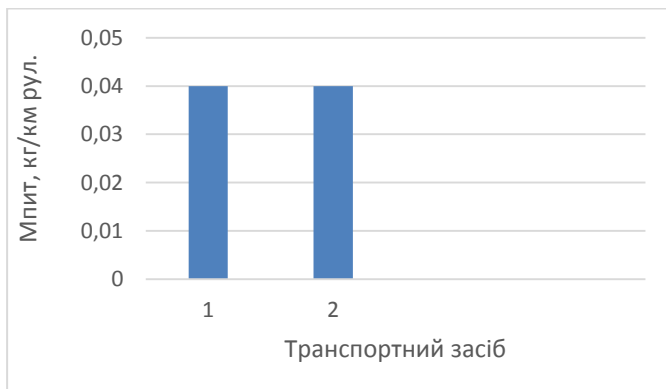
а)



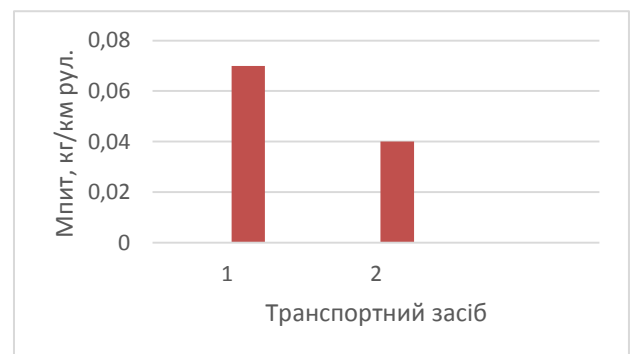
б)

Рисунок 3.28.  $M_{пит}$  при транспортуванні рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань від 3 км до 20 км:

1 - ГАЗ-3302 «Газель»; 2 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.



а)



б)

Рисунок 3.29.  $M_{пит}$  при транспортуванні рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань більше 20 км:

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

Результати досліджень показали, що при перевезенні рулонів сіна на відстані до 3 км вигідно, з точки зору значення питомої металоемності транспортних засобів, використовувати автомобілі ГАЗ-3302 «Газель», а на великих відстанях - автомобілі КАМАЗ-45144 з причепом.

### 3.3.5. Пошкоджуваність рулонів на навантажувально-транспортно-розвантажувальних операціях.

Пошкоджуваність рулонів сіна при навантаженні, транспортуванні та розвантаженні оцінювалася, перш за все, по пошкодженню шпагату, що призводило до руйнування рулону частково або повністю.

Виявлено, що залежно кількості пошкоджених шпагатів від застосовуваних у процесі досліджень прес-підбирачів сформувавших рулони сіна, не виявлено.

В результаті досліджень визначено сумарну частку пошкоджених рулонів на операціях їх навантаження, транспортування різними транспортними засобами та розвантаження. Результати наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6.

#### 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

Результати досліджень показали, що зі збільшенням швидкості руху транспортного засобу зростає частка пошкоджених рулонів. Це характерно для всіх видів перевезень: загальногосподарських, внутрішньогосподарських та позагосподарських.

Таким чином, величина показника ефективності використання серійних транспортних засобів для перевезення рулонів сіна - пошкоджуваність рулонів, змінюється в широких межах (від 2,9 до 1,6%) в залежності від типу транспортного засобу та його експлуатаційної швидкості.

Виконано також дослідження по виявленню виду робіт, який надає найбільший вплив на пошкодження шпагату після формування рулону.

Результати досліджень представлені на рис. 3.30.

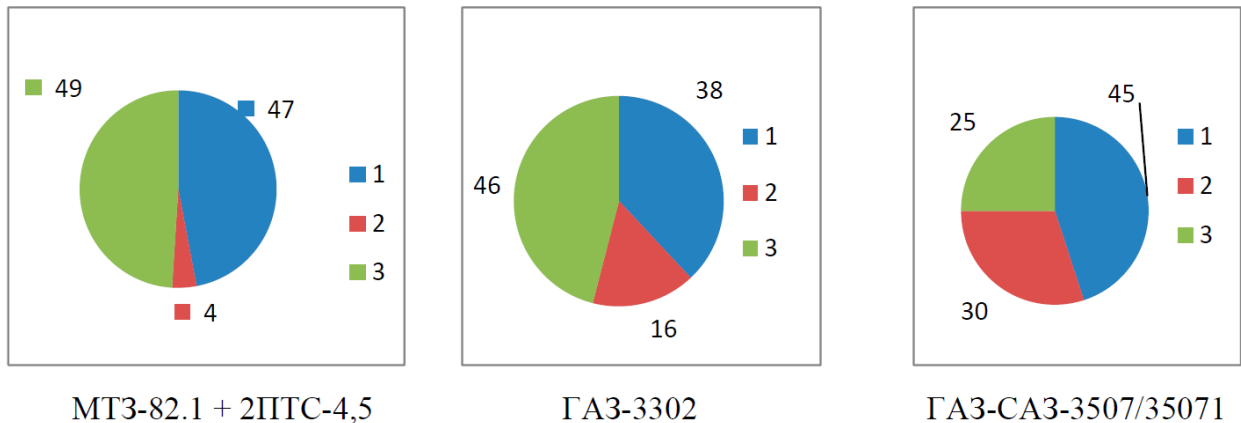


Рисунок 3.30. Розподіл пошкоджуваності шпагатів за видами операцій при використанні різних транспортних засобів:

1 - навантаження, 2 - транспортування, 3 - розвантаження.

Дані, представлені на рисунку 3.30, показують, що більша частина пошкоджень шпагатів при використанні серійних транспортних засобів припадає на операції навантаження і розвантаження рулонів.

### 3.4. Висновки до розділу

1. Дослідження розмірно-масових характеристик рулонів сіна виконувалися з використанням методу, заснованого на статистичній оцінці мінливості досліджуваних показників.

2. В результаті обробки експериментальних даних визначено:

- математичне очікування маси рулону сіна за прес-підбирачем ПР-Ф-110 рівне 147 кг при середньоквадратичному відхиленні 13 кг, а за прес-підбирачем ППР-120 «Pelikan» - 248 кг при середньоквадратичному відхиленні 11 кг;

- математичне очікування діаметра рулону за прес-підбирачем ПР-Ф-110 рівне 1,13 м і висоти - 1,08 м, а за прес-підбирачем ППР-120 «Pelikan» - відповідно 1,24 м і 1,20 м. Середні квадратичні відхилення діаметра і висоти рулонів за ПР-Ф-110 дорівнюють відповідно 0,11 і 0,09 м, а за ППР-120 «Pelikan» - відповідно 0,08 і 0,07 м;



- середньостатистична тривалість вивантаження рулонів сіна з бортового автомобіля ГАЗ-3302 «Газель» склала 298 с, що істотно більше тривалості вивантаження рулонів самоскидними транспортними засобами.

3. Розроблено методики хронометражу роботи транспортних засобів для транспортування рулонів сіна.

4. Розроблено методику комплексної оцінки ефективності транспортних засобів на загально-, внутрішньо- і позагосподарських перевезеннях рулонів сіна, сформованих двома марками прес-підбирачів.

5. Порівняльні дослідження використання вантажопідйомності транспортних засобів МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, ГАЗ-3302, ГАЗ-САЗ-3507/35071 і КАМАЗ-45144 з причепом показали, що максимально використовується вантажопідйомність автомобіля ГАЗ-3302 «Газель» для транспортування рулонів від прес-підбирача ПРП-120 на відстань до 3 км ( $\gamma = 0,944$ ), а мінімально - КАМАЗ-45144 при транспортуванні рулонів малої маси ( $\gamma = 0,27$ ).

6. Аналіз результатів досліджень трудомісткості розвантаження рулонів сіна з різних серійних транспортних засобів без урахування кількості перевезених ними рулонів показав, що мінімальні витрати праці припадають на розвантаження автомобілів ГАЗ-САЗ-3507/35071 (0,03 люд.-год), максимальні при розвантаженні бортового ГАЗ-3302 «Газель» (0,083 люд.-год).

7. У разі перевезення рулонів сіна на відстані до 3 км є вигідним, з точки зору значення питомої металоємності транспортних засобів, використовувати автомобілі ГАЗ-3302 «Газель» (0,17 кг/км.рул.), а на великих відстанях - автомобілі КАМАЗ-45144 з причепом (0,04 кг/км.рул.).

8. Пошкоджуваність рулонів, змінюється в широких межах (від 2,9 до 1,6%) в залежності від типу транспортного засобу та його експлуатаційної швидкості.

## **4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БОРТОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ОБЛАДНАНОГО ПЛАТФОРМОЮ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІНА В РУЛОНАХ**

### **4.1. Платформа до бортового транспортного засобу для перевезення рулонів сіна і технологія їх вивантаження**

На основі аналізу науково-дослідних робіт для транспортування сіна в рулонах і результатів пошукових експериментів був розроблений і виготовлений зразок лабораторної платформи до бортового транспортного засобу.

На рис. 4.1 представлена фотографія досліджуваної платформи на базі бортового автомобіля «Газель», а на рис.4.2 - її схема.



Рисунок 4.1. Платформа на базі автомобіля «Газель».

До дна 1 платформи (рис. 4.2) закріплюються за допомогою шарнірів два бічних відкидних борта 2 зменшеної висоти в порівнянні з серійними, кожен з яких обладнаний механізмом фіксації 3 борту 2 і важелем управління розвантаженням 4. До пристрою кріплення 6 верхньої частини борту 2

приєднується трос 5, який приводить в дію рухомий брус 7, на якому розміщений опорний щит 12. Рухомий брус 7 переміщається по напрямних 8 і повертається у вихідне положення пружинами 9. У задній частині платформи розташований похилений назад задній борт 10, з механізмом регулювання кута нахилу. У вихідному положенні рухомі бруси 7 зміщені до центру поздовжньої осі платформи.

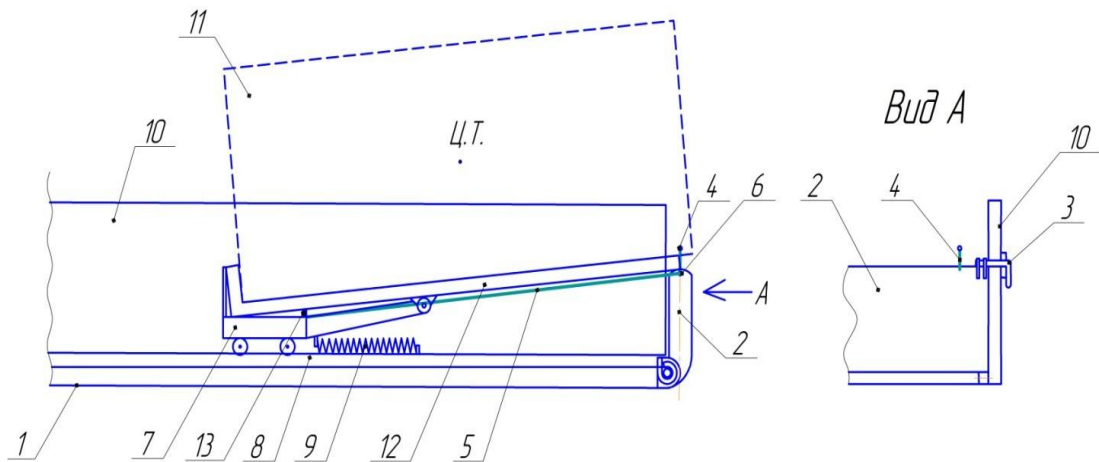


Рисунок 4.2. Схема експериментальної платформи:

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.

Замість стандартних відкидних бортів встановлені відкидні борти 2 зменшеної висоти (достатньої, щоб рулони 11 лежали на опорному щиті з ухилом до поздовжньої осі платформи).

Опорний щит 12 являє собою зварену конструкцію, рис. 4.3, що складається з горизонтальних труб 1 круглого або прямокутного перерізу, з'єднаних між собою опорним листом 2, виготовленим з листової сталі і зігнутим з радіусом  $R_{рул.}$ , рівним радіусу рулону, вертикальних стійок 3, з'єднаних зварюванням з горизонтальними трубами 1 і між собою сталевим листом 4.

Опорні щити встановлюються на платформу для кожного рулону нижнього ярусу.

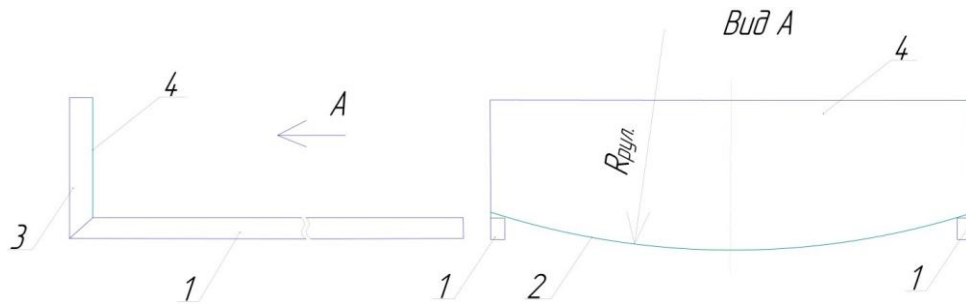


Рисунок 4.3. Схема опорного щита.

Технологія вивантаження рулонів сіна з розробленої конструкції платформи наступна. При відкриванні одного бокового борту 2 за допомогою важеля управління розвантаженням 4 відповідний рухомий брус 7 переміщується разом з боковим відкидним бортом 2 ближче до бічного краю платформи 1, при цьому стискаються пружини 9. В результаті чого рулони 11, що спираються однією стороною на рухомий брус 7, а інший - на відкидний борт 2 через опорний щит, нахилиються і одночасно зміщуються до зовнішньої сторони платформи 1. При переході центру ваги рулону 11 краю платформи 1 відбувається вивантаження рулону 11 на майданчик. Після чого поворотним механізмом 13 опорний щит повертається у вихідне положення. При закриванні бокового борту 2 поворотні пружини 9 повертають рухомий брус 7 у вихідне положення, після чого аналогічно розвантажують рулони 11 сіна, розташовані на іншій стороні платформи 1.

На рисунку 4.4 показана схема вивантаження рулонів з платформи.

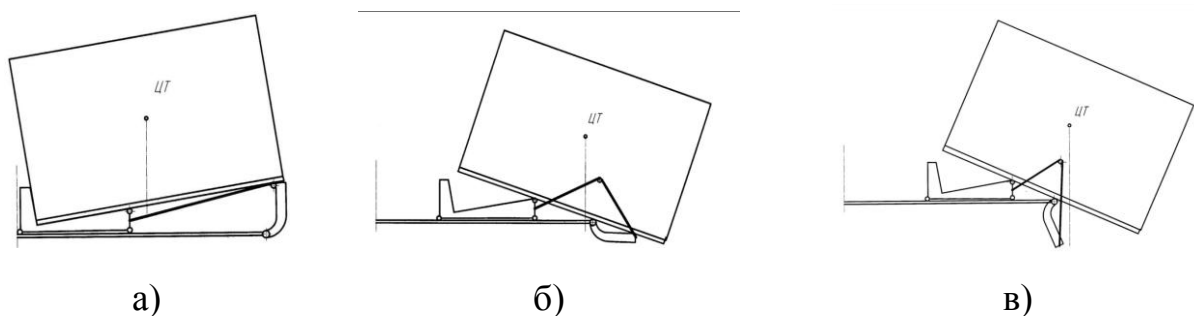


Рисунок 4.4. Технологічні схеми розвантаження рулонів:

а - початкова, транспортне положення рулону; б - проміжне положення рулону; в - вивантаження рулону.

Експериментальна платформа забезпечує можливість варіювання висоти борту, ширини рухомого бруса, місць установки шарніра, що з'єднує рухомий брус з опорним щитом, і обвідних роликів, жорсткості зворотних пружин та інших факторів.

#### 4.2. Методика планування багатфакторного експерименту

Дослідження розробленої платформи проводили з використанням методу планування експерименту.

Були виконані основні вимоги до факторів: незалежність, можливість вимірювати, варіювати і визначати область їх значень, вплив їх на критерій оптимізації.

Критерієм оптимізації вибрано зусилля оператора на важіль управління відкриттям борту платформи в початковий момент вивантаження рулонів.

При виборі факторів, з точки зору їх незалежності і подальшого визначення діапазону зміни, проведені попередні теоретичні розрахунки геометричних параметрів платформи. Зокрема, визначено залежність висоти борту  $H$  від зусилля на важелі  $P$  і ряду геометричних показників платформи. Методика визначення цієї залежності представлена нижче.

Розглянемо загальний випадок, коли точка прикладання сили дії оператора на борт не збігається з точкою кріплення троса на борту і з верхнім краєм борту, рис. 4.5.

