

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності використання автомобілів
сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю
«Світанок» (село Синьарна Оратівського району Вінницької області) при
перевезенні зернових культур»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ТТ-
23м спеціальності 275 – Транспортні
технології (за видами), спеціалізація
275.03 – Транспортні технології (на
автомобільному транспорті)
Освітньо-професійна програма –
Транспортні технології на автомобільному
транспорті

Карпенко І.В.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ

Огневий В.О.

« 6 » 12 2024 р.

Опонент: Бахматюк Д.С.

« 16 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 16 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 27 – Транспорт
Спеціальність 275 – Транспортні технології (за видами)
Спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
Освітньо-професійна програма – Транспортні технології на автомобільному транспорті

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Нимбал С.В.

«18» 09 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Карпенко Ігорю Вадимовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності використання автомобілів сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю «Світанок» (село Синарна Оратівського району Вінницької області) при перевезенні зернових культур.

керівник роботи Огневий Віталій Олександрович, к.е.н., доцент,

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

затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

2. Строк подання здобувачем роботи: 06.12.2024 р.

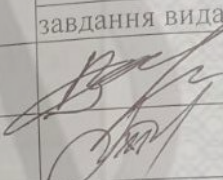
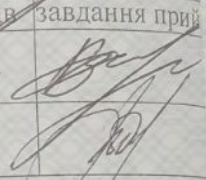
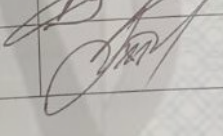
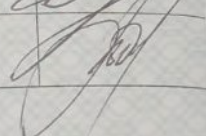
3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю «Світанок»; об'єкт дослідження – процеси, збирання та перевезення зерна на зерносховище; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- 1 Сучасні проблеми збирально-транспортних процесів зернових культур
- 2 Удосконалення науково-методичного підходу до підвищення ефективності використання автотранспорту при перевезенні зернових культур
- 3 Експериментальні дослідження транспортних потоків перевезення зерна
- 4 Техніко-економічна оцінка результатів роботи

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
- 1-3 Тема, мета та завдання дослідження.
- 4 Показник врожайності сільськогосподарських культур в залежності від ґрунту.
- 5 Дані про роботу і використання рухомого складу СТОВ «Світанок»
- 6 Семантична схема доставки зерна з поля до споживача через тимчасовий пункт зберігання
- 7 Семантична схема перевезення зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання
- 8 Семантична схема перевезення зерна з тимчасового пункту зберігання до споживача
- 9 Блок - схема визначення необхідної кількості автотранспортних засобів
- 10-11 Відстань та витрати на доставку зерна зі збиральної площі до тимчасового пункту зберігання за дні збиральної кампанії
- 12 Графік зміни витрат за ітераціями
- 13 Графік зміни витрат на збиральну кампанію
- 14 Висновки

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Макарова Т.В., доцент кафедри АТМ		

7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	Виконано
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	Виконано
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	Виконано
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	Виконано
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	Виконано
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	18.11-01.12.2024	Виконано
7	Нормоконтроль МКР	02.12-06.12.2024	Виконано
8	Попередній захист МКР	09.12-11.12.2024	Виконано
9	Рецензування МКР	12.12-16.12.2024	Виконано
10	Захист МКР	20.12- 23.12.2024	

Здобувач

(підпис)

Карпенко І.В.

Керівник роботи

(підпис)

Огневий В.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.078

Карпенко І. В. Підвищення ефективності використання автомобілів сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю «Світанок» (село Синарна Оратівського району Вінницької області) при перевезенні зернових культур. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами), спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті) Вінниця: ВНТУ, 2024. 103 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 32 назви; рис.: 12; табл. 19.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання підвищення ефективності використання автомобілів сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю «Світанок» при перевезенні зернових культур.

У розділі 1 розглянуто сучасні проблеми збирально-транспортних процесів зернових культур.

В розділі 2 проведено удосконалення науково-методичного підходу до підвищення ефективності використання автотранспорту при перевезенні зернових культур.

