

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ
ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМ. ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„Підвищення ефективності транспортного забезпечення
механізованого процесу збирання сої в умовах ПП «Агро-Експрес-
Сервіс» Дубенського району Рівненської області»**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-61
Спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Дорожовець Назар Михайлович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Шарибура А.О.
(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: _____
(Прізвище та ініціали)

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ
ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ
ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМ. ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА
“30” грудня 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на дипломну роботу студенту
Дорожовцю Назару Михайловичу

1. Тема роботи: „Підвищення ефективності транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої в умовах ПП «Агро-Експрес-Сервіс» Дубенського району Рівненської області”

Керівник роботи: Шарибура Андрій Остапович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету від 30.12.2024 року № 887/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 1.12.2025 року.

3. Вихідні дані: 1. Статистичні дані вирощування с-г культур;
2. Науково-методичні передумови підвищення ефективності транспортного забезпечення; 3. Методи математичної статистики; 4. Методика визначення показників економічної ефективності механізованих процесів у рільництві;

4. Перелік питань, які необхідно розробити

Вступ

1. Аналіз стану питання.

2. Науково-методичні передумови підвищення ефективності транспортного забезпечення збирального процесу.

3. Методика виробничих експериментів та їх математичного опрацювання.

4. Результати виробничих та комп'ютерних експериментів.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

6. Вартісне оцінення експлуатаційних витрат транспортного забезпечення у механізованому процесі збирання озимого ріпаку.

Висновки та пропозиції.

Бібліографічний список.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
тема – 1-й слайд; мета роботи та завдання дослідження – 2-й слайд; організаційна
структура підприємства – 3-й слайд; аналіз земельних угідь – 4-й слайд; чинники
ефективності транспортного забезпечення – 5-й слайд; системний підхід до обґрунтування
транспортного забезпечення процесу збирання – 6-й слайд; типові способи організації
збирально-транспортного комплексу – 7-й слайд; форма для відображення статистичних
даних – 8-й слайд; результати опрацювання даних виробничих експериментів – 9-й слайд;
вихідні дані для проектування транспортного забезпечення механізованого процесу збирання
– 10-й слайд; результати проектування транспортного забезпечення механізованого процесу
збирання сої – 11-й слайд; результати вартісного оцінення експлуатаційних витрат – 12-й
слайд;

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4, 6	Шарибура А.О. к.т.н., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. Олександра Семковича			
5	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри інженерної механіки			

7. Дата видачі завдання: 30.12.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Написання розділу: «Аналіз стану питання»	30.12.24-25.02.25	
2.	Виконання другого розділу: «Науково-методичні передумови підвищення ефективності транспортного забезпечення збирального процесу»	26.02.25-12.05.25	
3.	Виконання третього розділу: «Методика виробничих експериментів та їх математичного опрацювання»	13.05.25-25.08.25	
4.	Виконання четвертого розділу: «Результати виробничих та комп'ютерних експериментів»	26.08.25-12.10.25	
5.	«Охорона праці та захист довкілля»	13.10.25-1.11.25	
6.	Виконання розділу: «Вартісне оцінення експлуатаційних витрат»	2.11.25-15.11.25	
7.	Завершення роботи в цілому	16.11.25-1.12.25	

Студент _____ Назар ДОРОЖОВЕЦЬ
 (підпис)

Керівник роботи _____ Андрій ШАРИБУРА

УДК: 658.51:631.3

Магістерська робота: 73 с. текст. част., 2 рис., 14 табл., 12 слайдів., 26 джерел.

Підвищення ефективності транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої в умовах ПП «Агро-Експрес-Сервіс» Дубенського району Рівненської області.

Дорожовець М.Н. Кафедра АТС ім. проф. Олександра Семковича. Дубляни, Львівський НУВМБ ім С.З. Гжицького, 2025.

В роботі виконано аналіз виробничої діяльності Приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс» Дубенського району Рівненської області. В роботі здійснено аналіз сучасного стану виробництва зернових в Україні та проаналізовано його динаміку.

Описано системний підхід, що був застосований для виділення та методу розв'язку поставленої інженерної задачі.

Описано програму виконаних виробничих спостережень, методику збору та опрацювання початкових даних. Виконано математичне опрацювання та обґрунтовано розподіли середньої технічної швидкості автомобілів під час обслуговування механізованого процесу збирання сої в умовах ПП «Агро-Експрес-Сервіс» Дубенського району Рівненської області. Здійснено розрахунок транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої, який дасть змогу реалізовувати процес з мінімальними простоями.

Виконано аналіз умов праці та побуту, стан профілактики травматизму у підприємстві, а також розроблено логіко-імітаційну модель виникнення травм на виробництві.

Виконано вартісну оцінку витрат транспортного забезпечення у механізованому процесі збирання сої.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	9
1.1. Аналіз виробничої діяльності підприємства	9
1.2. Структура земельних угідь підприємства	16
1.3. Стан технічного забезпечення господарства	19
1.4. Агротехнічні особливості механізованого збирання сої	27
Висновки до розділу 1	31
2. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБИРАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ	32
2.1. Загальні положення про транспортне забезпечення збирання сої	32
2.2. Системний аналіз і синтез функціонування збирально- транспортного комплексу	37
2.3. Організаційні-технологічні особливості формування збирально-транспортного комплексу.....	40
Висновки до розділу 2.....	43
3. МЕТОДИКА ВИРОБНИЧИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА ЇХ МАТЕМАТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ	44
3.1. Основні принципи статистичних спостережень	44
3.2. Методика оброблення та узагальнення статистичних даних при аналізі транспортного процесу	48
3.3. Методика збору статистичних даних та оцінення ймовірності середньої технічної швидкості руху автомобілів	51
3.4. Методика узгодження транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої	52
Висновки до розділу 3	59

4. РЕЗУЛЬТАТИ ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ВИРОБНИЧИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ	60
4.1. Результати обґрунтування середньої технічної швидкості руху автомобіля	60
4.2. Результати проектування транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої	62
Висновки до розділу 4	68
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ	69
5.1. Структурно функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій впродовж виконання робіт	69
5.2. Захист цивільного населення	71
5.3. Захист довкілля	74
Висновки до розділу 5	77
6. ВАРТІСНЕ ОЦІНЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У МЕХАНІЗОВАНОМУ ПРОЦЕСІ ЗБИРАННЯ СОЇ	78
Висновки до розділу 6	85
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88
ДОДАТКИ	91

ВСТУП

Сучасний етап розвитку агропромислового комплексу України характеризується зростанням вимог до ефективності виробництва, раціонального використання технічних і енергетичних ресурсів, а також впровадженням інноваційних технологій. Особливої актуальності набувають питання вдосконалення транспортного забезпечення механізованих процесів збирання врожаю, оскільки від їх організації значною мірою залежить продуктивність збирально-транспортних комплексів, рівень втрат і собівартість продукції.

У процесі збирання сої ефективність транспортного забезпечення визначає ритмічність роботи комбайнів, час перебування транспорту в холостому русі та ступінь використання машинно-тракторного парку. Невчасне вивезення зерна спричиняє простої техніки, перевитрати пального, збільшення втрат урожаю, що знижує загальну рентабельність виробництва.

Тому дослідження напрямів підвищення ефективності транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої є важливим і практично значущим завданням для агропідприємств, зокрема для ПП «Агро-Експрес-Сервіс» Рівненської області.

Мета роботи – підвищити ефективність транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої шляхом аналізу існуючої організації перевезень, моделювання збирально-транспортної системи та розроблення рекомендацій щодо її оптимізації в умовах ПП «Агро-Експрес-Сервіс».

Завдання дослідження:

- Провести аналіз виробничої діяльності ПП «Агро-Експрес-Сервіс» та визначити структуру його машинно-тракторного парку.
- Дослідити організаційно-технологічні особливості транспортного забезпечення процесу збирання сої.

- Розробити методику збору та математичного опрацювання виробничих даних щодо середньої технічної швидкості руху транспортних засобів.
- Побудувати модель оптимізації роботи збирально-транспортного комплексу з урахуванням часу завантаження, розвантаження та відстані перевезення.
- Обґрунтувати шляхи зменшення простоїв комбайнів і транспорту.
- Виконати вартісну оцінку експлуатаційних витрат транспортного забезпечення.

Об’єкт дослідження: Механізований процес збирання сої в умовах приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс» Рівненської області

Предмет дослідження: Організаційно-технологічні та техніко-економічні параметри транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої.

Наукова новизна полягає в розробленні та обґрунтуванні удосконаленої методики визначення оптимальної кількості транспортних засобів для забезпечення безперервної роботи комбайнів при збиранні сої з урахуванням середньої технічної швидкості руху, урожайності та відстані перевезення.

Вперше запропоновано застосування логіко-імітаційної моделі для аналізу взаємодії елементів збирально-транспортного комплексу з метою мінімізації простоїв і підвищення коефіцієнта використання часу роботи техніки

Практичне значення результатів полягає у можливості використання розроблених рекомендацій для підвищення ефективності транспортного забезпечення механізованих процесів збирання сої в сільськогосподарських підприємствах різних форм власності.

Впровадження результатів дослідження дає змогу зменшити простої комбайнів, скоротити витрати пального, знизити собівартість перевезень зерна та підвищити продуктивність збирально-транспортних комплексів.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Аналіз виробничої діяльності підприємства

Приватне підприємство «Агро-Експрес-Сервіс» належить до провідних сільськогосподарських виробників Рівненської області.

Його створено у селі Ярославичі Млинівського району Рівненської області на основі колишнього колгоспу ім. Лесі Українки у березні 1999 року. Засновником та чинним генеральним директором підприємства є Костючко Сергій Степанович. Протягом першого року після заснування господарства було здійснено викуп майнових паїв членів колгоспу ім. Л. Українки Ярославницької сільської ради та оформлено договори оренди земельних ділянок (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Розташування ділянки № 1 приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс» в с. Ярославичі Млинівського району

Свою діяльність підприємство розпочало з вирощування зернових культур, використовуючи вітчизняну сільськогосподарську техніку на орендованих землях площею близько 3,5 тис. гектарів, що розташовані на території Ярославницької сільської ради.

Створення нових робочих місць у сільській місцевості та здобута довіра населення вже через рік дали змогу розширити співпрацю з

власниками майнових і земельних паїв у межах Мальованської та Новоукраїнської сільських рад Млинівського району. У 2000–2001 роках на цій основі було організовано другу виробничу діляницю (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Розташування діляниці № 2 приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс» в с. Новоукраїнка Млинівського району

Здобувши репутацію перспективного та динамічно зростаючого господарства, у 2002 році підприємство розширило свою діяльність до трьох виробничих діляниць. Це стало можливим завдяки викупу майнових паїв і укладенню договорів оренди земельних ділянок на території Вовницької сільської ради. На той час площа орендованих земель підприємства «Агро-Експрес-Сервіс» становила близько 9 000 гектарів (рис. 1.3).

Не зупиняючись на досягнутому, з 2007 року підприємство почало обробляти землі не лише в межах Млинівського району Рівненської області, а й розпочало розширення своєї діяльності на території Демидівського та Радивилівського районів Рівненської області, Горохівського району Волинської області та Кременецького району Тернопільської області.

У тому ж 2007 році, під час створення четвертої виробничої діляниці, у селі Башарівка (Пляшева) Радивилівського району було зведено сучасний виробничий комплекс, який став зразком організації сільськогосподарського

виробництва. До його складу увійшли технологічний парк, приміщення для ремонту техніки та облаштовані зони відпочинку для працівників (рис. 1.4).



Рисунок 1.3 – Розташування ділянки № 3 приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс» в с. Вовничі Млинівського району



Рисунок 1.4 – Розташування ділянки № 4 приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс» в с. Башарівка Радивилівського району

У 2008 році, з огляду на високий авторитет підприємства в Рівненській області, а також найвищий рівень орендної плати за користування земельними ділянками, громада Підзамчівської сільської ради

Радивилівського району запросила підприємство до обробітку своїх земель. У результаті було викуплено майнові паї мешканців села Копані, на базі яких сформували виробничий комплекс, де створено п'яту ділянку підприємства (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Розташування ділянки № 5 приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс» в с. Копані Радивилівського району

У зв'язку з розширенням орендованих земель на території Кременецького району Тернопільської області, у 2009 році підприємство збільшило кількість своїх виробничих ділянок до шести, а вже у 2011 році – до семи.

Подальше зростання тривало, і в 2013 році засновником було прийнято рішення про створення восьмої ділянки шляхом приєднання до ПП «Агро-Експрес-Сервіс» двох господарств – ПСП «Правда» та ПСП «Червона Гора» разом із їх виробничими потужностями.

З кожним роком підприємство поступово зміцнювало свої виробничі можливості завдяки збільшенню кількості сільськогосподарської техніки як

українського, так і іноземного виробництва, а також розширенню площ орендованих земель, які нині перевищують 34 000 гектарів.

Господарство забезпечене високопродуктивною технікою різних марок і типів, що дозволяє ефективно виконувати широкий спектр польових робіт. На підприємстві працює понад 1 100 осіб, більшість із яких мають вищу або середньо-спеціальну освіту. Високий рівень заробітної плати виступає важливим стимулом для працівників і сприяє стабільним результатам діяльності.

Основними напрямками роботи підприємства є вирощування сільськогосподарських культур, серед яких провідне місце займають пшениця, ріпак, соя та цукровий буряк.

Окрім рослинництва, з 2011 року на підприємстві активно реалізується проєкт із закупівлі та розведення високопродуктивних порід великої рогатої худоби німецької селекції. Уже навесні 2012 року у новозбудованих корівниках, оснащених сучасним обладнанням фірми DeLaval, утримувалося 452 голови ВРХ голштинської породи, завезених із Німеччини. Нині поголів'я збільшилося до 7 900 голів, а добова продуктивність дійного стада становить близько 89 тонн молока

Спираючись на напрацювання Новаційного центру Львівського національного аграрного університету та результати власних досліджень, проведених безпосередньо на полях господарства, підприємство активно впроваджує програми з розкислення ґрунтів, оцінки потенціалу кожного поля та вдосконалення системи сівозмін.

Станом на 2013 рік було створено три сучасні машинно-тракторні парки, обладнані всім необхідним для комфортної роботи та відпочинку працівників. До їх складу входять гаражі з окремими місцями для кожної одиниці техніки, ремонтні майстерні, кімнати для спеціалістів, конференц-зали, спортивні зали з тренажерами, душові, побутові приміщення, їдальні та готель для працівників підприємства.

У 2014 році на базі сьомої виробничої ділянки, розташованої в селі Башарівка Радивилівського району Рівненської області, було започатковано виробництво молока замкнутого циклу. До його структури увійшли сучасний комбикормовий завод, побудований на базі елеватора з сушаркою світового бренду «Buschoff», заводи з переробки сої та люпину, а також лабораторія для визначення якості кормів і готової продукції.

На базі другої ділянки підприємства було закладено аналогічний комплекс із виробництва кормів замкнутого циклу, оснащений обладнанням італійського виробництва фірми «Bonfanti».

Основними завданнями діяльності підприємства є підвищення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції шляхом раціонального та ефективного використання земельних, трудових, матеріальних і фінансових ресурсів.

На 2026-2027 роки передбачалося створення нових молочно-тваринницьких комплексів із власним виробництвом кормів і комбикормів, а також будівництво складських (елеваторних) потужностей для зберігання сільськогосподарської продукції ще на трьох виробничих ділянках.

Підприємство раціонально, ефективно та дбайливо використовує земельні ділянки, передані йому згідно з чинним законодавством України, постійно працює над підвищенням родючості ґрунтів, дотримується екологічних вимог і забезпечує охорону навколишнього середовища.

Ознайомившись із діяльністю та функціонуванням ПП «Агро-Експрес-Сервіс», можна зробити висновок, що його організаційна структура побудована за класичним принципом. До складу підприємства входять основні виробничі підрозділи, серед яких: відділ механізації (разом із підрозділом технічного сервісу), агрономічний, зоотехнічний, економічний та інші (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Організаційна структура приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс»

Під час аналізу організаційної структури приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс» варто відзначити, що воно об'єднує дев'ять виробничих ділянок, розташованих у трьох областях України: с. Ярославичі, Млинівський район, Рівненська область – ділянка № 1; с. Новоукраїнка, Млинівський район, Рівненська область – ділянка № 2; с. Вовничі, Млинівський район, Рівненська область – ділянка № 3; с. Башарівка, Радивилівський район, Рівненська область – ділянка № 4; с. Плешева, Радивилівський район, Рівненська область – ділянка № 5; с. Башарівка, Радивилівський район, Рівненська область – ділянка № 6; с. Ридомиль, Кременецький район, Тернопільська область – ділянка № 7; с. Підгайці, Млинівський район, Рівненська область – ділянка № 8; с. Мар'янівка, Горохівський район, Волинська область – ділянка № 9.

Проведений аналіз дає підстави згрупувати ділянки за основними напрямками діяльності:

- рослинництво – ділянки № 1, 2, 3, 5, 6, 7;
- тваринництво – ділянки № 4, 8;
- переробка – ділянка № 9.

Розташування діляниць є зручним і раціональним для організації виробничих процесів. Земельні угіддя, на яких здійснюється господарська діяльність, знаходяться безпосередньо біля діляниць або на невеликій відстані (до 8 км). Під'їзні шляхи до більшості виробничих підрозділів мають асфальтоване або ущільнене гравійне покриття, що забезпечує зручну логістику та ефективне використання техніки.

1.2. Структура земельних угідь підприємства

Підприємство було засноване у селі Ярославичі Млинівського району Рівненської області на базі колгоспу ім. Лесі Українки у березні 1999 року Костючком Сергієм Степановичем, який і нині обіймає посаду генерального директора. Протягом першого року після створення господарства було викуплено майнові паї колишніх членів колгоспу ім. Л. Українки Ярославицької сільської ради та укладено договори оренди земельних ділянок.

До складу підприємства входить земельний фонд, зерновий тік, корівник, машинно-тракторний парк і ремонтна майстерня. У виробничій діяльності господарство активно застосовує напрацювання Новаційного центру Львівського національного аграрного університету та результати власних наукових досліджень, проведених безпосередньо на його полях. На основі цих розробок реалізуються програми з розкислення ґрунтів, оцінки потенціалу кожного поля та вдосконалення сівозмін.

Клімат у зоні землекористування є помірно континентальним. Середньорічна кількість опадів становить 582 мм, із максимумом 87–91 мм у літній період та мінімумом близько 22 мм узимку. Середньомісячна температура повітря коливається від -5 °С взимку до +17,7 °С улітку. Період із середньодобовою температурою близько +10,4 °С триває від 153 до 162 днів.

Структура посівних площ характеризується переважанням зернових культур (52,3 %) і технічних культур (41,7 %) – відповідно до даних таблиці 1.1 та рисунка 1.7.