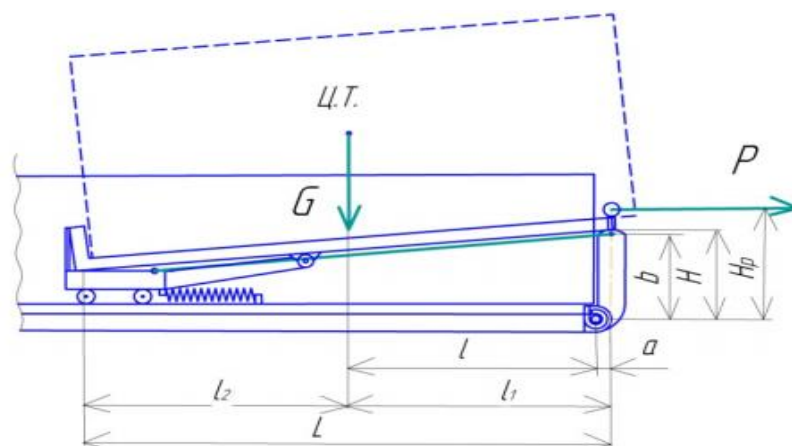


Рисунок 4.5. Схема до визначення висоти борту платформи.

Розглянемо рівновагу відкидного бокового борту в момент його відкривання.

Припустимо, що трос, який з'єднує рухомий брус з бортом, закріплений на висоті борту, тобто відстань від точки з'єднання троса з бортом до осі петлі борту  $b$  дорівнює висоті борту  $H$ :  $b = H$ , рис.4.6.

На борт діють наступні сили:  $P$  - сила дії оператора на борт при його відкритті,  $T$  - сила натягу троса,  $F_1$  - сила тертя опорного щита об борт,  $G_1$  - частка сили тяжіння рулону сіна і опорного щита, яка припадає на борт. Опір в шарнірі А не враховується.

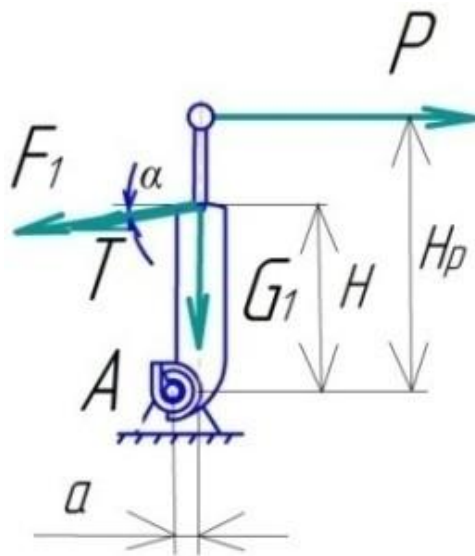


Рисунок 4.6. Схема сил, що діють на борт.

Сума моментів сил навколо точки А дорівнює нулю:

$$\sum M_A = 0,$$

$$P \cdot H_p - T \cdot H \sin \alpha - F_1 \cos \alpha \cdot H + G_1 \cdot a = 0, \quad (4.1)$$

де  $H_p$  - плече дії сили  $P$ , м;

$a$  - ексцентриситет борту - відстань від вертикальної осі борту до осі петлі борту, м;

$\alpha$  - кут опорного щита в початковому положенні до горизонту, °.

У рівнянні (4.1) перед складовою  $G_1 \cdot a$  ставиться знак «+» в разі зміщення петлі борту в бік рухомого бруса і знак «-» - при зміщенні петлі борту в протилежну сторону.

З рівняння (4.1) висловимо силу дії оператора на борт при його відкриванні

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

Враховуючи, що  $F_1 \cos \alpha = f_{\text{тр}} G_1$  і  $G_1 = mg \frac{l_2}{L}$ , де  $f_{\text{мп}}$ - коефіцієнт тертя металу по металу (опорний щит і борт виготовлені зі сталі);

$m$  - сумарна маса рулонів сіна, одночасно вивантажуються з платформи, і опорного щита, кг;

$L$  - відстань від рухомого бруса до борта, м;

$l_2$  - відстань по горизонталі від центру ваги рулону в транспортному положенні до точки дотику опорного щита на рухомий брус платформи, м, залежність (4.2) набуде вигляду:

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

З метою визначення сили  $T$ , розглянемо сили, що діють на рухомий брус в момент початку руху, рис. 4.7.

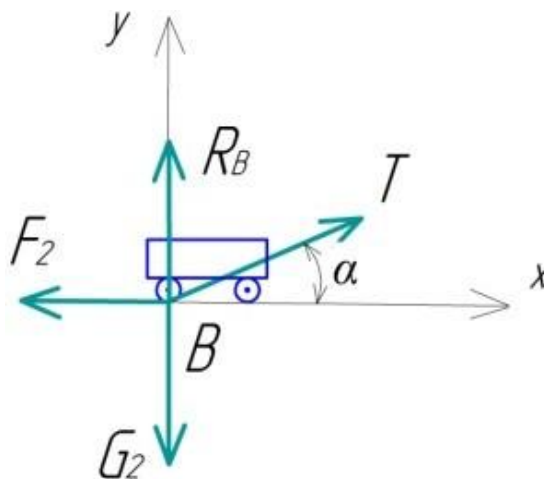


Рисунок 4.7. Схема сил діючих на рухомий брус.

Сума проекцій всіх діючих сил на вісь  $x$  дорівнює нулю:

$$\sum x = 0$$

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

З огляду на, що  $F_2 = f_k$  до  $G_2$ , де  $G_2$  - частка сили тяжіння рулону сіна і опорного щита, яка припадає на рухомий брус, Н;

$f_k$  - коефіцієнт кочення коліс опорного бруса по дну платформи і те, що

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

отримаємо

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

Підставивши отриманий вираз (4.4) в формулу (4.3) і виконавши перетворення, отримаємо залежність

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

Формула (4.5) дозволяє визначати зусилля на важіль в момент початку відкривання борта платформи від деяких її геометричних параметрів.

При використанні формули (4.5) слід враховувати зміну значень  $l_1$  і  $l_2$  в зв'язку зі зміщенням центру ваги рулону при зміні висоти борту.

Розрахунковим шляхом отримана графічна залежність зміни відстані  $l_1$  від висоти борта при розвантаженні рулонів, сформованих прес-підбирачем ПР-Ф-110, рис.4.8.

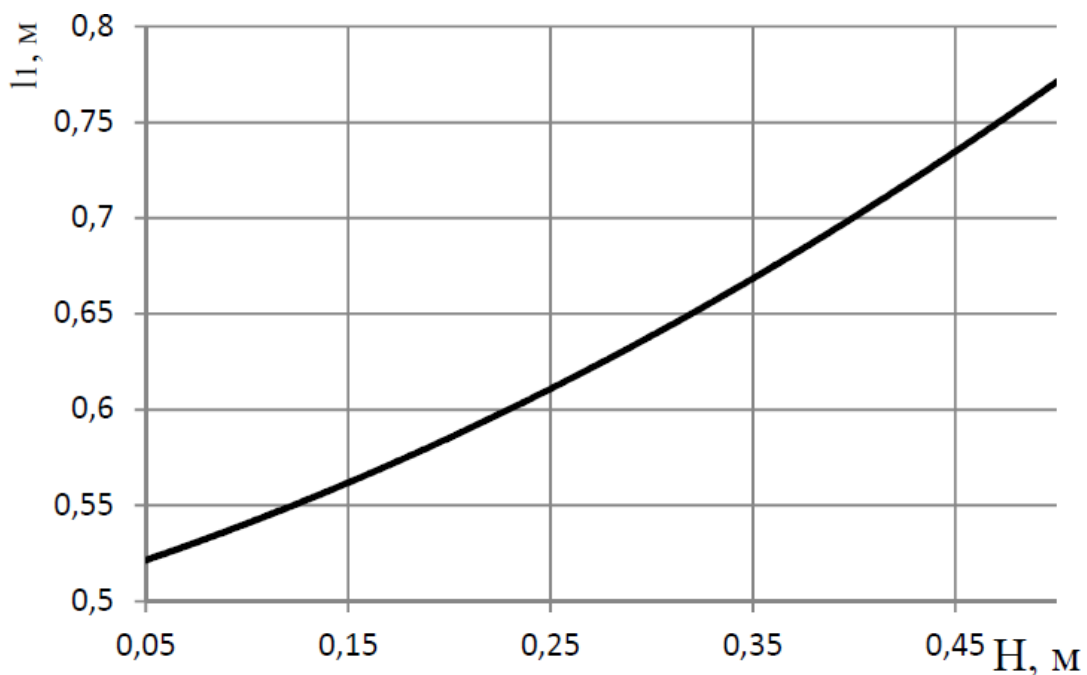


Рисунок 4.8. Зміна відстані  $l_1$  від висоти борту.



В результаті обробки графічної залежності визначено, що з високою точністю ( $R^2 = 0.994$ ) вона описується формулою:

$$l_1 = 0.43H^2 + 0.32H + 0.5. \quad (4.6)$$

Формула (4.5) може бути використана для визначення граничного значення ексцентриситету борту  $a$ . Для цього силу  $P$  слід прийняти рівною нулю. Після перетворень отримаємо:

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

Слід враховувати, що зусилля  $P$  і висота прикладання даного зусилля на важіль управління відкидним бортом обмежені ергономічними вимогами до робочого місця. У зв'язку з цим, розрахунок висоти борту слід виконувати при заданому зусиллі на важіль управління бортом:

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

Залежність (8) дозволяє визначити висоту бічного борту платформи.

Розглянемо два варіанти розвантаження рулонів сіна з платформи.

Перший варіант. Рулон сіна почне ковзати по опорному щиту, якщо кут нахилу опорного щита буде рівним або більше кута статичного тертя рулону сіна по сталі.

Визначимо співвідношення конструктивних факторів платформи, зокрема, висоти ( $h$ ) установки шарніра на рухомому брусі з висотою ( $H$ ) борту і ексцентриситет борту ( $a$ ). Запишемо умова ковзання рулону по опорному щиту:

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

де  $h$  - відстань від осі шарніра рухомого бруса до дна платформи;

$[\beta]$  - статичний кут тертя рулону сіна по сталі.

Із залежності (4.9) отримаємо:

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

З метою визначення величини  $\Delta$ , розглянемо трикутник  $ACD$ , з якого отримаємо формулу для розрахунку сторони трикутника, протилежної куту  $\gamma$ , утвореного рівними сторонами трикутника

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

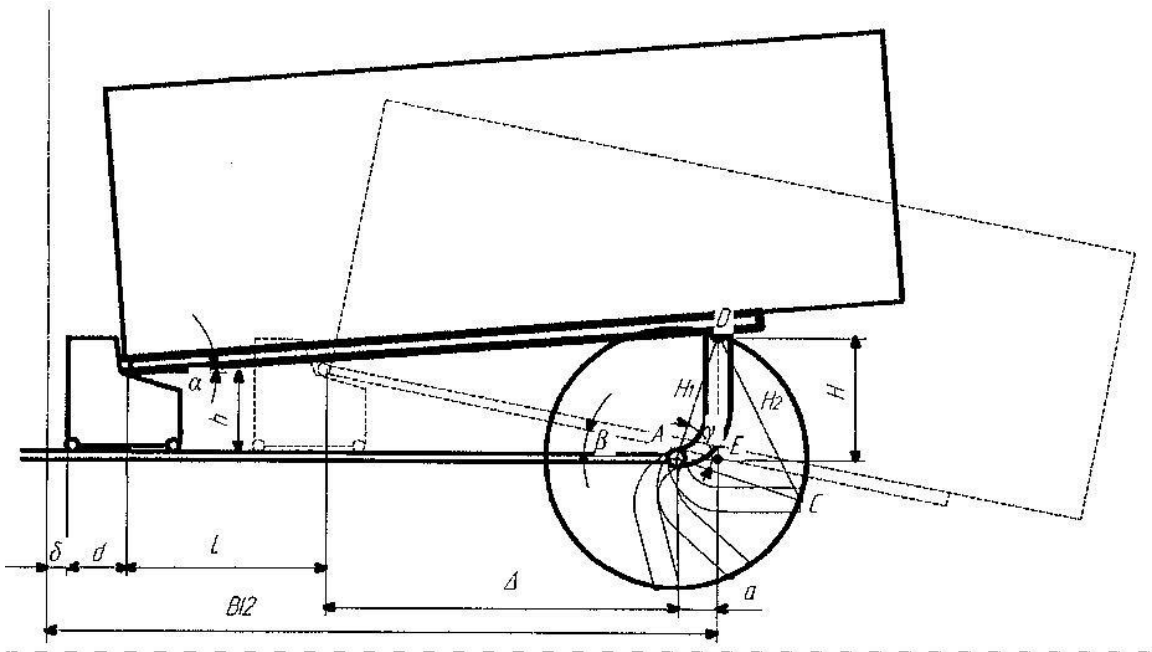


Рисунок 4.9. Схема для вибору значень факторів платформи за схемою розвантаження рулонів сіна по першій технології.

Кут  $\gamma$  - кут між сторонами AD і AC трикутника ACD, тут сторона трикутника AD - це відрізок, що з'єднує точку з'єднання троса з відкидним бортом і центр шарніра, що з'єднує відкидний борт в закритому положенні з дном платформи, а сторона трикутника AC - це відрізок AD при відкритому відкидному борту в момент торкання опорного щита шарніра, що з'єднує відкидний борт з дном платформи.

Для прямокутного трикутника AED гіпотенуза дорівнює:

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

Підставивши (3.19) у вираз (3.18), отримаємо

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

При положенні борта в момент торкання опорного щита шарніра, який з'єднує відкидний борт з дном платформи, шарнір рухомого бруса переміститься в бік борта на відстань  $L = H_2$ .

Тоді, відстань

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

де  $B$  - ширина платформи.

Підставивши вираз (4.14) в залежність (4.10) отримаємо взаємозв'язок висоти розташування осі шарніра рухомого бруса від висоти борту ( $H$ ) і ексцентриситет борту ( $a$ ):

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

Отримана залежність дозволяє вибрати межі змінюваних факторів при плануванні багатofакторного експерименту.

Розглянемо другий варіант розвантаження рулонів сіна з платформи. Рулон сіна ковзає по опорному щиту за умови, аналогічній першій технології розвантаження рулонів: якщо кут нахилу опорного щита буде рівним або більше кута статичного тертя рулону сіна по сталі. В даному варіанті зміна кута нахилу опорного щита відбувається як шляхом переміщення борту при його відкритті, так і шляхом повороту опорного щита навколо шарніра, що з'єднує його з рухомим брусом, який переміщується в бік борту шляхом натягу троса. Але, якщо в першому варіанті розвантаження шарнір, що з'єднує опорний брус з рухомим брусом, встановлений на кінці опорного щита, то в другому варіанті - на певному видаленні від рухомого бруса, зміщений в сторону борту, рис. 4.10.

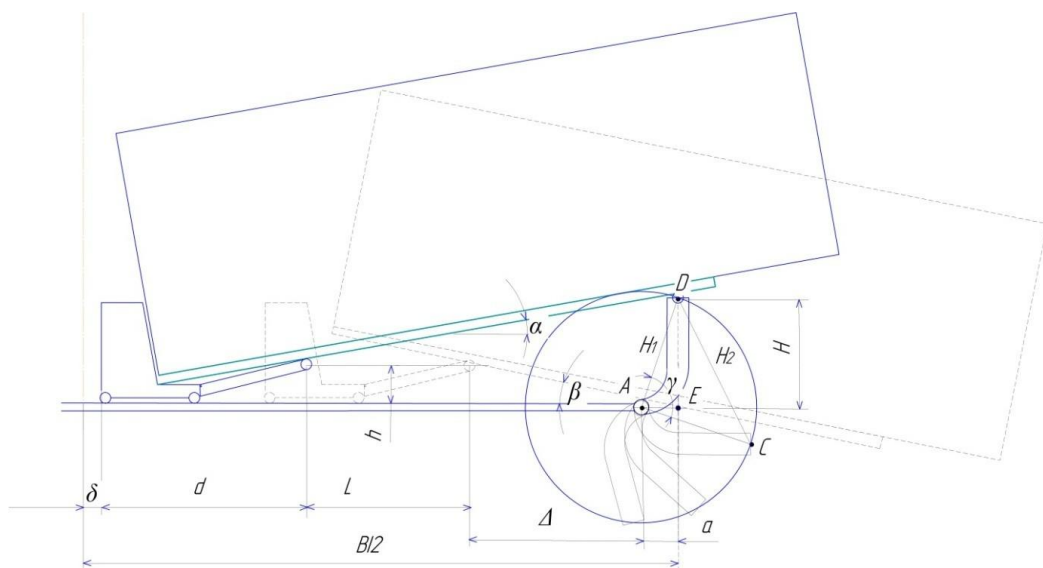


Рисунок 4.10. Схема для вибору значень факторів платформи за схемою другої технології розвантаження рулонів.

Співвідношення конструктивних факторів платформи за другим варіантом розвантаження рулонів сіна відповідає залежності (4.15).

