

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет аграрних технологій та екології

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: «Дослідження ефективності заготівлі сіна з удосконаленням системи транспортування рулонів автомобілями»

Виконав: студент 2 курсу, групи АІм-21
спеціальності 208 Агроінженерія
за освітньо-професійною програмою
«Агроінженерія»

_____ Філюк В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Кірчук Р.В.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП _____ Сацюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Дударєв І.М.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2023

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<i>аграрних технологій та екології</i>
Кафедра	<i>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</i>
Галузь знань	<i>20 Аграрні науки та продовольство</i>
Освітній ступінь	<i>магістр</i>
Спеціальність	<i>208 Агроінженерія</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Агроінженерія</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри аграрної інженерії
ім. проф. Г.А.Хайліса
доцент, к.т.н. _____ В.В.Сацюк
«10» січня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ

Філюку Валентину Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження ефективності заготівлі сіна з удосконаленням системи транспортування рулонів автомобілями

керівник роботи Кірчук Руслан Васильович, к.т.н., професор

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

затверджена наказом ЛНТУ від «10» січня 2023 р. № 11/01-02

2. Термін здачі студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу магістра.
3. Реферат.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.
9. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

	к-сть листів
1. Вихідні дані	1 лист
2. Технічні засоби для формування та транспортування рулонів сіна	1 лист
3. Теоретичні положення	1 лист
4. Програма і методика експериментальних досліджень	1 лист
5. Результати експериментальних досліджень	1 лист
6. Схема установки та результати експериментальних досліджень	1 лист
7. Організація робіт при транспортуванні рулонів сіна	1 лист

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою, формування завдань досліджень	15.06. – 01.07.2023 р.	
2	Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження	22.08 – 31.08.2023 р.	
3	Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини	01.09 – 30.09.2023 р.	
4	Розробка програми і методики експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
5	Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
6	Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування	15.10 – 01.11.2023 р.	
7	Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	01.11 – 15.11.2023 р.	
8	Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки	15.11 – 25.11.2023 р.	
9	Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи	15.11 – 25.11.2023 р.	
10	Нормоконтроль	до 09.12.2023 р.	
11	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	09.12.– 19.12.2023 р.	

Студент

_____ **Філюк В.А.** _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ **Кірчук Р.В.** _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Гарант ОПІ

_____ **Сацюк В.В.** _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній магістерській роботі на тему: «Дослідження ефективності заготівлі сіна з удосконаленням системи транспортування рулонів автомобілями» представлено вирішення науково-прикладної задачі формування рулонів сіна, що використовуються у кормовиробництві.

Сферою застосування даного дослідження може бути кормовиробництво у тваринництві. Застосування запропонованої технології дозволить більш ефективно використовувати обладнання для перевезення кормів у тваринництві, зокрема рулонів сіна.

Кваліфікаційна магістерська робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 16 назв та 2 додатків. Основна частина викладена на 67 сторінках, містить 29 рисунків і фотографій, 8 таблиць.

ABSTRACT

A qualified master's thesis on the topic: "Investigation of The Efficiency of Hay Production Using an Advanced System for Transporting Rolls by Vehicles" presents the most advanced scientific and applied problem of forming rolls with on what to do with the feed industry.

The scope of this investigation may be animal feed production. The use of advanced technology will allow for more efficient use of equipment for transporting animal feed and bales of hay.

A qualified master's thesis consists of an introduction, four sections, subdivisions, a list of alternatives, 16 names and 2 additions. The main part is laid out on 66 pages, including 19 drawings and photographs, 1 table.

The qualifying master's thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of used sources from 16 titles and 2 appendices. The main part is laid out on 67 pages, contains 29 drawings and photos, 8 tables.

ВСТУП

В даний час розвиток м'ясного та молочного тваринництва України є однією із найважливіших завдань агропромислового комплексу. У зв'язку з цим, потрібне збільшення поголів'я великого рогатої худоби та її продуктивності. Вирішення цього завдання неможливе без розвитку кормової основи.

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

Особливе значення має сіно у раціоні сухостійних високопродуктивних корів та телят у зимово-весняний період. Заготівля сіна як у розсипному, так і в пресованому вигляді, включає ряд технологічних операцій, які слід виконувати у встановлені агротехнічні терміни, з високою якістю та мінімальними витратами матеріально-технічних засобів та праці. Зазначені вимоги накладають жорсткі обмеження на складові технологічного процесу Заготівля якісного сіна у необхідних обсягах неможлива без застосування прогресивних технологій та використання сучасних машин, що дозволяють мінімізувати як кількісні та якісні втрати вже вирощеної рослинної сировини та корму, так і собівартість робіт, у тому числі на операціях з транспортування та розвантаження грубих кормів. В Україні технологія заготівлі сіна спресованого в рулони залишається найбільш використовуваною у зв'язку з високою продуктивністю машин та можливістю максимально механізувати технологічний процес. Ця технологія перспективною, т.к. її використовують не тільки на заготівлі сіна та соломи, а й сінажу та силосу з упаковкою спеціальною плівкою.

В даний час, навантаження, транспортування та розвантаження грубого корму, відсутні чітко орієнтовані напрямки з високоефективного використання їх. Недостатньо повно обґрунтовано застосування тих чи інших технічних засобів на транспортуванні грубого корму в рулонах. У зв'язку з цим, важливим та актуальним завданням для науковців, конструкторів та виробників вітчизняної техніки є розробка нових науково-обґрунтованих та вдосконалення традиційно використовуваних технологій та технічних засобів із транспортування грубого корму в рулонах.

Актуальність дослідження. До цього часу найбільш повно вивчені питання вантажних і транспортних робіт на збиранні пресованого сіна та інших грубих кормів для ВРХ. Однак у існуючих роботах розглянуто окремі, переважно, економічні показники щодо оцінки ефективності використання машин. Автори робіт за темою, не розглядали питання, пов'язані з оцінкою ефективності транспортування сіна в пресованому вигляді. Відсутні розробки спеціальних вантажних платформ для бортових транспортних засобів, застосування яких дозволить суттєво знизити трудомісткість вивантаження з них рулонів грубого корму.

Мета роботи - підвищення ефективності перевезення сіна в рулонах за рахунок використання серійних транспортних засобів, із застосуванням бортових транспортних засобів розробленої вантажної платформи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Обґрунтувати показники та розробити комплексний критерій оцінки ефективності транспортування сіна у рулонах.
2. Оцінити показники ефективності використання деяких серійних транспортних засобів для перевезення сіна в рулонах.
3. За комплексним критерієм оцінити ефективність транспортування сіна у рулонах серійними транспортними засобами.
4. Розробити конструктивно-технологічну схему вантажної платформи для бортового транспортного засобу, призначену для перевезення рулонів грубого корму, оптимізувати її геометричні параметри, запропонувати технологію вивантаження з неї рулонів сіна, оцінити за комплексним критерієм ефективність використання.
5. Розробити рекомендації щодо вибору транспортного засобу для перевезення рулонів сіна на різні відстані та щодо вдосконалення технології вивантаження рулонів сіна з бортового транспортного засобу.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес та технічні засоби транспортування рулонів сіна.

Предмет дослідження. Технологічні схеми та закономірності транспортно-розвантажувальних робіт сіна у рулонах.

Методи та способи вирішення задачі. Методологічною основою теоретичних досліджень є основи теорії ефективності, класичної механіки та математичної статистики. Обчислювальні операції здійснювалися з використанням програмного продукту Microsoft Excel. Експерименти проводилися із застосуванням вироблених промисловістю та спеціально виготовленої вимірювальної апаратури та пристроїв, стандартних та розроблених методик з планування та обробки дослідних даних.

Наукова новизна одержаних результатів.

- отримана математична залежність комплексного критерію, що враховує сукупність показників ефективності, що дозволяє вибирати з множини транспортних засобів, які використовуються для перевезення сіна в рулонах;

- розроблено конструктивно-технологічну схему вантажної платформи для бортового транспортного засобу та технологію вивантаження з нього рулонів сіна;

- отримано рівняння регресії, що описує залежність зусилля на рукояті борту при його відкритті від конструктивних параметрів вантажної платформи.

Практичне значення одержаних результатів. Надано практичні рекомендації щодо вибору найбільш ефективного вантажного транспортного засобу під час перевезення рулонів сіна різної маси залежно. Розроблено та випробувано вантажну платформу для перевезення грубих кормів у рулонах, що дозволяє суттєво скоротити витрати часу на розвантаження бортового транспортного засобу

Апробація роботи. Основні положення виконаних досліджень обговорювались на III студентській конференції «Сучасні технології у агровиробництві та природокористуванні» факультету аграрних технологій та екології Луцького національного технічного університету (2023р.).

Структура й обсяг роботи. Кваліфікаційна магістерська робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 13 назв та 2 додатків. Основна частина викладена на 67 сторінках, містить 29 рисунків, 8 таблиць.

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Про значення кормовиробництва у агропромисловому секторі

За останні 10 років в Україні відбулися суттєві зміни у розвитку тваринництва, що дозволило стабілізувати ринок та забезпечити високоякісною сировиною підприємства з переробки м'яса. Однак таке підвищення відбулося, в основному, за рахунок збільшення виробництва свинини та птиці. Поголів'я великої рогатої худоби поки що не досягло належного рівня. Однак без розвитку кормовиробництва досягти зазначеного вище рівня виробництва м'ясного та молочного тваринництва практично неможливо.

У системі сівозмін особливе місце займають кормові сівозміни [1-5], що є одним із джерел корму для великої рогатої худоби. Крім того, значну частку раціону великої рогатої худоби складає корм із природних пасовищ. Так, до 80% літньої потреби в кормі складає зелений корм із пасовищ. При цьому основна частка сіна, що заготовлюється, становить сіно з природних пасовищ і лук.

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 та збільшенням урожайності цих культур слід застосовувати при заготівлі корму сучасні технології, реалізацію яких забезпечують високопродуктивні та надійні машини.

Основою раціону великої рогатої худоби складають комбікорми та силос. Однак для повноцінного функціонування травної системи тварин потрібно в їхній раціон вводити грубі корми, до яких відносяться сіно та солома різних сільськогосподарських культур. У раціон дійної корови в стійловий період повинен включатися грубий корм до 15-20% від усього раціону [5-8].

Крім того, у раціоні великої рогатої худоби молочного напрямку велику частку становлять силос і сінаж, що мають підвищену кислотність, що негативно позначається на якості молочної продукції [8-12]. Тому, з метою отримання

високоякісної продукції з молока, до раціону великої рогатої худоби молочного напрямку вводится сіно.

Важливим є введення сіна в раціон великої рогатої худоби та 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 з зимового на літнє годування, оскільки частка клітковини в раціоні знижується.

При виборі технології збирання сіна слід врахувати той факт, що після сушіння сіна в природних умовах, як впливає з роботи [13-15], залишається не понад 10% каротину. Як відомо, велику частку каротину містить листя та суцвіття рослин. Тому, при виборі технології заготівлі сіна та машин, що її реалізують, необхідно врахувати вимогу мінімальних втрат листя та суцвіття рослин за рахунок обсіпання. З грубих кормів основним для великої рогатої худоби є сіно, а побічним – солома. Солома, як правило, застосовується на підстилку тварин. Як корм вона використовується рідко, в основному, в посушливі роки в деяких господарствах Нижнього Поволжя. Цінним як кормова добавка може бути полова. Однак ефективна технологія збору підлоги з половонабивача зернозбирального комбайна поки не розроблено. Технологія прибирання, що широко використовується в даний час зернових колосових культур з подрібненням соломи та розкиданням її по полю практично позбавляє можливість збирання підлоги. Тому важливо провести дослідження технологічних операцій на заготівлі сіна.

1.2. Технічні засоби для формування та транспортування рулонів сіна

В даний час заготівлю сіна ведуть у розсипному та пресованому вигляді. Грубий корм, у тому числі й сіно, у розсипному вигляді заготовляють по наступним технологіям з утворенням валка, копиць; стіги чи стяжки. Усі перелічені вище технології заготівлі грубого корму розсипному вигляді досить повно описані у науковій літературі. Технологія збирання розсипного сіна з утворенням валка

передбачає використання напівпричепа-підбирача ТП-Ф-45 (рис. 1.1 а), який здійснює підбір, навантаження та транспортування сіна.

Однак ефективність використання ТП-Ф-45 на відстані транспортування грубого корму понад 3 км низька [14]. Крім того, собівартість корму при реалізації цієї технології надзвичайно висока [15].

Технологія збирання розсипного сіна з утворенням на полі ряду коп включає операції, що виконуються підбирачем-копнячем ПК-1,6А (рис. 1.1 б): підбору валків сіна, формування копин круглої форми об'ємом до 9 м³ та укладання копин на полі рядами; операції навантаження коп навантажувачем-стігометачем ПФ - 0,5М (рис. 1.2 а), навісним універсальним навантажувачем-стігометачем СНУ-550 (рис. 1.2 б), транспортування копиць коповозами, наприклад, ПКУ-0,8-4 (рис. 1.3 а), спеціальними кормовозами, тракторними причепами та автомобілями з нарощеними бортами.