Таблиця 1.1 – Аналіз структури посівних площ приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс»

Культури	2022 р.		2023 р.		2024 р.	
	Площа посіву га	Структура %	Площа посіву га	Структура %	Площа посіву га	Структура %
Пшениця	7920	21,73	6796	18,65	6358	17,45
Жито	2137	5,86	2877	7,89	3122	8,57
Ячмінь	1067	2,93	1287	3,53	1287	3,53
Тверді ярові	1722	4,73	560	1,54	125	0,34
Кукурудза на зерно	4516	12,39	7178	19,70	8113	22,26
Третікале	269	0,74	137	0,38	49	0,13
Цукровий буряк	9243	25,36	9850	27,03	10805	29,65
Ріпак олійний	6391	17,54	5230	14,35	4391	12,05
Соя	1978	5,43	1328	3,64	993	2,72
Кукурудза кормова	517	1,42	517	1,42	667	1,83
Трави багаторічні	681	1,87	681	1,87	531	1,46
РАЗОМ	36441	100	36441	100	36441	100

Такий розподіл посівних площ є типовим для господарств, що спеціалізуються на вирощуванні зернових і технічних культур поряд із розвитком тваринництва. Як показано в таблиці 1.1, значну частку посівних площ займають зернові культури та цукровий буряк. Якщо враховувати площі, зайняті зерновими і бобовими культурами, то їх частка становить близько 55 % від загальної, тоді як під цукровий буряк відведено майже третину площ – 29,65 %.

Завдяки вирощуванню зазначених культур приватне підприємство «Агро-Експрес-Сервіс» послідовно реалізує плани з технічного оновлення

наявного машинно-тракторного парку, а також із розвитку та зміцнення власної виробничої бази. Одним із ключових завдань, визначених керівництвом підприємства, є створення потужного багатогалузевого сільськогосподарського комплексу.

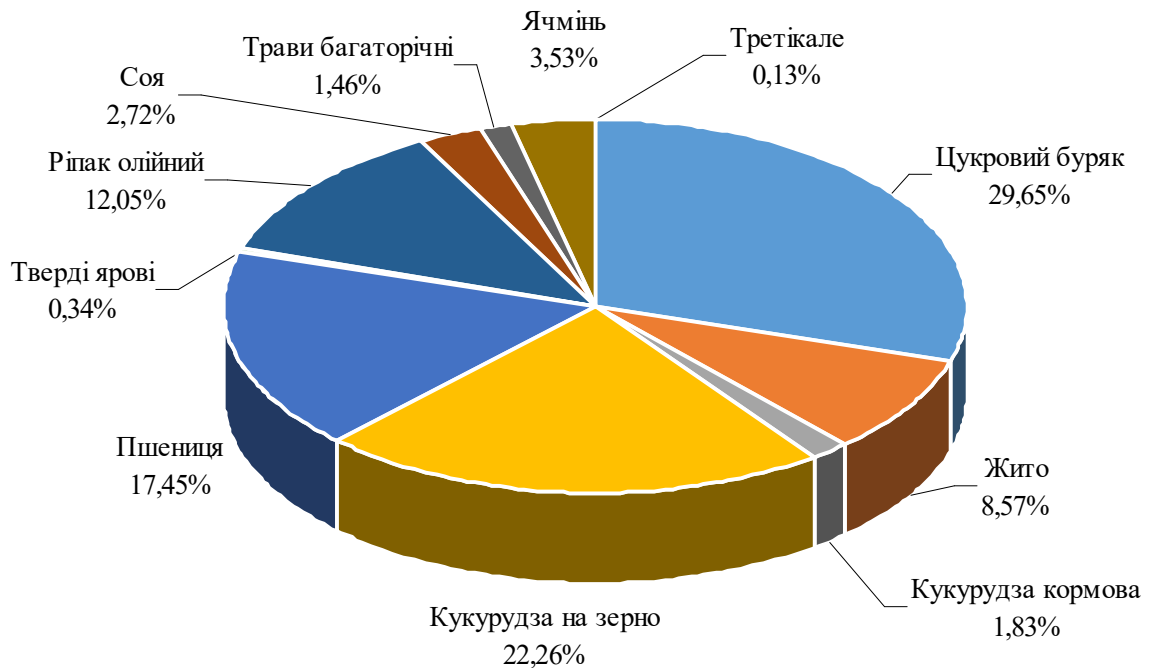


Рисунок 1.7 – Структура посівних площ приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс»

Виконання узгоджених механізованих технологічних операцій у ПП «Агро-Експрес-Сервіс» під час вирощування сільськогосподарських культур спрямоване на своєчасне виявлення, усунення або запобігання впливу несприятливих чинників, що можуть негативно позначитися на формуванні врожаю. Такий підхід забезпечує стабільне зростання ефективності виробництва та рентабельності підприємства.

Динаміку показників урожайності окремих сільськогосподарських культур, які вирощуються у господарстві, наведено в таблиці 1.2.

Проведений аналіз урожайності основних сільськогосподарських культур підприємства показав, що у 2024 році спостерігалось незначне зниження цього показника, що було зумовлено надмірною кількістю опадів

протягом вегетаційного періоду. Проте загальна тенденція за останні роки свідчить про поступове і стале зростання врожайності основних культур, що підтверджує ефективність застосовуваних технологій та організації виробництва.

Таблиця 1.2 – Динаміка врожайності сільськогосподарських культур в ПП «Агро-Експрес-Сервіс»

Культури	Роки		
	2022 р.	2023 р.	2024 р.
	Врожайність, ц/га	Врожайність, ц/га	Врожайність, ц/га
Зернові	29,2	33,3	30,7
Кукурудза на зерно	105,4	124,1	114,7
Цукровий буряк	436,8	482,7	475,4
Ріпак олійний	27,6	26,3	25,7
Соя	22,6	25,9	24,5

Поряд із підвищенням урожайності технічних культур важливе значення для зростання валового збору має реалізація заходів, спрямованих на запобігання можливим втратам урожаю. Одним із ключових напрямів у цьому процесі є зменшення простоїв збиральної техніки, що досягається завдяки раціональному проєктуванню системи транспортного забезпечення механізованого процесу збирання.

1.3. Стан технічного забезпечення господарства

Машинно-тракторний парк (МТП) кожної виробничої ділянки приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс» розташований на території господарського двору. Проведений аналіз показав, що марковий склад та кількісне забезпечення техніки повністю відповідають потребам підприємства та дають змогу ефективно виконувати всі необхідні сільськогосподарські операції.

Для прикладу у таблиці 1.3 наведено склад машинно-тракторного парку дільниці № 1.

Таблиця 1.3 – Склад парку сільськогосподарських машин

Назва машини	Марка машини	Кількість машин n_m , шт	Робоча ширина захвату B_p , м	Сумарна робоча ширина захвату ΣB_p , м
1	2	3	4	5
Грунтообробні машини				
Плуг	ПН-4-40	1	1,2	1,2
	ПЛН-5-35	2	1,75	3,5
	Lemken EurOpal 5	2	1,2	2,4
	Lemken EurOpal 9	3	1,5	4,5
	Lemken EurOpal 9	2	1,8	3,6
Луцильник	ЛДГ-10	2	10,0	20,0
	ЛДГ-15	1	15,0	15,0
	БДН-3	1	3,0	3,0
Борона	БД-10	1	10,0	10,0
	БДН-3	2	3,0	6,0
	БУТС-1,0	4	1,0	4,0
	БЗСЛ-1,0	4	1,0	4,0
	ЗБТУ-1,0	4	1,0	4,0
	БДВП-4,2	2	4,2	8,4
	БДВП-6,3	1	6,3	6,3
Коток	ЗККШ-6	1	6,1	6,1
Культиватор	КПС-4	2	4,2	8,4
	КРН-5,6	2	5,6	11,2
	УСМК-5,4	1	5,4	5,4
Посівні і садильні машини				
Сівалка	Monopill S	3	6	18
	Optima TF profi HD	2	6	12
	Pöttinger TerraSem C6 Fertilizer	1	6	6
	СУПН-8	2	5,4	10,8
	СПЧ-6	1	4,2	4,2

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5
Машини для внесення і підживлення добривами				
Подрібнювач	ИСУ-4	1	-	-
	АИР-20	1	-	-
Розкидач органічних добрив	РОУ-5	2	6,0	12,0
	ПРТ-10	1	7,0	7,0
Розкидач мінеральних добрив	Amazone ZA-M 1001 Special	2	36	72
Розкидач рідких добрив	РЖТ-16	3	10,0	30,0
	РЖТ-16	2	12,0	24,0
Машини для хімічного захисту рослин				
Обприскувач	ОП-2000-2	2	-	-
	HARDI NAVIGATOR 3000	2	24	48
Агрегат для приготування розчину	АПЖ-12	1	-	-
	ПСШ-3	1	-	-
Протруювач	ПС-10	1	1	-
Транспортування розчину	ЗЖВ-3,2	1	-	-
Машини для збирання зерна				
Комбайн	Claas TUCANO 470	4	6,8	27,2
	Claas LEXION 760	3	7,7	23,1
Жатка	кукурудзяна Claas Conspeed 8	1	5,6	5,6
	соева Claas Maxflex 770	3	7,7	23,1
Копновоз	КУН-10	1	-	-
Волокуша	ВТУ-10	2	-	-
Фуражир	ФН-1,4	1	1,4	1,4
Стогосклад	ПФ-0,5	1	1,4	1,4
Машини для збирання силосних культур				
Комбайн	Claas Jaguar 940	2	5,6	11,2
Косарка	КПИ-2,1	1	2,1	2,1

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5
Машини для збирання цукрових буряків				
Комбайн	Holmer Terra dos t3	10	3	30
Навантажувач	Holmer Terra felis T2	5	—	—
Машини для збирання сіна				
Косарка	Wirax Z-069	1	1,35	1,35
	КТП-6М	1	6,0	6,0
	КС-2,1	1	2,1	2,1
	КРН-2,1	1	2,1	2,1
	КИР-1,5	1	1,5	1,5
Граблі	ГВК-6	1	6,0	6,0
Прес-підбирач	ПС-1,6	1	1,6	1,6
	ПСП-1,6	1	1,6	1,6
Інші машини				
Зчіпка	СГ-21	1	-	-
	СП-16	1	-	-
	СП-11	2	-	-
Тракторні причеи	785А	2	-	-
	1ПТС-4М	1	-	-
	2ПТС-4-887А	1	-	-
	ПЗ-0,8Б			
Змішувачі та навантажувачі міндобрив	СЗУ-20	1	-	-

Дані таблиці 1.3 свідчать, що ПП «Агро-Експрес-Сервіс» має необхідну та достатню кількість технічних засобів, які забезпечують виконання всіх основних механізованих процесів із вирощування сільськогосподарських культур.

Проведений аналіз структури тракторного парку підтверджує, що підприємство належним чином укомплектоване тракторами різних класів потужності, що дозволяє ефективно виконувати широкий спектр польових робіт.

Разом з тим, виявлено певний недолік – серед універсально-просапних тракторів наявні машини різних марок, що створює певні труднощі в їх технічному обслуговуванні та постачанні запасних частин (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Стан тракторного парку господарства

Марка трактора	К-ть тракторів фізичних	Ефективна потужність двигунів, кВт	Сумарна потужність двигунів, кВт	Тяговий клас / Категорія трактора за ISO
MT3-820	1	55,2	165,6	1,4
MT3-920	1	70,0	70,0	1,4
КИЙ-14102	2	77,2	154,4	1,4
ХТЗ-17221	2	147,0	294,0	6,0
Claas Axion 940	3	250,0	750,0	4
Claas Axion 820	2	135,0	270,0	3
Case IH Puma 210	1	156,0	156,0	4
Case IH Magnum 310	1	229,0	229,0	4
Разом	13	—	2089,0	—

У господарстві також функціонують кілька допоміжних об'єктів, що забезпечують безперебійну роботу виробничого процесу. До них належать: майстерня для ремонту та технічного обслуговування машин і сільськогосподарської техніки, резервуари для зберігання паливно-мастильних матеріалів, складський відділ для запчастин, майданчик для стоянки техніки, а також спеціально обладнаний бокс для зернозбиральних комбайнів.

Ремонтна майстерня підприємства складається з токарного, ковальського та зварювального відділів, а також має склад запасних частин. У технічне оснащення майстерні входять токарно-гвинторізний верстат, кран-балка, обдирочно-шліфувальний і свердильно-фрезерний верстати, інверторний зварювальний апарат, ковальський горн та інше необхідне обладнання.

Кожна з виробничих ділянок рослинницького напрямку (згідно з пунктом 1.1) має власну ремонтну базу для проведення поточних технічних робіт. Однак більш складні ремонти здійснюються у центральній майстерні ділянки № 1, план якої представлений на рисунку 1.8.

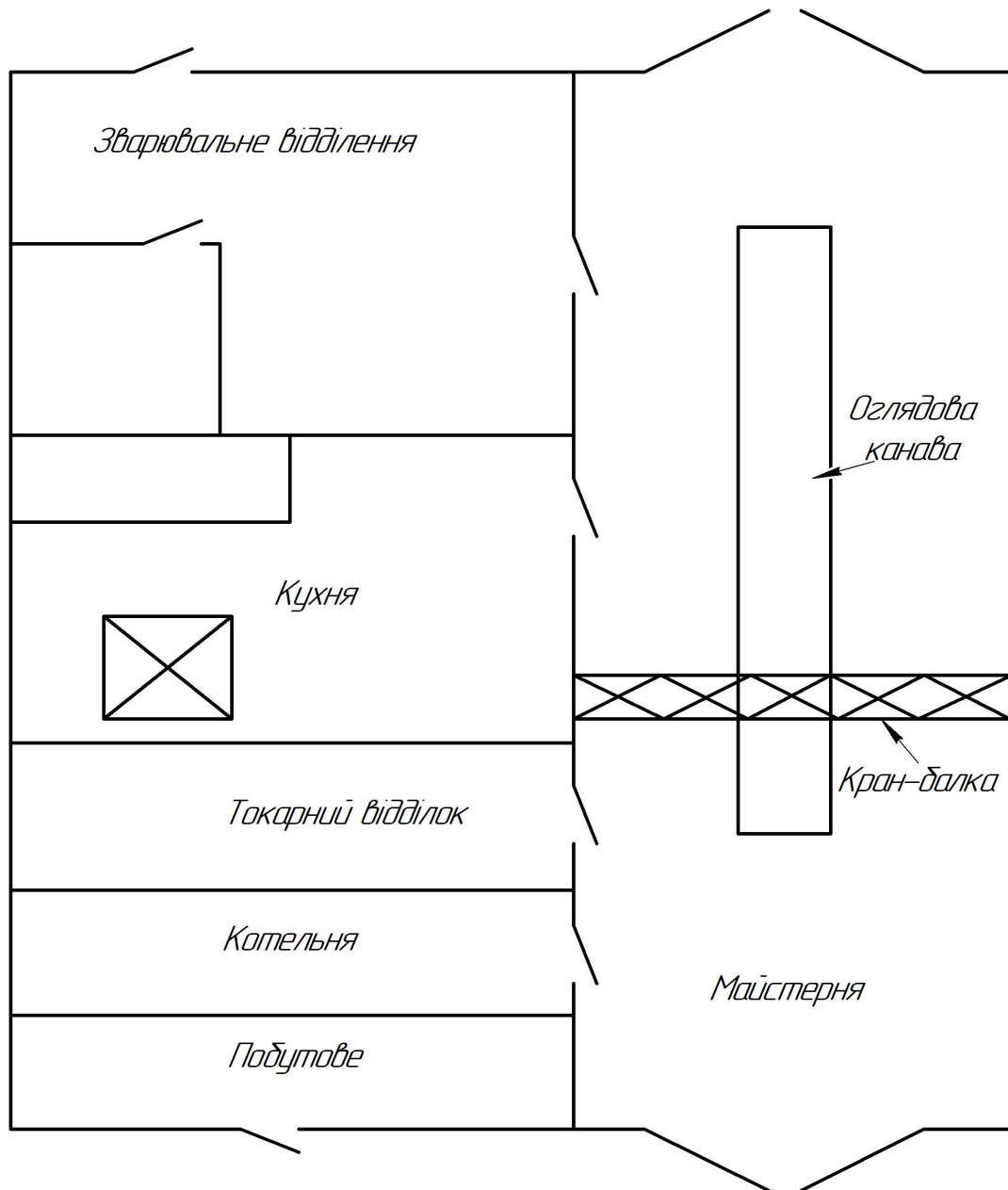


Рисунок 1.8 – План-схема ремонтної майстерні ділянки № 1 приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс»

У цій ремонтній майстерні наявне достатнє технологічне обладнання, яке забезпечує можливість виконання всіх необхідних поточних і відносно

нескладних ремонтних робіт. Перелік основних засобів оснащення подано в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Характеристики наявного технологічного обладнання в ремонтній майстерні приватного підприємства «Агро-Експрес-Сервіс»

№ з/п	Назва обладнання	Тип або модель	Коротка технічна характеристика	Площа обл., м ²	К-сть од.
1	2	3	4	5	6
1	Токарно-гвинторізальний верстат	1А616П	ВМЦ – 710 мм. Потужність привода – 4кВт. Габарити 2135х х910х1220	1,94	1
2	Верстат універсальний фрезерний	6Р82	Розміри стола 1250х320. Потужність привода – 7,5 кВт. Габарити 2260х х1565х1650	3,54	1
3	Універсальний заточний верстат	ЗМ 641	Діаметр круга – 400 мм. Потужність привода – 4 кВт. Габарити 1850х х1215х1400	2,25	1
4	Верстат обдирочно-шліфувальний	ЗБ634	Два круга діаметром 400 мм. Потужність привода – 5,6 кВт. Габарити 1000х х665х1230	0,66	1
5	Верстат вертикально-свердлильний	ГН-125	Найбільший діаметр свердла - 25 мм. Потуж-ність привода – 1,62 кВт. Габарити 1130х805х2200	0,91	1
6	Верстат настільно-свердлильний на підставці	ГМ-112	Найбільший діаметр свердла - 12 мм. Потуж-ність привода – 0,6 кВт. Габарити 730х355х820	0,26	1
7	Верстат ножовочно-обрізний	8Б72К	Найбільший діаметр металу – 250мм. Потуж-ність привода – 1,62 кВт. Габарити 1470х690х885	1,01	1
8	Прес гідравлічний 40 т	2135-1М	Максимальний хід штока – 250 мм, тиск в системі – 28 МПа, потужність привода – 2,2 кВт, габарити 1470х640х2090	0,94	1
9	Настільний прес на підставці	Р-324	Зусилля на плунжері – 8...100 кН, тиск насоса – 40 МПа, габарити 376х100х600	0,38	1
10	Кран мостовий однобалковий опорний	КМОО-10	Вантажопідйомність – 10 т. Висота підйому – 6 м. Проліт – 6 м.	–	1
11	Перетворювач для електродугової зварки	ПСО-300	Потужність привода – 31 кВт. Габарити 600х500х700	0,3	1

Продовження табл. 1.5

1	2	3	4	5	6
12	Трансформатор зварювальний	ТД-500	Потужність привода – 37 кВт. Габарити 720х570х840	0,41	1
13	Стіл електрозварювальний	P-506	Потужність привода – 0,8 кВт. Габарити 1185х750х1300	0,89	3
14	Зварювальний апарат інверторного типу	MOS Dnipro-M N 250 D	Споживана потужність – 8800 Вт. Сила струму апарату може регулюватися в значенні 20-250 А, Габарити 420х170х280	0,07	1
15	Напівавтомат інверторний	IGBT MIG/MMA Dnipro-M SAB-310	Потужність – 7200 Вт. Діаметр електроду/дроту – 1,6-4 мм/ 0,8-1,0мм. Габарити 540х340х300	0,18	1
16	Маска зварника автозатемнення	Dnipro-M WM-46	Призначення для зварювальних робіт – MMA, MIG, MAG/CO ₂ , TIG, CUT. Вага – 0,48 кг		2
17	Шафа інструментальна	Кресл. 896СБ Укроргавто–транс	Габарити 1000х550х1250	2,75	5
19	Прес з ручним приводом	ОКС-918	Тиск насоса – 40 МПа. Зусилля на плунжері – 8...10 кН. Габарити 450х370х600	0,17	1
21	Миюча ванна для деталей	К54СБ	Габарити 975х660х860 мм	0,63	1
22	Слюсарний верстак з лещатами	ОРГ-1468 01-060А	Габаритні розміри 1200х800х800	1,92	2
23	Інструментальна тумба	СД3715-02	Габаритні розміри 600х520х800	0,62	2
24	Стелаж для приладів і пристроїв	Власного виготовлення	Габаритні розміри 930х600х900	0,56	1
26	Компресор повітряний	Dnipro-M AC-100 VG	Потужність – 2200 Вт. Продуктивність – 600 л/хв. Робочий тиск – 8 Бар. Габарити – 1170х450х800	0,52	1
27	Компресор повітряний	Dnipro-M AC-50 V	Потужність – 2200 Вт. Продуктивність – 420 л/хв. Робочий тиск – 8 Бар. Габарити – 730х360х680	0,26	1

Підсумовуючи можна зробити висновок, що господарство відповідно до своєї спеціалізації та культур, які вирощуються, має в наявності увесь необхідний комплекс сільськогосподарських машин.