Встановлено, що при виборі факторів, що впливають на величину зусилля на важіль відкидного борту, є не припустимим, вибравши одним з факторів висоту борту ( $H$ ), використовувати такі фактори, як ексцентриситет борту ( $a$ ) і висоту установки шарніра на рухомому брусі ( $h$ ), як взаємопов'язані.

Аналізуючи результати теоретичних передумов, представлених вище, а також наукові роботи інших авторів, інформацію, отриману внаслідок виконаних пошукових експериментів, взяли три основних керованих фактора, які впливають на зусилля впливу на борт платформи в момент його відкриття під час вивантаження рулонів сіна: висота борту ( $x_1$ ); відстань по вертикалі від точки кріплення троса на відкидному борту до дна платформи ( $x_2$ ); відстань від осі петлі борту до опори щита на опорний брус ( $x_3$ ).

Оптимальну, з точки зору допустимого зусилля оператора на важіль управління відкриттям борту платформи, комбінацію обраних факторів визначали із застосуванням методу дисперсійного аналізу, запропонованого Фішером  $P$ . Експериментальні дослідження проводилися на дослідній платформі.

Зусилля оператора на важіль управління відкриттям борту платформи в початковий момент вивантаження рулонів фіксували динамометром (рис. 4.11) з точністю 2,0 Н.



Рисунок 4.11. Вимірювання зусилля оператора на важіль управління відкриттям борту платформи.

Перед проведенням експериментів було проведено уточнення шкали динамометра. Для цього підвішували зразкові (лабораторні) гирі до гака

динамометра і звіряли їх масу з показаннями на шкалі. Повторність триразова. Потім склали таблицю 4.1, по якій побудували тарувальний графік, рис. 4.12.

Таблиця 4.1.

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

№ п/п	Маса зразкових наважок, кг	Показники на шкалі динамометра	Різниця (поправочний коефіцієнт), кг	№ п/п	Маса зразкових наважок, кг	Показники на шкалі динамометра	Різниця (поправочний коефіцієнт), кг
1	0,5	0,5	0	11	5,5	5,6	- 0,1
2	1,0	1,0	0	12	6,0	6,0	0
3	1,5	1,5	0	13	6,5	6,8	- 0,3
4	2,0	2,2	- 0,2	14	7,0	7,2	- 0,2
5	2,5	2,7	- 0,2	15	7,5	7,9	- 0,1
6	3,0	3,2	- 0,2	16	8,0	8,2	- 0,2
7	3,5	3,7	- 0,2	17	8,5	8,8	- 0,3
8	4,0	4,2	- 0,2	18	9,0	9,4	- 0,4
9	4,5	4,6	- 0,1	19	9,5	9,8	- 0,3
10	5,0	5,0	0	20	10,0	10,6	- 0,4

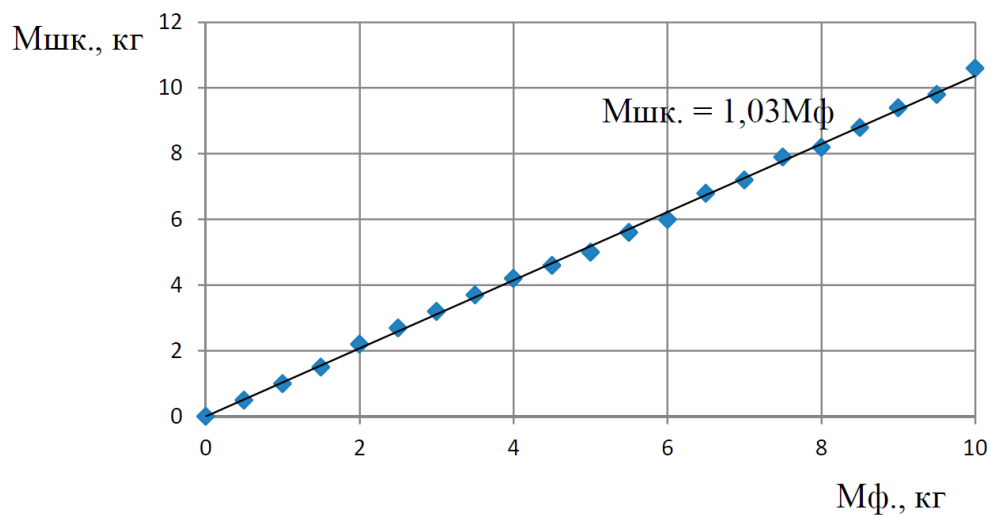


Рисунок 4.12. Тарувальний графік.

Визначено залежність показань динамометра ( $M_{шк.}$ ) від фактичних значень маси підвішеного вантажу ( $M_{ф.}$ ):

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

звідки

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

Таким чином, зафіксувавши покази за шкалою динамометра і розділивши їх на 1,03, отримаємо фактичне значення зусилля оператора на важіль управління відкриттям борту платформи в початковий момент вивантаження рулонів.

Висоту борту, відстань від центру ролика до вертикалі бокового борту, відстань від центру ролика до дна платформи і відстань від борту до точки кріплення троса на візку вимірювали рулеткою з точністю до 1,0 мм. Всі вимірювання виконувалися з триразовою повторністю.

Попередніми експериментами встановлено, що в реальних умовах виготовлення платформи всі досліджувані фактори можна забезпечити на оптимальних рівнях.

Вплив обраних факторів ( $x_1, x_2, x_3$ ) на зусилля ( $P$ ) оператора на важіль управління відкриттям борту платформи в початковий момент вивантаження рулонів сіна представляли у вигляді моделі, показаної на рисунку 4.13.

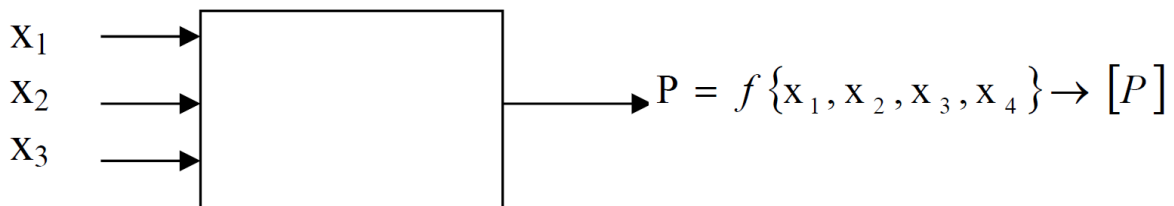


Рисунок 4.13. Модель оптимізації зусилля оператора на важіль управління відкриттям борту платформи в початковий момент вивантаження рулонів сіна.

Цільова функція оптимізації зусилля оператора на важіль управління відкриттям борту розробленої платформи мала вигляд:

$$P = (x_1; x_2; x_3) \rightarrow [P], \quad (4.18)$$

де  $[P]$  - допустиме зусилля на важіль за вимогами безпеки праці.

Отримані експериментальні дані обробляли з використанням дисперсійного аналізу.

Назви досліджуваних факторів, рівні та інтервали їх варіювання представлені в таблиці 4.1.

**Найменування досліджуваних факторів, рівні та інтервали їх варіювання**

Фактори	Рівні фактора			Інтервал варіювання, ε
	0	-1	+1	
$x_1$ - ексцентриситет борту, мм	0	-30	30	30
$x_2$ - відстань від шарніра до проекції центру ваги рулону, мм	50	0	100	50
$x_3$ - висота борту, мм	120	60	180	60

Був реалізований багатофакторний активний експеримент по матриці, представлений в таблиці 4.2..

Таблиця 4.2.

**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

При дослідженнях факторів в області їх оптимуму вибрали план другого порядку, тобто план Рехтшафнера. Такий план близький до  $P$  - оптимального. Він також зручний і тим, що є гранично насиченим - кількість дослідів у кожній серії дорівнює числу коефіцієнтів рівняння регресії, що складається на основі результатів даного експерименту.

Рівноточність проведених дослідів оцінювали за допомогою критерію Кохрена, обчислюючи при цьому дисперсію в паралельних дослідях:

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

де  $Y_{in}$  - значення обраного критерію оптимізації в  $i$ -тому повторенні в  $j$ -тому рядку;

$\bar{Y}_n$  - середнє значення обраного критерію оптимізації в  $i$ -тому рядку матриці планування;

$m$  - повторення дослідів.

Значення критерію Кохрена визначали за формулою:

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

де  $\delta_{i \max}^2$ ,  $\sum_1^N \delta_i^2$  - відповідно максимальна дисперсія і сума дисперсій матриці планування.

Отримане значення  $G_p$  порівнювали з табличним, виконуючи умову, що забезпечує рівноточність експериментів:

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

Кодування факторів здійснювали за виразом:

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

де  $x_1$  - кодоване значення досліджуваного фактора (верхній +1, нижній -1 і нульовий 0 рівні фактора);

$x_i$ ,  $x_0$  - відповідно натуральні значення досліджуваного фактора на обраному і нульовому рівнях;

$E_i$  - натуральний інтервал варіювання фактора:

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

де  $x_i^B$ ,  $x_i^H$  - відповідно натуральні значення фактора на верхньому і нижньому рівнях.

Коефіцієнти регресії розраховували за такими формулами:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N \bar{Y}_u}{N}; \quad b_i = \frac{\sum_{n=1}^N x_{in} \cdot \bar{Y}_n}{\sum_{u=1}^N x^2_{iu}}, \quad (4.24)$$

$$b_{i\mu} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot x_{ju} \cdot \bar{Y}_u}{\sum_{u=1}^N x^2_{ju}}, \quad b_{ii} = \frac{\sum_{u=1}^N x^2_{iu} \cdot \bar{Y}_u}{\sum_{u=1}^N x^2_{iu}},$$

де  $\bar{Y}_n$  - середнє значення обраного критерію оптимізації, отримане в результаті  $i$ -го досліді;

$i$  - порядковий номер стовпчика в матриці експерименту.



Адекватність отриманої моделі перевіряли по  $F$ -критерію (критерію Фішера):

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

де  $S_{ад}^2$ ,  $S_y^2$  - відповідно дисперсія адекватності моделі і помилки досвіду.

Дисперсію адекватності розраховували за формулами:

$$S_{ад}^2 = \frac{m \sum_1^N (\hat{y}_u - \bar{y}_u)^2}{N-n-1}, \quad (4.26)$$

$$S_{ад}^2 = \frac{m(\sum_1^{N-2} y_u - N \sum_1^N b_i^2)}{N-n-1},$$

де  $\hat{y}_u$  - середнє значення критерію оптимізації;

$n$  - число факторів.

Дисперсію помилки досліду визначали за формулою:

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

де  $y_{iu}$  - значення критерію оптимізації в паралельних дослідах;

$m$  - число паралельних дослідів.

Гіпотезу адекватності брали, якщо розрахункове значення  $F$ -критерія менше табличного ( $F_p < F_{табл.}$ ).

Табличне значення  $F_{табл.}$  вибирали з урахуванням числа ступенів свободи чисельника  $f_1 = N - n - 1$  і знаменника  $f_2 = N(m - 1)$ .

Значимість коефіцієнтів рівняння регресії визначали за  $t$ -критерієм (критерієм Стюдента) шляхом визначення довірчого інтервалу для обраного коефіцієнта регресії

$$\Delta b_i = t \frac{S\{b_i\}}{\sqrt{N}}, \quad (4.28)$$

де  $S\{b_i\}$  - квадратична помилка коефіцієнта рівняння регресії.

Дисперсії коефіцієнтів рівняння регресії визначали за формулою:

$$S^2\{b_i\} = \frac{S_y^2}{\sum_{i=1}^4 x_{iu}^2}. \quad (4.29)$$

Аналіз отриманих рівнянь регресії здійснювали з використанням двомірних перерізів. Двовимірні перерізи будували після виконання канонічних перетворень рівнянь регресії.

Значення коефіцієнтів рівняння регресії в канонічній формі розраховували рішенням характеристичних рівнянь, застосовуючи стандартні програми.

#### 4.3. Методика визначення коефіцієнта тертя спокою рулонів сіна по опорному щиту платформи

З метою визначення коефіцієнта тертя спокою рулонів сіна по опорному щиту платформи ( $f_{mp}$ ), який ми використовуємо в подальших розрахунках, фіксували момент переходу рулонів сіна, покладених на опорний щит, зі стану спокою до ковзання.

Експериментальні дослідження виконувалися при різній вологості сіна, з інтервалом 5%. Повторність кожної серії - триразова.

За статичний кут тертя ми брали кут між поверхнею опорного щита і горизонтальною поверхнею в зазначений вище момент.

Тангенс статичного кута тертя дорівнює також відношенню сили нормального тиску рулону на опорний щит до граничної сили тертя спокою.

Для визначення статичного кута тертя була виготовлена лабораторна установка (рис. 4.14).

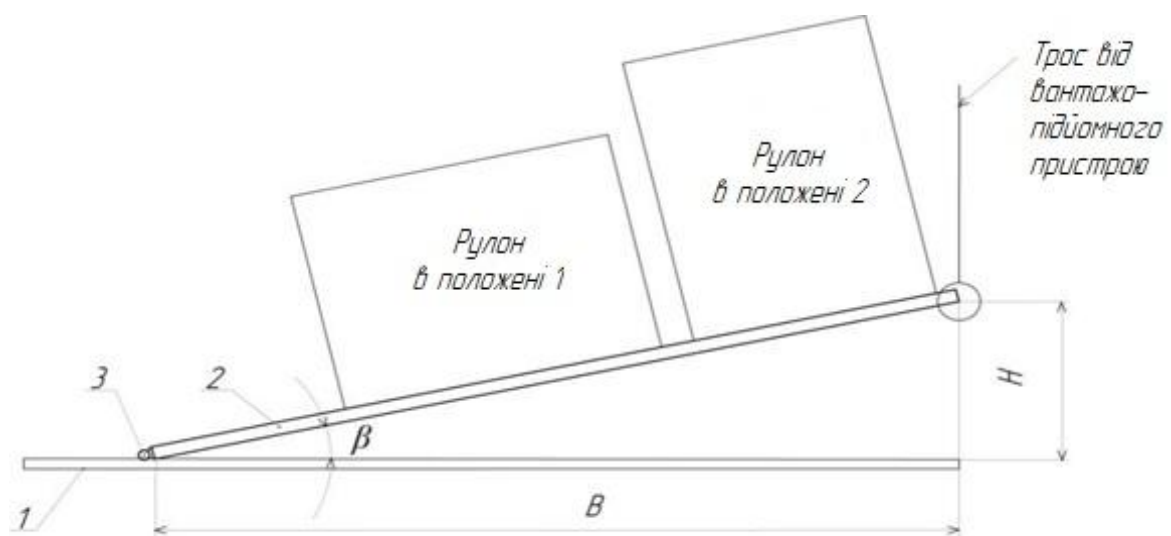


Рисунок 4.14. Схема визначення статичного кута тертя.



Рисунок 4.15. Визначення статичного кута тертя.

Лабораторна установка для визначення статичного кута тертя складається з основи 1, встановленої на рівній, горизонтальній поверхні, листа 2, з'єднаного з основою 1 за допомогою шарніра 3 і з тросом вантажопідйомного пристрою. Лист 2 був виготовлений з тієї ж сталі, що і опорний щит платформи.

Експеримент проводився в такий спосіб. Лист 2 укладався на основу 1. На нього розміщувався рулон сіна (в різних експериментах по-різному: або в положення 1 або в положення 2). За кінець листа 2, який протилежний шарніру 3, прикріплювався трос вантажопідйомного пристрою.

Підйомним пристроєм плавно, без ривків піднімався лист 2, який обертався навколо шарніра 3. Підйом здійснювався до тих пір, поки рулон не рушить з місця. У цей момент замірялась висота підйому  $H$  і, знаючи значення  $B$ , розраховувався кут  $\beta$ .

Коефіцієнт тертя спокою дорівнює

$$f_{\text{тр}} = \operatorname{tg} \beta. \quad (4.30)$$

#### 4.4. Висновки до розділу

1. Дано опис пристрою платформи до бортового транспортного засобу для перевезення рулонів сіна і технологія їх вивантаження.
2. Розроблено методику багатофакторного експерименту по оптимізації геометричних параметрів платформи.
3. Розроблена методика визначення статичного кута тертя рулонів сіна по опорному щиту платформи.
4. Для платформи визначені оптимальні з точки зору допустимого зусилля на важелі управління відкидним бортом значення ексцентриситету борту (30...24 мм всередину платформи), відстані від шарніра до проекції центра ваги рулону (45...55 мм) і висоти борту (120...132 мм).
5. Обладнання бортового автомобіля ГАЗ-3302 «Газель» спеціальною платформою дозволяє вивантажувати з нього рулони сіна за 57 с при істотному зниженні затрат праці.
6. Визначено значення показників ефективності використання бортового автомобіля ГАЗ-3302 «Газель», обладнаного спеціальної платформою.