В розділі 3 виконано експериментальні дослідження транспортних потоків перевезення зерна.

В розділі 4 проведена техніко-економічна оцінка результатів роботи

Графічна частина складається з 14 слайдів.

Ключові слова: перевезення, рухомий склад, зернові культури, транспортні потоки, транспортна система.

ABSTRACT

UDC 656.078

Karpenko I. IN. Increasing the efficiency of the use of vehicles of the limited liability agricultural company "Svitanok" (Synarna village, Orativ district, Vinnytsia region) when transporting grain crops. Master's thesis on specialty 275 - Transport technologies (by types), specialization 275.03 - Transport technologies (on road transport) Vinnytsia: VNTU, 2024. 103 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 32 titles; Fig.: 12; table 19.

In the master's qualification work, the issue of increasing the efficiency of the use of cars of the limited liability agricultural company "Svitanok" for the transportation of grain crops was worked out.

Chapter 1 deals with modern problems of harvesting and transportation processes of grain crops.

In chapter 2, the improvement of the scientific and methodical approach to increasing the efficiency of the use of motor vehicles during the transportation of grain crops was carried out.

In section 3, experimental studies of transport flows of grain transportation were carried out.

In section 4, a technical and economic assessment of the work results was carried out

The graphic part consists of 14 slides.

Keywords: transportation, rolling stock, grain crops, transport flows, transport system.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	12
1.1 Стан та перспективи вирощування зернових культур.....	12
1.2 Аналіз робіт з оптимізації збирально-транспортних процесів.....	16
1.3 Технічне забезпечення автотранспортних перевезень зерна з поля..	21
1.4 Екологічний вплив автотранспортних засобів при перевезення зерна.....	32
1.5 Загальна характеристика сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю «Світанок» і його автотранспортного підрозділу.....	40
1.6 Аналіз виробничої діяльності автотранспортного підрозділу.....	46
1.7 Висновки до розділу 1.....	50
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АВТОТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	52
2.1 Перевезення зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання.....	54
2.1.1 Цілочисленна виробничо-транспортна модель оптимізації обсягів транспортних потоків з урахуванням втрат зерна.....	57
2.1.2 Розрахунок раціональної кількості автотранспортних засобів.....	64
2.2 Перевезення зерна з тимчасового пункту зберігання споживача....	71
2.3 Розрахунок транспортних потоків за умов порушення балансу обсягу перевезень та споживання.....	73
2.4 Визначення втрат зерна у разі порушення термінів збирання.....	75
2.5 Висновки до розділу 2	77
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА.....	78
3.1 Рішення цілісної виробничо-транспортної моделі транспортування зерна з урахуванням втрат «методом відсікань».....	78

	7
3.2 Алгоритм розрахунку необхідної кількості транспортних засобів...	80
3.3 Розрахунок оптимальної структури транспортних потоків.....	82
3.4 Розрахунок раціональної кількості автотransпортних засобів.....	90
3.5 Транспортування зерна з тимчасового пункту зберігання споживачеві.....	91
3.6 Висновки до розділу 3	93
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ.....	95
4.1 Аналіз результатів та їх графічна інтерпретація.....	95
4.2 Висновки до розділу 4.....	97
ВИСНОВКИ	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	100
ДОДАТКИ.....	104
Додаток А Ілюстративна частина	105
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективність збирального процесу значною мірою визначається рівнем його транспортного обслуговування, характеризується великим обсягом перевезень у короткі терміни, і зокрема ефективної експлуатації автотранспортних засобів.

Високий рівень сезонності, короткі терміни збирання, незадовільний технічний стан більшості автотранспортних засобів створюють великі проблеми під час транспортування зерна від комбайна до зерносховища. Для забезпечення ефективного керування транспортними процесами під час перевезення зерна, необхідно користуватися науковими основами оптимізації транспортних потоків, визначення резервів скорочення витрат у системі «поле – транспорт – зерносховище», які враховують динамічність процесів і вихідної інформації.