1.4. Агротехнічні особливості механізованого збирання сої

Механізоване збирання сої є вирішальним етапом технологічного процесу вирощування культури, оскільки саме на цьому етапі визначаються кінцеві показники урожайності, якості та схожості насіння. Ефективність процесу залежить від агротехнічної підготовки посівів, своєчасності виконання робіт і технічного стану збиральної техніки [11, 14, 22].

Підготовка посівів до збирання. Для забезпечення рівномірного дозрівання рослин та полегшення роботи збиральної техніки застосовують десикацію – обприскування посівів препаратами на основі диквату або гліфосату. Обробку проводять за 7–10 днів до планового збирання, коли побуріло 70–80% бобів. Це сприяє зниженню вологості зерна до оптимальних 14–16% і зменшує кількість зелених домішок у валках.

Строки та умови збирання. Оптимальний період для початку збирання настає, коли вологість насіння становить 13–15%, а боби повністю сухі. Затримка з початком робіт призводить до осипання бобів і втрат урожаю, тоді як надто раннє збирання викликає підвищену вологість і пошкодження насіння при обмолоті. Найсприятливіші погодні умови – суха, сонячна погода з температурою повітря +18...+25 °С і відносною вологістю не вище 60%.

Технічні засоби для збирання. Під час збирання врожаю особливу увагу приділяють правильному вибору висоти зрізу рослин, оптимальній частоті обертання мотовила та точному розташуванню молотильно-сепарувальних органів. За даними науковців, у нижніх частинах стебел сої, на висоті 5 см від поверхні ґрунту, міститься до 2% урожаю, тоді як на висоті 9 см – близько 10%. Тому для мінімізації втрат рекомендується зрізати рослини на рівні 4–6 см. Для цього на вітчизняних комбайнах ріжучий апарат жниварки опускають у найнижче положення та вирівнюють його паралельно до поверхні поля, одночасно регулюючи копіювальні башмаки. У комбайнах

іноземного виробництва копіювання рельєфу поля відбувається автоматично завдяки роботі сенсорних датчиків і гідравлічної системи.

Частота обертання мотовила повинна бути такою, щоб колова швидкість перевищувала лінійну швидкість руху машини приблизно на 50–60%. Окрім цього, контролюють стан жалюзі, подовжувача, регулюють повітряний потік та положення решіт. Для зменшення осипання насіння на планки мотовила доцільно встановлювати гумові накладки, які сприяють зниженню втрат урожаю.

Важливе значення має і правильний режим роботи молотильного барабана, що залежить від вологості насіння під час збирання. Встановлено, що неправильне регулювання молотильного апарата може спричинити пошкодження насіння сої на рівні 20-25%, а мікротравмування – до 30%. Тому при вологості 10-15% частота обертання барабана повинна становити 400-650 об./хв, а при 16-24% – 600-800 об./хв. У вітчизняних комбайнах для забезпечення м'якого обмолоту часто замінюють пасовий привід барабана на ланцюговий. Зазори у підбарабанні встановлюють наступним чином: для сухої маси на вході – 30-38 мм, на виході – 20-26 мм; для вологої – 26-34 і 12-20 мм відповідно, з постійним контролем якості обмолочування. Робоча швидкість комбайна під час збирання сої повинна бути в межах 5-6 км/год.

Збирання врожаю здійснюють у фазі повної стиглості насіння, коли його вологість становить 14-16%. Основними ознаками цього стану є опадання листя, побуріння бобів і відставання насіння від стулок. Якщо такі боби струсити, чути характерне сухе торохтіння.

Як правило, сою збирають прямим комбайнуванням, а строки проведення робіт повинні бути максимально короткими, адже саме від цього залежить як кількість, так і якість отриманого врожаю. При тривалих періодах вологої прохолодної погоди насіння може загнивати, а за тривалих спекотних умов – боби розтріскуються, що призводить до втрат урожаю.

Збирання сої проводять прямим комбайнуванням або двофазним способом (зі скошуванням у валки). Основною машиною є зернозбиральний комбайн, оснащений спеціальною жаткою для низькорослих культур [11, 22].

До сучасних високоефективних комбайнів, що застосовуються для збирання сої, належать:

- John Deere W540, T550, S770 – оснащені системою *AutoTrac* для автоматичного водіння та *Flex Draper* жатками, що повторюють рельєф поля;

- CLAAS LEXION 5400, 7700 – мають адаптовану систему обмолоту APS SYNFLOW та жатки *Vario* або *Convio Flex* із плаваючим ножем, що забезпечує мінімальну висоту зрізу (4–5 см);

- New Holland CX5.90, CR9.90 – обладнані двома роторами *Twin Rotor*, які забезпечують дбайливий обмолот насіння та мінімальні пошкодження;

- Fendt IDEAL 7–9 – сучасна автоматизована серія з системою контролю втрат *IDEALHarvest*.

Серед вітчизняних моделей ефективно використовуються:

- Дніпро-350 та «Славутич» – з модернізованими жатками;

- «Лан» – оснащений жаткою для низькорослих культур і здатний забезпечити висоту зрізу 5–7 см.

Для збирання сої на невеликих площах або в умовах нерівного рельєфу також застосовують навісні жатки з гнучким ножем, що агрегатуються з універсальними комбайнами.

Агротехнічні вимоги до якості збирання. До основних показників якості механізованого збирання сої належать:

- втрати зерна – не більше 1,5–2,0% від загального врожаю;
- вміст домішок після обмолоту – не більше 3%;
- пошкодження насіння – не більше 2%;
- вологість зерна – не вище 15%.

Для дотримання зазначених вимог проводять відповідне регулювання комбайна [11, 14, 22]:

- частота обертання барабана – 400–500 об/хв;
- зазор у молотильному апараті – 25–35 мм;
- швидкість руху – 3,5–5,0 км/год залежно від густоти стояння рослин.

Дотримання цих параметрів забезпечує мінімальні втрати та збереження посівних якостей насіння.

Післязбиральна обробка. Зібране насіння піддають очищенню, сушінню та калібруванню. Сушіння проводять у шахтних або барабанних сушарках при температурі агента сушіння не вище 40 °С, щоб уникнути зниження схожості насіння. Остаточна вологість для зберігання становить 12-13%. Після доробки сою зберігають у вентильованих сховищах або силосах із системою контролю температури та вологості.

Висновки до розділу 1

1. Приватне підприємство «Агро-Експрес-Сервіс» є багатогалузевим сучасним агропідприємством, діяльність якого охоплює вирощування зернових, технічних і кормових культур, тваринництво та переробку сільськогосподарської продукції. Підприємство має дев'ять виробничих ділянок, розташованих у трьох областях України, що забезпечує зручну логістику та ефективну організацію виробничих процесів.

2. Земельний фонд підприємства перевищує 34 тис. га, із яких понад 50 % зайнято зерновими культурами, а близько 30 % – технічними, зокрема цукровим буряком. Така структура посівних площ сприяє підвищенню рентабельності господарства та формуванню сталого виробничого потенціалу.

3. Машинно-тракторний парк підприємства укомплектований сучасною технікою вітчизняного та іноземного виробництва, що забезпечує виконання всіх видів механізованих робіт. Особливу увагу приділено наявності спеціалізованого обладнання для ґрунтообробки, сівби, внесення добрив, збирання зернових і технічних культур, а також потужній ремонтній базі, оснащеній необхідними верстатами та інструментами.

4. Аналіз агротехнічних особливостей механізованого збирання сої показав, що ефективність процесу значною мірою залежить від дотримання строків збирання, висоти зрізу рослин (4-6 см), правильного регулювання параметрів комбайна (частота обертання барабана 400-650 об/хв, швидкість руху 3,5-6 км/год) і якості підготовки посівів до десикації. Виконання цих умов дозволяє мінімізувати втрати та зберегти посівні якості насіння.

5. Підприємство демонструє високий рівень технічної, організаційної та технологічної культури виробництва, що забезпечує стабільне підвищення урожайності основних культур, розвиток тваринництва та нарощування виробничих потужностей. Це створює передумови для подальшого вдосконалення виробничої структури, підвищення ефективності використання ресурсів і конкурентоспроможності на аграрному ринку.

2. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБИРАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

2.1. Загальні положення про транспортне забезпечення збирання сої

Збирання сої є одним із найвідповідальніших етапів технологічного циклу виробництва, адже від його своєчасності та організації залежить обсяг збереженого врожаю і рентабельність виробництва. У процесі збирання врожаю важливо забезпечити безперервність роботи комбайнів, що неможливо без ефективної організації транспортного забезпечення. Затримки транспорту спричиняють простої збиральної техніки, підвищують втрати зерна, збільшують витрати пального і трудові затрати [3, 6, 14, 17].

Транспортне забезпечення – це комплекс технічних, організаційних і технологічних рішень, спрямованих на своєчасне вивезення зерна з поля та його доставку до місця первинної обробки або зберігання.

До основних завдань транспортного забезпечення належать:

- забезпечення ритмічності роботи комбайнів;
- мінімізація втрат часу і продукції під час перевезення;
- раціональне використання транспортних засобів;
- зменшення експлуатаційних витрат і собівартості перевезень;
- покращення екологічних характеристик транспорту за рахунок оптимізації маршрутів і скорочення холостих пробігів.

Процес транспортування зерна від поля до пункту приймання є невід’ємною частиною технологічного ланцюга «комбайн-транспорт-склад».

Злагоджена робота всіх елементів цієї системи дає змогу досягти високої продуктивності праці. Взаємодія підсистем показана на схемі 2.1 (див. рисунок).

У ПП «Агро-Експрес-Сервіс» для транспортування зерна сої застосовують автомобілі вантажопідйомністю 8-12 т (зокрема, МАЗ-5337, КамАЗ-5320), що працюють у парі з двома-трьома комбайнами. Оптимальне співвідношення кількості транспортних одиниць до комбайнів становить 1:2 або 1:3 залежно від урожайності та відстані перевезення.

Ефективність транспортної системи залежить від великої кількості факторів, які можна поділити на чотири основні групи:

1. Технічні фактори:

- тип транспортного засобу (автомобіль, трактор із причепом, зерновоз);
- вантажопідйомність і швидкість руху;
- технічний стан машин;
- витрати палива;
- ступінь зношення шин і агрегатів.

2. Організаційні фактори:

- схема руху транспортних засобів;
- кількість транспортних одиниць;
- відстань від поля до пункту розвантаження;
- тривалість циклу «завантаження-рух-розвантаження»;
- рівень координації дій комбайнерів і водіїв.

3. Природно-виробничі фактори:

- рельєф і стан ґрунту;
- погодні умови (вологість, температура);
- конфігурація поля та розміщення польових доріг;
- урожайність культури.

4. Людський фактор:

- досвід і кваліфікація водіїв;
- дисципліна праці;
- умови мотивації та оплати праці.

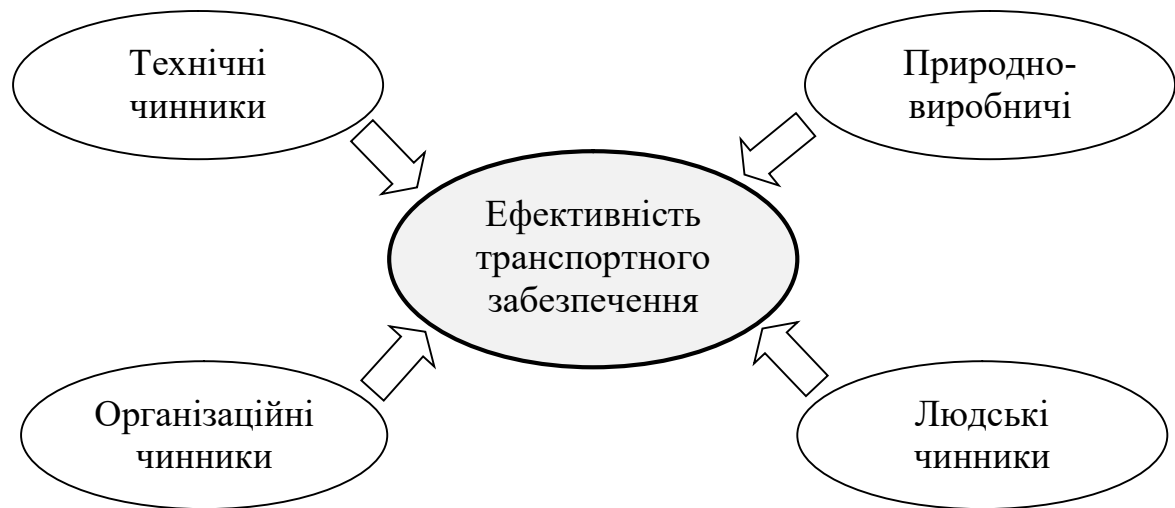


Рисунок 2.1 – Чинники, що визначають ефективність транспортного забезпечення

Раціональне поєднання цих факторів дозволяє суттєво підвищити продуктивність транспорту та скоротити простої комбайнів [2, 3, 24, 25].

Для оцінювання ефективності організації транспортних процесів використовуються такі показники:

- Продуктивність транспортного засобу (Q).
- Коефіцієнт використання змінного часу (K_1).
- Коефіцієнт синхронізації роботи транспорту і комбайнів (K_2).
- Собівартість перевезення 1 т зерна (C)

Для визначення ефективності транспортного забезпечення використовують такі показники:

- Продуктивність транспортних засобів, т/год або т·км/год;
- Коефіцієнт використання часу роботи транспорту (відношення часу в русі до загального часу зміни);
- Коефіцієнт синхронізації з комбайнами, що показує узгодженість роботи транспортних одиниць із темпом збирання;
- Втрати часу через простої комбайнів або транспорту;
- Енергоємність перевезення, кВт·год/т;

- Собівартість транспортної роботи, грн/т.

Для удосконалення транспортного процесу доцільно застосовувати моделювання взаємодії транспортних засобів і комбайнів, що дозволяє [2, 24]:

- визначити оптимальну кількість транспортних одиниць;
- скоротити простої комбайнів;
- зменшити загальні витрати на транспортування.

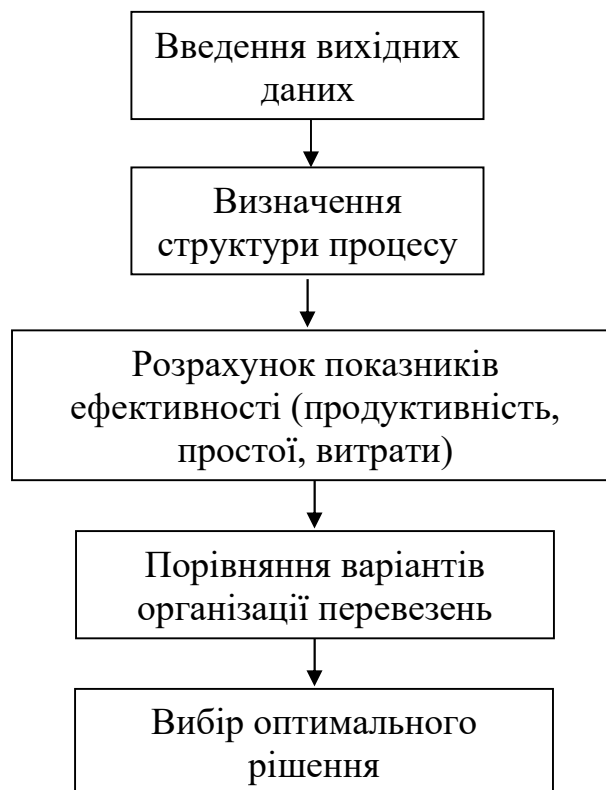


Рисунок 2.2 – Узагальнений алгоритм оцінки ефективності транспортного забезпечення

У сучасних агротехнологіях ефективність транспортного забезпечення підвищується за рахунок:

- застосування математичних моделей і симуляцій логістичних процесів;
- GPS-моніторингу руху техніки;

- використання систем управління агровиробництвом (Farm Management Systems) для координації комбайнів і транспорту;
- оптимізації маршрутів руху (за методом найкоротших шляхів або мінімальних витрат);
- автоматизації обліку врожаю та часу виконання операцій.