а



б

Рисунок 1.1 - Напівпричіп-підбирач ТП-Ф-45(а) та підбирач-копник ПК-1,6А (б)



а



б

Рисунок 1.2 – Навантажувач-стігометач фронтальний ПФ - 0,5М(а) та стігометатель-навантажувач навісний універсальний СНУ-550 (б)

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

Стігова технологія [15] заснована на використанні комплексу машин: машинно-тракторний агрегат, що складається з колісного трактора тягового класу 2, 3 або 5 та стігоутворювача СПТ-60 (рис. 1.3 б), який здійснює підбір грубого корму з валка, формування стігу об'ємом 60м^3 із щільністю пресування $70\text{-}90\text{ кг/м}^3$ та вивантаження його на поле; стіговоз СП-60, який підбирав та транспортував стіг сіна до місця зберігання.

Машини, що використовуються даною технологією, знято з виробництва.



а



б

Рисунок 1.3 – Навантажувач-копновоз універсальний ПКУ-0,8-4(а) та стігоутворювач СПТ-60 (б)

При реалізації технології прибирання розсипного грубого корму з утворенням стяжки використовується напівпричіп-підбирач ТП-Ф-45, який вивантажує сіно у стяжку. Навантаження сіна зі стяжки в транспортні засоби (причепи-кормовози, тракторні причепи та автомобілі) виконується навантажувачами-стігометателями ПФ - 0,5М 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 [13-15].

Одним із основних недоліків розглянутих технологій заготівлі сіна у розсипному вигляді – низька продуктивність вантажних та транспортних операцій. Грубий корм у пресованому вигляді заготовляють у пакунках і рулонах. Для заготівлі сіна в тюках масою до 36 кг застосовуються прес-підбирачі ПС-1,6 (малюнок 1.4 а), К-459, Z 2690 METAL FACH (рис. 1.4 б), які формують пакунки та вивантажують їх на поле.



а



б

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

Підбір та навантаження тюків у транспортні засоби може здійснюватися навантажувачами-стогометателями ПФ-0,5М, а транспортування у цьому випадку – тракторними візками чи автомобілями. Для підбору тюків, їх навантаження та транспортування може використовуватися підбирач тюкоукладача ГУТ-2,5А з транспортувальником штабелів тюків ТШН2,5А. Однак у малих селянсько-фермерських господарствах часто використовують ручна праця на завантаженні та укладанні малогабаритних тюків у транспортне засіб, а також на розвантаженні у 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 та 690), «Нью-Холланд» (D1010 та D1210), "Хесстон" (Hesston4800); "Клаас" (CLAAS QUADRANT1200, -2200), "Вельгер" (D4000 і D6500), "Кроні" (BigPack120x80), "Фортшритт" (F-530 і F-550); «МасейФергюсон» (MF185 та MF190); «Рівієрре» (Модель 12080) [10,15].

Навантаження великогабаритних тюків виконується навантажувачами-стігометателями, обладнаними спеціальними робочими органами для захоплення тюків.

На транспортуванні великогабаритних пакунків застосовуються, як правило, тракторні причепи. Нині, широке застосування отримала заготівля сіна у 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-145.3 (рис. 1.6 а), ПР-Ф-180 (рис. 1.6 б), ППР-120 "Pelikan" (рис. 1.7а), ПР-Ф-750 (рис. 1.7 б) та інші як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.



а



б

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



а



б

Рисунок 1.6 – Рулонні прес-підбирачі ПР-145 С(а) та ПР-Ф-180(б)



а



б

Рисунок 1.7 – Рулонні прес-підбирачі ППР-120 "Pelikan"(а) та ПР-Ф-750(б)

Зазначені вище рулонні прес-підбирачі формують рулони з сіна масою від 120 до 750 кг. Заготівля сіна у пресованому вигляді дозволяє у 1,5-2 рази знизити втрати поживних речовин у порівнянні із заготівлею розсипного сіна.

Крім того, пресованого сіна у вигляді рулонів міститься в сховищі 3-4 рази більше. Господарства, що займаються заготівлею сіна в пресованому вигляді, досить забезпечені прес-підбирачами різного типу, у тому числі рулонними. Однак спеціалізованих засобів, які могли б виконувати і підбір, і транспортування, і розвантаження рулонів у господарствах немає.

Для навантаження та розвантаження рулонів використовуються, як правило, навантажувачі ПФ-0,5 із пристосуванням ПТ-Ф-500, навантажувачі СНУ-550. Транспортування грубих кормів здійснюється за широко застосовуваною в даний час прямою схемою, 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 разі 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+3ПТС-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) та транспортувальник рулонів ТП-10(б)



а



б

Малюнок 1.9 – Транспортування рулонів сіна автомобілями КАМАЗ 55102 (а) та ГАЗ-САЗ 3307 (б)

Ведуться розробки підбирачів-транспортувальників та призматичних тюків та рулонів грубих кормів. Розроблено спеціалізований транспортний засіб для навантаження, перевезення та розвантаження рулонів, рис.1.10.

За кордоном широкого поширення набули підбирачі-транспортувальники, які спеціальними захоплюючими рамками, мають різну форму, збирають з поля рулони сіна або соломи та вантажать їх у транспортний засіб. Причому, після навантаження рулону, він переміщається стрічковим або ланцюжковим транспортером транспортним майданчиком 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 самозавантажувач-транспортувальник одного рулону моделей B A L E BIGGY BBI-20NS та BBI20 H [10], фірма BALE SHUNTER - на 5 рулонів довжиною 1,2 м або 4 рулона довжиною 1,5...1,8 м [11], фірма TRAILERE SYSTEMS – на 4, 5 та 8 рулонів [12].



а)



б)

Рисунок 1.10 – Спеціалізований транспортний засіб

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

- 1) висока продуктивність навантажувачів та транспортних засобів;
- 2) застосування серійних тракторних причепів та універсальних кормовозів;
- 3) використання універсальних навантажувачів-стогометачів, обладнаних спеціальними робочими органами для захоплення тюків чи рулонів;
- 4) відсутність ручної праці на вантажно-розвантажувальних та транспортних роботах.

Однак технології заготівлі сіна в тюках та рулонах великих розмірів та маси мають і недоліки. Основними недоліками даних технологій є такі:

- 1) пресування сіна необхідно здійснювати за вологості сіна близька до стандартної (17%) з допустимим відхиленням не більше 3-5%, що не завжди можливо виконати через погодні умови, що часто змінюються;
- 2) у разі відсутності можливості забезпечення необхідної вологості сіна шляхом ворошіння, спушування та валкування спеціальними машинами, забезпеченість господарств якими дуже низька, потрібне використання дорогих консервантів;
- 3) низька забезпеченість господарств спеціальними подрібнювачами та розмотувачами тюків та рулонів;
- 4) низький рівень реалізації приватним подвір'ям.

У зв'язку з цим у господарствах більшою мірою використовуються прес-підбирачі, що формують рулони масою до 250 кг.

1.3. Висновки, мета та завдання дослідження

Огляд наукових досліджень на тему цієї роботи показав:

1. Для підвищення продуктивності великої рогатої худоби необхідно розширювати кормову основу. 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 та для корів м'ясного напрямку як джерело каротину та провітамін А – вітаміну росту.
2. Заготівлю сіна ведуть у розсипному та пресованому вигляді.
3. Найбільш перспективною технологією є технологія заготівлі сіна пресованого в рулонах.
4. Рулонні прес-підбирачі забезпечують високу якість пресування сіна та суттєво випереджають за продуктивністю засоби навантаження та транспортування рулонів.
5. Для перевезення рулонів сіна з поля на місце зберігання чи реалізації використовуються вантажні бортові або самоскидні автомобілі різної вантажопідйомності, тракторні візки, транспортувальники рулонів та інші спеціальні транспортні засоби.
6. Транспортні засоби, що використовуються на перевезенні рулонів сіна, малоефективні: автомобілі та тракторні візки через неповне використання вантажопідйомності; транспортувальники рулонів та тракторні візки через малу швидкість та обмежений радіус перевезення; несамосвальні вимагають додаткових машин для розвантаження рулонів; на розвантаженні рулонів з усіх транспортних засобів витрачається додаткова енергія; всі види транспорту не обладнані пристроями, що забезпечують вивантаження рулонів як усіх одночасно, так і кількох рулонів, у тому числі й одного.

Мета роботи. Підвищення ефективності перевезення сіна в рулонах за рахунок використання серійних транспортних засобів, із застосуванням бортових транспортних засобів розробленої вантажної платформи.

Завдання дослідження:

1. Обґрунтувати показники та розробити комплексний критерій оцінки ефективності транспортування сіна у рулонах.

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

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАШИН ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ СІНА В РУЛОНАХ

2.1 Схеми оцінки ефективності використання машин на транспортуванні сіна в рулонах

З метою оцінки рівня ефективності використання машин по транспортування грубого корму в рулонах спочатку встановили основний принцип, що визначає загальний підхід для досягнення поставленої цілі – комплексна оцінка рівня ефективності використання машин за транспортування грубого корму в рулонах має ґрунтуватися на результатах оцінки одиничних (приватних) показників.

Враховуючи сформульований принцип, необхідно, по-перше, вибрати фактори, що впливають на ефективність використання машин транспортування грубого корму в рулонах, дати їх аналіз, по-друге, вибрати сукупність одиничних (приватних) показників, що дають можливість виконати диференціальну оцінку ефективності за результатами експериментальних досліджень, по-третє, використовуючи сукупність вибраних одиничних (приватних) показників ефективності та можливі форми комплексного критерію ефективності, а також мета дослідження вибрати комплексний критерій ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах і розрахувати його значення, по-четверте, дати аналіз ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах, на підставі якого запропонувати технічні або (і) технологічні рішення щодо підвищення ефективності збирання сіна.

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

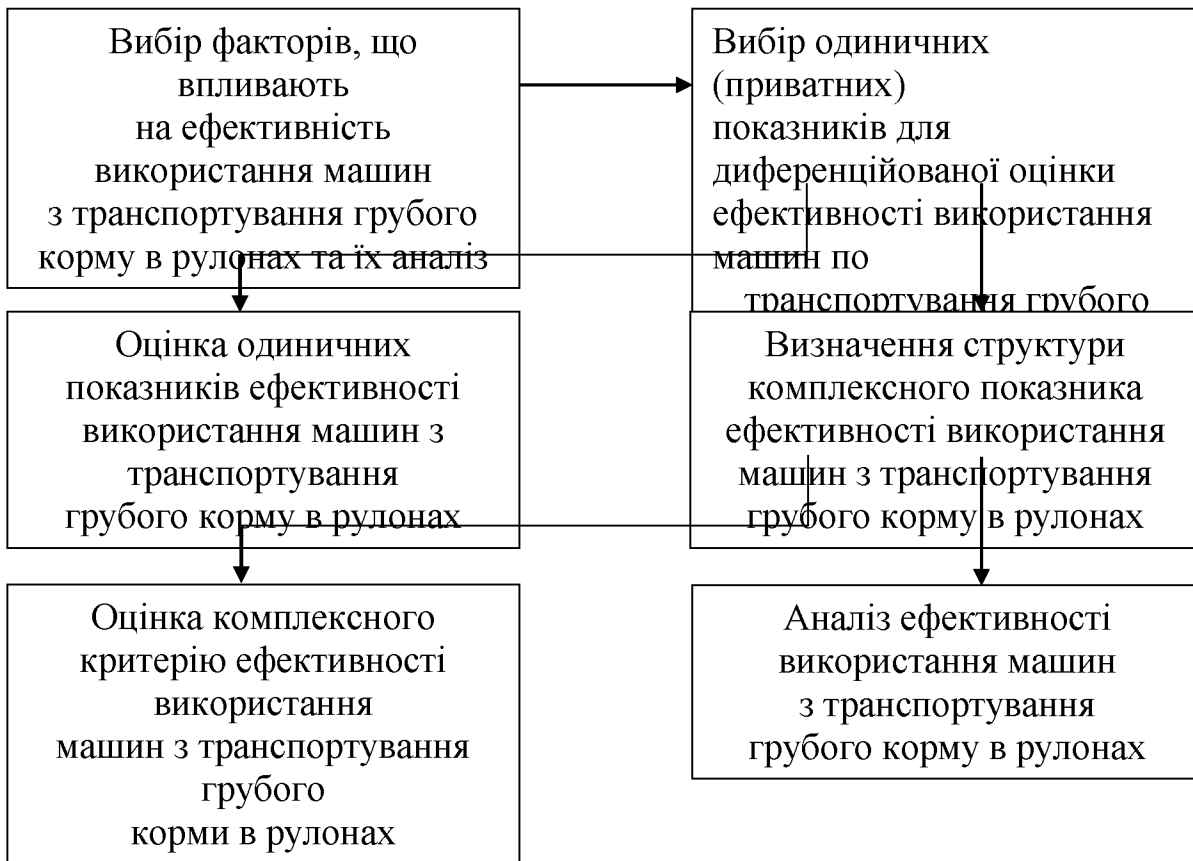


Рисунок 2.1 - Схема оцінки ефективності використання машин із транспортування грубого корму в рулонах

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

2.2. Вибір та аналіз факторів, що впливають на ефективність використання машин з транспортування сіна в рулонах

На ефективність використання машин з транспортування сіна в рулонах впливає сукупність різних факторів (рис. 2.2). Усі чинники можна поділити на дві основні групи: конструктивно-технологічні та експлуатаційно-організаційні.

Конструктивно-технологічні чинники залежать передусім від конструктивних особливостей транспортного засобу: вантажопідйомності та можливості її

використання, обсягу кузова та можливості його зміни, швидкісних можливостей, маневреності, прохідності по різних видів доріг, стійкості до перекидання, конструктивних особливостей вивантажувального пристрою (самосвальне або з використанням додаткових засобів), технічної та технологічної надійності транспортного засоби, можливості транспортування рулонів сіна, збереження форми рулонів, їх обв'язки та інших факторів.