Незважаючи на значну кількість робіт з даної тематики, на даний момент є можливості підвищення ефективності використання автотранспортних засобів, удосконалення організації, планування та управління процесом перевезення. Зокрема, більшість робіт пропонують різні способи перевезення зерна, вважаючи прямі перевезення автомобільним транспортом застарілими та не перспективними. Але якщо вдосконалити організацію збиральної компанії, застосувати нові методи розрахунку, впровадити в даний вид перевезень нові технології, то прямі автомобільні перевезення будуть менш витратними та ефективнішими.

Підтвердженням теоретичної та практичної значимості запропонованої теми магістерської кваліфікаційної роботи, є відсутність сучасних методів ефективного використання автотранспортних засобів та організації прямих автомобільних перевезень зерна.

Відомі з наукової літератури результати теоретичних досліджень з питань підвищення ефективності експлуатації автотранспортних засобів не повною мірою відповідають сьогоdnішнім викликам функціонування процесу перевезення зерна під час збиральної кампанії на сучасному етапі розвитку

економіки, недостатньо повно розроблені питання взаємодії зернозбиральних комбайнів та автотранспортних засобів при прямих перевезеннях зерна. Ця проблема в діючих реаліях вивчена не повністю і потребує більш детального опрацювання з урахуванням сучасних потреб української економіки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалась у відповідності з напрямками наукових досліджень кафедри автомобілів та транспортного менеджменту.

Метою роботи є підвищення ефективності транспортного забезпечення перевезення зерна за рахунок оптимізації кількості рухомого складу, вантажопідйомності та шкідливого екологічного впливу автотранспортних засобів.

Для досягнення зазначеної мети в роботі були поставлені наступні завдання:

- виявити недоліки та їх основі запропонувати шляхи підвищення ефективності використання автотранспорту при перевезенні зернових культур;
- розробити схему перевезення зерна з поля на зерносховище, що знижує шкідливий екологічний вплив автотранспортних засобів;
- удосконалити економіко-математичну модель визначення обсягів транспортування зерна, з урахуванням втрат зерна при збиранні після оптимального агростроку;
- удосконалити методику визначення раціональної кількості автотранспортних засобів для перевезення зерна від комбайнів;
- провести експериментальні дослідження та визначити економічний ефект, що підтверджує значущість отриманих наукових результатів.

Об'єктом дослідження є процеси, збирання та перевезення зерна на зерносховище.

Предметом дослідження є теоретико-практичні підходи створення та використання ефективної та екологічно стійкої транспортної системи перевезення зерна.

Методи дослідження У роботі використовувалися методи математичного та фізичного моделювання, програмування, чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь, статистична обробка даних, методи планування експерименту, кореляційний та регресійний аналіз, методи натурних спостережень.

Наукова новизна:

- доповнено теоретико-прикладні підходи організації двохетапної схеми перевезення зерна із поля до споживача;
- удосконалено економіко-математичну модель визначення обсягів транспортування зерна, з урахуванням втрат зерна при збиранні після оптимального агротерміну;
- набули подальшого розвитку науково-обґрунтовані положення визначення раціональної кількості автотранспортних засобів для перевезення зерна від комбайнів на зерносковище, з урахуванням технічних характеристик кожної моделі транспортного засобу.

Достовірність результатів підтверджується:

- достатнім числом спостережень досліджуваних параметрів;
- коректністю застосування апробованого математичного апарату теорії ймовірності та математичної статистики, кореляційно-регресійного аналізу.

Практична цінність роботи полягає в тому, що розглянуті теоретичні підходи, удосконалена економіко-математична модель дозволили створити наукову основу для ефективного використання автотранспортних засобів та можуть застосовуватися для вирішення завдань планування та ефективного управління організацією автотранспортних перевезень зерна.

На практиці застосування результатів роботи дозволяє отримати науково обґрунтовані підходи: щодо мінімізації витрат на транспортування зерна з врахуванням втрат зерна при збиранні після оптимальних агротермінів; на вибір раціональної кількості автотранспортних засобів, що використовуються при перевезенні зерна від комбайна до зерносковища, з урахуванням технічних показників всіх моделей автотранспортних засобів.