Математичне моделювання транспортного процесу дозволяє знаходити оптимальну кількість транспортних засобів для конкретних польових умов. При цьому враховуються [2, 24]:

- продуктивність комбайнів;
- середня відстань до пункту приймання;
- тривалість завантаження і розвантаження;
- пропускна здатність польових доріг.

Моделювання може базуватися на методах:

- систем масового обслуговування, де комбайни виступають як джерела надходження вантажів, а транспорт – як обслуговуюча ланка;
- оптимізації маршрутів – для мінімізації часу або витрат;
- імітаційного моделювання (наприклад, у програмі Excel, Python або MATLAB Simulink) – для аналізу взаємодії комбайнів і транспорту в реальному часі.

Сучасні агропідприємства, такі як ПП «Агро-Експрес-Сервіс», все частіше використовують цифрові технології:

- GPS-системи моніторингу транспорту, що відстежують рух і простой;
- Farm Management Systems (наприклад, Cropio, OneSoil, AgroOffice) – для координації комбайнів і транспорту;
- аналітичні панелі (Power BI, QGIS), які дозволяють візуалізувати маршрути і швидкість перевезень;
- мобільні застосунки для обліку часу роботи та заповнення журналів перевезень.

Це забезпечує точний контроль, скорочує витрати пального та сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень.

Отже, підвищення ефективності транспортного забезпечення можливе за умови:

1. застосування науково обґрунтованих методів розрахунку кількості транспортних одиниць;
2. оптимізації маршрутів перевезень;
3. синхронізації роботи транспортних і збиральних агрегатів;
4. використання цифрових систем моніторингу;
5. впровадження моделювання транспортних потоків у процесі планування збирання сої.

Застосування цих підходів дозволяє мінімізувати простої, зменшити собівартість перевезення зерна та забезпечити стабільний технологічний ритм збирання врожаю.

2.2. Системний аналіз і синтез функціонування збирально-транспортного комплексу

Будь-який машинний комплекс господарства, зокрема й збирально-транспортний комплекс (ЗТК), слід розглядати як складну виробничу систему з низкою характерних особливостей. До таких особливостей належить, насамперед, сезонність роботи – період його функціонування обмежується часом проведення збиральних робіт, у даному випадку – тривалістю досягання сої.

Ще однією важливою особливістю є те, що в інші періоди року окремі елементи цієї системи (зокрема, комбайни та транспортні засоби) працюють автономно, виконуючи інші виробничі завдання. Варто також враховувати, що процес функціонування ЗТК є лише частково керованим, тому особливого значення набуває етап планування його роботи. Для

забезпечення ефективності цього етапу – зокрема, при складанні плану роботи ЗТК на наступний сезон – необхідно володіти відповідними знаннями щодо організації та управління технологічними процесами.

Для дослідження роботи ЗТК з позицій системного підходу достатньою основою є поля, на яких підприємство планує вирощування та подальше збирання сої. Таким чином, зазначені площі доцільно включити до складу виробничої системи збирання сої (ВСЗС).

До основних складових ВСЗС належать [2, 20, 24]:

1. поля з посівами сої, на яких працює ЗТК;
2. збиральні комбайни;
3. транспортні засоби;
4. оператори комбайнів і водії транспортних машин;
5. інженерно-технічний персонал і мобільні машини технічного обслуговування;
6. заправні станції (як мобільні, так і стаціонарні);
7. зерноприймальні пункти.

За своїм функціональним призначенням ці елементи можна поділити на дві основні підсистеми: структуру виробничо-транспортну (ВТС) та структуру технічного сервісу (СТС) (рис. 2.3).

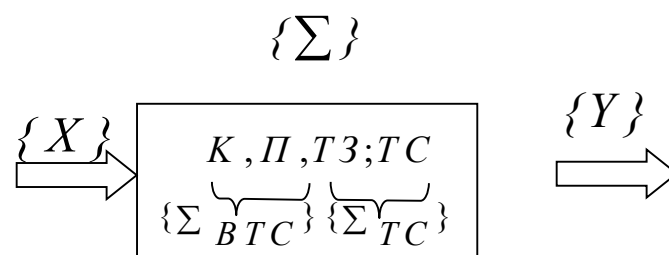


Рисунок 2.3 – Функціональні складові виробничої системи збирання сої: $\{\Sigma_{ВТС}\}$, $\{\Sigma_{ТС}\}$ – множини параметрів виробничо-транспортної структури та структура технічного сервісу; $\{X\}$, $\{Y\}$ – відповідно множини вхідних чинників та вихідних характеристик.

Окрім наведених функціональних складових, у процесі роботи виробничої системи беруть участь й інші елементи, однак у межах цієї магістерської роботи вони детально не розглядаються [2, 20, 24].

Також варто зазначити, що до входних чинників виробничої системи збирання сої (ВСЗС) належать площі окремих полів, їх просторове розташування, агрокліматичні умови та інші фактори, які впливають на ефективність роботи системи. Параметри цієї системи визначають її структуру, принципи функціонування та взаємодію між складовими елементами. Водночас характеристики системи мають відображати результати її діяльності.

Виокремлення у досліджуваній системі таких множин, як $\{X\}$, $\{\Sigma\}$ і $\{Y\}$ дає можливість надалі виконати аналіз і синтез системи. Основним завданням етапу аналізу є встановлення залежності між характеристиками системи $\{Y\}$ та її параметрами $\{\Sigma\}$ за умови сталості впливу зовнішніх чинників $\{X\}$ [2, 20, 24]:

$$\{Y\} = f\{\Sigma\}, \text{ за умови } \{X\} = \text{const}. \quad (2.1)$$

Відповідно, завдання етапу синтезу полягає у визначенні оптимальних значень параметрів системи за наявних зовнішніх чинників, а також у встановленні таких характеристик, які забезпечують найефективніше функціонування виробничої системи. Метою синтезу є досягнення узгодженості між структурними, технологічними та організаційними елементами, що дозволяє мінімізувати втрати часу, ресурсів і забезпечити максимальну продуктивність збирально-транспортного комплексу.

$$\{\Sigma\} \rightarrow \text{opt}, \text{ за умови } \{X\} = \text{const}, \{Y\} \rightarrow \text{extr}. \quad (2.2)$$

Отже, можна зробити висновок, що застосування системного підходу до дослідження виробничої системи збирання сої (ВСЗС) дає змогу чітко визначити основну інженерну задачу та окреслити можливі шляхи її розв'язання. У межах цієї магістерської роботи розглядається лише одна конкретна задача – узгодження функціонування транспортного забезпечення

з роботою збиральних комбайнів, що є ключовим чинником підвищення ефективності процесу механізованого збирання.

2.3. Організаційні-технологічні особливості формування збирально-транспортного комплексу

Перед формуванням збирально-транспортного комплексу (ЗТК) необхідно провести підготовчі заходи, які включають: визначення стану культури (у даному випадку – сої) на полях, де планується проведення збиральних робіт; оцінку обсягів запланованих робіт; а також збирання інформації щодо кількісного складу та технічних характеристик машин, що будуть залучені до процесу механізованого збирання.

Тривалість збирання сої не повинна перевищувати 7–8 днів, оскільки подовження цього терміну призводить до суттєвих втрат урожаю. Уже на 11-й день втрати насіння можуть становити 10-14 %, а за несприятливих погодних умов – сягати до 18 % [11, 14, 22].

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва найбільш прогресивною формою організації використання машин у процесі збирання зернових і технічних культур є створення збирально-транспортних комплексів. Такі комплекси формуються як тимчасові організаційні об'єднання – внутрішньогосподарські або міжгосподарські – на період проведення збиральних робіт. У міжгосподарській формі ЗТК може бути створений шляхом кооперації техніки кількох підприємств.

Кількість збиральних комбайнів у складі комплексу залежить від природно-кліматичних і виробничих умов. Зокрема, у господарствах Поліської зони та західного регіону зазвичай працюють комплекси з 3-5 комбайнів, у Лісостепу – 6-8, а в південних областях України – 8-10 машин.

Важливо відзначити, що найуразливішою ланкою технологічного ланцюга збирально-транспортного процесу є узгодження роботи комбайнів і транспортних засобів. На практиці нерідко спостерігаються такі ситуації:

1. комбайни простоюють у полі через відсутність або затримку транспорту;
2. транспортні засоби очікують завершення завантаження бункерів комбайнів.

Як свідчать результати практичних спостережень, рівень ефективного використання комбайнів навіть у найкращих господарствах становить лише 60–80 % від загального часу зміни. Дані щодо завантаження збирально-транспортного комплексу та особливостей його функціонування за різних організаційних схем перевезення наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Типові способи організації збирально-транспортного комплексу [11, 14, 22]

Схема перевезення зерна	Особливості організації праці та використання транспортних засобів	Коефіцієнт використання робочого часу	
		комбайнів	транспортних засобів
1	2	3	4
Комбайн - транспортний засіб - тік	Індивідуальне закріплення транспортних засобів за комбайнами	0,5-0,55	0,40-0,45
Комбайн - транспортні засоби - тік	Групова робота: кожний транспортний засіб приймає зерно від будь-якого комбайна	0,55-0,60	0,40-0,50
Комбайн - автомобіль, транспортний причіп - тік	Зерно вивантажується в автомобіль і тракторний причіп; автомобіль відвозить зерно на тік; трактор відвозить завантажений причіп на дорогу	0,60-0,67	трактори 0,60-0,75 автомобілі 0,50-0,60

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Комбайн» самохідний накопичувальний бункер, автомобіль - тік	Зерно вивантажується в автомобіль і в самохідний накопичувальний бункер, з якого перевантажується в автомобіль і відвозиться на тік	0,60-0,65	0,60-0,65
Комбайн - стаціонарний накопичувальний бункер- автомобіль - тік	Зерно вивантажується в стаціонарний накопичувальний бункер, звідки воно перевантажується в автомобіль і відвозиться на тік	0,60-0,65	0,60-0,70
Комбайн - транспортний причіп - тік	Зерно вивантажується в тракторний причіп, встановлений у місці завантаження і відвозиться автомобілем на тік	0,70-0,75	0,60-0,80

Аналіз даних, наведених у таблиці 2.2, показує, що підвищення рівня зайнятості збиральних комбайнів на 15–20 %, а транспортних засобів – на 20–30 % є цілком досяжним за умови оптимізації транспортного забезпечення процесу збирання. Зокрема, позитивного ефекту можна досягти, якщо поряд із автомобільним транспортом у перевезеннях зерна будуть задіяні трактори з причепами. Крім того, включення до транспортної схеми накопичувального бункера дає можливість скоротити простої техніки, забезпечити безперервність процесу розвантаження комбайнів і підвищити загальну продуктивність збирально-транспортного комплексу. [3, 19, 24].

Висновки до розділу 2

1. Транспортне забезпечення є ключовою складовою збирального процесу, від якої залежить безперервність роботи комбайнів, мінімізація втрат врожаю та зниження собівартості зерна. Його ефективність визначається технічними, організаційними, природно-виробничими та людськими чинниками, раціональне поєднання яких забезпечує стабільний ритм роботи збиральної техніки.

2. Оптимізація транспортного забезпечення базується на використанні системного підходу, який передбачає розгляд збирально-транспортного комплексу (ЗТК) як єдиної виробничої системи. Такий підхід дозволяє встановити взаємозв'язки між підсистемами комбайнів, транспорту, технічного сервісу та персоналу, що дає змогу узгодити їхню роботу та підвищити загальну продуктивність.

3. Організаційно-технологічні рішення при формуванні ЗТК мають вирішальний вплив на рентабельність збирання сої. Оптимальне співвідношення комбайнів і транспортних засобів (1:2 або 1:3) забезпечує повну синхронізацію процесів «комбайн-транспорт-тік». Дослідження показують, що застосування накопичувальних бункерів та комбінованих схем перевезень підвищує коефіцієнт використання техніки на 15–30 %.

4. Удосконалення транспортного процесу повинно ґрунтуватися на поєднанні технічних і організаційних інновацій. Це передбачає оптимізацію маршрутів руху транспорту, автоматизацію обліку перевезень, впровадження адаптивних систем управління й моделювання потоків. Реалізація таких підходів дає змогу мінімізувати простой, знизити собівартість перевезень і забезпечити високий рівень технологічної дисципліни у збиранні врожаю.

3. МЕТОДИКА ВИРОБНИЧИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА ЇХ МАТЕМАТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

3.1. Основні принципи статистичних спостережень

Раціональна організація транспортного забезпечення під час механізованого збирання сої потребує точного аналізу виробничих процесів, обсягів перевезень, продуктивності техніки та впливу різних факторів на ефективність логістичних операцій. Для цього використовують методи статистичних спостережень, які є базою для подальшого узагальнення, моделювання та оптимізації транспортних процесів у господарстві ПП «Агро-Експрес-Сервіс» Дубенського району Рівненської області.

Сутність та мета статистичних спостережень

Статистичне спостереження – це науково організований процес збирання первинних даних про масові явища і процеси, які відбуваються в господарській діяльності підприємства. Його метою є отримання достовірної, повної та систематизованої інформації про кількісні характеристики виробничих процесів і їх якісні особливості [1, 8, 9].

У сфері агроінженерії статистичні спостереження дають змогу:

- оцінити ефективність використання транспортних засобів при перевезенні сої від комбайнів до пунктів приймання;
- визначити простої машин у процесі збирання;
- виявити резерви підвищення продуктивності праці та зниження експлуатаційних витрат;
- забезпечити основу для планування потреб у техніці та паливно-мастильних матеріалах.

Основні принципи статистичних спостережень

Під час організації статистичних спостережень необхідно дотримуватись таких основних принципів [1, 8, 9]:

1. Наукова обґрунтованість – спостереження повинно базуватись на чітко визначеній програмі, наукових підходах і стандартизованих методах збору інформації.–
2. Систематичність і безперервність – дані збираються регулярно протягом усього періоду спостереження, що забезпечує можливість відстеження динаміки показників.
3. Об'єктивність – отримані результати повинні відображати реальний стан процесів, без впливу суб'єктивних оцінок виконавців.
4. Достовірність і точність – усі вимірювання проводяться за допомогою повірених приладів і стандартизованих методик.
5. Репрезентативність – спостереження мають охоплювати достатню кількість одиниць, щоб результати можна було поширити на всю генеральну сукупність.
6. Порівнянність – показники мають бути виміряні за єдиними одиницями та методами у просторі й часі.
7. Оперативність – збирання та оброблення даних повинні проводитись у такі строки, щоб інформація залишалась актуальною для управлінських рішень.

У контексті магістерського дослідження в ПП «Агро-Експрес-Сервіс» статистичні спостереження проводились для оцінки параметрів транспортного процесу під час збирання сої: тривалості рейсів, часу простою, навантаження автомобілів, середньої продуктивності за зміну та впливу погодних і організаційних факторів на ритмічність перевезень.

Програма та організація спостереження

Для забезпечення достовірності результатів розробляється програма спостереження, що включає:

- мету та об'єкт дослідження (транспортний процес під час збирання сої);

- перелік показників, які підлягають реєстрації (час завантаження, тривалість рейсу, витрати пального, тоннаж перевезеного вантажу, кількість рейсів за зміну);
- способи вимірювання (хронометраж, технічні журнали, дані GPS-навігації, облікові форми підприємства);
- період спостереження (збирання врожаю сої 2024 року);
- виконавців (механізатори, диспетчери, інженер з експлуатації машин).

Організаційний план передбачає узгодження часу проведення спостережень, форми запису первинних даних та порядок контролю їх точності [1, 8, 9].

Оскільки суцільне спостереження (тобто охоплення всіх рейсів і машин протягом усього періоду) є трудомістким і затратним, у практиці агроінженерних досліджень часто використовують вибірконе спостереження.

Вибірка – це частина генеральної сукупності, відібрана для дослідження з метою отримання характеристик, які можна поширити на всю сукупність об'єктів.

Основні види вибірок, які застосовуються у дослідженнях транспортного процесу:

1. Випадкова вибірка – кожна одиниця має однакову ймовірність потрапити до вибірки. Використовується для оцінки середніх показників (наприклад, середнього часу рейсу або витрати пального).
2. Механічна вибірка – об'єкти відбирають через певний інтервал (наприклад, кожний третій рейс або кожен другий автомобіль).
3. Систематична вибірка – передбачає формування упорядкованого списку і відбір одиниць за визначеною закономірністю.
4. Серійна (групова) вибірка – об'єктами відбору є цілі групи (наприклад, вибір певних днів збирання або окремих полів).

5. Типова вибірка – формується з урахуванням структурних особливостей генеральної сукупності (наприклад, розподіл транспортних засобів за вантажопідйомністю або маркою автомобіля).
6. Комбінована вибірка – поєднання кількох методів для досягнення більшої точності результатів.

Під час дослідження транспортного забезпечення у ПП «Агро-Експрес-Сервіс» доцільно застосувати типову вибірку, у якій одиницями спостереження виступають рейси автомобілів різних марок і вантажопідйомності. Такий підхід дозволяє оцінити вплив технічних характеристик транспорту на середню продуктивність, паливну економічність і коефіцієнт використання часу зміни.

Щоб отримані результати можна було узагальнити на всю генеральну сукупність, вибірка повинна бути репрезентативною. Це досягається за рахунок [1, 8, 9]:

- достатнього обсягу вибірки (не менше 10–20% від сукупності рейсів або машин);
- правильного розподілу об'єктів за ознаками (тип транспорту, умови роботи, відстань перевезень);
- контролю за похибкою вибірки, що не повинна перевищувати 5%.

Перевірку достовірності отриманих вибірових даних здійснюють шляхом порівняння середніх і відносних величин із відповідними показниками генеральної сукупності або нормативними даними.

Таким чином, статистичні спостереження та правильно організована система вибіркового відбору є основою для подальшого аналізу ефективності транспортного процесу під час збирання сої. Вони забезпечують отримання достовірної інформації, необхідної для побудови моделей оптимізації транспортних потоків і підвищення загальної продуктивності механізованих робіт у ПП «Агро-Експрес-Сервіс».

3.2. Методика оброблення та узагальнення статистичних даних при аналізі транспортного процесу

Після проведення статистичних спостережень важливим етапом є оброблення, узагальнення та аналіз отриманих даних, що дає змогу виявити закономірності у функціонуванні транспортної системи, визначити вплив окремих факторів на ефективність перевезень та обґрунтувати напрями їх оптимізації. У дослідженні, проведеному в ПП «Агро-Експрес-Сервіс» Дубенського району Рівненської області, оброблення статистичних матеріалів спрямоване на оцінювання показників продуктивності, використання транспорту та витрат пального під час перевезення сої.

Основною метою статистичного опрацювання є перетворення первинних спостережень на систему узагальнених показників, що характеризують сутність досліджуваних процесів.