Експлуатаційно-організаційні фактори визначаються показниками використання транспортних засобів у заданих умовах, що залежать від кваліфікації обслуговуючого персоналу, середньої швидкості транспортування, величина якої визначається як потужними та швидкісними можливостями самохідного транспортного засобу чи тягача транспортного засобу, а також кваліфікацією водія, станом доріг тощо. Крім того, до цієї групи факторів можна віднести середню відстань перевезення рулонів, що визначається, зокрема, розмірами господарства та відстанню до місця реалізації, стан доріг як ґрунтових, так і з твердим покриттям, частка шляху, що відноситься до транспортування рулонів по дорогах з твердим покриттям та до переїздів по полю, форма організації роботи (індивідуальна, ланкова, бригадна тощо), навантаження на одне транспортне засіб, що залежить від обсягу перевезень та кількості транспортних засобів різної вантажопідйомності та обсягу кузова, потоковість прибирально-транспортно-розвантажувальних робіт, що залежить від якості роботи керуючого персоналу щодо забезпечення узгодженої роботи всіх ланок, що виконують технологічний процес та інші.

Важливо також враховувати розмірно-масові та інші характеристики транспортованих рулонів сіна. Таким чином, для оцінки рівня ефективності використання машин із транспортування грубого корму в рулонах необхідно враховувати вплив як окремих факторів, так і їх сукупності на одиничні показники та на комплексний критерій ефективності.

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

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

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

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



Рисунок 2.2 - Фактори, що впливають на ефективність використання машин з транспортування грубого корму в рулонах

Продуктивність транспортних засобів за підсумковим показником – обсягу Q перевезень в t за 1 год часу циклу визначається за виразом:

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

де q_n - номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності (при транспортуванні рулонів сіна або соломи $\gamma = 1$ при використанні спеціальної вантажної платформи [13]);

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

Продуктивність прес-підбирача за площею в га за 1 год змінного часу визначається за формулою:

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

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

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

τ – коефіцієнт використання часу зміни;

Знаючи врожайність культури (Y) та продуктивність прес-підбирача за площею ($W_{\text{п-п}}$), визначимо продуктивність прес-підбирача за масою сформованого сіна в рулони:

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

Припустимо, що у ланці зі збирання сіна використовуються $n_{\text{пр-п}}$ прес-підбирачів однієї марки, а в транспортному – $n_{\text{тр}}$ автомобілів однакової вантажопідйомності. Тоді, для забезпечення поточності процесу збирання сіна на етапі «підбір сіна з формуванням рулонів – транспортування рулонів з поля до місця вивантаження», необхідно дотримуватися рівності сумарної годинної продуктивності всіх прес-підбирачів ланки та всіх транспортних коштів:

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

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

$$0,1 B_p v_p \tau Y n_{\text{пр-п}} = \frac{q_n \gamma}{t_{\text{ц}}} n_{\text{тр}}. \quad (2.5)$$

З рівності (2.5) виразимо $t_{ц}$:

$$t_{ц} = q_{н} \gamma n_{тр} / 0,1 B_p v_p \tau \gamma n_{пр-п}. \quad (2.6)$$

Тривалість циклу транспортного засобу дорівнює

$$t_{ц} = t_{п} + t_{р} + t_{г} + t_{х}, \quad (2.7)$$

де $t_{п}$, $t_{р}$ – відповідно час навантаження та розвантаження транспортного кошти, год;
 $t_{г}$, $t_{х}$ - відповідно час руху транспортного засобу з вантажем і без вантажу, год.

Тривалість вантажно-розвантажувальних робіт автомобіля дорівнює:

$$t_{п} + t_{р} = \frac{q_{н}}{W_{п}} + \frac{q_{н}}{W_{р}} = \frac{q_{н}(W_{п} + W_{р})}{W_{п} \cdot W_{р}}. \quad (2.8)$$

Тривалість руху автомобіля визначимо за формулою:

$$t_{г} + t_{х} = \frac{l_{г}}{v_{г}} + \frac{l_{х}}{v_{х}} = \frac{l_{г}v_{х} + l_{х}v_{г}}{v_{г} \cdot v_{х}}. \quad (2.9)$$

Якщо шлях, пройдений автомобілем з вантажем, дорівнює шляху без вантажу

$$l_{г} = l_{х}, \text{ отримаємо } t_{г}: \quad t_{г} + t_{х} = \frac{l_{г}(v_{г} + v_{х})}{v_{г} \cdot v_{х}}.$$

Тоді

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

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

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

З рівності (2.11) визначимо

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

Зважаючи на такі поняття, як середня гармонічна продуктивність вантажно-розвантажувального процесу

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

та середня гармонійна швидкість руху

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

отримаємо формулу для розрахунку l_{Γ} :

$$l_{\Gamma} = \frac{q_H v_{\Gamma-x}}{2} \left[\frac{\gamma n_{\Gamma p}}{0,1 B_p v_p \tau_U n_{\Gamma p-p}} - \frac{2}{W_{\Gamma-p}} \right]. \quad (2.15)$$

Таким чином, показано методичу обґрунтування довжини їздки автомобіля та взаємозв'язок цього фактору з одиничним (приватним) показником ефективності.

2.3 Обґрунтування показників ефективності використання машин з транспортування сіна в рулонах

Ефективність використання машин з транспортування сіна в рулонах можна оцінювати за сукупністю одиничних (приватних) показників, визначення значень яких мета диференційованого методу. Цей метод полягає у зіставленні значень одиничних показників ефективності використання машин із транспортування грубого корму в рулонах з аналогічними показниками, найкращими, прийнятими для порівняння.

При виборі одиничних (приватних) показників ефективності використання машин із транспортування грубого корму в рулонах до них пред'являються такі вимоги:

1. Важливість кожного показника у сукупності показників. При цьому слід вибрати й надалі використовувати найістотніші показники, тобто. ті, які впливають на рівень транспортування грубого корму в рулонах.

2. Оцінку одиничних (приватних) показників ефективності слідє вести з урахуванням досягнутого рівня відповідних показників.

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

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

5. Стройність структури. Усі одиничні (приватні) показники мають бути однорідними у цій групі показників, не допускати їх якісного повторення в оцінці ефективності транспортування грубого корму у рулонах та використання зайвих показників.

6. Сумісність одиничних (приватних) показників ефективності транспортування грубого корму в рулонах із деякими показниками якості технологічного процесу.

7. Можливість оцінки поодиноких (приватних) показників ефективності та перевірки результатів оцінки при повторних дослідженнях.

8. Можливість практичного застосування.

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

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

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

Усі експерти були поділені на групи, але кожна група формувалася з різних спеціальностей. Кожна група експертів виконувала інтуїтивно-логічний аналіз питань, поставлених їм.

Мета експертизи – отримання корисної інформації, що дозволяє якісно судити про вплив обраних одиничних (приватних) показників на ефективність транспортування грубого корму у рулонах.

Попереднє опитування експертів – фахівців у галузі прибирання сільськогосподарських культур, в основному, сіна, з безлічі можливих показників, що впливають на ефективність використання машин з транспортування грубого корму в

рулонах, вибрано такі приватні 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; металомісткість транспортного засобу, що припадає на один рулон сіна під час перевезення його на один кілометр – питома металомісткість транспортного засобу; ушкоджувальність рулонів; втрати сіна.

Однак подальший аналіз перерахованих вище показників показав, що за виборі як одиничних (приватних) показників продуктивності транспортного засобу та використання його вантажопідйомності відбувається якісне повторення цих показників, т.к. вони взаємозалежні.

Продуктивність транспортного засобу – найважливіший показник його використання. Але при цьому цей показник залежить від вантажопідйомності транспортного засобу та коефіцієнта використання вантажопідйомності.

Крім того, застосування зайвих показників в оцінці ефективності будь-якого технологічного процесу не припустимо.

Враховуючи можливість оцінки коефіцієнта використання вантажопідйомності транспортного засобу та перевірки результатів його оцінки при повторних дослідженнях, дійшли висновку застосовувати зазначений показник як одиничний (приватний) показник 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 кошти не має перевищувати одиниці.

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

У зв'язку з тим, що максимально допустима швидкість руху транспортного засобу, що визначається типом дороги [10-13] і недопустимістю випадання рулонів

сіна з кузова при русі машини, можна припустити, що втрат рулонів сіна при їх доставці до місця зберігання або до місця реалізації не буде.

Дане припущення підтвердило аналіз багаторічних спостережень за транспортування рулонів сіна. Втрати рулонів зафіксовані в поодиноких випадках, в основному при доставці їх з поля до місця зберігання, коли вони не закріплено та транспортний засіб перевантажено. Втрат рулонів сіна до місце їх реалізації не спостерігалось.

У зв'язку з цим, як одиничний (приватний) показник втрати сіна надалі розглядати не будемо.

Таким чином, вибрано такі одиничні (приватні) показники ефективності транспортування грубого корму в рулонах з урахуванням їх ранжування:

- 1) собівартість транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр, C , руб./км·рул.;
- 2) використання вантажопідйомності транспортного засобу, γ ;
- 3) трудомісткість розвантаження одного рулону сіна з транспортного засобу, T , чол. ч;
- 4) питома металомісткість транспортного засобу, $M_{уд.}$, Кг / км · рул.;
- 5) ушкодженість рулонів, Π , %,

Результати інформації, отриманої від експертів, було опрацьовано. При цьому використовувався відповідний математичний апарат. При оцінці показників, що характеризують транспортування рулонів сіна, експерти виконували «вимір» важливості всіх одиничних показників. Потім виконувався аналіз отриманої від експертів інформації та її обробка. Після цього проводилося узгодження думок окремих експертів та формувалася колективна думка.

Експертна оцінка важливості одиничних (приватних) показників ефективності включала такі основні етапи:

- 1) обґрунтування мети та завдань дослідження;
- 2) розробка методики одержання вихідної інформації;
- 3) вибір методів обробки вихідної інформації;
- 4) формування груп експертів;

- 5) підготовка анкет для опитування експертів;
- 6) опитування експертів;
- 7) обробка одержаних результатів;
- 8) аналіз одержаних результатів експертизи;
- 9) інтерпретація результатів.

При ранжуванні одиничних (приватних) показників ефективності транспортування грубого корму в рулонах всі експерти мали оцінені показники в порядку їх зростання за їх перевагою з погляду експерта і приписували кожному одиничному (приватному) показнику ранги як натуральних чисел. Нами використовувалося пряме ранжування показників, відповідно до якого кращий показник мав ранг 1, а менш переважний ранг m .

Потім здійснювалася обробка переваг кожного експерта та аналіз рангів поодиноких (приватних) показників, після чого визначалося перевага групи експертів по відношенню до аналізованих одиничних (приватних) показників.

Внаслідок прямого ранжування одиничних (приватних) показників ефективності транспортування грубого корму в рулонах було отримано розподіл розглянутих за важливістю. При цьому враховували результати ранжування одиничних (приватних) показників тих експертів, які були незалежними.

Розраховувалися коефіцієнти рангової кореляції 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} та r_{2i} - ранг, віднесений відповідно першим та другим експертом до i -того показника.

Значення коефіцієнтів ρ змінюються від -1 до $+1$. Якщо $\rho = +1$, то ранжування лінійно не корельовані.

Критична область коефіцієнтів ρ визначається нерівністю $\rho > \rho_\alpha$, що рівносильне нерівності [12]

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

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

Враховуючи (2.2), запишемо:

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

Значення S_{\max} та S_{\min} табличні [12]. Чим більша ймовірність P на прийнятому (5%-ний, тобто $\alpha = 0,05$) рівні значущості, тим вірніше гіпотеза про незалежності думок експертів.

Розрахунки показали, що всіх варіантів $\alpha_i > \alpha = 0,05$. Групова думка експертів, отримана за результатами індивідуальних переваг, оцінювалася за середнім значенням коефіцієнтів Спірмена [14]:

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

Визначено, що $\rho = 0,818$. Застосувавши метод відносних частот, було визначено коефіцієнти важливості кожного одиничного (приватного) показника ефективності транспортування грубого корму в рулонах [13]:

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

де r_j^l – ранг, присвоєний j -му одиничному (приватному) показнику $l - m$ експертом.

При цьому слід враховувати, що найкращий показник матиме ранг $(m - 1)$, а найгірший – ранг 0 , і навіть, що $\sum \alpha_i = 1$.

Таким чином, оцінку ефективності використання машин по транспортування сіна в рулонах пропонується виконувати як диференційовано, тобто. за кожним окремим одиничним (приватним) показником, так і комплексно, тобто. з їхньої сукупності, сформованих у комплексний критерій з урахуванням важливості кожного одиничного показника ефективності.

2.4 Обґрунтування комплексного критерію ефективності використання машин з транспортування сіна в рулонах

Оцінку ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах пропонується здійснювати з використанням комплексного критерію, що враховує відповідність фактичних значень сукупності одиничних (приватних) показників найкращим або ідеальним, чи бажаним.

Безліч можливих методів розрахунку та математичних моделей дозволяє вибрати такі теоретичні передумови, які можуть призвести до бажаних практичних результатів з погляду особи, яка приймає рішення.