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень були опубліковані серед матеріалів конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)», Вінниця, 2025. [7].

Публікації. Матеріали магістерської роботи висвітлені у 1 опублікованій науковій праці, з яких 1 – опублікована праця апробаційного характеру [7].



РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

1.1 Стан та перспективи вирощування зернових культур

Вирощування зернових культур у Вінницькій області є у сільському господарстві основною галуззю. Ключовим регулятором ринку виробництва зерна є підтримка держави.

Розвиток виробництва у сільському господарстві неможливо реалізувати без ефективно працюючого ринку сільськогосподарської продукції. Ринок реалізації зерна має специфічні особливості, пов'язані з якісними властивостями зерна. Здатність тривалий час зберігати зерно без втрати його фізичних властивостей, дозволяє сільгоспвиробникам реалізовувати наявні обсяги продукції з часом. Підвищуючи рівень інтенсифікації в сільськогосподарському виробництві, виробники створюють потенційні умови зростання для виробництва та ефективності їх діяльності [8]. Даний фактор дає можливість створити виробниче зростання завдяки якісному вдосконаленню факторів виробництва - трудових ресурсів, технологій, засобів виробництва.

Вирощування зерна одне з основних виробництв у сільському господарстві, яке є складним та трудомістким виробництвом. Механізація операцій при виробництві зерна спрощує та скорочує фізичне навантаження працівників у сільському господарстві, особливо під час жнив. Прибирання зернових культур є основною та першорядною операцією у виробництві зерна. Терміни проведення збиральної кампанії визначаються біологічними властивостями сільськогосподарської культури, погодним фактором та характером ґрунтів [5]. Процес збирання врожаю повинен відбуватися своєчасно та в необхідні агростроки. Це дозволить зібрати врожай із мінімальними втратами. При невчасному збиранні зернових культур неминучі значні непоправні втрати зерна.

Також слід зазначити, що з роками змінюється кількісна структура посівів. На валові збори та якість зерна впливає багато факторів, такі як стан ґрунту, погодні фактори, технологія виробництва тощо.

Оснащення сільськогосподарських підприємств Вінницької області технікою характеризується негативною динамікою.

В останні роки загальна кількість комбайнів у парку суттєво скоротилося, так само збільшується частка несправних комбайнів або тимчасово задіяних на збиранні зернових, парк комбайнів старіє, збільшується середнє навантаження на один комбайн, що призводить до збільшення термінів збирання та відповідно до втрат зерна як і від самоосипання, і за комбайном.

Однак цей факт є природним процесом, оскільки сучасна техніка, що купується господарствами, має більш високу продуктивність. Підтвердженням чого є те, що кількісне зниження зернозбиральних комбайнів не спричинило собою зниження посівних площ.

Так застосування сучасних способів розрахунку обсягу перевезення та підвищення ефективності експлуатації автотранспортних засобів сприятиме вирішенню такої проблеми, як забезпечення безпеки урожаю і доведення його до товарного вигляду, якому так само відноситься механізація обробки та зберігання зерна після збирання. Так процес післязбиральної обробки зерна, в сучасних умовах повинен розглядатися як одне ціле з процесом збирання та транспортування зерна, так як вони є єдиним виробничим процесом.

З давніх-давен виробництво зерна в Україні закінчувалося його збиранням і здаванням на зерносховища. Розвиток баз з обробки та зберігання зерна безпосередньо у господарствах, як це робиться в розвинених європейських країнах, в Україні не приділяється належної уваги. Добова продуктивність зернозбиральних комбайнів та темпи збирання перевищують у 2...3 рази можливості обробки зерна на зерносховищах господарств. За даними досліджень забезпеченість господарств технічними засобами для післяжнивної обробки зерна становить 71%, а підготовки насіння 66%. З середини 90-х років випуск великосерійних партій зерноочисних комплексів та зерноочисно-сушильних

агрегатів в Україні припинено. У наявної в господарствах техніки для післязбиральної обробки зерна термін служби у 3...4 рази перевищує нормативний.