До основних завдань обробки даних належать [1, 8, 9]:

- перевірка правильності та повноти первинних записів;
- групування показників за технічними та організаційними ознаками;
- розрахунок середніх, відносних та варіаційних величин;
- побудова динамічних рядів і виявлення тенденцій;
- оцінка взаємозв'язку між факторами, що впливають на результативність транспортного процесу.

1. Підготовчий етап – включає перевірку коректності та повноти даних, усунення помилок запису, заповнення пропусків.

2. Групування даних – розподіл одиниць спостереження за певними ознаками (марка автомобіля, вантажопідйомність, довжина маршруту, час рейсу, обсяг перевезень).

3. Розрахунок узагальнених показників – обчислення середніх значень, варіаційних характеристик і коефіцієнтів ефективності.

4. Порівняльний аналіз – співставлення результатів між різними групами транспортних засобів, умовами або періодами часу.

5. Графічне подання результатів – побудова таблиць, діаграм, гістограм і кореляційних полів для наочного відображення залежностей.

Для виявлення закономірностей у транспортному процесі застосовують такі статистичні методи [1, 8, 9]:

1. Групування – дозволяє систематизувати масові дані за суттєвими ознаками. Наприклад, групування автомобілів за вантажопідйомністю (до 5 т, 5–10 т, понад 10 т) чи за середнім часом рейсу (до 25 хв, 25–35 хв, понад 35 хв) дає змогу оцінити вплив технічних характеристик на продуктивність перевезень.

2. Середні величини – узагальнюють показники для групи спостережень.

Основні середні, що використовуються у дослідженні:

- середній час рейсу, хв;
- середня кількість рейсів за зміну;
- середня продуктивність автомобіля, т·км/зм;
- середня витрата пального на 100 км пробігу.

Розрахунок середніх величин здійснюється за формулами середньої арифметичної простої або зваженої, залежно від обсягу вибірки та неоднорідності даних.

3. Відносні величини – показують співвідношення між двома явищами, наприклад:

- коефіцієнт використання змінного часу;
- коефіцієнт використання вантажопідйомності;
- рівень простоїв транспорту (% до загального часу роботи).

4. Показники варіації – характеризують ступінь коливання досліджуваних показників.

Для цього використовують дисперсію, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації. Значення коефіцієнта варіації до 10%

свідчить про однорідність сукупності, а понад 20% – про значні відмінності в умовах роботи машин.

5. Кореляційно-регресійний аналіз – застосовується для виявлення впливу окремих факторів (довжини маршруту, вантажопідйомності, кількості рейсів) на результативний показник, наприклад, продуктивність перевезень.

Для оцінки тісноти зв'язку між ознаками розраховується коефіцієнт кореляції (r), який може набувати значень від -1 до +1 [1, 8, 9, 26].

Значення $r \geq 0,7$ вказує на сильну залежність, $0,4 \leq r < 0,7$ – середню, а менше 0,4 – слабку.

Для оцінки зміни ефективності транспортного процесу у часі будують ряди динаміки, у яких аналізуються показники за кілька змін або днів збирання. Це дозволяє:

- виявити коливання обсягів перевезень залежно від інтенсивності роботи комбайнів;
- оцінити вплив погодних умов на час рейсу;
- встановити стабільність роботи транспортних ланок.

На основі отриманих рядів обчислюються темпи зростання (T_z) та темпи приросту (T_p), які характеризують зміну показників у динаміці.

Отримані у ході обробки статистичні показники слугують основою для побудови оптимізаційних моделей транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої.

Отже, застосування методів статистичної обробки та узагальнення даних забезпечує науково обґрунтоване оцінювання ефективності транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої. Це створює основу для підвищення продуктивності використання машинно-транспортного парку, зниження собівартості перевезень і вдосконалення логістичної системи господарства.

3.3. Методика збору статистичних даних та оцінення ймовірності середньої технічної швидкості руху автомобілів

У процесі проєктування транспортного забезпечення механізованого збирання сої використовується значна кількість вхідних даних. Зазвичай вони беруться з довідкових джерел, технічної документації або отримуються шляхом опитування експертів. Проте такі дані часто мають опосередкований характер і не завжди точно відображають умови експлуатації конкретного господарства, а іноді можуть бути й застарілими.

Одним із важливих параметрів, що потребує уточнення, є швидкість руху автомобіля, оскільки вона залежить від стану дорожнього покриття, коефіцієнта кривизни доріг, рельєфу місцевості та інших чинників, які можуть істотно відрізнятися в різних господарствах.

У зв'язку з цим, на основі пасивних експериментів було організовано збір і аналіз статистичних даних, що дозволяють визначити середню технічну швидкість руху автомобіля в умовах конкретного господарства.

Під час проведення досліджень фіксувалися такі показники: показання одометра автомобіля на початку та в кінці маршруту (з точністю до одного кілометра), а також тривалість руху (з точністю до хвилини). Усі отримані дані заносилися у відповідні графи таблиці 3.1.

Отриману статистичну інформацію, зібрану протягом виконання механізованих процесів збирання сої, було додатково опрацьовано. Зокрема:

- визначалася відстань переїзду (як різниця між показниками одометра на початку та в кінці маршруту);
- обчислювалася технічна швидкість автомобіля залежно від відстані переїзду та тривалості руху (за формулою 3.1).

Результати розрахунків були внесені до відповідних граф таблиці 3.1.

$$v_a = \frac{l \cdot 60}{t}, \text{ км/год} \quad (3.1)$$

де l – віддаль переїзду автомобіля в одну сторону (наприклад від поля на тік), км; t – тривалості руху автомобіля, хв.

Таблиця 3.1 – Форма для відображення статистичних даних маршруту автомобіля

Марка мавтомобіля _____ Держ номер _____						
№ з/п	Показник одометра на початку маршруту, км	Показник одометра в кінці маршруту, км	Віддаль переїзду, l км	Тривалість руху автомобіля, t хв	Технічна швидкість автомобіля, v_a км/год	Примітка
1	64281	64299	18	41	26,34	З вантажем
2	64299	64317	18	32	33,75	Без вантажу
...	...	...	...	...	...	...
35	65324	65345	21	37	34,05	Без вантажу

Для зручності обробки зібрані статистичні дані було внесено до попередньо підготовлених таблиць у середовищі Microsoft Excel. Подальше опрацювання інформації здійснювали із застосуванням загальноприйнятих методів математичної статистики, що базуються на положеннях теорії ймовірностей. Такий підхід дав змогу впорядкувати первинні дані, усунути випадкові похибки вимірювань, визначити середні, граничні та варіаційні характеристики показників, а також встановити закономірності зміни технічної швидкості автомобіля залежно від умов його експлуатації. [...].

3.4. Методика узгодження транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої

Допустиму пропускну здатність молотарки збирального комбайна (кг/с) визначають залежно від урожайності, соломистості та вологості культури, що збирається [6, 17, 25].

Однак, на практиці виробники збиральної техніки не завжди вказують необхідну для розрахунків інформацію. Тому, з метою отримання еталонної пропускної здатності молотильного барабана комбайна можна скористатися емпіричними залежностями, які були отримані в результаті наукових досліджень [6, 17, 25]:

для комбайнів з молотильним апаратом барабанного типу

$$q_e = \frac{N_e - 7,22}{18,55}, \text{ кг/с}; \quad (3.2)$$

для комбайнів з молотильним апаратом роторного типу

$$q_e = \frac{N_e - 15,8}{16,7}, \text{ кг/с}. \quad (3.3)$$

де N_e – номінальна потужність двигуна, кВт.

Можлива пропускна здатність молотильного барабана комбайна:

$$q_m = 0,6 \cdot a_l \cdot q_e \cdot \left[1 + \frac{b_l \cdot (H - 40)}{40} \right] \cdot \left(1 + \frac{1}{\delta_c} \right), \text{ кг/с}. \quad (3.4)$$

де a_l – коефіцієнт, який враховує пристосованість культури до обмолоту (для культур, які легко обмолочуються, $a_l = 1$; при обмолоті однобарабанними комбайнами культур, які важко обмолочуються, $a_l = 0,7$; при обмолоті двобарабанним комбайном $a_l = 0,75$); b_l – коефіцієнт, який враховує тип молотильного пристрою ($b_l = 0,3$ для однобарабанних комбайнів і $b_l = 0,27$ для двобарабанних); H – урожайність зерна, ц/га; δ_c – коефіцієнт соломистості (відношення маси соломи і половини до маси зерна).

Допустима пропускна здатність молотильного барабана:

$$q_d = q_m \cdot \left[1 - 0,03 \cdot (W_\phi - 15) \right], \text{ кг/с}. \quad (3.5)$$

де W_ϕ – фактична вологість зернової маси, %.

Максимально допустима робоча швидкість руху комбайна за пропускною здатністю молотильного барабана:

$$v_p \leq \frac{360 \cdot q_d}{B_k \cdot \beta \cdot H}, \text{ км/год.} \quad (3.6)$$

де B_k – конструктивна ширина захвату жатки комбайна, м;
 β – коефіцієнт використання ширини захвату жатки (для зернозбирального комбайна $\beta = 0,96$).

Агротехнічно-допустимі робочі швидкості руху комбайна під час збирання: зернових – 3...8 км/год; кукурудзи на зерно – 3...7 км/год; (для машин, які працюють з підвищеними швидкостями руху – 6...10 км/год.

Змінна продуктивність комбайна [6, 17, 25]:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_k \cdot \beta \cdot v_p \cdot T_{зм} \cdot \tau, \text{ га.} \quad (3.7)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, год ($T_{зм} = 7$ год); τ – коефіцієнт використання часу зміни [6, 17].

Змінний намот комбайна:

$$z = W_{зм} \cdot H \cdot \left(1 - \frac{z_b}{100}\right), \text{ ц.} \quad (3.8)$$

де z_b – коефіцієнт втрат зерна через подрібнення в молотарці (колосових культур – до 2,0%; кукурудзи та соняшника – до 3,0%).

Необхідна кількість комбайнів

$$n_k = \frac{\Omega}{W_{зм} \cdot k_{зм} \cdot T_a}, \text{ од.} \quad (3.9)$$

де Ω – обсяг робіт, га; $k_{зм}$ – коефіцієнт змінності ($k_{зм} = 1; 1,5; 2; 3$);
 T_a – агротехнічно-оптимальна тривалість виконання роботи, діб [].

Тривалість наповнення бункера:

$$t_{зан} = \frac{k_b \cdot V_{\delta} \cdot \rho \cdot 600}{0,1 \cdot H \cdot B_k \cdot \beta \cdot v_p}, \text{ хв.} \quad (3.10)$$

де k_b – коефіцієнт, який враховує затрати часу на можливі холості повороти та короточасні зупинки комбайна під час наповнення бункера

зерном, $k_b = 1,1$; V_6 – місткість бункера комбайна, м^3 (техн. х-ка комбайна);
 ρ – об’ємна маса зерна, $\text{т}/\text{м}^3$ [6, 17, 25].

Тривалість інтервалу руху комбайнів один за одним під час роботи на полі:

за умови розвантаження зерна на ходу

$$t_i = \frac{60 \cdot l_k}{v_p}, \text{ хв.} \quad (3.11)$$

де l_k – мінімально допустима віддаль між комбайнами, км ($l_k = 0,03 \text{ км}$).

за умови розвантаження зерна із зупинкою

$$t_i \approx t_{\text{вив}}, \text{ хв.} \quad (3.12)$$

де $t_{\text{вив}}$ – час розвантажування зерна із бункера комбайна, приймаємо з технічної характеристики комбайна, хв;

в данному випадку l_k буде становити:

$$l_k = \frac{t_i \cdot v_p}{60}, \text{ км.} \quad (3.13)$$

Тривалість транспортного рейсу:

$$t_{\text{рей.}} = t_p + t_{\text{зав}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{зв}}, \text{ хв.} \quad (3.14)$$

де t_p – тривалість руху автомобіля з вантажем і без вантажу, хв; $t_{\text{зав}}$ – тривалість завантаження кузова автомобіля з бункера при русі комбайна, хв; $t_{\text{роз}}$ – тривалість розвантаження автомобіля на тоці, хв ($t_{\text{роз}} = 3,6 \text{ хв}$); $t_{\text{зв}}$ – тривалість зважування автомобіля на тоці, хв ($t_{\text{зв}} = 4,5 \text{ хв}$) [6, 17, 25].

Тривалість руху автомобіля з вантажем і без вантажу:

$$t_p = \frac{62,5 \cdot l}{v_{a.cp} \cdot \varphi}, \text{ хв} \quad (3.15)$$

де l – відстань перевезення зерна, км ; $v_{a.cp}$ – середня технічна швидкість руху автомобіля, $\text{км}/\text{год}$ (для польових доріг $v_{a.cp} = 12 \dots 18 \text{ км}/\text{год}$; для ґрунтових природних доріг $v_{a.cp} = 25 \dots 35 \text{ км}/\text{год}$; для грейдерних

$v_{a.cp} = 35 \dots 50$ км/год; для доріг з удосконаленим покриттям $v_{a.cp} = 50 \dots 80$ км/год); φ – коефіцієнт використання пробігу автомобіля (при використанні радіального маршруту із завантаженням в одному напрямку $\varphi = 0,5$) [6, 17].

У формулі підготовчо-заклучний час прийнято 2,5 хв на годину роботи.

Тривалість завантаження кузова автомобіля з бункера при русі комбайна:

$$t_{зав} = t_{вув} \cdot \frac{V_a}{V_{\bar{o}}} + t_{пер} \cdot \left(\frac{V_a}{V_{\bar{o}}} - 1 \right), \text{ хв} \quad (3.16)$$

де $t_{пер}$ – час переїзду від одного комбайна до іншого, коли у кузові нагромаджується зерно з двох і більше бункерів комбайнів збиральної ланки, хв; V_a – місткість кузова автомобіля, м³ (приймаємо з паспортних даних. При цьому необхідно перевірити чи V_a для даного типу вантажу відповідає вантажопідйомності автомобіля (Q_a , т) $V_a = Q_a / \rho$, м³) [6, 17, 25].

Тривалість переїзду автомобіля до іншого комбайна $t_{пер}$

$$t_{пер} = \frac{60 \cdot l_k}{v_{a.cp}}, \text{ хв} \quad (3.17)$$

Кількість автомобілів на один збиральний комбайн:

$$n_{a.k} = \frac{t_{пей} \cdot V_{\bar{o}}}{(t_{зан} + t_{вув}) \cdot V_a}, \text{ од} \quad (3.18)$$

Одержаний результат округляється до ближнього більшого цілого числа, щоб не було простоїв комбайнів у чеканні транспорту.

Загальна кількість автомобілів (із заокругленням до більшого числа):

$$n_a = n_{a.k} \cdot n_k, \text{ од} \quad (3.19)$$

Уточнена тривалість рейсу автомобілів з урахуванням заокругленої кількості автомобілів:

$$t_{пей.y} = \frac{(t_{зан} + t_{вув}) \cdot V_a \cdot n_a}{n_k \cdot V_{\bar{o}}}, \text{ хв} \quad (3.20)$$

Графік узгодження роботи ланки будують так, щоб до закінчення наповнення зерном бункера кожного із комбайнів був вільний автомобіль для навантажування зерном.

Якщо місткість кузова автомобіля більша від місткості бункера комбайна ($V_a > V_b$ – автомобіль обслуговує декілька комбайнів), то тривалість переїзду $t_{пер}$ відкладають на горизонтальній лінії першого автомобіля і піднімають перпендикуляр до горизонтальної лінії другого комбайна.

Якщо місткість кузова автомобіля менша від місткості бункера комбайна ($V_a < V_b$ – автомобіль може обслуговувати лише один комбайн, причому для завантаження кузова автомобіля достатньо певного об'єму бункера комбайна, який дорівнює місткості кузова автомобіля V_a), то вважаємо, що бункер комбайна буде заповнюватись на об'єм, що дорівнює місткості кузова автомобіля.

На горизонтальній лінії другого комбайна по осі X відкладають відрізок часу t_l інтервалу руху комбайнів один за одним і відрізок часу наповнення бункера другого комбайна зерном $t_{зан}$. На цій лінії шукають точку перетину з піднятим перпендикуляром від горизонтальної лінії першого автомобіля і відмічають відрізок часу простою комбайна або автомобіля в очікуванні технологічної взаємодії. Якщо час очікування автомобіля великий, шукають точку перетину перпендикуляра з горизонтальною лінією іншого комбайна.

Цикл пошуків часу технологічної взаємодії комбайнів із транспортними засобами повторюють описаним вище способом доти, доки при уточненні кількості комбайнів і автомобілів у ланці не досягнеться умова:

$$K = (\Sigma T_{нк} + \Sigma T_{на}) \rightarrow \min, \quad (3.21)$$

де $\Sigma T_{нк}$, $\Sigma T_{на}$ – відповідно сумарний час простою в очікуванні технологічної взаємодії комбайнів і автомобілів, хв.

Після розроблення графіка узгодження роботи комбайнів і автомобілів у висновках графічно-розрахункової роботи уточнюють кількість автомобілів або намічають інші режими використання збирально-транспортних засобів (заміна автомобіля на інший з іншою місткістю кузова V_a , прийняття іншої швидкості руху комбайна в межах допустимої тощо). Розробляють операційні карти для оператора комбайна і водія автомобіля.

Висновки до розділу 3

1. Методика статистичної обробки даних дозволяє об'єктивно оцінити продуктивність транспортних засобів і виявити чинники, що визначають ефективність перевезень. Використання групування, середніх, варіаційних, кореляційних та динамічних методів забезпечує системне узагальнення інформації та побудову аналітичних моделей для подальшої оптимізації транспортних процесів.

2. Збір статистичних даних щодо технічної швидкості автомобілів у господарстві проводиться шляхом пасивних експериментів із використанням одометра, хронометражу та електронних таблиць. Отримані результати дають змогу визначити реальні умови експлуатації транспорту, уточнити середню швидкість руху та врахувати вплив рельєфу, типу дороги й навантаження на динаміку перевезень.

3. Математична методика узгодження роботи комбайнів і транспортних засобів забезпечує синхронізацію процесів «збирання–перевезення–розвантаження». Вона базується на використанні системи формул для розрахунку пропускну здатності молотильного апарата, тривалості рейсів, часу наповнення бункера, завантаження кузова, інтервалів руху та оптимальної кількості комбайнів і автомобілів. Такий підхід дає змогу мінімізувати простой техніки та досягти максимальної продуктивності збирально-транспортного комплексу.