Враховуючи результати теоретичних та експериментальних досліджень, запропоновані етапи оцінки ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах:

- аналіз сукупності факторів, що впливають на ефективність використання машин для транспортування грубого корму в рулонах;
- вибір сукупності факторів найбільш значущих, які визначаються за результатами експериментальних досліджень та математичної обробки цих результатів;
- обґрунтування одиничних (приватних) показників ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах, їх ранжування за важливістю;
- попередня оцінка ступеня впливу одиничних (приватних) показників на ефективність використання машин із транспортування грубого корму в рулонах;
- експериментальні дослідження з оцінки найважливіших одиничних показників;
- вибір бажаних та визначення найкращих значень одиничних показників ефективності;
- обґрунтування комплексного критерію ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах, що включає всі обрані одиничні показники ефективності та їх відносну важливість;
- розрахунок комплексного критерію ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах та аналіз результатів виконаного розрахунку;
- розробка практичних рекомендацій як технічних, так технологічних та організаційних щодо підвищення ефективності використання машин з

транспортування грубого корму в рулонах.

При оцінці ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах найбільш прийнятним видом функції агрегування, як показав огляд наукових досліджень, можливо функція відношення одних одиничних показників до інших [11]:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} W_i}{\prod_{i=m_1+1}^m W_i}, \quad (2.21)$$

де $i = 1, m_1$ – номер приватного показника ефективності, значення якого при вдосконаленні методів використання машин із транспортування грубого корму в рулонах бажано збільшувати, а інші, тобто $i = m_1 + 1, m$ - зменшувати.

З залежності (2.21) випливає:

- 1) чисельник функції агрегування є цільової ефект, а знаменник – витрати на досягнення даного цільового ефекту;
- 2) функція агрегування є векторною величиною;
- 3) використання цієї функції агрегування можливе за умови однорідності приватних показників першої та другої груп.

Для приведення цієї функції до скалярного вигляду та виключення неоднорідності, різної розмірності та фізичного сенсу поодиноких показників ефективності запропоновано методику, яка враховує основні положення методу Мюллера І. [10], заснованого на еквівалентному перетворенні функції агрегування.

Використовуючи методику [10, 13] перетворюємо функцію агрегування (2.21) наступним чином: фактичні значення всіх одиничних (приватних) показників W_i , як чисельника, і знаменника розділимо на відповідні необхідні (бажані чи ідеальні) значення W_i^{TP} , Задані особою, яка приймає рішення, показники.

Тоді функція агрегування набуде вигляду:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} \frac{W_i}{W_i^{TP}}}{\prod_{i=m_1+1}^m \frac{W_i}{W_i^{TP}}}. \quad (2.23)$$

Щоб врахувати важливість кожного приватного показника ефективності, входить у функцію агрегування (2.22), у функцію $\varphi(W)$ введені коефіцієнти відносної важливості α_i одиничних (приватних) показників ефективності, значення яких визначено методом експертної оцінки.

При цьому перетворенні враховано, що:

- так як $\sum_{i=1}^{i=m} \alpha_i = 1$, то при $m > 1$ коефіцієнти $\alpha_i \neq 1$ и $\alpha_i \neq 0$;

- при $\alpha_i \rightarrow 1$ вплив одиничного (приватного) показника ефективності значення функції агрегування посилюється, а при $\alpha_i \rightarrow 0$ послаблюється/

Однак у разі вплив i -го одиничного показника ефективності значення функції агрегування має повністю відкидатися.

З урахуванням вищесказаного, функцію агрегування (2.22) представимо в вигляді:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{TP}}}{\prod_{i=m_1+1}^m \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{TP}}}, \quad (2.23)$$

$$\left. \begin{aligned} \prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{TP}} &= K_Y, \\ \prod_{i=m_1+1}^m \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{TP}} &= K_C K_T K_M K_\Pi, \end{aligned} \right\} \quad (2.24)$$

$$\left. \begin{aligned} K_Y &= \alpha_Y \frac{Y}{Y^{TP}}, \quad K_C = \alpha_C \frac{C}{C^{TP}}, \\ K_T &= \alpha_T \frac{T}{T^{TP}}, \quad K_M = \alpha_M \frac{M}{M^{TP}}, \quad K_\Pi = \alpha_\Pi \frac{\Pi}{\Pi^{TP}} \end{aligned} \right\} \quad (2.25)$$

Враховуючи (2.24), отримаємо функцію агрегування у вигляді:

$$\varphi(W) = \frac{K_Y}{K_C K_T K_M K_P} \cdot \quad (2.26)$$

Математичне очікування функції агрегування (2.11) є комплексним критерієм ефективності:

$$K_{\Sigma} = m\{\varphi(W)\}. \quad (2.27)$$

Таким чином, отримано математичний вираз комплексного критерію ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах.

2.5 Висновки до розділу 2

1. Розроблено схему поетапної оцінки ефективності використання машин для транспортування грубого корму в рулонах.
2. Запропоновано класифікацію факторів, що впливають на ефективність використання машин на транспортуванні грубого корму в рулонах, по двох групам: конструктивно-технологічним та експлуатаційно-організаційним.
3. Обґрунтовано поодинокі (приватні) показники ефективності використання машин на транспортуванні грубого корму в рулонах. До них віднесено: собівартість транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр, використання вантажопідйомності транспортного засоби, трудомісткість розвантаження одного рулону сіна з транспортного засобу, питома металомісткість транспортного засобу та ушкоджувальність рулонів.
4. Розроблено на основі обраної функції агрегування комплексний критерій оцінки ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах, що враховує сукупність обраних одиничних (приватних) показників та їх відносну значущість.

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Розмірно-масові характеристики рулонів сіна

Розмірно-масові характеристики сформованих рулонів сіна є необхідними для розрахунку деяких показників використання транспортних засобів, зокрема, кількість транспортних засобів, що перевозяться рулонів, а також для обґрунтування вихідних вимог, вантажна платформа.

Для визначення розмірно-масових характеристик рулонів використовувалися тільки ті рулони, які були сформовані тим самим прес-підбирачем, одного дня, на одному полі. При цьому використовувалися дві марки прес-підбирачів: ПР-Ф-110 та ППР-120 "Pelikan", що широко застосовуються в господарстві. Прес-підбирачі були відрегульовані на вибрану щільність пресування.

Вологість сіна коливалася в межах $\pm 1\%$. Її значення визначали аналізатором вологості. Повторність відбору проб – чотириразова. Вологість сіна в пробі визначалася із застосуванням аналізатора вологості «ЕЛВІЗ-2С» (рис.3.1).

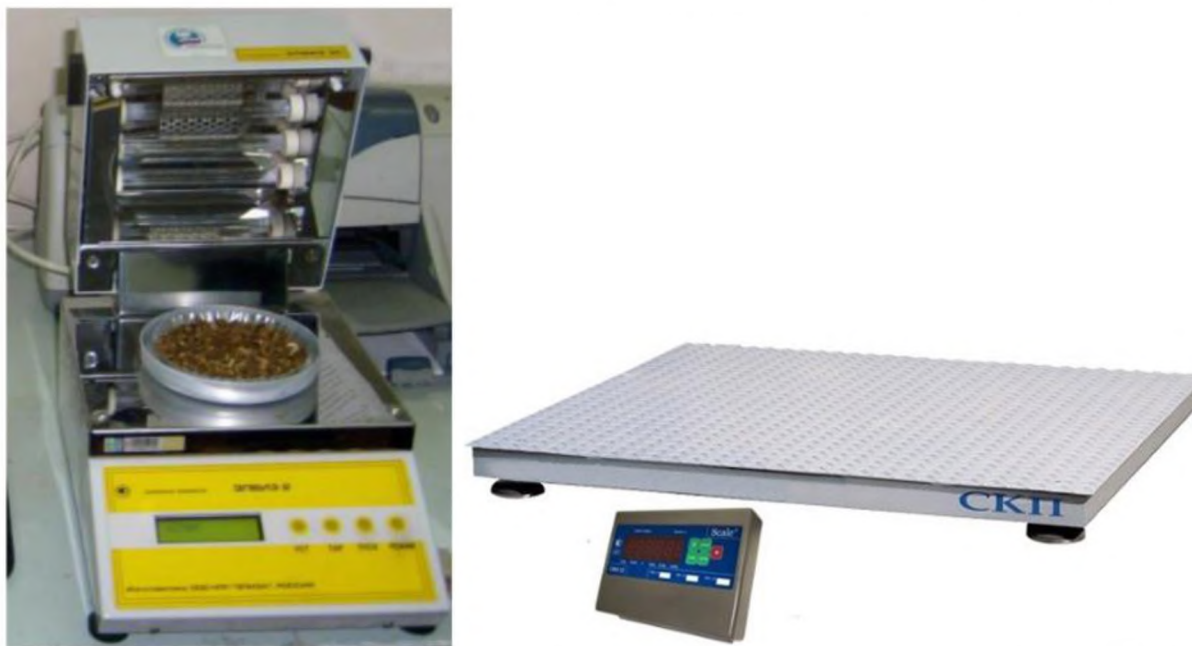


Рисунок 3.1 - Аналізатор вологості «ЕЛВІЗ-2С» та вага платформова СКЕЙЛ 2 СКП 1515, СКІ-А12Е

Маса сіна в навішуванні становила 3...5 г. Сіно подрібнювалося і висушувалося при температурі 105⁰С до сухого стану. Даний стан сіна визначалося самим аналізатором. Аналізатором у своїй фіксувалися початкова та кінцева маси навішування та обчислювалася вологість сіна. У програмі визначення вологості використовувалась формула:

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

m_1 - початкова маса навішування, г;

m_2 - кінцева маса навішування, г.

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

Діаметр і висоту рулону визначали за допомогою вимірювальних інструментів, з шкалою. Точність вимірювання 5 мм.

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

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

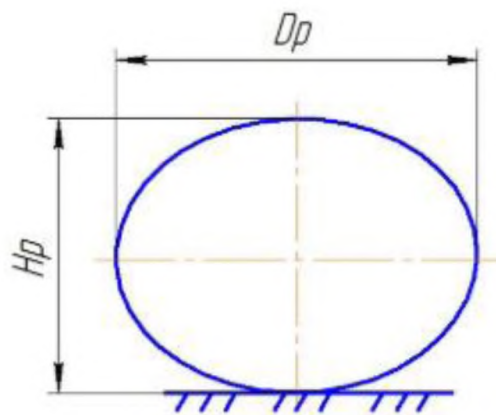


Рисунок 3.2 – Схема вимірювання діаметра та висоти рулону

Отримані дані вимірів оброблялися із застосуванням теорії математичної статистики на ЕОМ. Вибрані характеристики мають кількісну мінливість. У зв'язку

з цим, вимагають статистичної оцінки. Тому кожен рулон сіна, відібраний із ділянки з поля, досліджується окремо.

Довірчий інтервал для вибіркової середньої із сукупності вимірювань відповідно до можна визначити за формулою:

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

де \bar{x} – середнє значення у вибірці;

t – критерій Стюдента з урахуванням обраного рівня ймовірності;

S – стандартне відхилення;

n – обсяг вибірки.

Для того, щоб помилка вибірки була меншою за заплановане значення, врахуємо, що граничну помилку вибірки при розрахунку середньої можна розрахувати за формулою:

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

Звідки розмір вибірки:

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

Враховуючи значення критерію $t_{0,5} = 2$ і $t_{0,1} = 3$ відповідно для 95% і 99% рівня ймовірності, тобто. для 5% та 1% рівнів значимості, отримаємо формули

$$n_{05} = \frac{4S^2}{S_{\bar{x}}^2}, \quad (3.5)$$

$$n_{01} = \frac{9S^2}{S_{\bar{x}}^2}. \quad (3.6)$$

У поданих формулах як дисперсії, так і помилки можуть бути представлені як і абсолютних, і у відносних показниках, наприклад, відсотках. Щоб визначити розмір вибірки, потрібно знати варіабільність ознаки (S), і навіть запланувати значення

помилки. Її величина має бути приблизно в 2...3 рази менше значень, які передбачається отримати для середніх значень порівнюваних сукупностей:

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

де HCP - найменша суттєва різниця між середніми значеннями порівнюваних показників.

HCP для сільськогосподарських культур рекомендують вибирати для 5% рівня значимості. Тоді, при оцінці, наприклад, маси рулону, при стандартному відхиленні $S = 0,2\%$, помилці $\times S = 0,02\%$ та рівні значущості 5% необхідно зважити $n_{0,5} = 4 \cdot 0,022/0,0042 = 100$ рулонів.

Відповідно до приватної методики дослідження здійснювалося зважування 100 рулонів, сформованих прес-підбирачами ПР-Ф110, та 100 рулонів – ППР-120 "Pelikan".

При експериментальних дослідженнях враховувалися лише ті рулони, які були отримані на одному полі, з одного і того ж сіна з близькою вологістю, отримані одним і тим же прес-підбирачем без зміни регулювань.

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

Розрахунок середнього квадратичного відхилення маси рулону виконували за формулою:

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

Де m_i та m_{cp} – відповідно поточне та середнє значення маси рулону сіна.

3.2. Ушкодження рулонів на вантажно-транспортних розвантажувальних операціях

Ушкодження рулонів сіна під час навантаження, транспортування та розвантаження оцінювалося, перш за все, по пошкодженню шпагатів, що приводило до руйнування рулону частково чи повністю.