В даний час у господарствах широко використовується періодична технологія обробки зібраного зерна, із застосуванням пересувних пристроїв. Ця технологія характеризується великими витратами ручної праці, а також кількісними і якісними втратами зерна. Поточна обробка фуражного зерна для продовольчих потреб проводиться на комплексах типу ЗАВ та агрегатах КЗС, які були зняті з виробництва на початку 90-х років. Отже, всі агрегати та комплекси, що збереглися в господарствах, використовуються за межами нормативних термінів. У багатьох господарствах обладнання для після збиральної обробки зерна використовуються для підготовки насіння, багаторазово пропускаючи зерно через це обладнання, не призначене для цього, все це призводить до травмування посадкового матеріалу, збільшуються його втрати та знижується вихід повноцінного насіння.

Агрофірми та холдинги істотно впливають на формування пропозицій ринку зерна у Вінницькій області. На їхню частку припадає майже 20% посівних площ від загальної площі посіву зернових культур [9]. Слід зазначити, що оснащення збиральною технікою в інтегрованих структурах значно вище, ніж у середніх та малих господарствах. Значна частина підприємств з переробки зерна монополізована, що надає суттєві труднощі на доведення продукції сільгосптоваровиробників до об'єктів призначення [4]. Також, крім великих торгових компаній працюють дрібні та середні приватні посередники, які пропонують продукцію споживачам. Обсяги та якість реалізованої продукції є результатом кінцевої фінансової та економічної діяльності сільськогосподарських підприємств.

Виробництво зерна у великих обсягах потребує висококласного технічного забезпечення, високого рівня взаємодії збиральних комбайнів, автотранспортних засобів та обладнання для обробки зерна на зерносховищі, оптимальних сівозмін, якісного посівного матеріалу, точної організації всіх операцій, безперебійно

функціонуючої системи технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки. Для господарств, що володіють вищепереліченими якостями, у науковому плані представляється найбільший інтерес підвищення ефективності робіт з транспортування, збирання та зберігання зібраного зерна.

Для підвищення ефективності робіт необхідно точно знати техніко-експлуатаційні показники збиральних комбайнів та автотранспортних засобів з урахуванням прогнозування врожайності зернових культур, рельєфу місцевості та розмірів полів і їх віддаленості. Все це дозволить точно сформулювати збирально-транспортний комплекс та прикріпити його до обладнання для післязбиральної обробки зерна.

Основними технологічними особливостями збирання зернових культур є: необхідність розгляду робіт зі збирання, транспортування та післязбиральної обробки зерна як єдиного об'єднаного виробничого процесу (збиральна кампанія); узгодження обсягів збиральних робіт з роботою з прийому та обробки зерна з можливістю транспортування зерна; проводити збирання тільки за одним або двома варіантами технології, оскільки багатоваріантність значно знижує загальний темп збиральної кампанії; мінімізувати прості техніки дозволить жорстке дотримання необхідних технологічних операцій зернозбиральних комбайнів; оперативний вплив на збиральний процес.

До технічних особливостей виробництва зерна належить наявність оптимальної структури парку зернозбиральних комбайнів з орієнтацією на застосування комбайнів, що максимально реалізують у конкретних умовах свої паспортні характеристики; застосування найбільш ефективних транспортних коштів; будівництво пунктів прийому та зберігання зерна з обладнанням післязбиральної обробки зерна та ваговим обладнанням, що виключають можливість простою автотранспортних засобів під час розвантаження.

До організаційних особливостей збирання зернових культур можна віднести: оперативне отримання точних даних про роботу кожного зернозбирального комбайна та транспортного засобу; максимально швидке

прийняття рішення та доведення його до виконавців; застосування гнучкої системи обліку та винагороди за ефективну роботу; створення комфортних умов для професійної роботи

Реалізація вищеописаних особливостей виробництва зерна буде функціонувати лише при розробці конкретних науково-методичних положень, рекомендацій, пропозицій щодо ефективного технологічного та технічного вдосконалення збиральної кампанії з метою подальшого ефективного функціонування технології збирання та транспортування зерна, скорочення втрат та зниження собівартості робіт.