## 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

При проведенні аналізу і розробці заходів по забезпеченню охорони праці будемо використовувати наступні нормативні документи:

- Закон України про охорону праці [37].
- Рекомендації по керуванню охороною праці на сільськогосподарських підприємствах.
- Положення про розслідування нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві [38].
- Санітарні правила по зберіганню і перевезенню в транспорті.
- Правила охорони праці при транспортуванні, зберіганні нафтопродуктів і заправленню тракторів в сільському господарстві.

Аналіз складу нормативних документів, що маютья в господарстві, відповідно до «Переліку нормативних документів, що діють у системі Держагропрому України» показав, що в тут відсутні такі важливі документи: «Закон України про охорону праці», «Закон України про пожежну безпеку», «Рекомендації з керування охороною праці на сільськогосподарських підприємствах», «Закон України про безпеку дорожнього руху», «Правила техніки безпеки при транспортуванні, збереженні нафтопродуктів і заправленню машин у сільському господарстві».

Господарство потребує доопрацювання інструкції з охорони праці для зварника, слюсаря, коваля, а також відсутні типові інструкції для зазначених категорій працюючих.

Відповідальність за станом охорони праці покладена на головного інженера.

Організація робіт з охорони праці будується на підставі «Посадової інструкції по охороні праці». Відповідно до цієї інструкції керівники виробничих підрозділів зобов'язані посилити контроль виконання:

- стандартів, правил, норм, інструкцій і вказівок з питань охорони праці (ОП), розпоряджень і пропозицій контролюючих органи, керівників, головних фахівців з ОП;

- контроль співробітників ТОВ «Зоря» за своєчасним проходженням атестації підлеглих;

- за складанням заявок на засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), спецодяг, спецвзуття;

- вимог санітарії і побутового обслуговування відповідно до діючих норм і правил [ДСН, ДСанПін];

- позначення і обладнання спеціальними місцями для короточасного відпочинку для працюючих на машинному дворі і на ПТОВА в ТОВ «Зоря»;

- підтримка санітарного стану на виробничих ділянках і побутових приміщеннях;

- виконати доукомплектування куточка по ОП, згідно з НПАОП типові вимоги [38];

- заповнювати журнали інструктажів;

- забезпечити робочі місця інструкціями і пам'ятками;

- дотримуватись посадового нагляду за технічним станом устаткування, наявності на ньому захисних огорожень і блокувальних пристроїв;

- дотримуватись правил виробничої санітарії, трудова і технологічна дисципліни.

Перераховані недоробки в питаннях охорони праці іноді приводять до виникнення аварійних ситуацій, виробничому травматизму і захворюванням.

Забезпечення безпеки машин і устаткування

У результаті аналізу використання устаткування в ТОВ «Зоря», установленого в майстерні, відзначені наступні порушення по ОП:

- заточувальний верстат не має захисних щитків, порушене регулювання зазору між колом й опорною планкою;

- настільний свердлильний верстат не має огороження, часто використовуються свердли, що не відповідають вимогам безпеки, не має заземлення;

- природна освітленість у зонах розташування устаткування недостатня, іноді слюсарні і ремонтні роботи виробляються з застосуванням неякісного слюсарного інструмента;

- на ПТООА та на машинному дворі використовується спеціальне устаткування, що усуває можливий травматизм.

#### Забезпечення безпеки робіт при виконанні технологічних процесів

У результаті аналізу виконання технологічних процесів виявлені такі відхилення від вимог:

- порушуються виконання окремих операцій при проведенні щозмінного і періодичних ТО;

- іноді використовуються пристосування при проведенні розбірно-складальних робіт при ТО;

- іноді використовується для робіт нестандартний чи несправний слюсарний інструмент;

- пожежонебезпечні ділянки не цілком укомплектовані протипожежним інвентарем, наприклад, відсутні пожежні цебра;

- при проведенні ЕТО іноді не глушиться двигун енергетичного засобу;

- не завжди включається витяжна вентиляція на пункті;

- при обслуговуванні ходової частини техніки рідко встановлюються під колеса автомобіля клини;

- при заміні моторної оливи рідко промивається система змащення двигунів.

#### **5.1. Дослідження виробничого травматизму в господарстві ТОВ «Зоря»**

Згідно досліджень, отриманих на основі звітних даних господарства, отримані наступні середньорічні дані за період з 2019 по 2021 р по травматизму працюючих в рослинництві.

Відсоток травматизму в рослинництві розподіляється так: обробка ґрунту – 2,7; посів; косіння на звал; післязбиральна обробка зерна –2,4; транспортні роботи з використанням колісних тракторів з причепами –9,4; технічне обслуговування –50,4.

Роботи на посівних агрегатах та навантажувачах сівалок займають 1,8% в технологічному процесі. При падінні з рухомої сівалки (35,3); падіння при заправці сівалок посівним матеріалом (26,5); захоплення одяжі та частин тіла обертаючими механізмами (14,7) і т. д.

Основний об'єм травм викликані ергономічними недосконалістю підходів до місць технічного та технологічного обслуговування, незадовільним станом внутрішньогосподарських доріг, відсутністю та недосконалістю блокувань безпеки, недосконалістю техніки, недостатній рівень знань технології та правил експлуатації техніки, порушення трудової дисципліни та правил і норм охорони праці та ін.

Травматизм і захворюваність оцінюються по показниках частоти (Кч), коефіцієнту ваги (Кт) і коефіцієнту втрат (Кп). Зазначені коефіцієнти визначаються по залежностях:

$$K_{ч}=100 \cdot N/P, \quad (5.1)$$

$$K_{т}=D/N, \quad (5.2)$$

$$K_{п}=K_{ч} \cdot K_{т}. \quad (5.3)$$

де N – кількість нещасливих випадків;

D – число днів непрацездатності;

P – облікова кількість працюючих.

Результати розрахунків зазначених показників частоти приведені в таблицях 5.1 і 5.2.



## Показники виробничого травматизму

Показник	Рік		
	2019	2020	2021
1. Загальна кількість працюючих, люд	82	81	83
2. Кількість нещасних випадків	2	1	1
3. Кількість ч.-днів непрацездатних через нещас-ний випадок	11	8	9
4. Коефіцієнт частоти	2,94	3,33	3,84
5. Коефіцієнт ваги	11	8	9
6. Коефіцієнт втрат	32,34	26,64	34,56

З аналізу таблиці 5.1 видно, що в господарстві в підрозділах, зв'язаних з технічною експлуатацією машин, стан техніки безпеки задовільне. За останні роки було тільки чотири нещасливих випадки з не дуже значними втратами непрацездатності. В основному це травми, отримані в результаті роботи з несправним інструментом, особливо при постановці машин на тривале зберігання і при знятті їх зі зберігання.

Відомо, що загальний рівень безпеки праці визначається: підвищеною засміченістю і підвищеною загазованістю на робочому місці, недостатньою освітленістю робочого місця, підвищеним шумом і вібраціями, незадовільний мікроклімат у районі робочого місця.

На прикладі майстерні виробляється оцінка рівня безпеки праці, якщо були отримані такі значення показників:

- показник засміченості – 0,8;
- показник загазованості – 0,9;
- освітленість – 0,7;
- показник мікроклімату, коливається й у середньому складає 0,8;
- шум – 0,8.

Загальний рівень безпеки праці, як корінь п'ятого ступеня з добутоків приведених показників, буде дорівнює 0,72.

Розрахунковий показник рівня безпеки праці, у порівнянні з нормативними значеннями, низок. З цього випливає, що на ПТООА варто

розробити і впровадити ряд заходів, спрямованих на створення працюючим безпечних і здорових умов праці, включаючи і створення мікроклімату.

Для усунення недоліків і недоробок у питаннях охорони праці, про які відзначалося раніше, і приведення рівня безпеки до нормативних значень пропонується ряд заходів. Вони перераховані в таблиці 5.2.

Планові витрати на безпеку життєдіяльності, в умовах виробничої діяльності СВК, для служб технічної експлуатації автомобілів визначаються по рівності:

$$P_z = (\Phi_z/100 \cdot N_z + M) \cdot P, \text{ грн.} \quad (5.4)$$

де  $P_z$  – планові витрати, грн;

$\Phi_z$  – річний фонд заробітної плати, грн;

$N_z$  – нормативний коефіцієнт витрат на заходи щодо ВІД;

$M$  – нормативні витрати на матеріальні наслідки від виробничого травматизму (100...500грн);

$P$  – кількість працюючих, котрим поліпшені умови праці, ч.

Як приклад виробляється розрахунок витрат на виконання пункту 8. Вихідні дані такі:  $\Phi_z = 110$  грн,  $N_z = 1,08\%$ ,  $M = 410$  грн,  $P = 1$  ч.

$$P_z = (110/100 \cdot 1,08 + 410) \cdot 1 = 421,6 \text{ грн.}$$

Аналогічно визначаються витрати по інших позиціях заходів і результати розрахунків зведені у відповідну графу таблиці 5.2.

## 5.2. Рекомендації по поліпшенню умов праці в ТОВ “Зоря”

На основі проведеного аналізу та на основі виявлених недоліків, порушень охорони праці в господарстві запропоновано протипожежні, санітарно-епідеміологічні, організаційні недоліки, направлені на ліквідацію по зниженню травматизму в господарстві.

Першим етапом при розрахунку механічної системи вентиляції розробка схеми вентиляційної системи цеху.

Далі визначимо повітрообмін  $W$  (м<sup>3</sup>/год). Оскільки у виробничому приміщенні цеху не міститься шкідливих речовин повітрообмін будемо

визначати шляхом множення кількості робітників  $n_p$  в приміщенні на нормовану величину  $W_0$  витрати повітря на одного працюючого.

Отже повітрообмін визначимо за формулою:

$$W = n_p \cdot W_0, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (5.8)$$

де  $n_p$  – кількість робітників у цеху, чол.  $n_p = 25$  чол.

В нашому випадку, коли на одного працівника припадає  $20 \text{ м}^3$  і більше об'єму приміщення, то  $W_0 = 20 \text{ м}^3/\text{год.}$

Отже, маємо,

$$W = 25 \cdot 20 = 500 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Знаючи величину повітрообміну ми можемо тепер визначити продуктивність вентилятора за формулою:

$$W_B = k_3 \cdot W, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (5.9)$$

де,  $k_3$  – коефіцієнт запасу. Приймаємо в межах  $1,3 - 2,0$ .

Отже,

$$W_B = 1,5 \cdot 500 = 750 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тепер за каталогом вентиляційного обладнання, та за номограмою по підрахованій продуктивності вибираємо марку та тип вентилятора, а також потужність двигуна та діаметр вентиляційної труби. Отже тип вентилятора радіальний, марка ВЦП 7-40-5,0, технічна характеристика приведена в таблиці 5.2.

В результаті виникнення надзвичайної ситуації (несправності технологічного обладнання), концентрація пилу у повітрі робочої зони може перевищувати встановлені норми в  $2 - 3$  рази, тому необхідно провести у уточнювальний розрахунок системи вентиляції.

За результатами практичного дослідження встановлено, що технологічним обладнанням виділяється до  $18 \text{ кг}$  зернового пилу за годину. Дослідження концентрації пилу проводилися розрахунково-ваговим методом і за допомогою приладу «аспіратора».

Продуктивність вентилятора призначеного для видалення пилу з робочої зони зерноочисного відділення визначається за формулою,

$$L = \frac{P}{P_1 - P_0}, \text{ мг/м}^3 \quad (5.10)$$

За нормами ДСН 3.3.6-042-99 (мікроклімат виробничих приміщень) для зернового пилу  $P_1 = 6 \text{ мг/м}^3$ , що стосується  $P$  то прийемо його в три рази більшим від дослідного, так як в результаті надзвичайної ситуації показник збільшується до трьох разів.

Отже,

$$L = \frac{54000}{6 - 0} = 9000 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розрахункова продуктивність вентилятора у разі виникнення надзвичайної ситуації рівна  $9000 \text{ м}^3/\text{год}$ , а отже, обраний вентилятор цілком впорається із видаленням пилу і у разі виникнення надзвичайної ситуації.

### **Висновки**

Загалом, стан охорони праці на обраному підприємстві є задовільним, але для його покращення були запропоновані заходи, які сприятимуть покращенню умов праці та підвищення безпеки виробництва.

Були проведені розрахунки вентиляційної системи штучного типу для поліпшення мікроклімату у виробничих приміщеннях цеху. Згідно проведених розрахунків було вибрано радіальний вентилятор ВЦП 7-40-5,0 який має продуктивність  $2,5 - 11,0 \text{ тис. м}^3/\text{год}$ , а отже може бути використаний як і в звичайних умовах роботи системи вентиляції так і при виникненні надзвичайної ситуації.

Проведено аналіз стану охорони праці на підприємстві, визначено необхідні заходи для її покращення.

## 6. Економічна ефективність роботи

Відомо, що собівартість перевезення будь-якого вантажу - це сума всіх витрат і витрат, що виникають у транспортних підприємств по перевезенню вантажу до місця призначення, яка припадає на одиницю вантажообігу.

Одиницею вантажообігу для вантажних транспортних засобів, що працюють за тарифом за перевезену тунну, може бути 1 т·км, за часовим тарифом - 1 автомобіль-год. і т.п. У нашому випадку за одиницю вантажообігу приймаємо «км·рулон» сіна.

Витрати на перевезення вантажів транспортним засобом складаються з витрат на: амортизаційні відрахування на відновлення і капітальний ремонт транспортних засобів; паливо, мастильні та інші експлуатаційні матеріали; заробітну плату водіїв (трактористів); технічне обслуговування і ремонт рухомого складу; інші витрати.

Таким чином, собівартість транспортування одного рулону сіна на один кілометр за один рейс можна представити таким чином:

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

де  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$  - складові собівартості транспортування сіна в рулонах, що відносяться відповідно до витрат на амортизацію транспортних засобів; на придбання палива, мастильних та інших експлуатаційних матеріалів; заробітну плату водіїв (трактористів); технічне обслуговування та ремонт рухомого складу, а також на інші витрати.

Розглянемо складові формули (6.1). Складова собівартості транспортування сіна в рулонах, що відносяться до витрат на амортизацію транспортних засобів, розраховується по наступною формулою [24]:

$$C_1 = \frac{\left( \frac{B^A A_G^A}{T_{100}^A} + \frac{B^П A_G^П}{T_{100}^П} \right)}{l_{Г} N_p}, \quad (6.2)$$

де  $B^A, B^П$  - балансова вартість автомобіля (або трактора) і причепа, грн.;

$A_G^A, A_G^П$  - відповідно амортизаційні відрахування автомобіля (або трактора) і причепа, %;

$T_G^A, T_G^П$  - річне завантаження автомобіля (або трактора) і причепа, %;

$l_2$  - сумарна відстань загальногосподарських (або внутрішньогосподарських, або позагосподарських) перевезень рулонів сіна;

$N_p$  - середньостатистична кількість рулонів сіна, що перевозяться транспортним засобом за один рейс при відповідному виді перевезень.

Амортизаційні відрахування автомобіля (або трактора) і причепа визначали за формулами:

$$A_G^A = \frac{100}{C_{Сл}^A}, \quad A_G^П = \frac{D_{вик}^П}{D_p}, \quad (6.3)$$

де  $D_{вик}^A, D_{вик}^П$  - відповідно число днів використання автомобіля (або трактора) і причепа для транспортування рулонів сіна протягом року;

$D_p$  - число робочих днів в 2021 році ( $D_p = 247$  дн.).

Станом на 1 січня 2021 р. балансова вартість досліджуваних транспортних засобів в господарстві, в якому проводилися дослідження, становила для: МТЗ-82.1 з причепом 2ПТС-4,5 - 1330000 грн., бортового автомобіля ГАЗ3302 «Газель» - 810000 грн., самоскидних автомобілів ГАЗ-САЗ-3507 - 1295000 грн. і КАМАЗ-45144 з причепом (7 т) - 3100000 грн.

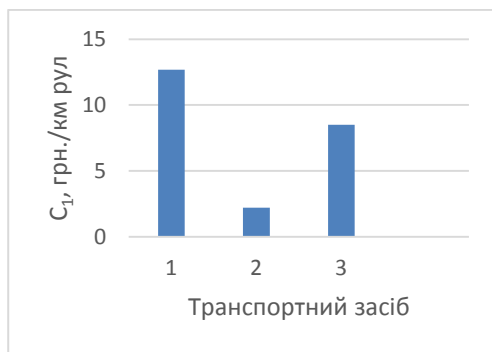
Термін служби автомобілів визначався по амортизаційній групі автотранспортного засобу. Автомобілі ГАЗ-3302 «Газель» і ГАЗ-САЗ3507/35071 відносяться до четвертої амортизаційної групи (вантажопідйомність від 0,5 до 5 т), автомобілі КАМАЗ-45144 - до п'ятої групи (від 5 до 15 т). До четвертої амортизаційної групи віднесені причепа. Для четвертої амортизаційної групи встановлено середньонормативний термін служби від 5 до 7 років, а для п'ятої - від 7 до 10 років. З огляду на те, що пробіг до капітального ремонту автомобіля ГАЗ-3302 «Газель» рівний 150 тис. км, ГАЗСАЗ-3507/35071 і КАМАЗ-45144 - 200 тис. км, а також низьку інтенсивність використання їх в досліджуваних господарствах, приймаємо з допущенням верхнє значення терміну служби в обраній амортизаційній групі: для ГАЗ-3302, ГАЗ-САЗ-3507/35071 і причепів - 7 років, для КАМАЗ-45144 - 10 років. Прийнято, що термін служби МТЗ-82.1 рівний 10 рокам.