Виявлено, що залежність кількості пошкоджених шпагатів від прес-підбирачів, що застосовувалися в процесі досліджень, сформували рулони сіна, не виявлено

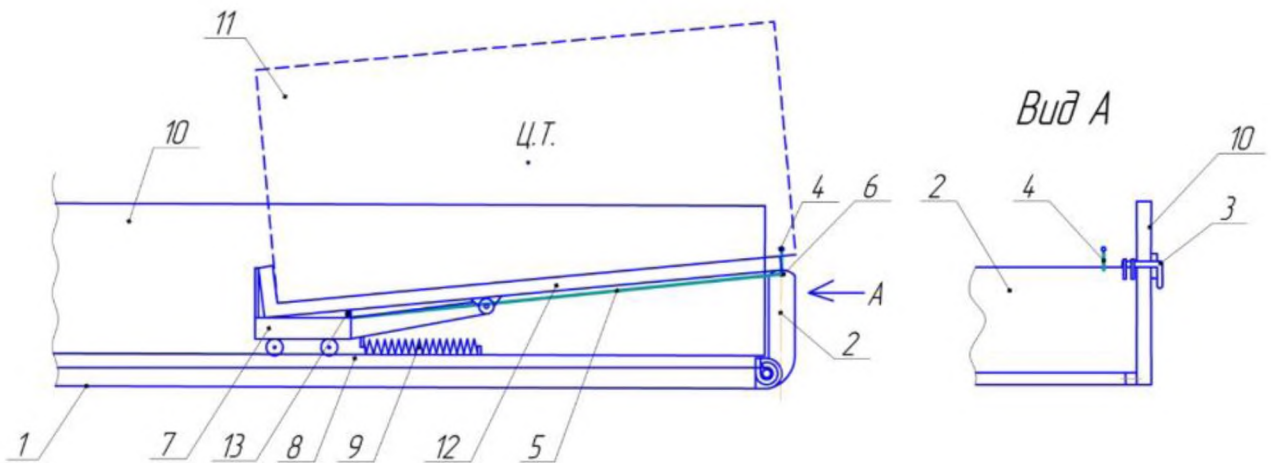
3.3. Методика формування вантажної платформи до бортового транспортного засобу перевезення рулонів сіна та технологія їх розвантаження

На основі аналізу науково-дослідних робіт з транспортування сіна в рулонах та результатів пошукових експериментів було розроблено та виготовлено зразок лабораторної вантажної платформи до бортового транспортного засобу.

На рис. 3.3 представлена фотографія досліджуваної вантажної платформи з урахуванням бортового автомобіля «Газель», а на рис. 3.4 – її схема.



Рисунок 3.4 – Вантажна платформа на базі автомобіля «Газель»



1-підлога вантажної платформи, 2-бічний відкидний борт; 3-механізм фіксації борту; 4 – рукоятка управління розвантаженням; 5 – гнучка зв'язок; 6 – вузол кріплення гнучкого зв'язку на борту; 7-рухливий брус; 8 – напрямні; 9 – пружини; 10 – задній борт; 11 – рулон сіна; 12 – опорний щит; 13 – механізм повернення

Рисунок 3.5 – Схема експериментальної вантажної платформи

До підлоги 1 вантажної платформи (рисунок 3.5) закріплюються за допомогою шарнірів два бічні відкидні борти 2 зменшеної висоти в порівнянні з серійними, кожен з яких забезпечений механізмом фіксації борту 3 2 і рукояткою управління розвантаженням 4. До пристрою кріплення 6 верхньої частини борту 2 приєднується гнучкий зв'язок 5 (трос), що приводить в рух рухомий брус 7, на якому розміщений опорний щит 12, що переміщається по напрямних 8 і повертається у вихідне положення пружинами 9. У задній частині платформи розташований з нахилом назад задній борт 10 з механізмом регулювання кута нахилу. У вихідному положенні рухомі бруси 7 зсунуті до центру поздовжньої осі вантажної платформи.

Замість стандартних відкидних бортів встановлені відкидні борти зменшеної висоти (достатньої, щоб рулони 11 лежали на опорному щиті з ухилом до поздовжньої осі платформи). Опорний щит 12 являє собою зварювальну конструкцію, рис. 3.6, що

складається з горизонтальних труб 1 круглого або прямокутного перерізу, з'єднаних між собою опорним листом 2, виготовленим з листової сталі і вигнутим з радіусом $R_{рул.}$, рівним радіусу транспортованого рулону, вертикальних стійок 3, з'єднаних зварюванням з горизонтальними трубами 1 і між собою сталевим листом 4.

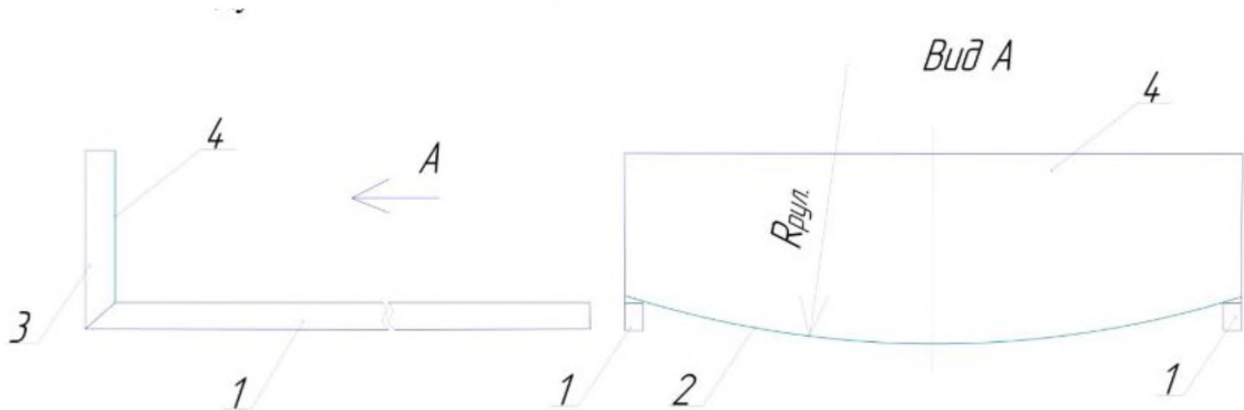


Рисунок 3.6 – Схема опорного щита

Опорні щити встановлюються на вантажну платформу для кожного рулону нижнього ярусу.

Технологія розвантаження рулонів сіна з розробленої конструкції вантажної платформи наступна. При відкритті одного бокового борту 2 за допомогою рукоятки управління розвантаженням 4 відповідний рухомий брус 7 переміщується разом з боковим відкидним бортом 2 ближче до бокового краю вантажної платформи 1, при цьому стискаються зворотні пружини 9. В результаті чого рулони 11, що спираються однією стороною 7, а інший – на відкидний борт 2 через опорний щит, нахилиються і одночасно зміщуються до зовнішньої сторони вантажної платформи 1. При переході центру ваги рулону 11 краю вантажної платформи 1 відбувається вивантаження рулону 11 на майданчик. Після цього поворотним механізмом 13 опорний щит повертається у вихідне положення. При закриванні бокового борту 2 зворотні пружини 9 повертають рухомий брус 7 у вихідне положення, після чого аналогічно розвантажують рулони 11 сіна, розташовані з іншого боку вантажна платформа 1. На рис. 3.7 показано схему вивантаження рулонів з вантажної платформи.

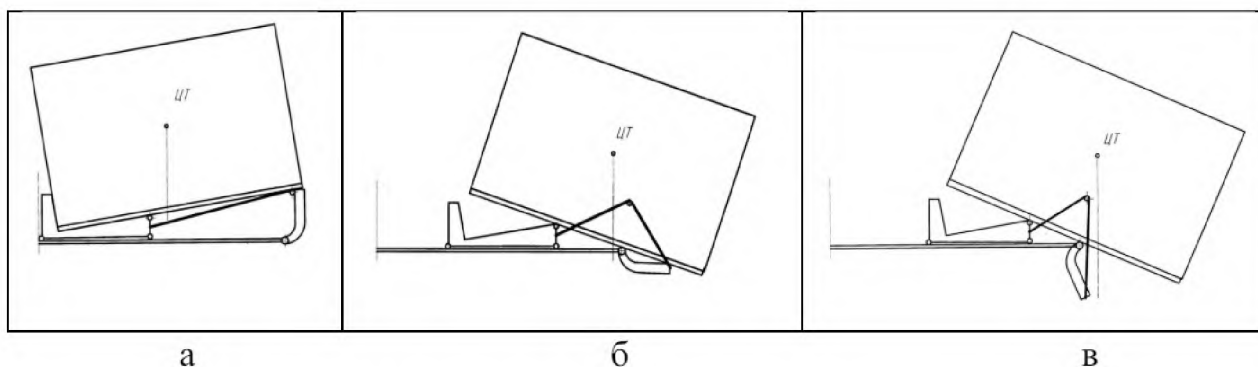


Рисунок 3.7 – Технологічні схеми розвантаження рулонів:

а - початкове, транспортне положення рулону; б - проміжне положення рулону;

в – вивантаження рулону

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

3.4.Методика визначення коефіцієнта тертя спокою рулонів сіна про опорний щит вантажної платформи

З метою визначення коефіцієнта тертя спокою рулонів сіна об опорний щит вантажної платформи ($f_{тр.}$), фіксували момент переходу рулонів сіна, покладених на опорний щит, зі стану спокою до ковзання. У цьому використовували відому стандартну методику [10].

Експериментальні дослідження виконували за різної вологості сіна, з інтервалом 5%. Повторність кожної серії – триразова.

За статичний кут тертя ми приймали кут між поверхнею опорного щита та горизонтальною поверхнею у 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 було виготовлено лабораторну установку (рис. 3.8).

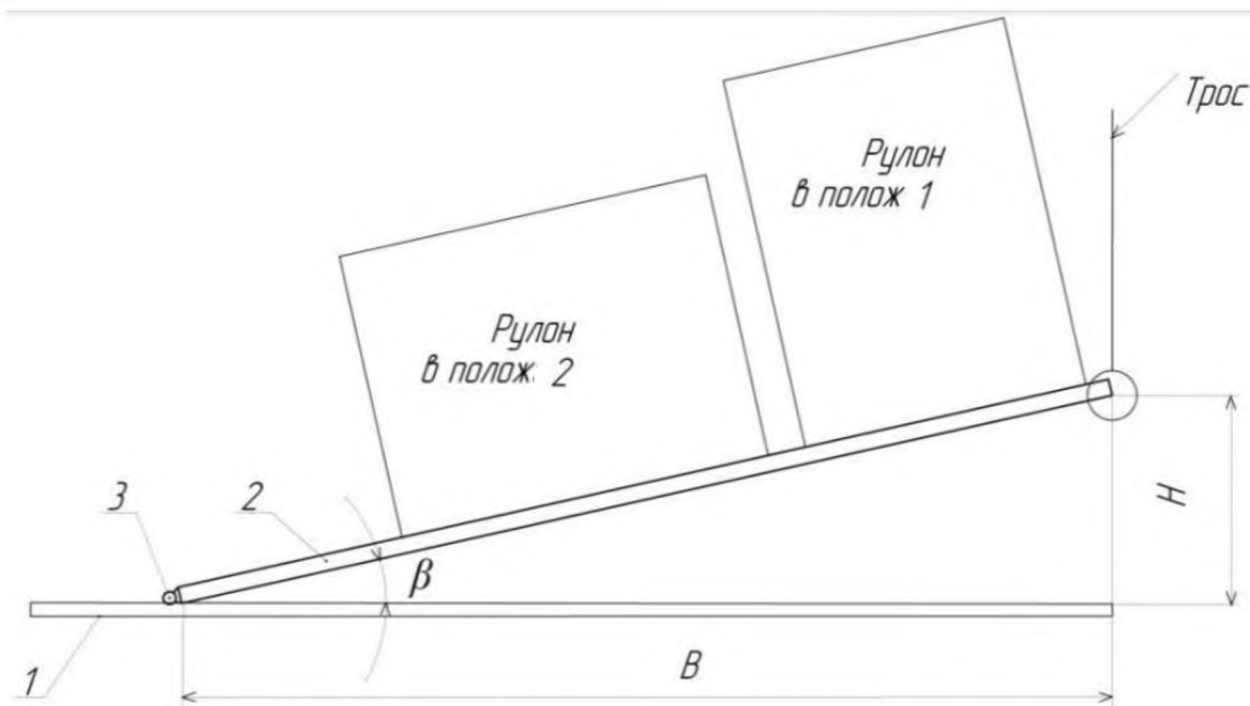


Рисунок 3.8 – Схема визначення статичного кута тертя



Рисунок 3.9 – 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. Аркуш 2 був виготовлений з тієї ж сталі, що і опорний щит вантажної платформи.

Експеримент проводився так. Лист 2 укладався на основу 1. На нього розміщувався рулон сіна (у різних експериментах по-різному: або положення 1 або положення 2). За кінець листа 2, протилежний шарніру 3, кріпився трос вантажопідйомного пристрою. Вантажопідйомним пристроєм плавно, без ривків піднімався лист 2, який обертався навколо шарніра 3. Підйом здійснювався доти, доки рулон не рушить з місця. У цей момент замірялася висота підйому H і, знаючи значення, розраховувався кут β . Коефіцієнт тертя спокою дорівнює:

$$f_{\text{тр.}} = \text{tg}\beta. \quad (3.10)$$

3.5. Висновки до розділу 3

1. Дослідження розмірно-масових характеристик рулонів сіна виконувались з використанням методу, що ґрунтується на статистичній оцінці мінливості досліджуваних показників.