4. Застосування математичних і статистичних методів у поєднанні з експериментальними спостереженнями створює наукове підґрунтя для підвищення ефективності транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої. Це дозволяє раціонально використовувати технічні ресурси, знижувати енергоємність перевезень і забезпечувати стабільність технологічного ритму під час виконання польових робіт.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ВИРОБНИЧИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

4.1. Результати обґрунтування середньої технічної швидкості руху автомобіля

З метою кількісної оцінки середньої технічної швидкості руху автомобілів під час транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої в умовах ПП «Агро-Експрес-Сервіс» нами проводився збір статистичних даних випадкових величин. Під випадковою величиною ми приймаємо кількісну величину технічної швидкості руху автомобіля в рейсі (з вантажем та без нього). Відповідно до цього нами було сформовано таблицю (див. табл. 3.1), в яку заносились у відповідні графи первинні дані про результати спостережень, а саме показники одометра автомобіля на початку та в кінці маршруту (необхідні для визначення довжини маршруту), а також тривалості руху автомобіля (у хвиликах).

Для отриманні необхідних числових значень технічної швидкості автомобіля, статистичні дані були опрацьовані нами відповідно до методики наведеної у п. 3.1. А опрацювання цих даних згідно методики наведеної у п. 3.2. уможливило побудову розподілу середньої технічної швидкості руху автомобілів під час транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої в умовах ПП «Агро-Експрес-Сервіс» рисунок 4.1.

Зокрема на підставі критерію χ^2 Пірсона встановлено, що статистичний розподіл середньої технічної швидкості руху автомобілів під час транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої в умовах ПП «Агро-Експрес-Сервіс» узгоджується із нормальним законом розподілу. А відповідно диференціальна функція його розподілу має вигляд:

$$f(v_a) = 0,081 \times \exp \left[-\frac{(v_a - 34,0)^2}{97,14} \right]. \quad (4.1)$$

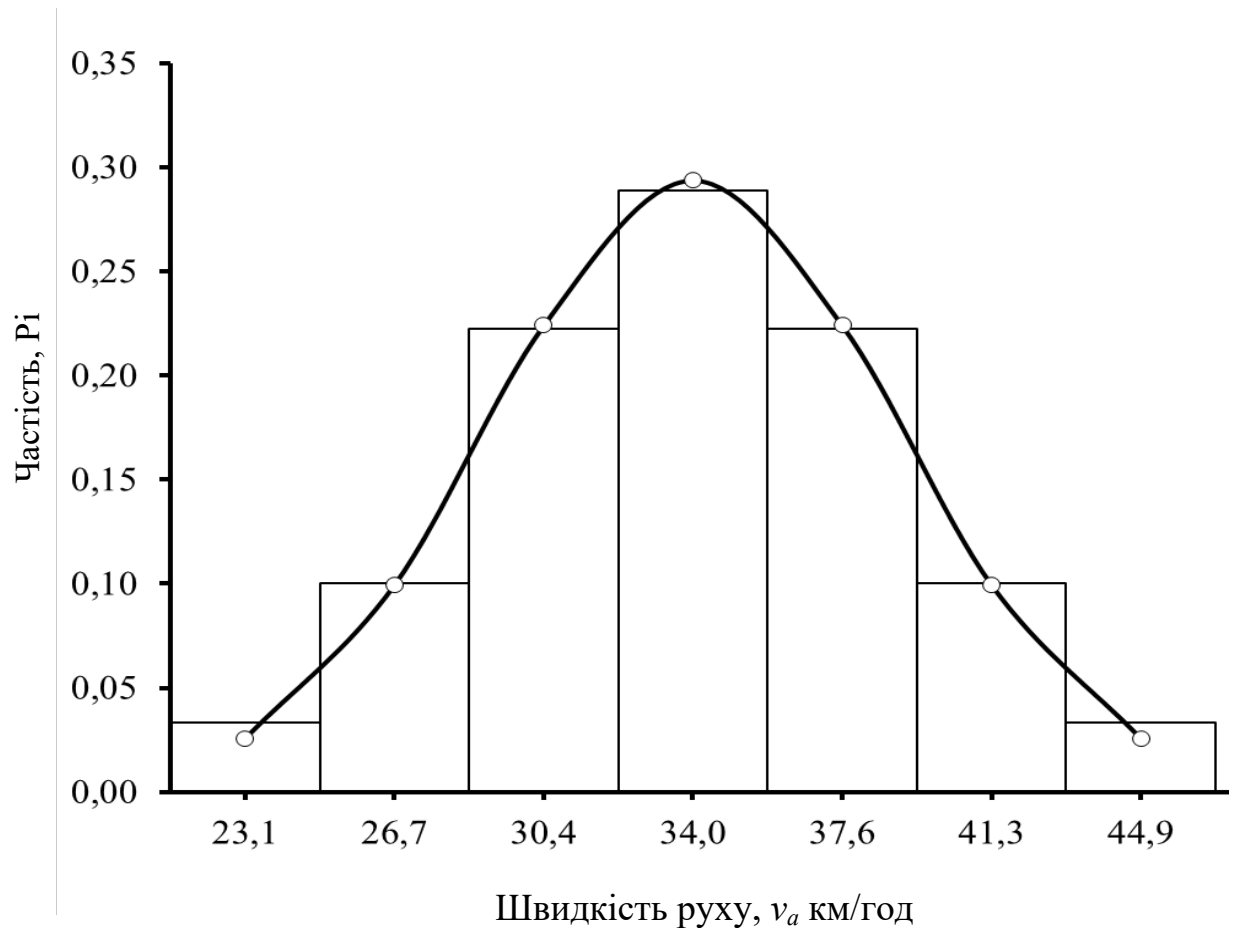


Рисунок 4.1 – Гістограма та теоретична крива розподілу середньої технічної швидкості руху автомобілів під час транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої в умовах ПП «Агро-Експрес-Сервіс»

Статистичні характеристики даного розподілу наступні: математичне сподівання – 34,00 км/год; середньоквадратичне відхилення – 4,928 км/год; коефіцієнт варіації – 0,388. Вибірку було зроблено для 90 маршрутів. Інші статистичні характеристики даного розподілу наведено в дод. А.

Отже, середня технічна швидкість руху автомобіля в механізованому процесі збирання сої для умов ПП «Агро-Експрес-Сервіс» становить $v_{a.cp} = 34,00$ км/год.

4.2. Результати проектування транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої

Вихідні дані для проектування транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої ми отримали шляхом спілкування із фахівцями підприємства, спостерігаючи за виробничими процесами, а також користуючись науковою, технічною та довідковою літературою [6, 17, 25].

В розпорядженні господарства (ПП «Агро-Експрес-Сервіс») 36,44 тис. га з яких 993 га є під соєю. Збирання виконують комбайнами марки CLAAS Tuscany 470 яких в модулі є чотири одиниці. В результаті цього ми отримали ряд початкових даних необхідних для виконання розрахунків та згрупували їх у відповідну таблицю (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для проектування транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої

Показник	Умовне позначення	Розмірність	Значення
1	2	3	4
Характеристика культури			
Обсяг робіт	Ω	га	993
Врожайність	H	ц/га	24,5
Фактична вологість зернової маси	W_{ϕ}	%	18
Коефіцієнт солонистості	δ_c		1,1
Об'ємна маса	ρ	т/м ³	0,75
Коефіцієнт пристосованості зернової культури до обмолоту	a_1	-	0,65
Організаційні умови			
Агротехнічно-оптимальна тривалість роботи	T_a	діб	8
Тривалість зміни	$T_{зм}$	год	7
Коефіцієнт змінності	$k_{зм}$	-	1,5
Коефіцієнт використання часу зміни	τ	-	0,69
Віддаль перевезення зерна	l	км	18
Відстань переїзду з стоянки до місця роботи	l_n	км	3,7

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
Характеристика комбайна			
Марка комбайна	CLAAS Tucano 470		
Тип молотильного апарату	Барабанного типу		
Номінальна потужність двигуна	N_e	кВт	220
Місткість бункера комбайна	V_b	м ³	9
Конструктивна ширина захвату жатки комбайна	B_k	м	6,8
Швидкість вивантаження бункера	$t_{вив}$	сек	0,075
Транспортна швидкість руху комбайна	v_k	км/год	20
Коефіцієнт використання ширини захвату жатки	β	-	0,96
Коефіцієнт втрат зерна через подрібнення в молотарці	z_b	%	2

Як видно з таблиці 4.1 ми розділили її на три позиції, а саме: характеристика культури, організаційні умови та характеристика збирального комбайна.

Технічну характеристику автомобілів, які можуть приймати участь у транспортному забезпеченні механізованого процесу збирання сої згруповано у відповідній таблиці (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Технічна характеристика автомобілів, що можуть приймати участь у транспортноу забезпеченні механізованого процесу збирання сої

Марка автомобіля	Вантажопідйомності автомобіля/причепа Q_a , т	Місткість кузова автомобіля/причепа V_a , м ³	Ціна, грн.
КрАЗ-5401С2	10	12	1 720 000
КрАЗ-6511С4 «Караван»	20/26,4	35/40	2 850 000
Daewoo Maximus ННЗСА	13	20	2 400 000
DAF XF 460	20	28	2 800 000
MAN TGS 33.360 6X4 BB	20	25	3 800 000
КАМАЗ-5320	8	28	2 300 000

Отже, згідно методики наведеної у п. 3.3 еталонну пропускну здатність молотильного барабана комбайна визначаємо скориставшись емпіричною залежністю, що була отримані в результаті наукових досліджень.

Для комбайнів з молотильним апаратом барабанного типу вона становить

$$q_e = \frac{220 - 7,22}{18,55} = 11,47 \text{ кг/с.}$$

Для визначення можливої пропускну здатності молотильного барабана комбайна приймаємо, що коефіцієнт, який враховує пристосованість зернової культури до обмолоту $a_1 = 0,65$ (при обмолоті однобарабанними комбайнами культур, які важко обмолочуються), а коефіцієнт $b_1 = 0,3$ (для однобарабанних комбайнів).

$$q_m = 0,6 \cdot 0,65 \cdot 11,47 \cdot \left[1 + \frac{0,3 \cdot (24,5 - 40)}{40} \right] \cdot \left(1 + \frac{1}{1,1} \right) = 7,55 \text{ кг/с.}$$

Допустима пропускну здатність молотильного барабана:

$$q_o = 7,55 \cdot [1 - 0,03 \cdot (18 - 15)] = 6,64 \text{ кг/с.}$$

Максимально допустима робоча швидкість руху комбайна за пропускну здатністю молотильного барабана:

$$v_p \leq \frac{360 \cdot 6,64}{6,8 \cdot 0,96 \cdot 24,5} = 5,96 \text{ км/год.}$$

Оскільки, агротехнічно-допустимі робочі швидкості руху комбайна під час збирання сої становлять 4...6 км/год, то ми приймаємо $v_p = 6 \text{ км/год.}$

Змінна продуктивність комбайна відповідно до даних наведених у таблиці 4.1 становить:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 6,8 \cdot 0,96 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 0,69 = 18,92 \text{ га.}$$

Змінний намот комбайна:

$$z = 18,921 \cdot 24,5 \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 454,22 \text{ ц.}$$

Необхідна кількість комбайнів

$$n_k = \frac{993}{18,92 \cdot 1,5 \cdot 8} = 4,37 \text{ од.}$$

Отже, для своєчасного виконання робіт зі збирання сої за заданих умов на усій площі необхідно $n_k = 5$ комбайни марки CLAAS Tucano 470.

Тривалість наповнення бункера залежить також від коефіцієнта, який враховує затрати часу на можливі холості повороти та короточасні зупинки комбайна під час наповнення бункера зерном і становить $k_b = 1,1$:

$$t_{зан} = \frac{1,1 \cdot 9 \cdot 0,75 \cdot 600}{0,1 \cdot 24,5 \cdot 6,8 \cdot 0,96 \cdot 6} = 46,42 \text{ хв.}$$

Для визначення тривалості інтервалу руху комбайнів один за одним під час роботи на полі необхідно визначити спосіб розвантаження зерна з комбайна в транспортний засіб (на ходу або із зупинкою). В нашому випадку розвантаження зерна здійснюється із зупинкою. За умови розвантаження зерна із зупинкою

$$t_i \approx t_{виб} = \frac{(9:0,075)}{60} = 2,0 \text{ хв.}$$

Тоді, мінімально допустима віддаль між комбайнами в данному випадку буде становити:

$$l_k = \frac{2 \cdot 6}{60} = 0,20 \text{ км}$$

Для транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої в умовах ПП «Агро-Експрес-Сервіс» використовують автомобілі марки КАМАЗ-5320, які є морально та фізично застарілими. Тому постає питання їх заміни на більш оптимальний варіант.

Для визначення тривалості руху автомобіля з вантажем і без вантажу коефіцієнт використання пробігу автомобіля приймаємо $\varphi = 0,5$ (для радіального маршруту із завантаженням в одному напрямку):

$$t_p = \frac{62,5 \cdot 18}{34 \cdot 0,5} = 66,18 \text{ хв}$$

Для подальших розрахунків необхідно перевірити чи місткість кузова автомобіля V_a для даного типу вантажу відповідає його вантажопідйомності автомобіля (Q_a , т) $V_a = Q_a / \rho$, м³. Підставляємо дані для автомобіля КрАЗ-6511С4 6Х4 ВВ із таблиці 4.2

$$V_a = 35 / 0,75 = 26,67 \text{ м}^3$$

Оскільки місткість кузова даного автомобіля становить 35 м³ то його вантажопідйомність буде використана неповністю, а для подальших розрахунків приймаємо $V_a = 26,67 \text{ м}^3$.

Визначаємо час переїзду від одного комбайна до іншого, коли у кузові нагромаджується зерно з двох і більше бункерів комбайнів збиральної ланки

$$t_{nep} = \frac{60 \cdot 0,20}{34} = 0,35 \text{ хв}$$

Отже, тривалість завантаження кузова автомобіля з бункера:

$$t_{зав} = 2 \cdot \frac{26,67}{9} + 0,35 \cdot \left(\frac{26,67}{9} - 1 \right) = 6,62 \text{ хв}$$

Для визначення тривалості транспортного рейсу приймаємо, що: тривалість розвантаження на тоці становить: автомобіля $t_{роз} = 3,6 \text{ хв}$;

автопоїзда $t_{poz} = 8$ хв; тривалість зважування на тоці становить: автомобіля $t_{зв} = 4,5$ хв; автопоїзда $t_{зв} = 10$ хв [6, 17].

Отже, тривалість транспортного рейсу становить:

$$t_{рей.} = 66,18 + 6,62 + 4 + 5 = 81,80 \text{ хв.}$$

Кількість автомобілів на один збиральний комбайн:

$$n_{a.к} = \frac{81,80 \cdot 9}{(46,42 + 2) \cdot 26,67} = 0,57, \text{ од}$$

Загальна кількість автомобілів (одержаний результат округляється до ближнього більшого цілого числа, щоб не було простоїв комбайнів у чеканні транспорту):

$$n_a = 0,57 \cdot 5 = 2,85, \text{ од}$$

Отже, уточнену загальну кількість автомобілів приймаємо $n_a = 3$ од.

Уточнена тривалість рейсу автомобілів з урахуванням заокругленої кількості автомобілів становить:

$$t_{рей.у} = \frac{(46,42 + 2) \cdot 26,67 \cdot 3}{5 \cdot 9} = 86,09, \text{ хв}$$

Отже, узгодження роботи ланки розраховують так, щоб до закінчення наповнення зерном бункера кожного із комбайнів був вільний автомобіль для навантажування зерном.

Аналогічні розрахунки виконувалися для усіх марок автомобілів наведених в табл. 4.2. Результати розрахунків, які стосуються транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої для умов ПП «Агро-Експрес-Сервіс» Дубенського району Рівненської області наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунків транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої для умов ПП «Агро-Експрес-Сервіс» Дубенського району Рівненської області

Марка автомобіля	КрАЗ-5401С2	КрАЗ-6511С4 «Караван»	Daewoo Maximus ННЗСА	DAF XF 460	MAN TGS 33.360 6X4 ВВ	КАМАЗ-5320
Тривалість транспортного рейсу $t_{рей},$ хв	63,84	90,86	79,36	81,80	81,34	77,61
Тривалість руху автомобіля з вантажем та без нього $t_p,$ хв	53,10	66,18	66,18	66,18	66,18	66,18
Тривалість завантаження кузова автомобіля з бункера комбайна $t_{зав},$ хв	2,64	15,68	4,18	6,62	6,17	2,44
Тривалість переїзду автомобіля до іншого комбайна $t_{пер},$ хв	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Кількість автомобілів на один зернозбиральний комбайн $n_{а.к},$ од	1,61	0,28	0,85	0,57	0,61	1,35
Загальна кількість автомобілів $n_a,$ од	9	2,00	5	3	4	7
Уточнена тривалість рейсу автомобілів $t_{рей.у},$ хв	71,15	132,00	93,26	86,09	107,32	80,35

Виконавши аналіз табл. 4.3 приходимо до висновку, що за значенням «Загальна кількість автомобілів» найкращі показники мають автомобілі марок КрАЗ-6511С4 «Караван» та DAF XF 460, відповідно 2 та 3 одиниці. Однак, за вартість автомобіля КрАЗ є вищою на 50 тис. грн.

Висновки до розділу 4

1. У результаті статистичного опрацювання даних визначено, що середня технічна швидкість руху автомобілів під час транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої в ПП «Агро-Експрес-Сервіс» становить 34,0 км/год. Отриманий розподіл швидкостей узгоджується з нормальним законом за критерієм Пірсона, що свідчить про стабільність і закономірність руху транспортних засобів у типових умовах господарства.

2. Порівняльний аналіз транспортних засобів показав, що найкращими варіантами для заміни застарілих автомобілів КАМАЗ-5320 є моделі КрАЗ-6511С4 «Караван» та DAF XF 460. Вони забезпечують найменшу кількість машин у ланці (2–3 одиниці) при збереженні високої продуктивності, скороченні тривалості рейсів і мінімальних простоях комбайнів.

3. Розрахунки підтвердили доцільність використання емпіричних моделей для визначення пропускної здатності молотильного барабана, тривалості рейсів та узгодження роботи комбайнів і транспорту. Математична модель дозволила врахувати вплив урожайності, вологості зерна, відстані перевезень і швидкості руху автомобілів, що забезпечує наукове обґрунтування вибору технічних засобів.

4. Отримані результати виробничих та комп'ютерних експериментів доводять, що застосування аналітичних і математичних методів під час планування транспортного забезпечення дозволяє підвищити ефективність логістичних процесів на 15–20 %, скоротити простой техніки, зменшити собівартість перевезень і забезпечити безперервний технологічний ритм збирання врожаю сої.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

5.1. Структурно функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій впродовж виконання робіт

Механізований процес збирання сої є складною системою, яка поєднує високопродуктивну техніку (комбайни, вантажні автомобілі), динамічні процеси (рух, вивантаження) та людський фактор. Структурно-функціональний аналіз дозволяє ідентифікувати та класифікувати потенційні джерела небезпеки (травмонебезпечні ситуації) на всіх етапах роботи збирально-транспортного комплексу (ЗТК).