За представленими вище даними визначені амортизаційні відрахування: для ГАЗ-3302, ГАЗ-САЗ-3507/35071 і причепів - 14,28%, для КАМАЗ-45144 та трактора МТЗ-82.1 - 10,0%.

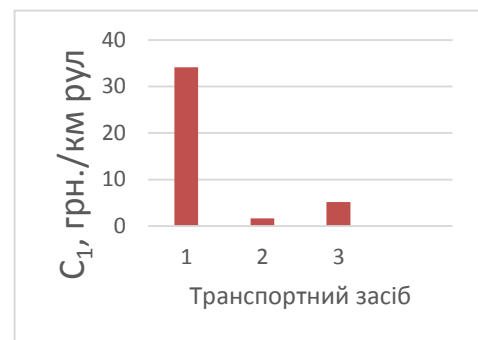
При розрахунку амортизаційних відрахувань враховували середню відстань перевезення і кількість перевезених рулонів сіна, сформованих прес-підбирачами ПР-Ф-110 і ПРП-120.

Таким чином, складова собівартості  $C_1$  розраховується для наступних умов: транспортний засіб використовується для транспортування рулонів сіна тільки на задану відстань при певному виді перевезень і від обраного прес-підбирача.

Результати розрахунків складової собівартості  $C_1$  предст. на рис. 6.1- 6.3.



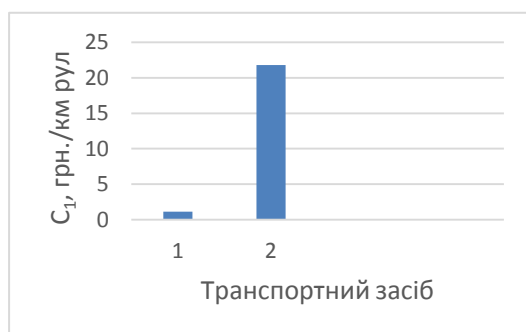
а)



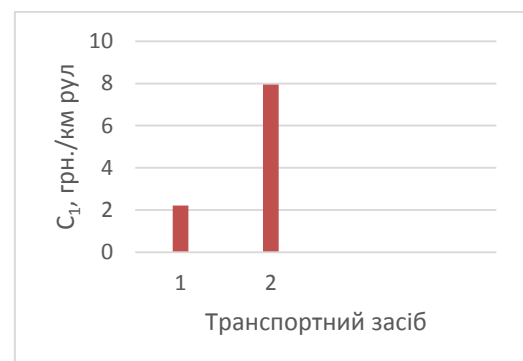
б)

Рисунок 6.1. Складова собівартості  $C_1$  транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань до 3 км:

МТЗ-82.1 + 2ПТС - 4,5; 2 - ГАЗ-3302 «Газель»; 3 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.



а)



б)

Рисунок 6.2. Складова собівартості  $C_1$  транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань від 3 км до 20 км:

1 - ГАЗ-3302 «Газель»; 2 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.

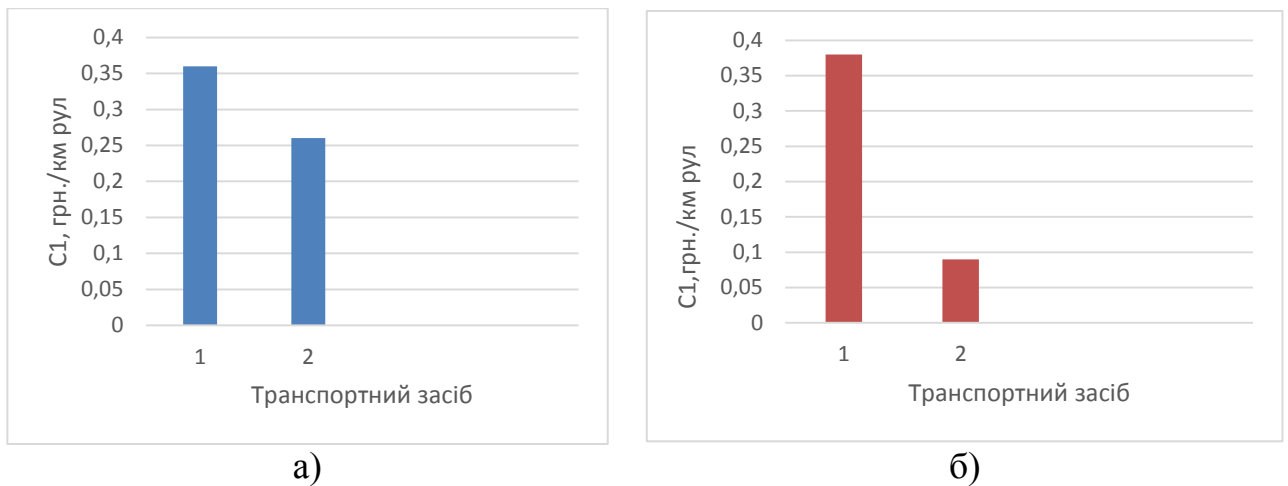


Рисунок 6.3. Складова собівартості  $C_1$  транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань більше 20 км:

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

Результати досліджень показали, що при перевезенні рулонів сіна на невеликі відстані (до 3 км) вигідно, з точки зору складової собівартості від амортизаційних відрахувань, використовувати автомобілі ГАЗ3302 «Газель», а на великих відстанях - автомобілі КАМАЗ-45144 з причепом. Така закономірність справедлива при перевезенні рулонів сіна та малої і великої маси.

У разі використання транспортного засобу впродовж року на перевезеннях рулонів сіна на різні відстані складова собівартості  $C_1$  розраховувалася з урахуванням сумарної відстані, на яку перевозилися рулони сіна протягом року від заданого прес-підбирача ( $\Sigma l_2$ ).

Друга складова собівартості - витрати грошових коштів на паливо, мастильні та інші експлуатаційні матеріали.

Частка собівартості транспортування сіна в рулонах перевезення одного рулону сіна на один кілометр, що відноситься до витрат на паливо, мастильні та інші експлуатаційні матеріали розраховувалася за такою формулою

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

де  $Z_m$ ,  $Z_M$ ,  $Z_{mж}$  - відповідно витрати грошових коштів на паливо, моторні масла і технічні рідини при транспортуванні рулонів на відстань  $l_2$ .



Спочатку розглянемо витрати грошових коштів на придбання палива для транспортного засобу, як найбільш вагомій з паливно-мастильних матеріалів. Дані витрати визначали з урахуванням середньої ціни одного літра бензину АІ-92 і дизельного палива у Вінницькій області на 01 березня 2021 р.

Трактор МТЗ-82.1 і автомобіль КАМАЗ-45144 заправляли дизельним паливом, а автомобілі ГАЗ-3302 «Газель» і ГАЗ-САЗ-3507 - бензином АІ-92. На АЗС «Укрнафта», на яких було придбано паливо, ціна 1 літра дизельного палива була 20,2 грн./л, а бензину АІ-92 - 23,2 грн./л. Середньостатистична відстань транспортування рулонів сіна протягом 3 років дослідження становила: для машинно-тракторного агрегату МТЗ-82.1 з 2ПТС-4,5 - 2,6 км, для автомобілів ГАЗ-3302 - 37 км, ГАЗ-3307 - 16 км і КАМАЗ-45144 - 93 км.

За статистичними даними визначена середня вартість палива на транспортування одного рулону сіна, сформованого двома моделями прес-підбирачів: ПР-Ф-110 і ПРП-120, на відстань один кілометр.

Вартість палива на транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр розраховували за такою формулою:

$$Z_T = \frac{P_T}{l_T N_p}, \quad (6.5)$$

де  $P_m$  - витрата палива при транспортуванні рулонів сіна на відстань;

$l_s, N_p$  - число рулонів, що перевозяться транспортним засобом.

Результати розрахунку представлені на рис. 6.4 -6.6.

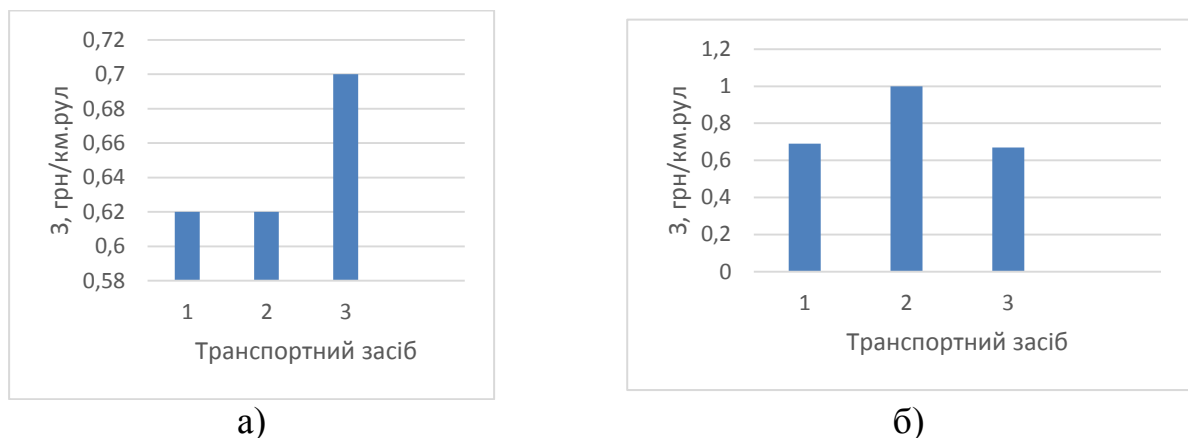
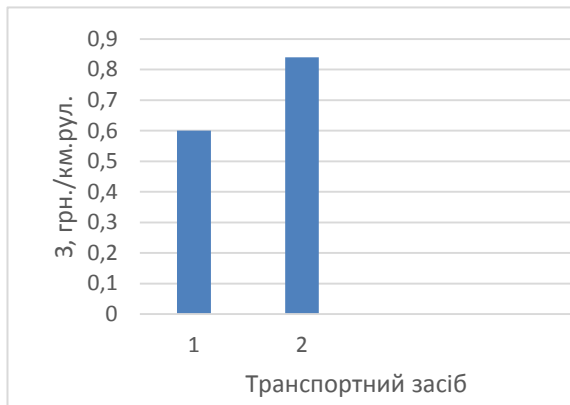
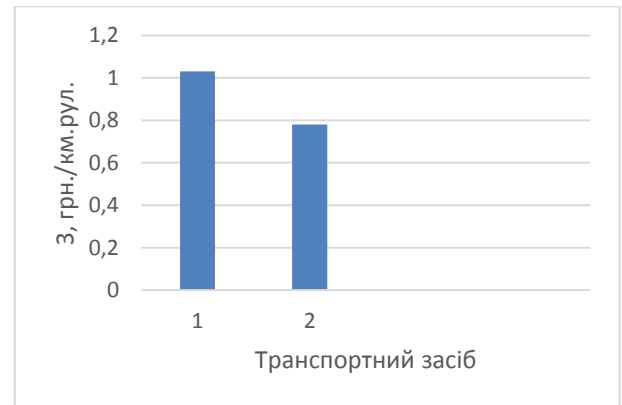


Рисунок 6.4. Середня вартість палива на транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань до 3 км:

1 - МТЗ-82.1+2ПТС-4,5; 2 - ГАЗ-3302 «Газель»; 3 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.



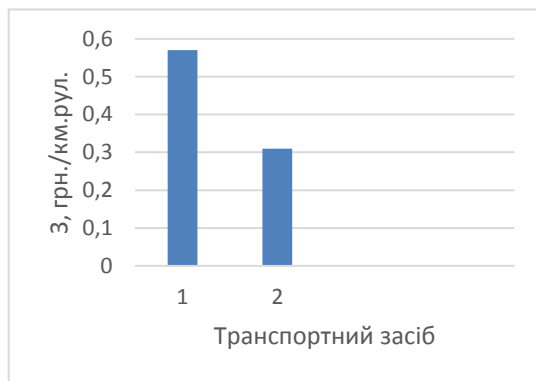
а)



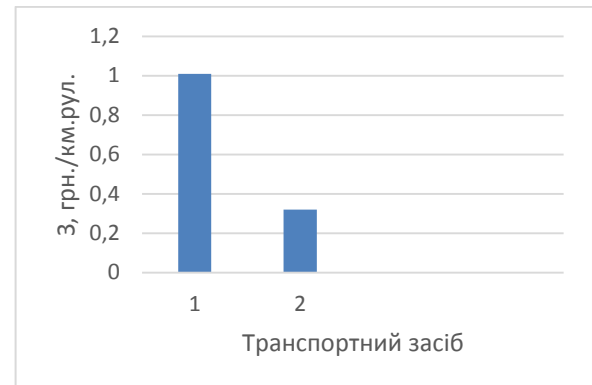
б)

Рисунок 6.5. Середня вартість палива на транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань від 3 км до 20 км:

1 - ГАЗ-3302 «Газель»; 2 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.



а)



б)

Рисунок 6.6. Середня вартість палива на транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань більше 20 км:

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

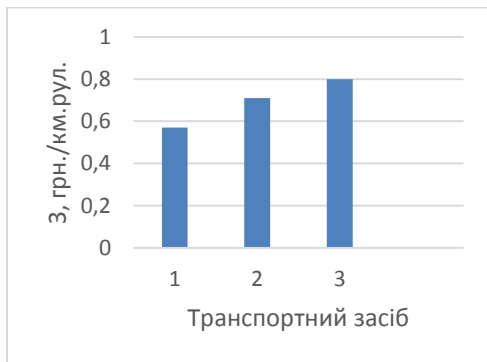
Результати досліджень показують, що за середньою вартістю палива, що припадає на транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр, при перевезенні рулонів малої маси на загальногосподарських перевезеннях більш вигідними є автомобілі малої вантажопідйомності (ГАЗ-3302 «Газель») і машинно-тракторний агрегат МТЗ-82.1 + 2ПТС - 4,5, при перевезенні рулонів великої маси - машинно-тракторний агрегат МТЗ82.1 + 2ПТС - 4,5 і автомобіль вантажопідйомністю 4 т (ГАЗ-САЗ-3507). На внутрішньогосподарських перевезеннях (від 3 до 20 км) перевозити рулони сіна вигідніше на автомобілях малої (ГАЗ-3302 «Газель») і середньої (ГАЗСАЗ-3507) вантажопідйомності.

При перевезенні рулонів сіна на великі відстані більш вигідними є автомобілі великої вантажопідйомності з причепом (КАМАЗ-45144).

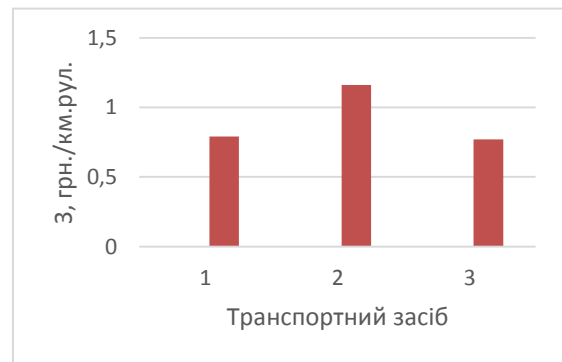
Витрата на моторне масло, пластичні мастила та інші технічні рідини визначали в процентному відношенні від витрати основного палива. Прийняли для моторного масла 1%, для пластичних мастил та інших технічних рідин - 0,3%.

У розрахунках умовно прийнята ціна моторного масла, як для дизельних, так і бензинових двигунів 395 грн./л, охолоджуючої рідини Тосол Лукойл А-40 - 115 грн./л, гальмівної рідини - 247 грн./л.

Розрахунок значення складової  $C_2$  собівартості перевезення рулонів сіна представлений на рис.6.7 - 6.8.