2. В результаті обробки експериментальних даних визначено:

– математичне очікування маси рулону сіна за прес-підбирачем ПР-Ф-110 дорівнює 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 дорівнює 1,13 м та висоти – 1,08 м, а за прес-підбирачем ППР-120 "Pelikan" - відповідно 1,24 м та 1,20 м. Середні квадратичні відхилення діаметра та висоти рулонів за ПР-Ф-110 рівні відповідно 0,11 та 0,09 м, а за ППР-120 "Pelikan" - відповідно 0,08 та 0,07 м;

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

3. Ушкоджуваність рулонів змінюється в широких межах (від 2,9 до 1,6%) залежно від типу транспортного засобу та його експлуатаційної швидкості.

4. Розроблено методику визначення статичного кута тертя рулонів сіна об опорний щит вантажної платформи.

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати розмірно-масові характеристики рулонів сіна

Результати зважування рулонів представлені у табл.4.1. та табл.4.2, а зміна маси рулонів – на рис. 4.1 та рис.4.4

Таблиця 4.1 – Число точок інформації та ймовірність влучення маси рулонів, сформованих прес-підбирачем ПР-Ф-110, у заданий інтервал

Інтервал	120-130	130-135	135-140	140-145	145-150	150-155	155-160	160-165	165-180
Число точок інформац	5	11	19	23	18	8	6	5	5
P(t)	0,05	0,11	0,19	0,23	0,18	0,08	0,06	0,05	0,05

Таблиця 4.2 – Число точок інформації та ймовірність влучення маси рулонів, сформованих прес-підбирачем ППР-120, у заданий інтервал

Інтервал	220-235	235-240	240-245	245-250	250-255	255-260	260-265	265-270	270-280
Число точок інформац	5	7	15	21	22	14	6	5	5
P(t)	0,05	0,07	0,15	0,21	0,22	0,14	0,06	0,05	0,05

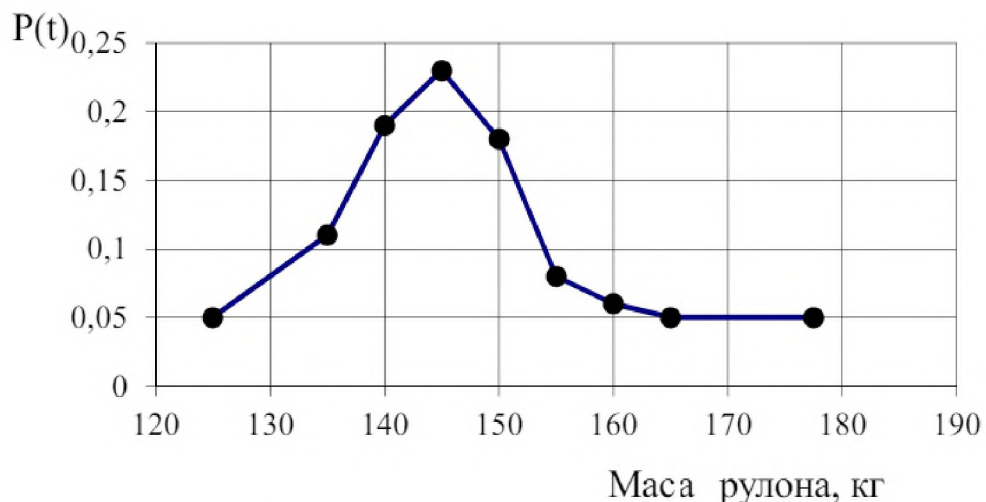


Рисунок 4.1 – Зміна маси рулону, сформованого прес-підбирачем ПР-Ф-110

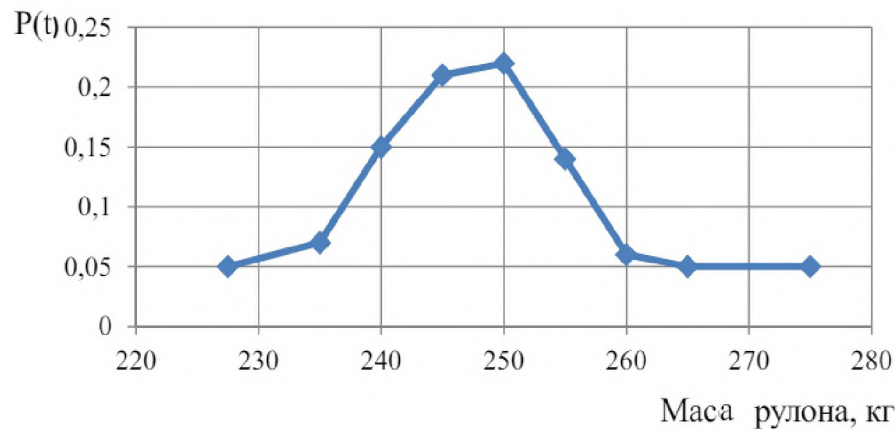


Рисунок 4.2 – Зміна маси рулону, сформованого прес-підбирачем ППР-120 "Pelikan"

Математичне очікування маси рулону за прес-підбирачем ПР-Ф110 дорівнює 147 кг, а за прес-підбирачем ППР-120 "Pelikan" - 248 кг.

Розрахунки показали, що для рулонів за прес-підбирачем ПР-Ф-110 $\sigma_{m1} = 13$ кг, а за прес-підбирачем ППР-120 "Pelikan" - 10 кг.

З отриманих результатів випливає, що 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 розкидом по масі, ніж ПР-Ф-110.

Відповідно до приватної методики дослідження здійснювалося вимірювання розмірів 100 рулонів, сформованих прес-підбирачем ПРФ-110, та 100 рулонів - ППР-120 "Pelikan". Результати вимірювань розмірів представлені у табл.4.3 та табл. 4.4, а зміна діаметра та висоти рулону – на рис.4.3 та рис.4.4.

Таблиця 4.3 – Число точок інформації та ймовірність попадання діаметра та висоти рулонів, сформованих прес-підбирачем ПР-Ф-110, у заданий інтервал

Серед. знач. інтервалу	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30
Число точок інф. діаметра	0	5	8	10	17	27	21	7	5
P(t)	0	0,05	0,08	0,10	0,17	0,27	0,21	0,07	0,05
Число точок інф. висоти	5	10	28	20	14	10	8	5	0
P(t)	0,05	0,10	0,28	0,20	0,14	0,10	0,08	0,05	0

Таблиця 4.4 – Число точок інформації та ймовірність попадання діаметра та висоти рулонів, сформованих прес-підбирачем ППР-120, у заданий інтервал

Серед. знач. інтервалу	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40
Число точок інф. діаметра	0	5	14	25	25	17	9	5
P(t)	0	0,05	0,14	0,25	0,25	0,17	0,09	0,05
Число точок інф. висоти	5	26	29	20	8	7	5	0
P(t)	0,05	0,26	0,29	0,20	0,08	0,07	0,05	0

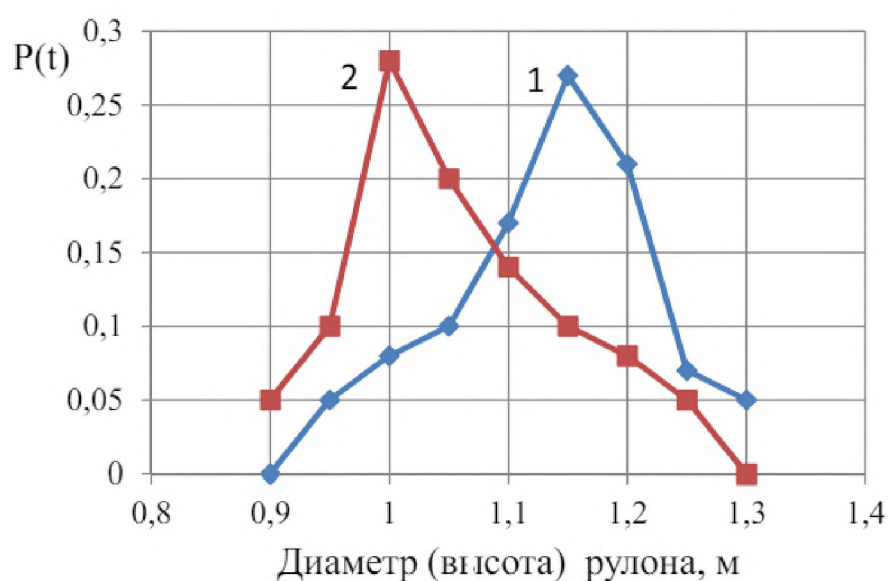


Рисунок 4.3 – Зміна діаметра (1) та висоти (2) рулону, сформованого прес-підбирачем ПР-Ф-110

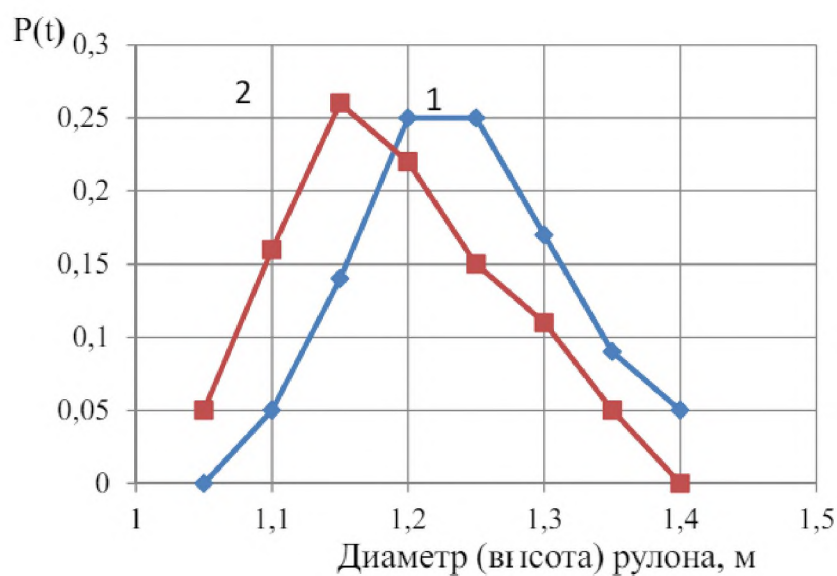


Рисунок 4.4 – Зміна діаметра (1) та висоти (2) рулону, сформованого прес-підбирачем ППР-120 "Pelikan"

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

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

Отримані дані значень середнього квадратичного відхилення діаметра та висоти рулону за прес-підбирачем ППР-120 "Pelikan" нижче, ніж за прес-підбирачем ПР-Ф-110. Це пов'язано, очевидно, з 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 більше доби.

4.2. Результати дослідження ушкодження рулонів на вантажно-транспортних розвантажувальних операціях

В результаті досліджень визначено сумарну частку пошкоджених рулонів на операціях їх навантаження, транспортування різними транспортними засобами та розвантаження. Результати наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Сумарна частка пошкоджених рулонів сіна під час навантаження, транспортування та розвантаження

Транспорт	Сумарна частка пошкоджених рулонів, % при транспортування на відстань		
	до 3 км	от 3 км до 20 км	более 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 ушкоджених рулонів. Це характерно на всіх видах перевезень: внутрішньосадибних, внутрішньогосподарських та позагосподарських.

Таким чином, величина одиничного (приватного) показника ефективності використання серійних транспортних засобів на перевезенні рулонів сіна - ушкоджуваність рулонів, що змінюється в широких межах (від 2,9 до 1,6%) залежно від типу транспортного засобу та його експлуатаційної швидкості.

Виконано також дослідження з виявлення виду робіт, що найбільше впливає на пошкодження шпагатів після формування рулону. Результати досліджень подано на рис.4.5.

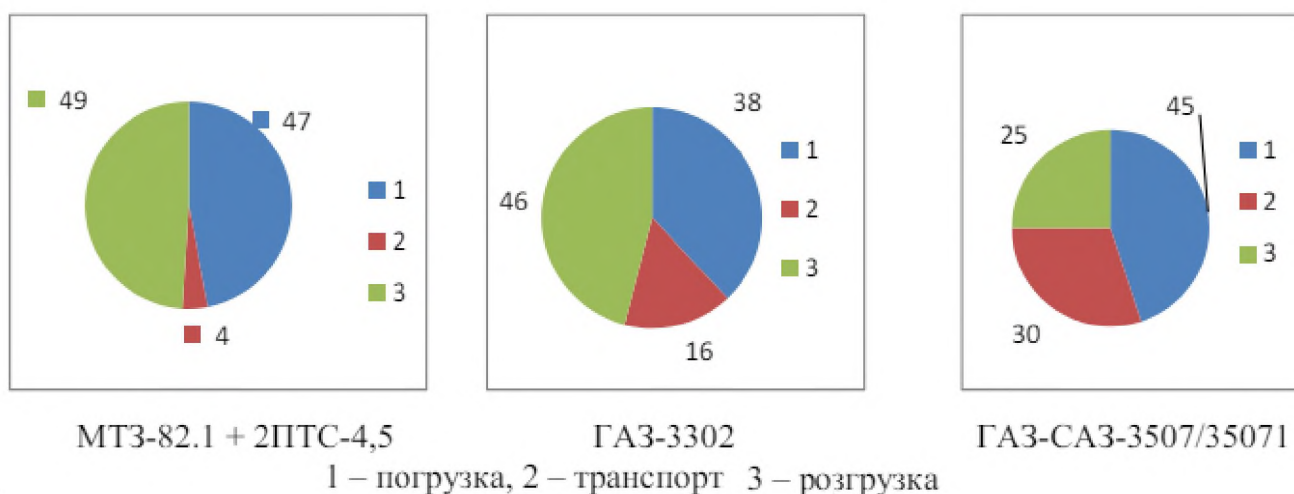


Рисунок 4.5 – Розподіл ушкодження шпагатів за видами операцій при використанні різних транспортних засобів

Дані, представлені на рис. 4.5, показують, що велика частка пошкоджень шпагатів під час використання серійних транспортних засобів мають операції завантаження і розвантаження рулонів.