Процес збирання сої можна поділити на функціональні зони, кожна з яких має специфічні ризики. Джерела небезпеки: Рухомі робочі органи (ріжучий апарат, молотарка), високий рівень шуму та вібрації, запиленість, інтенсивний рух полем [13, 15].

Травмонебезпечні ситуації:

- Контакт з рухомими частинами: Травмування під час очищення ріжучого апарату або молотарки при невимкненому двигуні.
- Падіння: Падіння з платформи комбайна під час технічного обслуговування або огляду бункера.
- Вплив середовища: Перегрів оператора, інтоксикація вихлопними газами.

Це найбільш динамічна і часто небезпечна зона, де відбувається взаємодія різних видів техніки та персоналу. Джерела небезпеки: Рух комбайна і вантажного транспорту в безпосередній близькості, обмежена видимість (особливо при вивантаженні на ходу), висота вивантаження, маневрування великогабаритного транспорту на краю поля.

Травмонебезпечні ситуації:

- Зіткнення: Наїзд вантажного автомобіля на допоміжний транспорт або комбайн під час маневрування чи вивантаження.

- Падіння вантажу: Травмування персоналу під час несанкціонованого відкриття бортів або падіння з кузова при огляді.
- Защемлення: Травмування кінцівок під час приєднання/від'єднання причепів або під час роботи шнека перевантажувача.

Включає заправку паливом, технічне обслуговування (ТО) та ремонтні роботи. Джерела небезпеки: Легкозаймисті матеріали (пальне, мастила), робота на висоті (ремонт бункера), використання вантажопідійомних механізмів (домкратів), електричне обладнання. Травмонебезпечні ситуації [13, 15]:

- Пожежа/Вибух: Недотримання правил безпеки при заправці (паління, іскріння) або ремонті паливної системи.
- Ураження електричним струмом: Несправність електрообладнання комбайна чи переносних ламп.
- Падіння: Травмування при падінні обладнання чи інструментів під час ТО.

Функціональний аналіз класифікує травмонебезпечні ситуації відповідно до основних факторів, що їх спричиняють (принцип "Людина – Машина – Середовище").

Таблиця 5.1 – Функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій

Функціональний Фактор	Джерело небезпеки	Типова травмонебезпечна ситуація
1	2	3
Технічні (Несправність машини)	Зношення або несправність гальмівної системи, кермового управління, запобіжних пристроїв.	Втрата контролю над транспортним засобом, несподіване вмикання механізмів, зіткнення.
Технологічні (Порушення процесу)	Робота комбайна з перевищенням швидкості, вивантаження у русі на непідготовленому ґрунті, порушення послідовності ТО.	Перекидання техніки, блокування рухомих частин, травмування від падіння вантажу.

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
Організаційні (Порушення управління)	Відсутність чітких схем руху на полі, недостатня кількість водіїв, відсутність інструктажу, нерегламентований час роботи.	Робота персоналу у стані втоми (підвищення ймовірності помилки), простої, що змушують порушувати швидкісний режим.
Ергономічні (Незручності робочого місця)	Незручне розташування елементів керування, високий рівень шуму/вібрації у кабіні, обмежена видимість.	Хронічні захворювання (професійні), уповільнення реакції, помилки керування.
Природно-Кліматичні (Середовище)	Висока вологість, ожеледиця, погана видимість (туман, сутінки), нерівний рельєф поля.	Застрягання техніки, перекидання на схилах, низька точність маневрування та підвищений ризик наїзду.

Застосування структурно-функціонального аналізу дозволяє зробити висновок, що ключовим травмонебезпечним процесом у дослідженні є транспортно-перевантажувальні роботи на полі. Саме ця фаза характеризується найбільшою кількістю змінних факторів (рух на ходу, маневрування великогабаритного транспорту, обмежена видимість), що вимагає впровадження жорстких організаційно-технологічних заходів (наприклад, чіткої схеми руху та використання сигнальних засобів) для мінімізації ризиків, що й буде обґрунтовано у наступних підрозділах.

5.2. Захист цивільного населення

Захист цивільного населення є складовою системи цивільного захисту України і спрямований на забезпечення безпеки людей, майна та довкілля у разі виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного, природного або воєнного характеру.

Діяльність у цій сфері регулюється Кодексом цивільного захисту України (2012 р.), Законом України “Про правовий режим воєнного стану”, а

також постановами Кабінету Міністрів України щодо організації оповіщення, евакуації та укриття населення [5].

На підприємстві ПП «Агро-Експрес-Сервіс» організація цивільного захисту здійснюється відповідно до вимог місцевих органів ДСНС Рівненської області. Основні завдання:

- запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- забезпечення готовності персоналу до дій у разі небезпеки;
- організація евакуації та укриття працівників;
- ліквідація наслідків НС та надання домедичної допомоги постраждалим.

Під час виконання збиральних робіт з використанням техніки можливе виникнення низки небезпечних ситуацій:

- пожежі на полі чи в місцях зберігання зерна;
- вибухи паливно-мастильних матеріалів у разі порушення правил заправки;
- ураження електричним струмом під час роботи з переносними пристроями чи обслуговування техніки;
- дорожньо-транспортні пригоди при перевезенні сої;
- викиди шкідливих речовин при витоках палива або згорянні органічної маси;
- небезпечні погодні явища (буревії, грози, зливи), що можуть призвести до аварійної зупинки техніки чи травмування людей.

Для кожного типу ризику розроблено план дій на випадок надзвичайної ситуації, який містить схеми оповіщення, відповідальних осіб і перелік першочергових заходів [5].

На підприємстві організовано систему внутрішнього оповіщення, яка забезпечує своєчасне інформування працівників про виникнення НС.

- У разі пожежі або аварії сигнал подається звуковими засобами (сирена, гудок, сигналізація) та дублюється через засоби зв'язку (мобільний зв'язок, радіостанції).

- Відповідальний за цивільний захист повідомляє керівника підприємства, місцеві підрозділи ДСНС і сільську адміністрацію.
- Працівники зобов'язані негайно припинити роботу, заглушити двигуни техніки, вимкнути електрообладнання, зібрати документи та засоби індивідуального захисту.

Для забезпечення оповіщення поза межами робочого часу визначені чергові особи, які мають контакти всіх працівників і керівництва.

У випадку загрози пожежі, вибуху чи іншої НС на території господарства передбачена евакуація персоналу на безпечну відстань (не менше 300 м від джерела небезпеки). На території підприємства визначено:

- пункти збору працівників;
- маршрути евакуації від виробничих приміщень і поля до пункту укриття;
- укриття (найближче сховище або підвальне приміщення), придатне для тимчасового перебування людей.

Під час воєнних дій або ракетної загрози працівники діють відповідно до плану евакуації цивільного населення громади, затвердженого місцевими органами влади.

Для підвищення рівня безпеки працівників на підприємстві створено резерв засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), до якого входять:

- фільтрувальні респіратори, протипилові маски;
- аптечки, перев'язувальні матеріали, антисептики;
- вогнегасники, лопати, ємності з піском і водою;
- засоби зв'язку та аварійне освітлення.

Колективні засоби захисту включають обладнані пункти укриття, системи вентиляції, пожежні гідранти, автономні джерела електроживлення.

Усі працівники підприємства проходять щорічне навчання з питань цивільного захисту та практичні тренування з евакуації. Навчання включає:

- дії при пожежі, вибуху, аварії;
- користування первинними засобами пожежогасіння;

- надання домедичної допомоги постраждалим;
- порядок дій у разі сигналу «Повітряна тривога».

Під час проведення польових робіт комбайнери та водії додатково інструктуються щодо дій у випадку раптового займання техніки, короткого замикання або розливу палива.

ПП «Агро-Експрес-Сервіс» взаємодіє з Дубенським районним управлінням ДСНС та територіальними підрозділами Національної поліції. На підприємстві визначено відповідальну особу за цивільний захист, яка координує дії колективу у разі НС та підтримує зв'язок із місцевими органами влади. Щорічно проводиться перевірка стану готовності техніки, наявності ЗІЗ, первинних засобів пожежогасіння та засобів зв'язку.

5.3. Захист довкілля

Діяльність підприємства ПП «Агро-Експрес-Сервіс» під час механізованого збирання сої здійснюється з урахуванням принципів сталого розвитку, екологічної безпеки та раціонального використання природних ресурсів.

Головною метою заходів із захисту довкілля є мінімізація шкідливого впливу агротехнологічних процесів на ґрунт, атмосферу, водні ресурси та біоту [14, 23].

Основні нормативно-правові акти, які регулюють екологічні вимоги: Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»; Закон України «Про охорону земель»; Закон України «Про відходи»; ДСТУ ISO 14001:2015 «Системи екологічного управління»; Водний кодекс України; Земельний кодекс України.

У межах підприємства впроваджується система екологічного менеджменту, спрямована на зниження антропогенного навантаження від сільськогосподарських робіт.

Ґрунт є основним засобом виробництва в сільському господарстві, тому під час проведення збиральних робіт потрібно забезпечити його збереження та родючість. У процесі руху техніки по полю здійснюється ущільнення ґрунту, що погіршує водно-повітряний режим і знижує врожайність у наступні роки. Для зменшення цього впливу:

- рух транспортних засобів обмежується лише постійними технологічними коліями;
- заборонено стоянку комбайнів і автомобілів на вологих ділянках;
- не допускається розлив паливно-мастильних матеріалів (ПММ);
- після завершення кампанії проводиться розпушування ущільнених слідів та агротехнічне відновлення структури ґрунту.

Органічні рештки сої (солома, бадилля) не спалюються, а подрібнюються та вносяться у ґрунт дисковими боронами для поліпшення структури, підвищення вмісту гумусу та біологічної активності [14, 23].

Під час збирання сої джерелами забруднення повітря є двигуни внутрішнього згоряння комбайнів і вантажних автомобілів.

Для зменшення шкідливих викидів (CO , NO_x , SO_2 , сажі):

- проводяться регулярні технічні огляди і налаштування паливної апаратури двигунів;
- забороняється робота техніки при несправних глушниках і витокі палива;
- використовується дизельне паливо підвищеної якості (Євро-5 або Євро-6);
- рекомендовано впровадження технологій GPS-моніторингу руху техніки для оптимізації маршрутів і скорочення холостих пробігів.

З метою зниження пилового навантаження при вивантаженні зерна застосовуються пилоподавальні пристрої або тенти на кузовах.

Кабіни сучасних комбайнів мають системи кондиціонування і фільтрації повітря, що зменшує негативний вплив пилу на працівників.

Водні ресурси регіону мають велике значення для підтримання агроєкосистем. Для недопущення забруднення водойм, у ПП «Агро-Експрес-Сервіс» впроваджено такі заходи:

- заборона миття машин і зливу технічних рідин на полі;
- обладнання спеціальних майданчиків для мийки техніки, оснащених уловлювачами нафтопродуктів і пісколовками;
- зберігання ПММ у спеціальних ємностях із гідроізолюваним дном;
- заборона розміщення складів пального ближче ніж за 100 м від водних джерел;
- облаштування тимчасових польових заправок на твердому покритті з бортиками для запобігання потраплянню розлитого палива в ґрунт чи воду.

Під час випадання дощів стічні води збираються в герметичні резервуари та утилізуються згідно з чинними екологічними нормами.

У процесі експлуатації техніки утворюються небезпечні відходи: використані мастила, фільтри, акумулятори, обтирочні матеріали, пластикові ємності з-під мастил та хімікатів [14, 23].

Для їх екологічно безпечного поводження передбачено:

- роздільне збирання небезпечних і побутових відходів;
- тимчасове зберігання у герметичній тарі на спеціальному майданчику;
- передання відходів ліцензованим підприємствам для утилізації або регенерації;
- ведення журналу обліку відходів, згідно з Постановою КМУ № 1120 від 31.08.1998 р.

Металевий брухт, зношені шини та деталі підлягають здачі на вторинну переробку.

Спалювання будь-яких відходів у польових умовах категорично забороняється.

Висновки до розділу 5

1. Проведений структурно-функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій показав, що найбільш небезпечною фазою механізованого процесу збирання сої є транспортно-перевантажувальні роботи. Саме тут спостерігається найбільша кількість динамічних факторів ризику: рух техніки на малій відстані, обмежена видимість, маневрування великогабаритних машин. Для зменшення ризику травм рекомендовано впровадити схеми руху техніки, сигнальні системи та регулярний інструктаж персоналу.

2. До основних джерел виробничих небезпек віднесено технічні, технологічні, організаційні, ергономічні та природно-кліматичні фактори. Вони спричиняють більшість аварійних і травмонебезпечних ситуацій у збирально-транспортному комплексі. Аналіз показав, що системне дотримання вимог технічного обслуговування, раціональна організація праці та контроль технічного стану машин дозволяють суттєво знизити рівень виробничого ризику.

3. Організація цивільного захисту на ПП «Агро-Експрес-Сервіс» відповідає вимогам чинного законодавства України. Підприємство має план дій у разі надзвичайних ситуацій, систему внутрішнього оповіщення, визначені маршрути евакуації, місця збору та пункти укриття. Працівники проходять щорічне навчання з питань цивільного захисту, що забезпечує готовність колективу до дій у разі пожеж, вибухів, стихійних лих чи воєнних загроз.

4. Підприємство впроваджує сучасні природоохоронні технології та дотримується принципів сталого розвитку. Зокрема, використовуються паливно-мастильні матеріали класу Євро-5, контролюються викиди двигунів, обмежується рух техніки поза технологічними коліями, а відходи передаються на переробку ліцензованим компаніям. Це забезпечує відповідність діяльності підприємства екологічним стандартам ISO 14001:2015 і вимогам українського законодавства.

6. ВАРТІСНЕ ОЦІНЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У МЕХАНІЗОВАНОМУ ПРОЦЕСІ ЗБИРАННЯ СОЇ

Собівартість перевезень є основним показником, який характеризує якість виробничої діяльності гаражу господарства.

Собівартість можна розрахувати на 1 ткм виконаної роботи або на 1 т перевезеного вантажу.

При аналізі планових завдань і звітних даних зазвичай використовують перший із цих показників собівартості – на 1 ткм виконаної роботи.

До змінних витрат належать усі види затрат, які змінюються залежно від пробігу рухомого складу (паливо і мастильні матеріали, технічне обслуговування і поточні ремонти рухомого складу, амортизаційні відрахування на його капітальний ремонт тощо) [12].

Постійні витрати охоплюють усі види затрат, які не залежать від пробігу рухомого складу і які калькуюються на одну годину його роботи (адміністративно-господарські витрати, оплата праці водіїв тощо).

Завдання аналізу собівартості перевезень полягає у встановленні впливу окремих чинників на рівень собівартості, точному визначенні затрат, за рахунок яких знизилась або підвищилась собівартість порівняно з плановим завданням.

За характером впливу на собівартість перевезень окремих експлуатаційних показників їх можна поділити на дві групи.

До першої з них належать показники, зміна яких не супроводжується помітною зміною загального пробігу рухомого складу (номінальна вантажо-підйомність рухомого складу, коефіцієнт використання пробігу). Отже, зміна цих показників несуттєво впливає на підвищення чи зниження змінних витрат в собівартості 1 ткм.

До другої входять показники, зміна яких призводить, як правило, до зміни загального пробігу рухомого складу (технічна швидкість, тривалість

рейсу, простої для навантаження-розвантаження та інші регламентуючі простої). У разі підвищення чи зниження цих показників відповідно збільшуються чи зменшуються змінні витрати. Якщо відзначені експлуатаційні показники покращуються, то це збільшує загальний пробіг рухомого складу і, відповідно, підвищує його продуктивність у ткм; при цьому сума постійних витрат не змінюється, а розподіляється між великою кількістю ткм, завдяки чому їх частка в собівартості 1 ткм знижується [12].

Методика визначення собівартості перевезення вантажу наведені нижче, а вихідні дані для її виконання наведено у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку собівартості транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої в умовах ПП «Агро-Експрес-Сервіс» Дубенського району Рівненської області

Показник	Ум познач	Розмір- ність	Автомобілі	
Марка автомобіля	—	—	КрАЗ-6511С4 «Караван»	DAF XF 460
Загальна відстань перевезень	$l_{\text{заг}}$	км	1908	4392
Коефіцієнт використання пробігу	φ		0,5	0,5
Відстань перевезення з вантажем	l	км	18	18
Норма витрата палива на 100 км пробігу автомобіля	H_n	л/100	35	29
Вантажопідйомність автомобіля	Q_a	т	46	20
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	γ_v		1	1
Кількість автомобілів даної марки	n_a	од	2	3
Тарифна ставка водія	T_c	грн/год	178,57	178,57
Кількість водіїв зайнятих на перевезенні	N	люди	2	3
Кількість днів роботи	K	днів	7	7
Тривалість робочого дня	$T_{\text{зм}}$	год	10,5	10,5
Норма витрат на амортизацію із покілометрового розрахунку	H_a		0,8	0,8
Норма відрахувань на ТО і ремонт	$H_{\text{то}}$		0,09	0,09
Балансова вартість автомобіля	B_b	грн	2850000	2800000

Собівартість перевезення одного ткм вантажу обчислюється за формулою [12]:

$$C_{пер} = \frac{(B_{нмм} + B_a + B_{ТО.р} + O_n)}{P}, \text{ грн./Т·км} \quad (6.1)$$

де $B_{нмм}$ – вартість палива і мастильних матеріалів, грн.;

B_a – амортизаційні відрахування, грн.;

$B_{ТО.р}$ – відрахування на ТО і ремонт, грн.;

O_n – повна заробітна плата працівників, грн.;

P – обсяг вантажоперевезень, ткм.

Обсяг вантажоперевезень визначаємо за формулою:

$$P = l_{заг} \cdot \varphi \cdot Q_a \cdot \gamma \cdot n_a, \text{ Т·км} \quad (6.2)$$

де $l_{заг}$ – загальна відстань перевезень, км;

φ – коефіцієнт використання пробігу;

Q_a – вантажопідйомність автомобіля, т;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності;

n_a – кількість автомобілів даної марки.

Повна заробітна плата O_n , грн., визначається за формулою:

$$O_n = O_o + O_{дод} + O_{фз} + O_{нф} + O_{сс}, \text{ грн.} \quad (6.3)$$

де O_o – основна оплата праці, грн.;

$O_{дод}$ – додаткова оплата, грн.;

$O_{фз}$ – відрахування у фонд зайнятості, грн.;

$O_{нф}$ – відрахування у пенсійний фонд, грн.;

$O_{сс}$ – відрахування у фонд соціального страхування, грн.