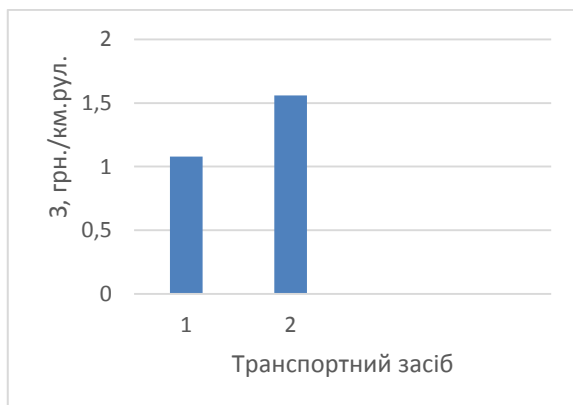
а)



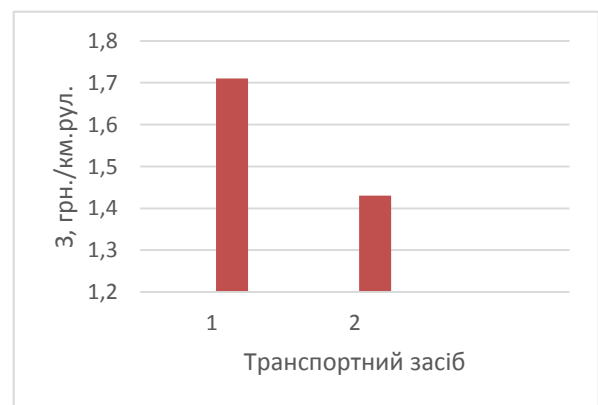
б)

Рисунок 6.7. Складова собівартості  $C_2$  транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань до 3 км:

1 - МТЗ-82.1 + 2ПТС - 4,5; 2 - ГАЗ-3302 «Газель»; 3 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.



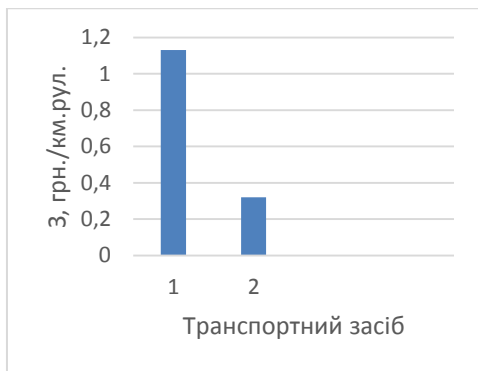
а)



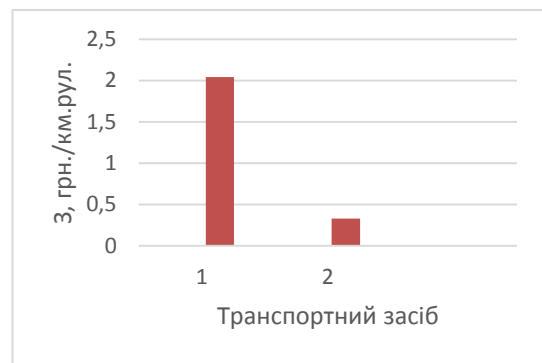
б)

Рисунок 6.8. Складова собівартості  $C_2$  транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань від 3 км до 20 км:

1 - ГАЗ-3302 «Газель»; 2 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.



а)



б)

Рисунок 6.9. Складова собівартості  $C_2$  транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань більше 20 км:

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

Результати досліджень показали, що при перевезенні рулонів сіна на невеликі відстані (до 3 км) вигідно, з точки зору складової собівартості від витрат на паливо, мастильні та інші експлуатаційні матеріали, використовувати колісний трактор з візком, а на великих відстанях - автомобіль великої вантажопідйомності з причепом.

Третя складова собівартості перевезення рулонів сіна - витрати на заробітну плату водіїв (трактористів).

Прийнята система оплати праці в господарствах, в яких проводилися дослідження, визначає для водіїв і трактористів оплату праці за одну нормо-зміну в розмірі 1000 грн. за умови виконання планових робіт.

Крім того, Статут господарства передбачає стимулювання працівників за високу якість, складність операції і своєчасність виконання роботи, до 40% до оплати за одну нормо-зміну. В роки досліджень доплата в розмірі 25% здійснювалася тільки для водіїв автомобілів і допоміжних робітників, які виконували перевезення рулонів за територію господарства, тобто на відстані більше 20 км.

Результати розрахунків складової собівартості  $C_3$  наведені в табл. 6.1.

Таким чином, за складовою собівартості перевезення рулонів сіна - витратам на заробітну плату водіїв (трактористів), більш ефективним є автомобіль КАМАЗ-45144 з причепом.

### Оплата праці за перевезення рулонів сіна

Показник	Транспортний засіб						
	МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5	ГАЗ-3302 «Газель»			ГАЗ-САЗ- 3507/35071		КАМАЗ- 45144 з причепом
	до 3 км	до 3 км	от 3 до 20 км	більше 20 км	до 3 км	от 3 до 20 км	більше 20 км
Прес-підбирач	ПР-Ф-110						
відпрацьовано нормо-змін	12	12	10	16	7	2	9
оплата праці, грн.	12000	24000	20000	40000	7000	2000	11250
$C_3$ , грн. км·рул.	5,03	2,22	0,82	0,80	0,91	0,19	0,03
Прес-підбирач	ПРП-120						
відпрацьовано нормо-змін	5	26	9	27	11	5	26
Оплата праці, грн.	5000	52000	18000	67500	11000	5000	32500
$C_3$ , грн. км·рул.	2,34	7,84	1,24	2,42	1,36	0,43	0,09

Четверта складова собівартості перевезення рулонів сіна - витрати грошових коштів на технічне обслуговування і ремонт рухомого складу.

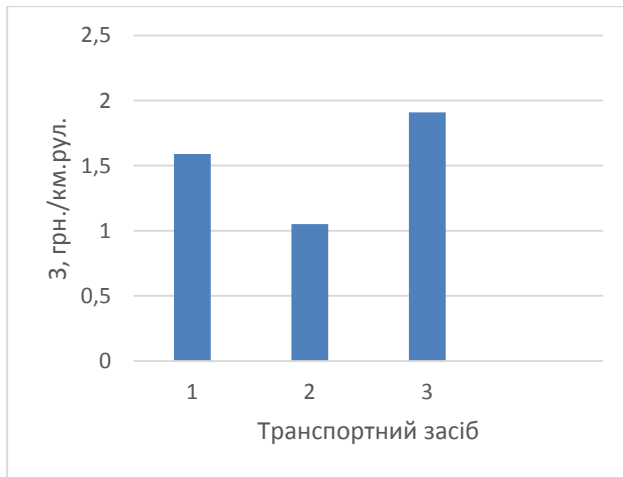
Напрацювання трактора МТЗ-82.1 за час експериментальних досліджень склало 164 мото·год. Періодичність ТО-1 для трактора становить 125 мото·год. Отже, буде потрібне проведення одного ТО-1.

Пробіг автомобілів ГАЗ-3302 «Газель» склав 9745 км, ГАЗ-СА33507 - 2041 км і КАМАЗ-45144 - 9765 км.

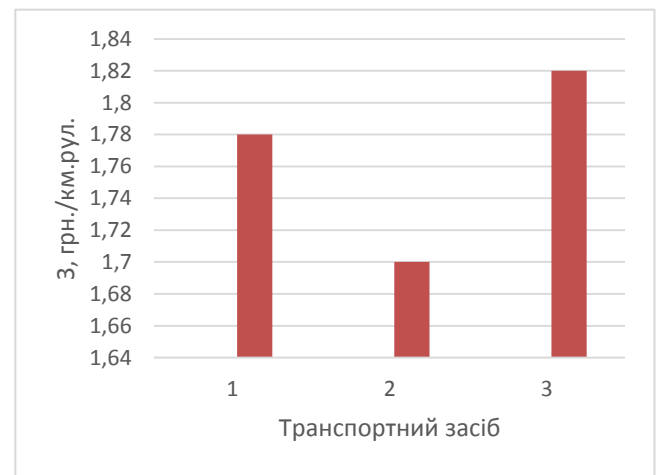
Періодичність планового ТО-1 для ГАЗ-3302 дорівнює 10000 км, для ГАЗ-САЗ-3507 - 5000 км і для КАМАЗ-45144 - 4000 км.

Представлені вище дані показують, що для ГАЗ-3302 необхідно провести тільки одне ТО-1, а для КАМАЗ-45144 - 2. Для автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 необхідно провести щорічне ТО-1.

Значення розрахунку складової  $C_4$  собівартості перевезення рулонів сіна представлено на рис. 6.10-6.11.

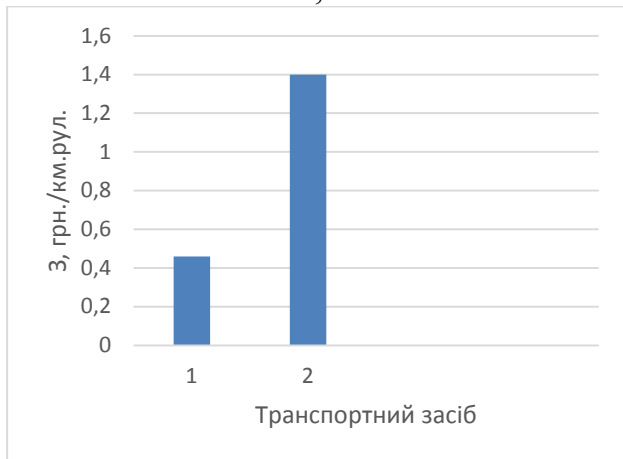


а)

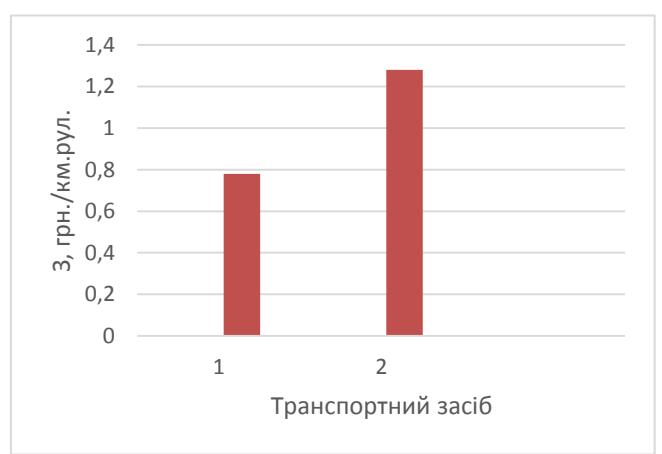


б)

Рисунок 6.10. Складова собівартості  $C_4$  транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань до 3 км: 1 - МТЗ-82.1 + 2ПТС - 4,5; 2 - ГАЗ-3302 «Газель»; 3 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.



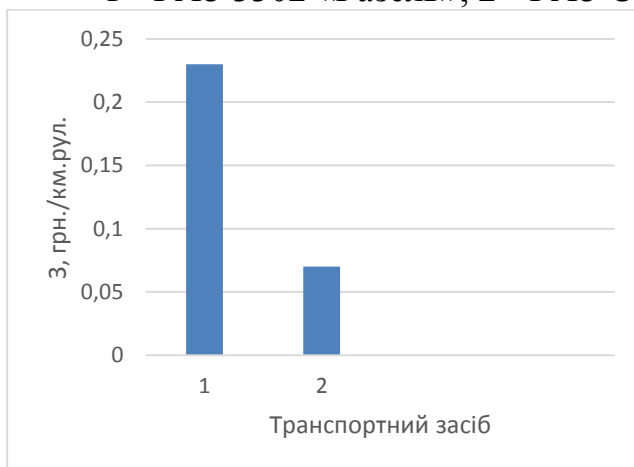
а)



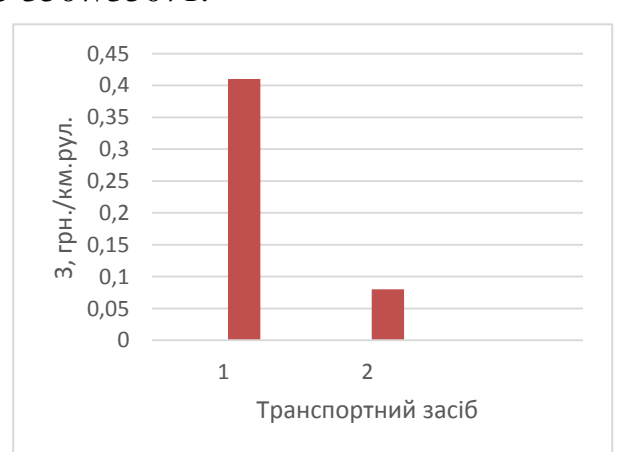
б)

Рисунок 6.11. Складова собівартості  $C_4$  транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань від 3 км до 20 км:

1 - ГАЗ-3302 «Газель»; 2 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.



а)



б)

Рисунок 6.12. Складова собівартості  $C_4$  транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (а) і ПРП-120 (б) на відстань більше 20 км:

1 - ГАЗ-3302 «Газель»; 2 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.

Результати досліджень показали, що при перевезенні рулонів сіна на невеликі відстані (до 3 км) вигідно, з точки зору складової собівартості від витрат на технічне обслуговування транспортних засобів, використовувати автомобілі малої вантажопідйомності, а на великих відстанях - автомобіль великої вантажопідйомності з причепом.

П'ята складова собівартості перевезення рулонів сіна - витрати грошових коштів на інші витрати.

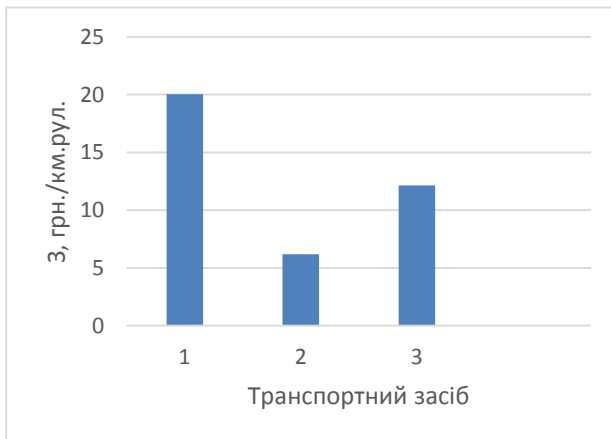
Для водіїв автомобілів, що виконують рейси більш ніж на добу, передбачена виплата коштів на оплату витрат на відрядження: добових і на оплату готелю.

За період досліджень витрат на відрядження для водіїв транспортних засобів не було. Інші витрати незначні і на собівартість перевезення рулонів сіна впливали в межах статистичної похибки. У зв'язку з цим, прийmemo, що складова собівартості  $C_5 = 0$ .

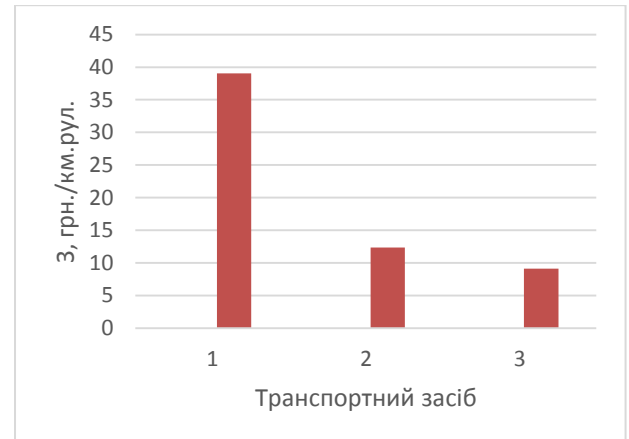
Підсумувавши всі складові собівартості  $C_1...C_5$ , отримали собівартість транспортування одного рулону сіна на один кілометр протягом одного рейсу (табл. 6.2 і рис. 6.12 - 6.14).