4.3. Результати оптимізації геометричних параметрів вантажної платформи

Експериментальні дослідження вантажної платформи виконувались з огляду на відомі дослідження [9-12] відповідно до методики багатofакторного експерименту, представленої вище. Рівні значень факторів, що розглядаються, та їх інтервали варіювання були обрані за попередніми дослідженнями.

Відповідно до прийнятої методики, для дослідження області оптимуму було реалізовано план Рехтшафнера для 3-х факторного експерименту. Експериментальні дані представлені у табл. 4.6.

Таблиця 4.6 - Експериментальні дані та результати розрахунку зусилля

№	F_{iq}, H			\bar{F}_i, H	$(F_{iq} - \bar{F}_i)^2$			F_i, H	$(\bar{F}_1 - \bar{F}_i)^2$
	1	2	3		1	2	3		
1	22,8	23,8	23,4	23,3	0,2844	0,2178	0,0044	23,20	0,0178
2	23,2	22,4	23,1	22,9	0,0900	0,2500	0,0400	22,80	0,0100
3	30,2	30,6	28,9	29,9	0,0900	0,4900	1,0000	29,40	0,2500
4	32,1	32,9	32,0	32,3	0,0544	0,3211	0,1111	32,20	0,0178
5	30,8	31,0	29,9	30,6	0,0544	0,1878	0,4444	30,40	0,0278
6	23,9	23,8	24,7	24,1	0,0544	0,1111	0,3211	24,20	0,0044
7	24,3	23,1	23,4	23,6	0,4900	0,2500	0,0400	23,40	0,0400
8	26,3	27,3	27,9	27,2	0,7511	0,0178	0,5378	27,30	0,0178
9	24,3	24,0	23,7	24,0	0,0900	0,0000	0,0900	23,90	0,0100
10	22,5	22,3	22,5	22,4	0,0044	0,0178	0,0044	22,70	0,0711

За програмою, представленою у роботі [12], розраховані коефіцієнти B_0, B_i, B_{ij} та B_{ii} рівняння регресії:

$$Y = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2. \quad (4.1)$$

Значимість отриманих коефіцієнтів оцінювали за критерієм Стьюдента. Після відсіювання незначних коефіцієнтів проводився повторний розрахунок коефіцієнтів регресійної моделі.

Отримано наступне рівняння регресії у кодованому вигляді:

$$F = 21,9 + 3,5x_1 + 0,3x_2 - 0,6x_3 + 0,2x_1x_2 - 0,3x_1x_3 - 30,4x_2x_3 + 1,9x_1^2 + 1,7x_2^2 + 1,4x_3^2 \quad (4.2)$$

Адекватність отриманих математичних моделей перевірялася за критерієм Фішера. Отримано, що з дослідженні зусилля відкриття борту, тобто $F_{0,05} > F$ (тут $F_{0,05} = 2,1646$ – табличне значення критерію Фішера за рівня значимості 5%).

Адекватність математичних моделей результатам експерименту підтверджено.

Оптимальні значення аналізованих факторів представлені в табл. 4.7.

Таблиця 4. 7 - Оптимальні значення факторів

Фактор	Оптимальні значення факторів
x_1 – ексцентриситет борту, мм	$\frac{-0,91}{-27,3}$
x_2 – відстань від шарніру до проекції центру тяжіння рулону, мм	$\frac{-0,01}{49,5}$
x_3 – висота борту, мм	$\frac{0,11}{127}$

Як вихідний показник на етапі лабораторно-польових досліджень було прийнято вихідний фактор - зусилля на рукоятці, виражене в Н. Для аналізу та систематизації отриману математичну модель другого порядку призвели до типової канонічної форми.

В результаті розрахунків, проведених на ЕОМ, отримано коефіцієнти регресії у канонічній формі B_{11} , B_{22} , B_{33} та значення критерію оптимізації в оптимальній точці Y_s . Рівняння регресії (4. 2), подане в канонічній формі, має вигляд:

$$Y_F - 20,2 = 2,0X_1^2 + 1,7X_2^2 + 1,3X_3^2 \quad (4.3)$$

Оскільки всі коефіцієнти при квадратних членах мають позитивні знаки, поверхні відгуків, описані рівнянням (4.3), представляють не що інше, як тривимірні параболоїди з координатами центрів поверхонь у оптимальних значеннях факторів.

При розгляді двовимірного перерізу поверхонь відгуку рівняння регресії (4.3), щодо ексцентриситету борту (x_1) та відстані від шарніру до проекції центру тяжіння рулону (x_2), фактор висота борту перебував на оптимальному значенні $x_3 = 0,11$. Результати розрахунків наведено у табл. 4.8 та графічно представлені на рис. 4.6.

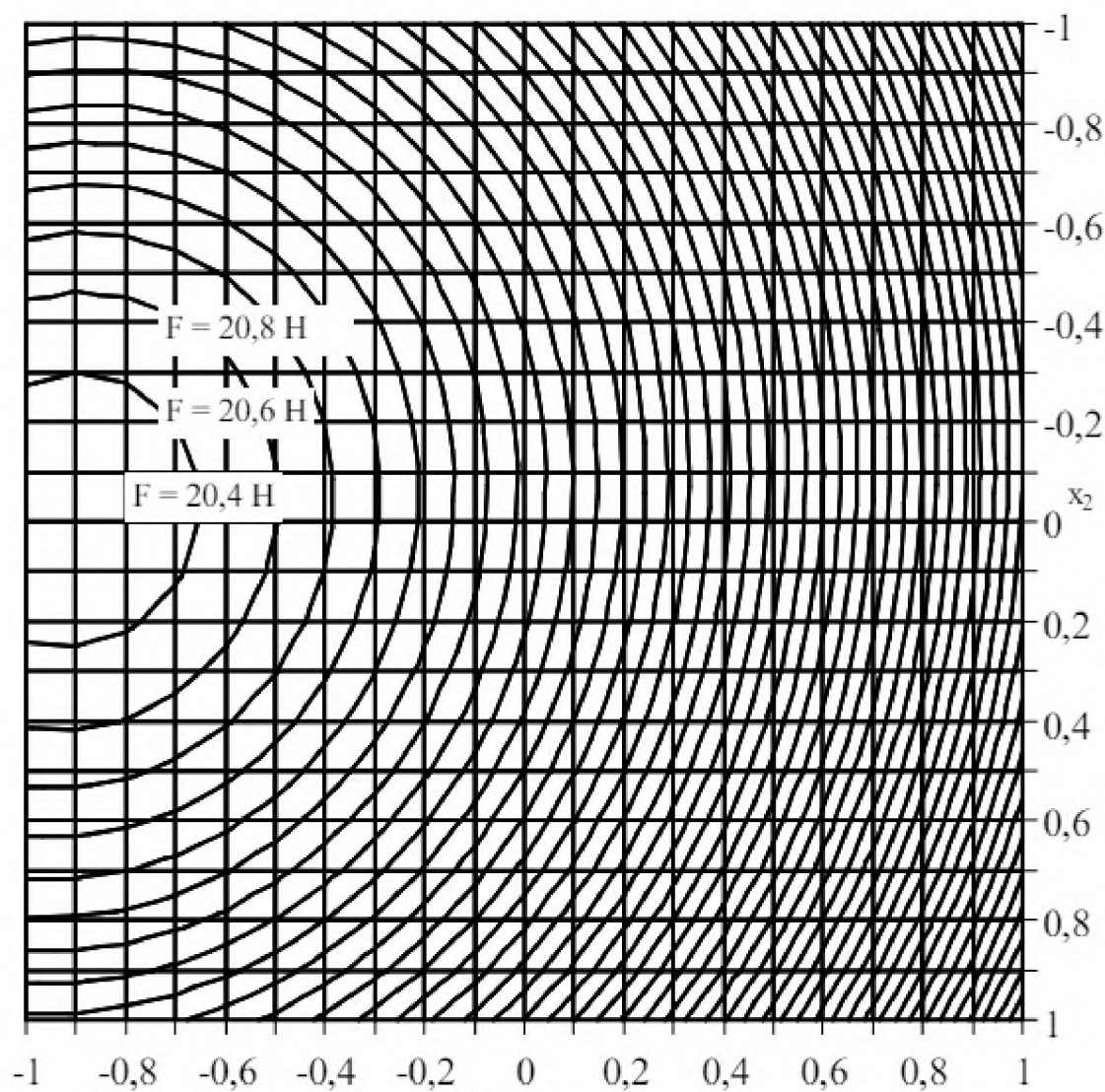


Рисунок 4.6 - Двовимірний переріз для вивчення впливу факторів x_1 та x_2 при $x_3 = 0,11$ на зусилля на ручці F

Можуть бути рекомендовані наступні оптимальні значення факторів: $x_1 = -1,0 \dots -0,8$ і $x_2 = -0,1 \dots 0,1$.

Таблиця 4.8 - Результати розрахунків двовимірного перерізу поверхні відгуку щодо факторів (x1) та (x2), фактор (x3) фіксувався на рівні $x_3 = 0,11$.

x2\X1	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-1	21,9	21,9	21,9	21,9	22,0	22,1	22,3	22,5	22,7	23,0	23,3	23,6	24,0	24,4	24,9	25,4	25,9	26,5	27,1	27,8	28,5
-0,9	21,6	21,6	21,6	21,7	22,0	22,2	22,4	22,7	23,0	23,3	23,7	24,2	24,7	25,1	25,7	26,2	26,8	27,5	28,2		
-0,8	21,3	21,3	21,3	21,4	21,7	21,9	22,1	22,4	22,7	23,1	23,5	23,9	24,4	24,9	25,4	26,0	26,6	27,2	27,9		
-0,7	21,1	21,0	21,1	21,2	21,3	21,5	21,7	21,9	22,2	22,5	22,9	23,2	23,7	24,1	24,6	25,2	25,8	26,4	27,0	27,7	
-0,6	20,9	20,8	20,8	20,9	21,0	21,1	21,3	21,5	21,7	22,0	22,3	22,7	23,1	23,5	24,0	24,5	25,0	25,6	26,2	26,9	27,6
-0,5	20,7	20,7	20,7	20,8	20,9	21,1	21,3	21,6	21,8	22,1	22,5	22,9	23,3	23,8	24,3	24,9	25,4	26,1	26,7	27,4	
-0,4	20,5	20,5	20,5	20,6	20,7	20,8	21,0	21,2	21,4	21,7	22,0	22,4	22,8	23,2	23,7	24,2	24,7	25,3	25,9	26,6	27,3
-0,3	20,4	20,4	20,4	20,5	20,6	20,7	20,9	21,1	21,3	21,6	21,9	22,3	22,7	23,1	23,6	24,1	24,7	25,2	25,9	26,5	27,2
-0,2	20,3	20,3	20,3	20,4	20,5	20,6	20,8	21,0	21,3	21,5	21,9	22,2	22,6	23,1	23,5	24,1	24,6	25,2	25,8	26,5	27,2
-0,1	20,3	20,3	20,3	20,4	20,5	20,6	20,8	21,0	21,2	21,5	21,8	22,2	22,6	23,0	23,5	24,0	24,6	25,2	25,8	26,5	27,2
0	20,3	20,3	20,3	20,4	20,5	20,6	20,8	21,0	21,2	21,5	21,9	22,2	22,6	23,1	23,5	24,1	24,6	25,2	25,8	26,5	27,2
0,1	20,3	20,3	20,3	20,4	20,5	20,6	20,8	21,0	21,3	21,6	21,9	22,3	22,7	23,1	23,6	24,1	24,7	25,3	25,9	26,6	27,3
0,2	20,4	20,4	20,4	20,4	20,5	20,7	20,9	21,1	21,3	21,6	22,0	22,3	22,7	23,2	23,7	24,2	24,8	25,4	26,0	26,7	27,4
0,3	20,5	20,4	20,5	20,5	20,6	20,8	21,0	21,2	21,5	21,7	22,1	22,5	22,9	23,3	23,8	24,3	24,9	25,5	26,1	26,8	27,5
0,4	20,6	20,6	20,6	20,7	20,8	20,9	21,1	21,3	21,6	21,9	22,2	22,6	23,0	23,5	23,9	24,5	25,0	25,6	26,3	27,0	27,7
0,5	20,7	20,7	20,8	20,8	20,9	21,1	21,3	21,5	21,8	22,1	22,4	22,8	23,2	23,6	24,1	24,7	25,2	25,8	26,5	27,2	27,9
0,6	20,9	20,9	21,0	21,0	21,1	21,3	21,5	21,7	22,0	22,3	22,6	23,0	23,4	23,9	24,4	24,9	25,5	26,1	26,7	27,4	28,1
0,7	21,2	21,2	21,2	21,3	21,4	21,5	21,7	22,0	22,2	22,5	22,9	23,2	23,7	24,1	24,6	25,1	25,7	26,3	27,0	27,6	28,4
0,8	21,4	21,4	21,5	21,5	21,7	21,8	22,0	22,2	22,5	22,8	23,1	23,5	23,9	24,4	24,9	25,4	26,0	26,6	27,3	27,9	28,7
0,9	21,7	21,7	21,8	21,8	22,0	22,1	22,3	22,5	22,8	23,1	23,5	23,8	24,3	24,7	25,2	25,8	26,3	26,9	27,6	28,3	29,0
1	22,0	22,0	22,1	22,2	22,3	22,4	22,6	22,9	23,1	23,5	23,8	24,2	24,6	25,1	25,6	26,1	26,7	27,3	28,0	28,6	29,4

При розгляді двовимірного перерізу поверхонь відгуку рівняння регресії (4.3), щодо ексцентриситету борту (x_1) та висоти борту (x_3), фактор відстань від шарніру до проекції центру тяжкості рулону фіксувався на оптимальному значенні $x_2 = -0,01$. Результати розрахунків графічно представлені на рис.4.7.