Основна заробітна плата O_o , грн., визначається за формулою:

$$O_o = T_c \cdot N \cdot K \cdot T_{зм}, \text{ грн.} \quad (6.4)$$

де T_c – тарифна ставка водія, грн/год;

N – кількість водіїв, зайнятих на перевезенні;

K – кількість днів роботи;

$T_{зм}$ – тривалість робочого дня, год.

Додаткова оплата праці $O_{\text{доп}}$, грн., обчислюють за формулою:

$$O_{\text{доп}} = \frac{O_o \cdot P_{\text{доп}}}{100}, \text{ грн.} \quad (6.5)$$

де $P_{\text{доп}}$ – відсоток нарахування додаткової оплати, %; $P_{\text{доп}} = 20\%$.

Відрахування у фонд зайнятості $O_{\text{фз}}$, грн., обчислюють за формулою:

$$O_{\text{фз}} = \frac{(O_o + O_{\text{доп}}) \cdot P_{\text{фз}}}{100}, \text{ грн} \quad (6.6)$$

де $P_{\text{фз}}$ – відсоток відрахування у фонд зайнятості, %; $P_{\text{фз}} = 1,5\%$.

Відрахування у пенсійний фонд $O_{\text{нф}}$, грн., обчислюють за формулою:

$$O_{\text{нф}} = \frac{(O_o + O_{\text{доп}}) \cdot P_{\text{нф}}}{100}, \text{ грн} \quad (6.7)$$

де $P_{\text{нф}}$ – відсоток відрахування у пенсійний фонд, %; $P_{\text{нф}} = 32\%$.

Визначаємо витрати на соціальне страхування $O_{\text{сс}}$, грн.:

$$O_{\text{сс}} = \frac{(O_o + O_{\text{доп}}) \cdot P_{\text{сс}}}{100}, \text{ грн} \quad (6.8)$$

де $P_{\text{сс}}$ – відсоток витрат на соцстрахування, %; $P_{\text{сс}} = 4\%$

Необхідна кількість ПММ визначаються за формулою:

$$X = X_i = \frac{H_n \cdot L_{\text{заг}} + (1 \dots 2) \cdot P}{100}, \text{ грн} \quad (6.9)$$

де H_n – витрата палива на 100 км пробігу автомобіля, л/100 км.

Визначаємо вартість паливо-мастильних матеріалів $B_{\text{пмм}}$, грн., за формулою:

$$B_{\text{пмм}} = n_m \cdot B_m, \text{ грн} \quad (6.10)$$

де n_m – кількість матеріалів, л (кг);

B_m – вартість матеріалів, грн/л (грн/кг).

Відрахування на амортизацію автомобілів B_a , грн., визначаємо за формулою:

$$B_a = l_{\text{заг}} \cdot H_a, \text{ грн} \quad (6.11)$$

де H_a – норма витрат на амортизацію із по кілометрового розрахунку,
 $H_a = 0,80$.

Відрахування на технічне обслуговування і ремонт:

$$B_{TO.p} = \frac{B_{\delta} \cdot H_{TO} \cdot n}{10}, \text{ грн} \quad (6.12)$$

де H_{TO} – норма відрахувань на ТО і ремонт, $H_{TO} = 0,09$.

B_{δ} – балансова вартість автомобіля, грн.

Отже, за наведеною методикою виконаємо відповідні розрахунки для автомобіля КрАЗ-6511С4 «Караван» []:

Обсяг вантажоперевезень визначаємо за формулою:

$$P = 1908 \cdot 0,5 \cdot 46 \cdot 1 \cdot 2 = 87768 \text{ т} \cdot \text{км}$$

Основна заробітна плата O_o , грн., визначається за формулою:

$$O_o = 178,57 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 10,5 = 26249,79 \text{ грн.}$$

Додаткова оплата праці $O_{доп}$, грн., обчислюють за формулою:

$$O_{доп} = \frac{26249,79 \cdot 20}{100} = 5249,958 \text{ грн.}$$

Відрахування у фонд зайнятості $O_{фз}$, грн., обчислюють за формулою:

$$O_{фз} = \frac{(26249,79 + 5249,958) \cdot 1,5}{100} = 472,4962 \text{ грн}$$

Відрахування у пенсійний фонд $O_{нф}$, грн., обчислюють за формулою:

$$O_{нф} = \frac{(26249,79 + 5249,958) \cdot 32}{100} = 10079,92 \text{ грн}$$

Визначаємо витрати на соціальне страхування $O_{сс}$, грн.:

$$O_{сс} = \frac{(26249,79 + 5249,958) \cdot 4}{100} = 1259,99 \text{ грн}$$

Повна заробітна плата O_n , грн., визначається за формулою:

$$O_n = 26249,79 + 5249,958 + 472,4962 + 10079,92 + 1259,99 = 43312,15 \text{ грн.}$$

Необхідна кількість та вартість паливо-мастильних матеріалів визначається за формулами 6.9 та 6.10. Результати розрахунків наведено у таблиці 6.2

Таблиця 6.2 – Необхідні затрати на ПММ для одного рейсу

Назва ПММ	Необхідна к-ть, n_m л	Вартість за 1 л, B_m грн	Повна вартість, грн	
			КрАЗ-6511С4 «Караван»	DAF XF 460
Дизельне паливо	12,6	54,00	680,40	563,76
Моторна олива	0,227	146,00	33,11	27,44
Трансмісійна олива	0,038	275,00	10,40	8,61
Консистентне мастило	0,023	340,00	7,71	6,39
Всього			731,62	606,20

Отже, знаючи кількість рейсів та перемноживши їх на розраховане значення ми отримаємо затрати на ПММ на у весь процес перевезення вантажу. Для відповідних автомобілів це становить КрАЗ-6511С4 «Караван» $B_{пмм} = 38775,81$ грн, а для DAF XF 460 $B_{пмм} = 73956,23$ грн.

Відрахування на амортизацію автомобілів B_a , грн., визначаємо за формулою:

$$B_a = 1908 \cdot 0,8 = 1526,4 \text{ грн}$$

Відрахування на технічне обслуговування і ремонт:

$$B_{то.р} = \frac{2850000 \cdot 0,09 \cdot 2}{10} = 51300 \text{ грн}$$

Отже, собівартість перевезення одного т·км вантажу обчислюється становить:

$$C_{пер} = \frac{(38775,81 + 1526,4 + 51300 + 66001,32) \cdot 43312,15}{87768} = 1,537 \text{ грн./т·км}$$

Відповідні розрахунки були виконані і для іншого автомобіля та були зведені у таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків собівартості перевезення одного т·км вантажу в умовах ПП «Агро-Експрес-Сервіс» Дубенського району Рівненської області

Показник	Умовні познач	Розмірність	Автомобілі	
Марка автомобіля	—	—	КрАЗ-6511С4 «Караван»	DAF XF 460
Обсяг вантажоперевезень	P	т·км	87768	131760
Повна заробітна плата	O_n	грн	43312,15	64968,23
Основна заробітна плата	O_o	грн	26249,79	39374,69
Додаткова оплата праці	$O_{доп}$	грн	5249,958	7874,937
Відрахування у фонд зайнятості	$O_{фз}$	грн	472,4962	708,7443
Відрахування у пенсійний фонд	$O_{пф}$	грн	10079,92	15119,88
Витрати на соціальне страхування	$O_{сс}$	грн	1259,99	1889,985
Витрати на ПММ	$B_{пмм}$	грн	38775,81	73956,23
Відрахування на амортизацію	B_a	грн	1526,4	3513,6
Відрахування на ТО і рем	$B_{ТО.р}$	грн	51300	75600
Собівартість перевезення одного т·км вантажу	$C_{пер}$	грн./т·км	1,5372	1,6548

Аналізуючи таблицю 6.3 можна зробити висновок, що економія на собівартості вантажоперевезень буде становити 83119,48 грн/рік.

Висновки до розділу 6

1. Розрахунок собівартості перевезень дав змогу визначити основні статті експлуатаційних витрат, які формують економічну ефективність транспортного забезпечення під час збирання сої. До змінних витрат належать паливно-мастильні матеріали, технічне обслуговування, поточні ремонти та амортизація, тоді як постійні витрати охоплюють оплату праці водіїв та адміністративні витрати

2. Проведені розрахунки показали, що собівартість перевезення одного тонно-кілометра ($t \cdot km$) становить:

- для автомобіля КрАЗ-6511С4 «Караван» – 1,5372 грн/ $t \cdot km$;
- для автомобіля DAF XF 460 – 1,6548 грн/ $t \cdot km$.

Таким чином, використання автомобіля КрАЗ-6511С4 забезпечує менші витрати на перевезення за рахунок більшої вантажопідйомності та нижчої питомої вартості експлуатації

3. Основними чинниками, що впливають на собівартість перевезень, є технічна швидкість руху, коефіцієнт використання пробігу та рівень завантаження автомобіля. Підвищення цих показників сприяє зниженню питомих витрат завдяки ефективнішому використанню транспортних засобів і зменшенню частки постійних витрат у загальній структурі собівартості

4. Порівняльний аналіз витрат показав економічну доцільність використання автомобіля КрАЗ-6511С4 «Караван» у господарстві. При його застосуванні річна економія на транспортних перевезеннях становить 83 119,48 грн, що підтверджує ефективність модернізації автопарку й раціонального добору техніки для забезпечення збирального процесу

5. Результати вартісного оцінення підтверджують, що оптимізація структури транспортного забезпечення безпосередньо впливає на економічні показники підприємства. Раціональне використання автомобілів з урахуванням технічних характеристик, вартості ПММ і трудових витрат дозволяє підвищити продуктивність перевезень і знизити собівартість виконання транспортних робіт у цілому

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Приватне підприємство «Агро-Експрес-Сервіс» є багатогалузевим сучасним агропідприємством, діяльність якого охоплює вирощування зернових, технічних і кормових культур, тваринництво та переробку сільськогосподарської продукції.

2. Оптимізація транспортного забезпечення базується на використанні системного підходу, який передбачає розгляд збирально-транспортного комплексу (ЗТК) як єдиної виробничої системи. Такий підхід дозволяє встановити взаємозв'язки між підсистемами комбайнів, транспорту, технічного сервісу та персоналу, що дає змогу узгодити їхню роботу та підвищити загальну продуктивність.

3. Удосконалення транспортного процесу повинно ґрунтуватися на поєднанні технічних і організаційних інновацій. Це передбачає оптимізацію маршрутів руху транспорту, автоматизацію обліку перевезень, впровадження адаптивних систем управління й моделювання потоків. Реалізація таких підходів дає змогу мінімізувати простой, знизити собівартість перевезень і забезпечити високий рівень технологічної дисципліни у збиранні врожаю.

4. Методика статистичної обробки даних дозволяє об'єктивно оцінити продуктивність транспортних засобів і виявити чинники, що визначають ефективність перевезень. Використання групування, середніх, варіаційних, кореляційних та динамічних методів забезпечує системне узагальнення інформації та побудову аналітичних моделей для подальшої оптимізації транспортних процесів.

5. У результаті статистичного опрацювання даних визначено, що середня технічна швидкість руху автомобілів під час транспортного забезпечення механізованого процесу збирання сої в ПП «Агро-Експрес-Сервіс» становить 34,0 км/год. Отриманий розподіл швидкостей узгоджується з нормальним законом за критерієм Пірсона, що свідчить про стабільність і закономірність руху транспортних засобів у типових умовах господарства.

6. Порівняльний аналіз транспортних засобів показав, що найкращими варіантами для заміни застарілих автомобілів КАМАЗ-5320 є моделі КрАЗ-6511С4 «Караван» та DAF XF 460. Вони забезпечують найменшу кількість машин у ланці (2-3 одиниці) при збереженні високої продуктивності, скороченні тривалості рейсів і мінімальних простоях комбайнів.

8. Отримані результати виробничих та комп'ютерних експериментів доводять, що застосування аналітичних і математичних методів під час планування транспортного забезпечення дозволяє підвищити ефективність логістичних процесів на 15-20 %, скоротити простої техніки, зменшити собівартість перевезень і забезпечити безперервний технологічний ритм збирання врожаю сої.

9. Проведений структурно-функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій показав, що найбільш небезпечною фазою механізованого процесу збирання сої є транспортно-перевантажувальні роботи. Саме тут спостерігається найбільша кількість динамічних факторів ризику: рух техніки на малій відстані, обмежена видимість, маневрування великогабаритних машин. Для зменшення ризику травм рекомендовано впровадити схеми руху техніки, сигнальні системи та регулярний інструктаж персоналу.

10. Основними чинниками, що впливають на собівартість перевезень, є технічна швидкість руху, коефіцієнт використання пробігу та рівень завантаження автомобіля. Підвищення цих показників сприяє зниженню питомих витрат завдяки ефективнішому використанню транспортних засобів і зменшенню частки постійних витрат у загальній структурі собівартості

4. Порівняльний аналіз витрат показав економічну доцільність використання автомобіля КрАЗ-6511С4 «Караван» у господарстві. При його застосуванні річна економія на транспортних перевезеннях становить 83 119,48 грн, що підтверджує ефективність модернізації автопарку й раціонального добору техніки для забезпечення збирального процесу

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барковський В., Барковська Н., Лопатін О. Теорія ймовірностей та математична статистика. Київ. Центр навчальної літератури, 2019. 424 с.
2. Грибинюк О.М. Дослідження умов функціонування і розробка методу оптимізації парку зернозбиральних комбайнів сільськогосподарського підприємства: автореф. дис... канд. техн. наук. Глеваха, 1994. 16 с.
3. Гуков Я.С., Лінник М.К., Адамчук В.В., та ін.. Збирання зернових і зернобобових культур у 2008 році. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2008. 42 с.
4. Гуков Я.С., Лінник М.К., Адамчук В.В., та ін.. Збирання зернових і зернобобових культур у 2006 році. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2006. 40 с.
5. Закон України Про правові засади цивільного захисту. N 1859-IV
URL : <http://zakon.rada.gov.ua/> (дата звернення: 12.10.2024).
6. Ільченко В. Ю., Карасьов П. І., Лімонт А. С., Макаров О. В. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. Київ : Урожай, 1996. 384 с.
7. Карабиньош С., Новицький А. Підготовка техніки до польових робіт. Пропозиція. 2006. №10. С.15-18.
8. Костюк В. О. Прикладна статистика: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 191 с
9. Кушлик-Дивульська О. І., Поліщук Н. В., Орел Б. П., Штабальок П. І. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 212 с.
10. Лехман С.Д. та ін. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / С.Д. Лехман, В.І. Рубльов, Б.І. Рябцев. Київ: Урожай, 2003. 272с.
11. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.

12. Марченко В. Методика визначення показників економічної ефективності використання комплексів машин та машинно-тракторного парку. *Збірник наук.пр. НАУ. Механізац. с.г. ви-ва.* Том. XIV. 2003. С. 189-194.
13. Мягченко О.П. Безпека населення в надзвичайній ситуації URL: <http://pidruchniki.ws/> (дата звернення: 6.11.2025)
14. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / [редкол. : М. В. Зубець (гол. редколегії) та ін.]. Київ : Урожай, 2004. 560 с.
15. Охорона праці при збиранні сільськогосподарських культур [URL: <http://dtn.corp2.net/>] (дата звернення: 5.11.2025)
16. Панюра Я.Й. методи та моделі управління змістом та часом у проектах збирання ранніх зернових культур. дис...к.т.н. Львів, 2010. 20 с.
17. Пастухов В. І. Довідник з машиновикористання в землеробстві / За ред. В. І. Пастухова. Харків: "Веста", 2001. 347 с.
18. Руденко В. М. Математична статистика. навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 304 с.
19. Сидорчук Л.Л. Ідентифікація конфігурації парку комбайнів у проектах систем централізованого збирання ранніх зернових культур: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. Львів, 2008. 18 с.
20. Сидорчук Л.Л. Ідентифікація конфігурації парку комбайнів у проектах систем централізованого збирання ранніх зернових культур: автореф. дис...к.т.н. Львів, 2008. 20 с.
21. Сидорчук О.В., Сенчук С.Р. Інженерний менеджмент: системотехніка виробництва : навч. посіб. Львів : Львів. ДАУ, 2006. 127 с.
22. Соя: особливості збирання, обробки та збереження врожаю насіння URL: <https://propozitsiya.com/news/tekhnolohiyi-zberihannya-ta-pererobka/soya-osoblyvosti-zbyrannya-obrobky-ta-zberezhennya> (дата звернення: 18.08.2025)

23. Ткачук О.П., Шкатула Ю.М., Тітаренко О.М. Сільськогосподарська екологія: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. 542 с.

24. Ціп Є.І. Сезонна програма комбайна і ризик у процесі централізованого збирання ранніх зернових: автореф. дис...к.т.н. Львів, 2002. 18 с.

25. Шарибура А.О., Левчук О.В., Рис В.І., Барабаш Р.І. Проектування транспортного забезпечення зернозбиральних комбайнів. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН В РОСЛИННИЦТВІ». Дубляни, 2023. 20 с.

26. Шарибура А.О., Луб П.М., Барабаш Р.І., Рис В.І. Якісний та кількісний аналіз вхідного потоку предметів праці виробничої системи. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи студентами спеціальності 208 Агроінженерія РВО «Магістр» з дисципліни «Моделювання та оптимізація виробничих систем в АПК». Львів, 2024. 25 с.

ДОДАТКИ

Додаток.
Результати математичного опрацювання даних основних виробничих спостережень

Таблиця А

Обґрунтування теоретичного закону розподілу середньої технічної швидкості руху автомобіля

№	Униз	Уверх	Уі	М(і)	Рі	Уі*Рі	(Уі-Ус)^2*Рі	f(y)	Теоретична частість
1	21,3	24,9	23,1	3	0,033	0,770	3,950	0,007060	0,026
2	24,9	28,6	26,7	9	0,100	2,674	5,267	0,027380	0,099
3	28,6	32,2	30,4	20	0,222	6,749	2,926	0,061748	0,224
4	32,2	35,8	34,0	26	0,289	9,822	0,000	0,080975	0,294
5	35,8	39,4	37,6	20	0,222	8,362	2,926	0,061748	0,224
6	39,4	43,1	41,3	9	0,100	4,126	5,267	0,027380	0,099
7	43,1	46,7	44,9	3	0,033	1,496	3,950	0,007060	0,026
				90	1	34,000	24,285		0,992

Закон розподілу - **Вейбулла**

Математичне сподівання	Ус	34,000	Число ступенів вільності	r	4
Дисперсія	D	24,285	Рівень значимості	α	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	4,928	Хі-квадрат розрахункове	X²	0,429
Коефіцієнт варіації	v	0,388	Хі-квадрат табличне	(X*)²	7,779
Параметр мірила	a	14,270	Коефіцієнт	Kb	0,890
Параметр форми	b	2,816	Коефіцієнт	Cb	0,345
				b/a	0,197