## Собівартість транспортування рулонів сіна

Показник	Транспортний засіб						
	МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5	ГАЗ-3302 «Газель»			ГАЗ-САЗ- 3507/35071	КАМАЗ- 45144 з причепом	
	до 3 км	до 3 км	від 3 до 20 км	більше 20 км	до 3 км	від 3 до 20 км	більше 20 км
Прес-підбирач	ПР-Ф-110						
C <sub>1</sub> , грн. км·рул.	12,69	2,21	1,16	0,36	8,51	21,77	0,26
C <sub>2</sub> , грн. км·рул.	0,71	0,71	1,08	1,13	0,80	1,56	0,32
C <sub>3</sub> , грн. км·рул.	5,03	2,22	0,82	0,80	0,91	0,19	0,03
C <sub>4</sub> , грн. км·рул.	1,59	1,05	0,46	0,23	1,91	1,40	0,07
C <sub>5</sub> , 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
Прес-підбирач	ПРП-120						
C <sub>1</sub> , грн. км·рул.	34,14	1,66	2,21	0,38	5,16	7,95	0,09
C <sub>2</sub> , грн. км·рул.	0,79	1,16	1,71	2,04	0,77	1,43	0,33
C <sub>3</sub> , грн. км·рул.	2,34	7,84	1,24	2,42	1,36	0,43	0,09
C <sub>4</sub> , грн. км·рул.	1,78	1,70	0,78	0,41	1,82	1,28	0,08
C <sub>5</sub> , 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



а)

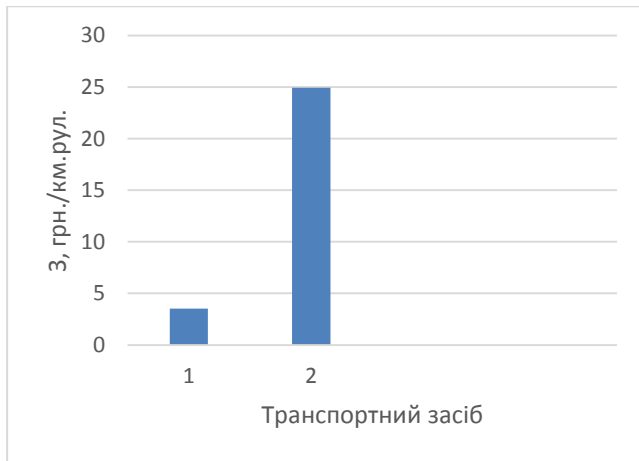


б)

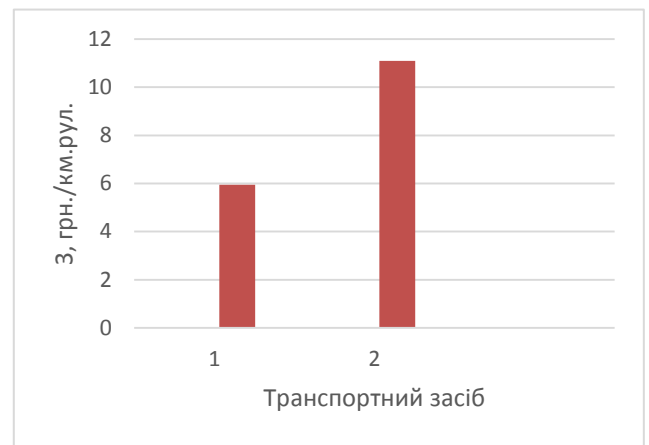
Рисунок 6.12. Собівартість транспортування рулонів сіна від ПР-Ф 110 (А) і ПРП-120 (б) на відстань до 3 км:

1 - МТЗ-82.1 + 2ПТС - 4,5; 2 - ГАЗ-3302 «Газель»; 3 - ГАЗ-САЗ-3507/35071.





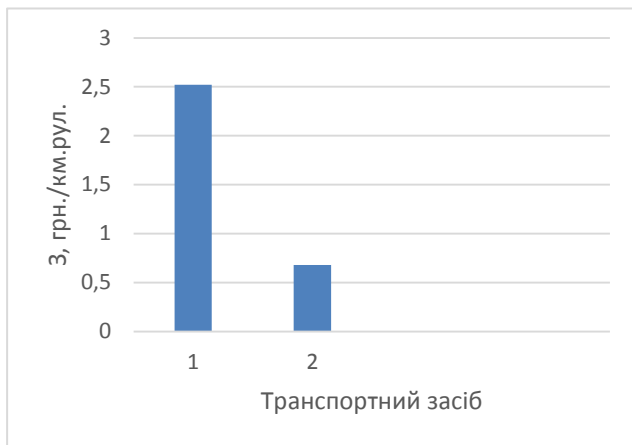
а)



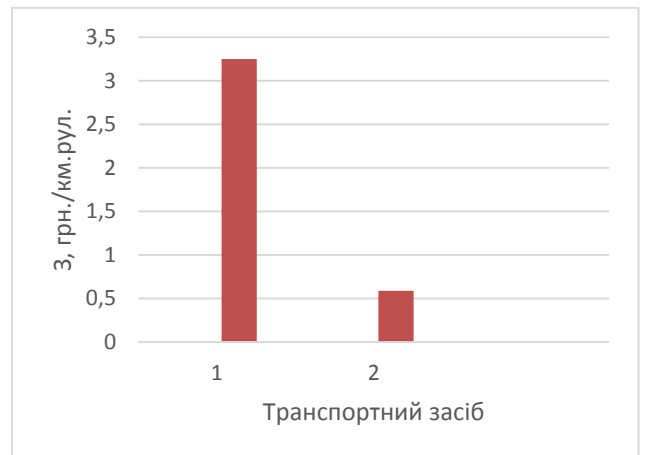
б)

Рисунок 6.13. Собівартість транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (А) і ПРП-120 (б) на відстань від 3 км до 20 км:

1 - ГАЗ-3302 «Газель»; 2 - ГАЗ-САЗ-3507/35071



а)



б)

Рисунок 6.14. Собівартість транспортування рулонів сіна від ПР-Ф-110 (А) і ПРП-120 (б) на відстань більше 20 км:

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

Таким чином, під час перевезення рулонів сіна на невеликі відстані (до 3 км) вигідно, з точки зору собівартості, використовувати ГАЗ-3302 «Газель», а на великі відстані - автомобілі КАМАЗ-45144 з причепом.

Висновки до розділу.

. Мінімальна собівартість транспортування одного рулону сіна на один кілометр на загально- і внутрішньогосподарських перевезеннях досягається при використанні автомобіля ГАЗ-3302 (відповідно 6,19 і 3,52 грн./км.рул.), а на великі відстані - КАМАЗ-45144 з причепом (0,59 грн./км.рул.).

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Надано оцінку показників ефективності транспортування рулонів сіна транспортними засобами: МТЗ-82.1 + 2ПТС4,5, ГАЗ-3302, ГАЗ-САЗ-3507/35071 і КАМАЗ-45144 з причепом від прес-підбирачів ПР-Ф-110 і ППР-120 на загальногосподарських (до 3 км), внутрішньогосподарських (від 3 до 20 км) і позагосподарських (більше 20 км) перевезеннях.

2. Результати розрахунків комплексного критерію ефективності використання серійних транспортних засобів показали, що найбільш ефективним транспортним засобом на загальногосподарських перевезеннях рулонів сіна малої маси є автомобіль ГАЗ-3302 ( $K_e = 0,49$ ), а на перевезеннях рулонів більшої маси - ГАЗ-САЗ-3507/35071 ( $K_e = 0,26$ ), на внутрішньогосподарських перевезеннях - автомобіль ГАЗ-3302 ( $K_e = 1,92$  і  $K_e = 0,60$ ), а на позагосподарських - КАМАЗ-45144 ( $K_e = 4,44$  і  $K_e = 8,46$ ). Машинно-тракторний агрегат МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 неефективно використовувати на перевезеннях рулонів сіна навіть на малі відстані ( $K_e = 0,01$ ).

3. Запропоновано конструктивно-технологічну схему платформи для бортового транспортного засобу, яка призначена для перевезення рулонів грубого корму, визначені оптимальні значення ексцентриситету борту (30...24 мм всередину платформи), відстані від шарніра до проекції центра ваги рулону (45...55 мм) і висоти борту (120...132 мм), запропонована технологія вивантаження з неї рулонів грубих кормів. Комплексний критерій ефективності використання розробленої платформи на базі бортового автомобіля ГАЗ-3302 на загальногосподарських перевезеннях  $K_e = 6,86$ , на внутрішньогосподарських  $K_e = 16,00$  і на позагосподарських  $K_e = 46,21$ , що відповідно в 14,0; 9,88 і 14,72 разів більше, ніж для серійного автомобіля.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Бабич А.О. Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси. - К.: Аграрна наука, 1996. - 571 с.
2. Булгаков В.М. Использование прямого метода граничных элементов при исследовании стационарных колебаний пластин / В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, Г.Н. Калетник, А.Г. Куценко // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». – №1(84). – 2017. – С.8-14.
3. Булгаков В.М. Плоскі вертикальні криві, що забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. / Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Яропуд В.М., Захарова Т.Н, Калетник Г.М. / Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». ВНАУ. 2014 р. – Вип. 1 (73).
4. Булгаков В.М. Теоретична механіка. Посібник для практичних занять. / В.М. Булгаков, В.В. Бурлака, Г.М. Калетник, І.Є. Кравченко, С.І. Кучеренко, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тіщенко. – Вінниця: Нова книга, 2010. – 667 с.
5. Булгаков В.М. Теоретичне дослідження збурених гармонійних коливань у вібраційних приводах машин / В.В. Адамчук, Г.М. Калетник, В.М. Булгаков, О.М. Черниш // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях» №2 (82) 2016. – С.5-9.
6. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 199 с.
7. Гарькавий А.Д. Конкуреноспроможність технології машин: навчальний посібник / А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриненко, А.В. Спірін. - Вінниця: ВДАУ - „Тірас”. - 2003. - 68 с.
8. ГОСТ 27548–97. Корма растительные. Методы определения содержания влаги. Межгосударственный стандарт. Минск.: Изд-во стандартов Московский печатник, 1998. - 6 с.
9. Дубчак В.М. Вища математика в прикладах та задачах. Навчальний посібник / В.М. Дубчак, В.М. Пришляк, Л.І. Новицька. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 254 с.
10. Енергозберігаючі технології заготівлі та використання кормів / М.Ф.

Кулик, В.В. Хіміч, В.Ф. Сіроштан, А.І. Овсієнко. - К.: Урожай, 1987. - 155 с.

11. Зінченко О.І. Біологічне рослинництво: Навч. посібник / О.І. Зінченко, О.С. Алексєєва, П.М. Приходько та ін.; За ред. О.І.Зінченка. — К.: Вища шк., 1985. - 236 с.

12. Зінченко О. І. Кормовиробництво: Навчальне видання. - 2-е вид., доп. І перероб. - К.: Вища освіта, 2005. - 448 с.

13. Іванов М.І., Гунько І.В., Ковальова І.М., Худолій О.І. Аналіз технологічних систем. Навчальний посібник. Частина 1. Вінниця.2010. – 113с.

14. Калетнік Г. М. Математичне моделювання руху скиби ґрунту по площині косо́го клина / Г. М. Калетнік, В. М. Пришляк, В. М. Яропуд, В.М. Булгаков, С. Ф. Пилипака // Вібрації в техніці та технологіях. - 2013. - № 4. - С. 27-36.

15. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник / Г. М. Калетнік, М. Г. Чаусов, В. М. Швайко \*[та ін.] ... М-во аграр. політики України , Вінниц. держ. аграр. ун-т; . - Київ : Хай-Тек Прес, 2011. - 616 с.

16. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник. ... за ред. Г. М. Калетніка, М. Г. Чаусова. - Київ : Хай-Тек Прес, 2013. - 528 с.

17. Калетнік Г.М. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. – К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. – 340 с.

18. Кулик М. Ф. Нетрадиційні технології заготовлі кормів із бобових і злакових трав із підвищеною вологістю / М. Ф. Кулик, В. Ф. Петриченко, Л. Т. Глушко // Ефективні корми та годівля.- 2007.- № 5(21).- С. 21-24

19. Липкович, Э.И. Комплексная механизация уборки соломы и половы / Э.И. Липкович, В. Я. Жуков, В.В. Филатов. - зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1977. - 48 с.

20. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П. та ін. Практикум з використання машин у рослинництві. Дн-ськ, ДДАУ, 2002.-212 с.

21. Павленко В.С. З'єднання в машинобудуванні: Навч. Посібник / В.С.

Павленко, І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Ю.А. Полевода / За ред.. В.С. Павленка. – Вінниця: ПП «ГД Едельвейс і К», 2015. – 110 с.

22. Пришляк В.М. Механіко-технологічні властивості стебел як передумова до розробки робочих органів сільськогосподарських машин і формування проектних компетентностей агроінженера / Пришляк В.М., Курило В.Л. Техніка, енергетика, транспорт АПК. - 2019. - № 1 (104). - С. 20-27.

23. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання : підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]. ; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К. : Агроосвіта, 2014. – 665 с.

24. Солоня О.В. Технічна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солоня, І.М. Купчук – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 84 с.

25. Солоня О.В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування. Навчальний посібник. – Вінниця, 2019. – 254 с.

26. Солоня О.В.. Теорія механізмів і машин. Лабораторний практикум. Навчальний посібник / О.В. Солоня, В.С. Любин – Вінниця: ПП Балюк І.Б., 2014. – 138 с.

27. Спірін А.В., Твердохліб І.В., Борисюк Д.В., Омелянов О.М. Охорона праці в галузі. Практикум.– Вінниця: РВВ ВНАУ, 2015. – 127 с.

28. Сумець О.М., Войтов В.А. Логістичні системи і ланцюги постачань: [навч.посібник].-2-е видання, стереотипне. – Харків; КП «Міська друкарня», 2013. – 194 с.

29. Шевченко І. Сучасні технології забезпечення тваринництва екологічно чистими кормами / І. Шевченко, В. Шацький, І. Махмудов // Агроперспектива.- 2009. - № 11(107).- С. 74-78

30. Vale Buggy for Wrapped Bales: Проспект фірми Cook.- 1990. - Р.2.

31. Grays Wrap-Stacker: Проспект фірми Grays (Великобританія). - 1990.-Р.8.

32. The Fastest Handler I Any Field Round or Square: Проспект фірми Traileyre Systems. - 1990.-Р.2.

# ДОДАТКИ

## **ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СІНА В РУЛОНАХ**

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності перевезення сіна в рулонах шляхом використання серійних транспортних засобів.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Оцінити показники ефективності використання деяких серійних транспортних засобів на перевезення сіна в рулонах.
2. За комплексним критерієм оцінити ефективність транспортування сіна в рулонах серійними транспортними засобами.
3. Розробити конструктивно-технологічну схему платформи для бортового транспортного засобу, яка призначена для перевезення рулонів грубого корму, оптимізувати її геометричні параметри, запропонувати технологію вивантаження з неї рулонів сіна.
4. Розробити рекомендації щодо вибору транспортного засобу для перевезення рулонів сіна на різні відстані із удосконаленням технології вивантаження рулонів сіна з бортового транспортного засобу.

Об'єкт дослідження: технологічний процес і технічні засоби транспортування рулонів сіна.

Предмет дослідження: технологічні схеми і закономірності транспортно-розвантажувальних робіт сіна в рулонах.

## Технічні засоби для формування і транспортування рулонів сіна



Напівпричіп-підбирач ТП-Ф-45



Підбирач-копнувач ПК-1,6А



Копице-навантажувач навісний  
універсальний СНУ-550



Рулонний прес-підбирач ПР-145 С



Транспортувальник рулонів ТП-10

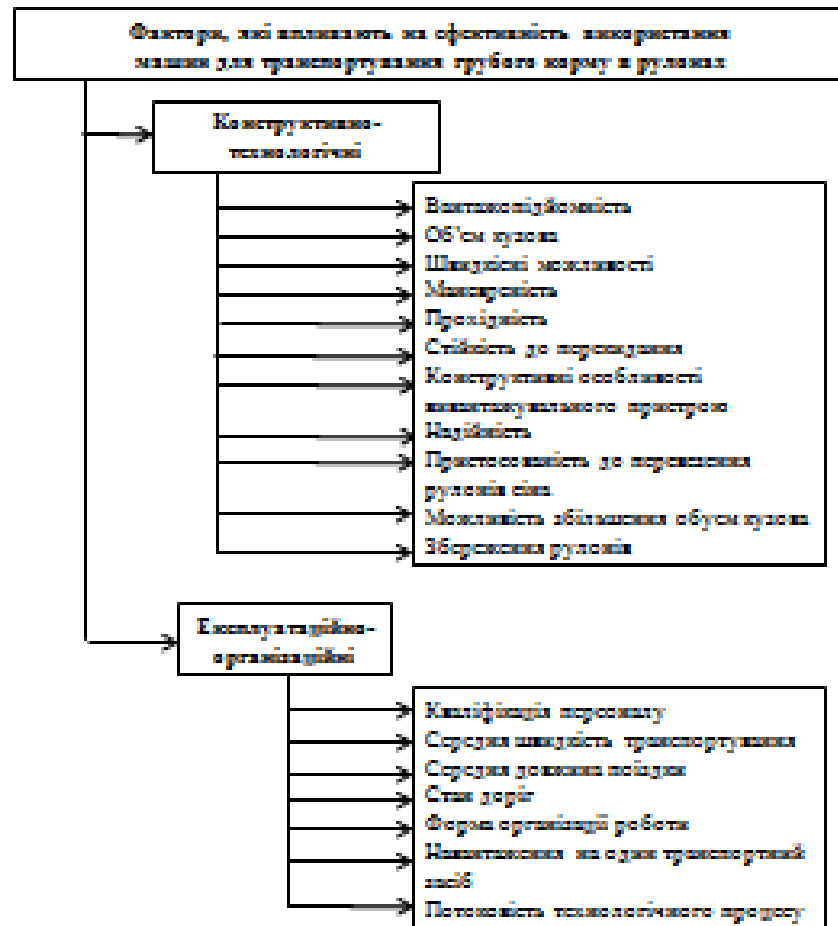


Транспортування рулонів сіна  
автомобілем ГАЗ-САЗ 3307



## Вибір і аналіз факторів впливаючих на ефективність використання машин для транспортування сіна в рулонах

3



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

Продуктивність транспортних засобів за обсягом  $Q$  перевезень в  $m$  за 1 годину часу циклу визначається за формулою:

$$W_{т-з} = \frac{q_n \gamma}{t_{ц}}$$

де  $q_n$  - номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т;

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

$t_{ц}$  - тривалість циклу, год.