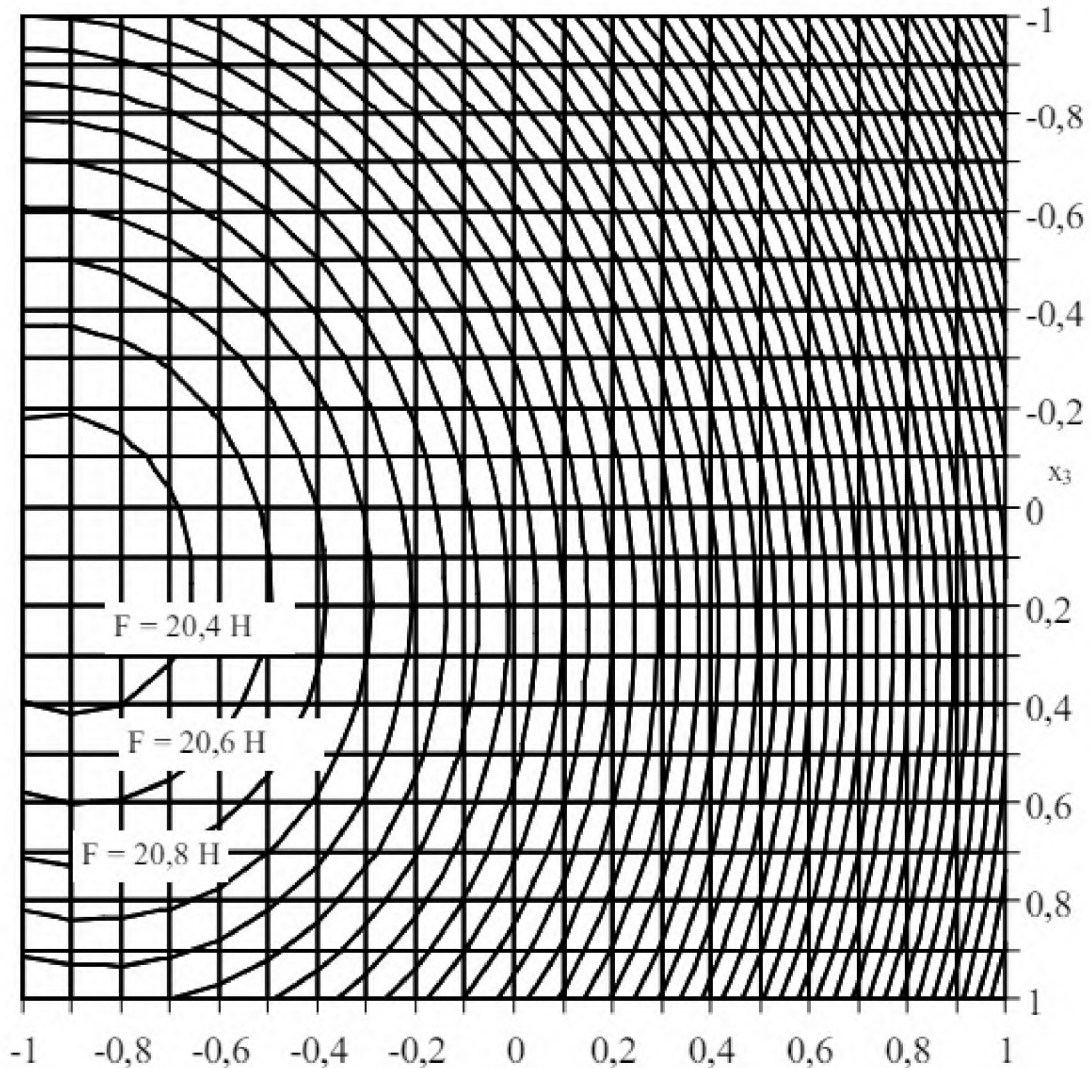


Рисунок 4.7 – Двовимірний переріз для вивчення впливу факторів x_1 та x_3 при $x_2 = -0,01$ на зусилля на ручці F

Можуть бути рекомендовані наступні оптимальні значення факторів: $x_1 = -1,0 \dots -0,8$ і $x_3 = 0 \dots 0,2$. При розгляді двовимірного перерізу поверхонь відгуку рівняння регресії (4.3) щодо відстані від шарніра до проекції центру тяжіння рулону (x_2) і висоти борту (x_3), фактор ексцентриситет борту фіксувався оптимальному значенні $x_1 = -0,91$.

Результати розрахунків графічно представлені на рис.4.8.

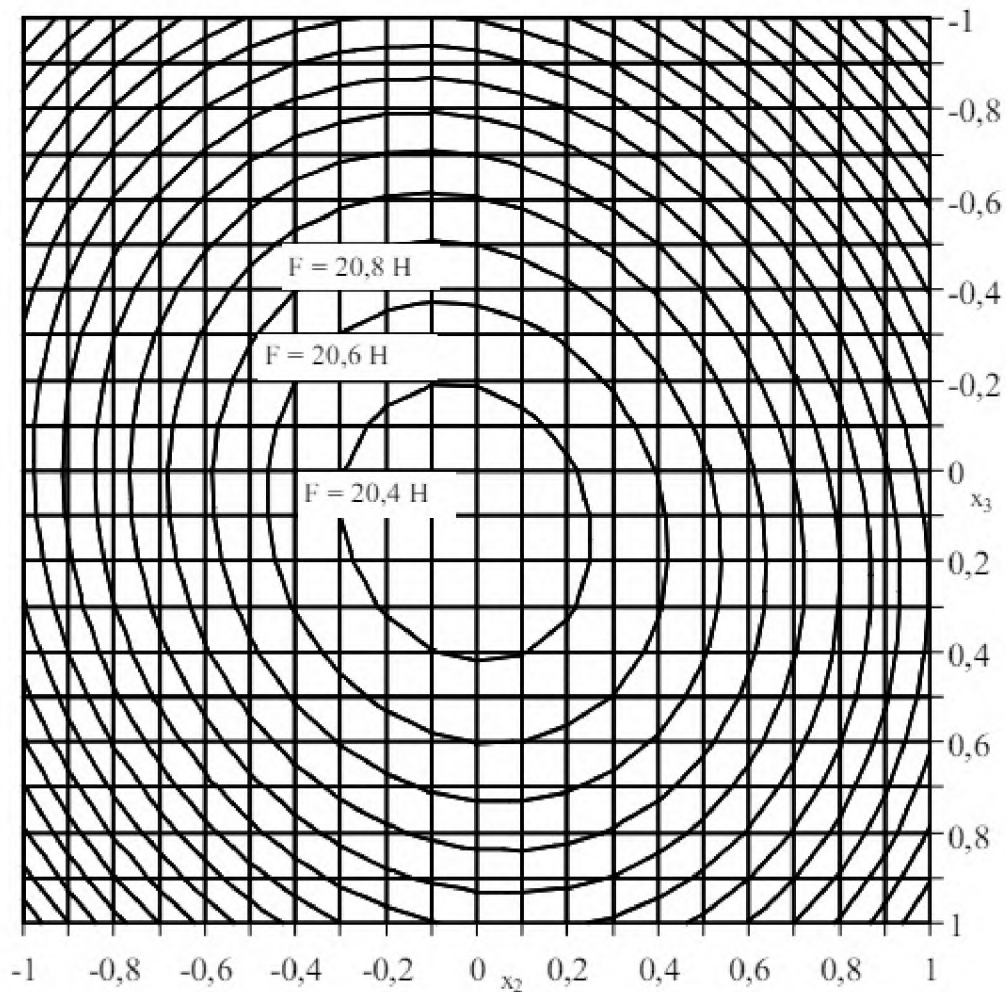


Рисунок 4.8 – Двовимірний переріз для вивчення впливу факторів x_2 та x_3 при $x_1 = -0,91$ на зусилля на рукоятці F

Можуть бути рекомендовані наступні оптимальні значення факторів:

$$x_2 = -0,1 \dots 0,1 \text{ і } x_3 = 0 \dots 0,2.$$

Аналіз наведеного двовимірного показав, що зусилля на рукоятці F було мінімальними, можуть бути рекомендовані наступні оптимальні значення факторів: $x_1 = -1,0 \dots -0,8$ ($-30 \dots -24$ мм), $x_2 = -0,1 \dots 0,1$ ($45 \dots 55$ мм), $x_3 = 0 \dots 0,2$ ($120 \dots 132$ мм). При цьому зусилля на рукоятці F , що припадає на один рулон, становитиме $20,4$ Н.

4.4. Висновки до розділу 4

1. Дано опис пристрою вантажної платформи до бортового транспортного засобу для перевезення рулонів сіна та технологію їх розвантаження.
2. Розроблено методику багатофакторного експерименту з оптимізації геометричних параметрів вантажної платформи.
3. Для вантажної платформи визначено оптимальні з погляду допустимого зусилля на рукоятці управління відкидним бортом значення ексцентриситету борту (30 ... 24 мм усередину платформи), відстані від шарніра до проекції центру тяжіння рулону (45... 55 мм) та висоти борту (120... 132) мм).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для підвищення продуктивності великої рогатої худоби необхідно розширювати кормову основу. 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 та для корів м'ясного напрямку як джерело каротину та провітамін А – вітаміну росту.
2. Заготівлю сіна ведуть у розсипному та пресованому вигляді.
3. Найбільш перспективною технологією є технологія заготівлі сіна пресованого в рулонах.
4. Рулонні прес-підбирачі забезпечують високу якість пресування сіна та суттєво випереджають за продуктивністю засоби навантаження та транспортування рулонів.
5. Для перевезення рулонів сіна з поля на місце зберігання чи реалізації використовуються вантажні бортові або самоскидні автомобілі різної вантажопідйомності, тракторні візки, транспортувальники рулонів та інші спеціальні транспортні засоби.

6. Транспортні засоби, що використовуються на перевезенні рулонів сіна, малоефективні: автомобілі та тракторні візки через неповне використання вантажопідйомності; транспортувальники рулонів та тракторні візки через малу швидкість та обмежений радіус перевезення; несамосвальні вимагають додаткових машин для розвантаження рулонів; на розвантаженні рулонів з усіх транспортних засобів витрачається додаткова енергія; всі види транспорту не обладнані пристроями, що забезпечують вивантаження рулонів як усіх одночасно, так і кількох рулонів, у тому числі й одного.

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

8. Запропоновано класифікацію факторів, що впливають на ефективність використання машин на транспортуванні грубого корму в рулонах, по двох групам: конструктивно-технологічним та експлуатаційно-організаційним.

9. Обґрунтовано поодинокі (приватні) показники ефективності використання машин на транспортуванні грубого корму в рулонах. До них віднесено: собівартість транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр, використання вантажопідйомності транспортного засоби, трудомісткість розвантаження одного рулону сіна з транспортного засобу, питома металомісткість транспортного засобу та ушкоджувальність рулонів.

10. Розроблено на основі обраної функції агрегування комплексний критерій оцінки ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах, що враховує сукупність обраних одиничних (приватних) показників та їх відносну значущість.

11. Дослідження розмірно-масових характеристик рулонів сіна виконувались з використанням методу, що ґрунтується на статистичній оцінці мінливості досліджуваних показників.

12. В результаті обробки експериментальних даних визначено:

– математичне очікування маси рулону сіна за прес-підбирачем ПР-Ф-110 дорівнює 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 дорівнює 1,13 м та висоти – 1,08 м, а за прес-підбирачем ППР-120 "Pelikan" - відповідно 1,24 м та 1,20 м. Середні квадратичні відхилення діаметра та висоти рулонів за ПР-Ф-110 рівні відповідно 0,11 та 0,09 м, а за ППР-120 "Pelikan" - відповідно 0,08 та 0,07 м;

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

13. Ушкоджуваність рулонів змінюється в широких межах (від 2,9 до 1,6%) залежно від типу транспортного засобу та його експлуатаційної швидкості.

14. Розроблено методику визначення статичного кута тертя рулонів сіна об опорний щит вантажної платформи.

15. Дано опис пристрою вантажної платформи до бортового транспортного засобу для перевезення рулонів сіна та технологію їх розвантаження.

16. Розроблено методику багатофакторного експерименту з оптимізації геометричних параметрів вантажної платформи.

17. Для вантажної платформи визначено оптимальні з погляду допустимого зусилля на рукоятці управління відкидним бортом значення ексцентриситету борту (30 ... 24 мм усередину платформи), відстані від шарніра до проекції центру тяжіння рулону (45... 55 мм) та висоти борту (120... 132) мм).