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

$$W_{п-п} = 0,1 B_p v_p \tau$$

де  $B_p$  - робоча ширина захвату ко сарни при скошуванні сіна, м;

$v_p$  - робоча швидкість прес-підбирача, км/год;

$\tau$  - коефіцієнт використання часу зміни.

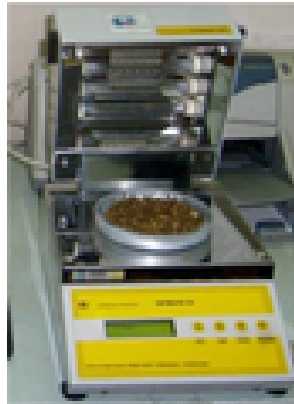
Продуктивність прес-підбирача по масі сформованого сіна в рулоні

$$W_{ср-п} = W_{п-п} \gamma$$

Продуктивність всіх прес-підбирачів ланки і всіх транспортних засобів:

$$W_{ср-п} n_{ср-п} = W_{т-з} n_{т-з}$$

## Експериментальні дослідження ефективності використання транспортних засобів для перевезення сіна в рулонах



Аналізатор вологості  
«ЕЛВІЗ-2С»

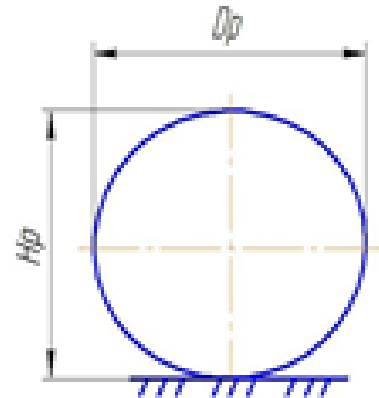


Схема вимірювання  
діаметра і висоти рулону

Визначення вологості 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:

$$\Delta W = \frac{(m_{p,max} - m_{p,min})}{N_k}$$

де  $m_{p,max}, m_{p,min}$  - відповідно максимальна і мінімальна маса рулону.

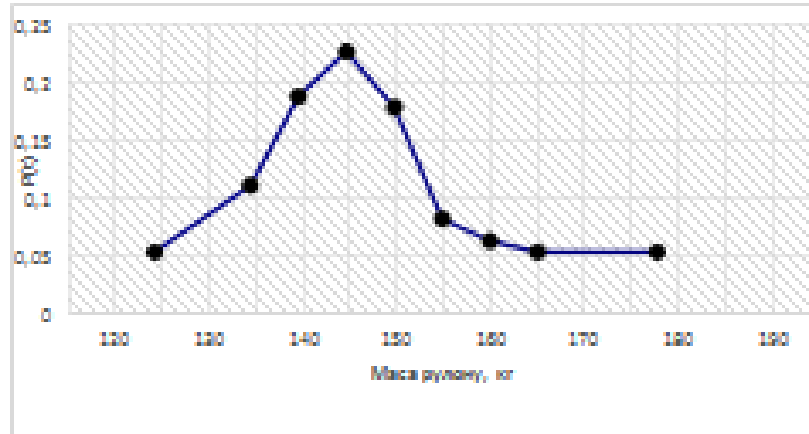
Для рулонів, сформованих прес-підбирачами ПР-Ф-110 і ППР-120 «Pelikan»  $\Delta W = 5$  кг. Математичне сподівання маси рулону за прес-підбирачем ПР-Ф-110 рівне 147 кг, а за прес-підбирачем ППР-120 «Pelikan» - 248 кг.

Середнє квадратичне відхилення маси рулону:

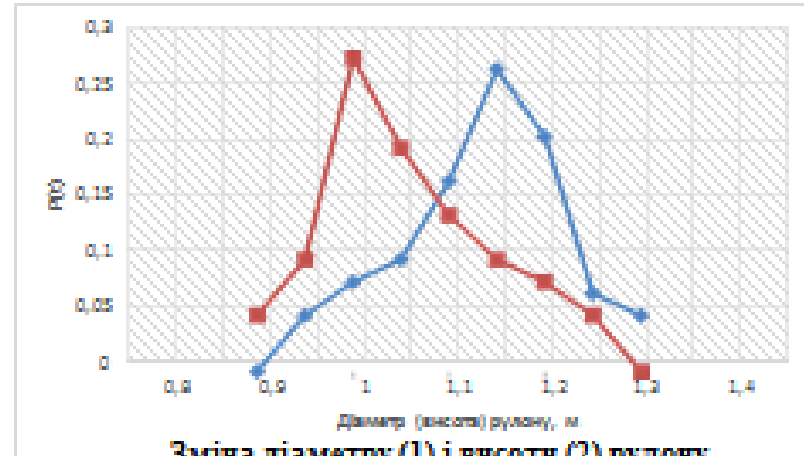
$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum (m_i - m_{cp})^2}{N}}$$

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

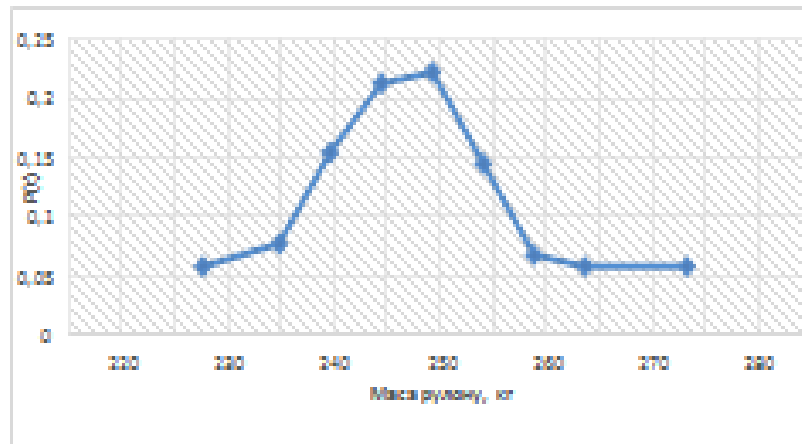
## Результати експериментальних досліджень ефективності використання транспортних засобів для перевезення сіна в рулонах



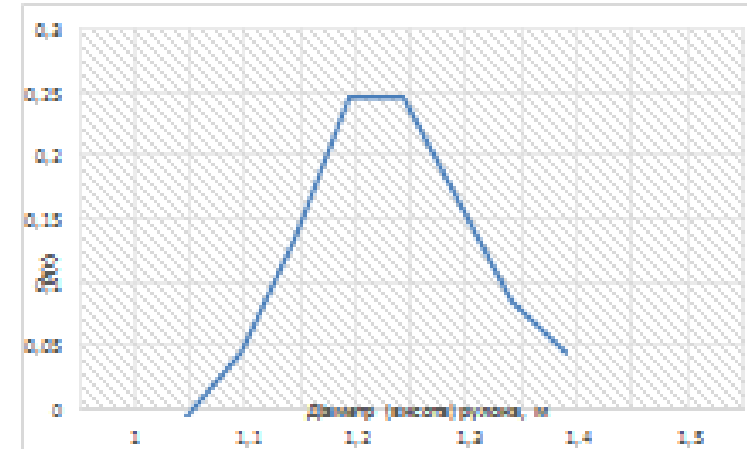
Зміна маси рулону сформованого прес-підбирачем ПР-Ф-110



Зміна діаметру (1) і висоти (2) рулону сформованого прес-підбирачем ПР-Ф-110



Зміна маси рулону сформованого прес-підбирачем ППР-120 «Pelikan»

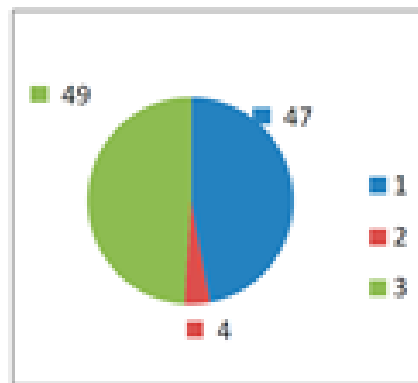


Зміна діаметру (1) і висоти (2) рулону сформованого прес-підбирачем ППР-120 «Pelikan»

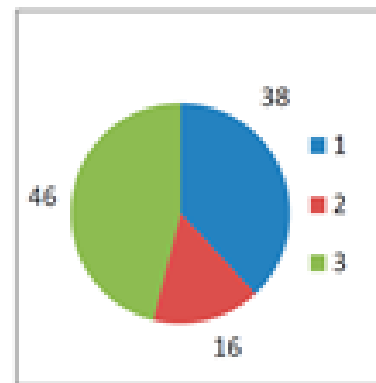
## Пошкоджуваність рулонів на навантажувально-транспортно-розвантажувальних операціях

Сумарна частка пошкоджених рулонів сіна  
при навантаженні, транспортуванні та розвантаженні

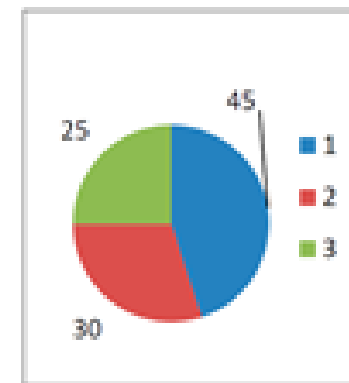
Транспортний засіб	Сумарна частка пошкоджених рулонів, % під час транспортування на відстань		
	до 3 км	від 3 км до 20 км	Більше 20 км
МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5	1,6	-	-
ГАЗ-3302 «Газель»	1,8	1,9	2,7
ГАЗ-САЗ-3507/35071	2,0	2,3	-
КАМАЗ-45144	-	-	2,9



МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5



ГАЗ-3302



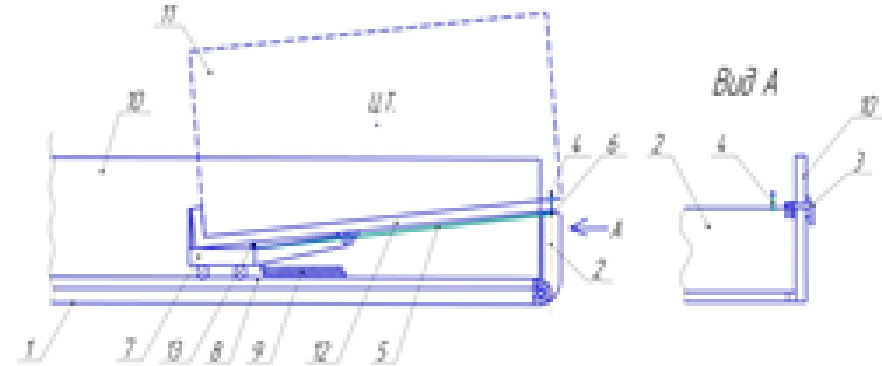
ГАЗ-САЗ-3507/35071

**Розподіл пошкоджуваності шпалгатів за видами операцій  
при використанні різних транспортних засобів:  
1 - навантаження, 2 - транспортування, 3 - розвантаження.**

## Платформа до бортового транспортного засобу для перевезення ролонів сіна і технологія їх вивантаження

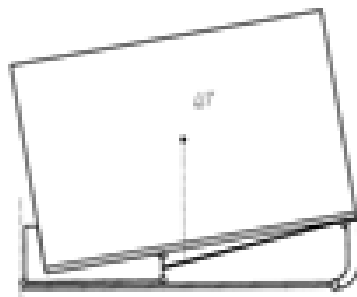


Платформа на базі автомобіля «Газель»

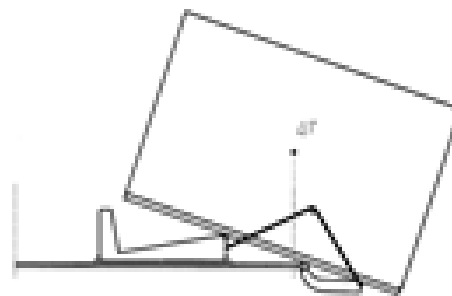


### Схема експериментальної платформи:

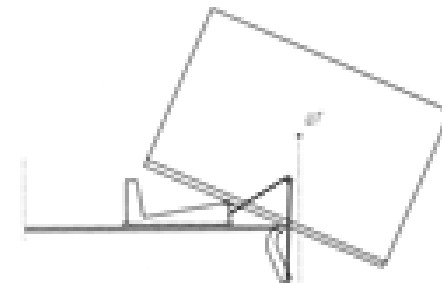
- 1 - дно платформи, 2 - бічний відводний борт, 3 - механізм фіксації борту;
- 4 - важіль управління розвантаженням;
- 5 - трос; 6 - вузол кріплення гнучкого зв'язку на борту;
- 7 - руломий брус; 8 - направляючі; 9 - пружини; 10 - задній борт;
- 11 - ролон сіна; 12 - опорний щит; 13 - механізм повернення.



а)



б)

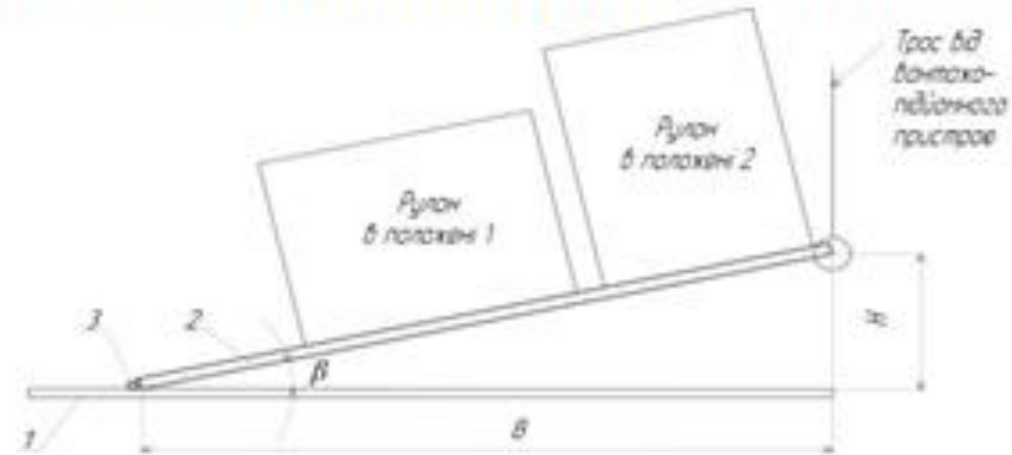


в)

### Технологічні схеми розвантаження ролонів:

а - початкова, транспортне положення ролону; б - проміжне положення ролону; в - вивантаження ролону.

**Платформа до бортового транспортного засобу  
для перевезення рулонів сіна і технологія їх вивантаження**



**Схема визначення статичного кута тертя**



**Проведення експерименту з  
визначення статичного кута тертя**

**Коефіцієнт тертя спокою**

$$f_{\text{тр}} = \text{tg } \beta.$$

### Загальні висновки

1. Надано оцінку показників ефективності транспортування рулонів сіна транспортними засобами: МТЗ-82.1 + 2ПТС4,5, ГАЗ-3302, ГАЗ-САЗ-3507/35071 і КАМАЗ-45144 з причепом від прес-підбирачів ПР-Ф-110 і ППР-120 на загальногосподарських (до 3 км), внутрішньогосподарських (від 3 до 20 км) і позагосподарських (більше 20 км) перевезеннях.

2. Результати розрахунків комплексного критерію ефективності використання серійних транспортних засобів показали, що найбільш ефективним транспортним засобом на загальногосподарських перевезеннях рулонів сіна малої маси є автомобіль ГАЗ-3302 ( $K_c = 0,49$ ), а на перевезеннях рулонів більшої маси – ГАЗ-САЗ-3507/35071 ( $K_c = 0,26$ ), на внутрішньо-господарських перевезеннях - автомобіль ГАЗ-3302 ( $K_c = 1,92$  і  $K_c = 0,60$ ), а на позагосподарських - КАМАЗ-45144 ( $K_c = 4,44$  і  $K_c = 8,46$ ). Машинно-тракторний агрегат МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 неефективно використовувати на перевезеннях рулонів сіна навіть на малі відстані ( $K_c = 0,01$ ).

3. Запропоновано конструктивно-технологічну схему платформи для бортового транспортного засобу, яка призначена для перевезення рулонів грубого корму, визначені оптимальні значення ексцентриситету борту (30...24 мм всередину платформи), відстані від шарніра до проекції центра ваги рулону (45...55 мм) і висоти борту (120...132 мм), запропонована технологія вивантаження з неї рулонів грубих кормів. Комплексний критерій ефективності використання розробленої платформи на базі бортового автомобіля ГАЗ-3302 на загальногосподарських перевезеннях  $K_c = 6,86$ , на внутрішньогосподарських  $K_c = 16,00$  і на позагосподарських  $K_c = 46,21$ , що відповідно в 14,0; 9,88 і 14,72 разів більше, ніж для серійного автомобіля.