Для скорочення втрат зерна, збиральна кампанія має бути організована гранично чітко, що до мінімуму зводить взаємні простой всіх машин, що беруть участь у процесі збирання. Господарства з великими валовими зборами зерна мають, великі площі посадки культур, з різною врожайністю, з широко розгалуженою інфраструктурою пунктів зберігання та обробки віддалених від полів.

У більшості випадків це передбачає наявність різноманітних зернозбиральних комбайнів та транспортних засобів за різними організаційно-технологічних схем.

Таким чином, практичне завдання щодо визначення оптимальних складів збирально-транспортних ланок, маршрутів руху транспортних засобів, місць розташування пунктів прийому зерна є основною функцією, оскільки вирішення поставленого завдання має науково-технічну основу і пов'язано з великими матеріальними та фінансовими витратами [3].

1.2 Аналіз робіт з оптимізації збирально-транспортних процесів

Основні методи та принципи оптимізаційного проектування збирально-транспортних операцій вперше проаналізовано у роботах [5].

Дані роботи як головний принцип побудови виробничих процесів приймають потокову роботу машин, що передбачає: безперервну роботу

агрегатів, ритмічність і узгодженість операцій, повну зайнятість всіх ланок збирального процесу.

Обґрунтовуючи принципи функціональної побудови основних поточкових ліній транспортних та технологічних операцій, Ф. С. Завалішин [5] показав, що ритмічність виробничих процесів досягається лише у випадку, якщо зберігається стабільним час тривалості окремих операцій. Однак домогтися даного твердження в умовах конкретного виробництва у сільському господарстві дуже важко. На тривалість операцій впливає безліч випадкових факторів - забруднення робочих органів зернозбиральних комбайнів, нерівномірність проростання на полі зернових культур і неоднорідність матеріалу, що переробляється, мінливість ґрунтового фону та мікрорельєфу і т.д. До погіршення використання комбайнів та транспортних засобів, призводить варіювання тривалості операцій. При розгляді можливості погодження роботи комбайнів і транспортних засобів, Ф. С. Завалішин приходить до висновку, що якщо навіть середня продуктивність збиральних комбайнів та транспортних засобів рівна, то все одно неминучі взаємозумовлені простої, оскільки погодження розраховується кожному за окремого бункера комбайна.

Надалі науковий розвиток досліджень цієї тематики охарактеризовано переходом до методів оптимального розподілу виробничих процесів, основою яких покладено математичні моделі [18]. Зазначені роботи переважно відрізняються особливістю використання критеріїв оптимальності.

Найвищий рівень функціонування математичного апарату та вимоги щодо обліку випадкового характеру перебігу технологічних процесів виробництва у сільському господарстві, підвели до застосування теорії масового обслуговування у вирішенні завдань для проектування поточкових технологічних операцій. Оскільки теорію про пропускну здатність систем можна порівняти тільки з основними марківськими процесами, то розрахунок характеристик нормальної роботи збирально-транспортних процесів вдасться зробити тільки для самих найпростіших її форм.

Е.А. Фінн [9] проаналізувавши можливість використання теорії, процесу оптимального комплектування зернозбиральних комбайнів під час збирання дійшли висновку, що використовуючи даний метод практично неможливо в аналітичному вигляді передбачити залежність основних складових процесу збирання зернових культур (обсяг збирання, виконуваного за добу; простоїв з різних причин і т.п.) від характеристик та умов роботи.

В.С. Муктаров [31] аналізуючи процеси збирання та транспортування зерна із застосуванням компенсаторів, застосували положення, засновані на теорії масового обслуговування, вперше показані у розрахунках потокових промислових ліній. Дані автори запропонували, що група зернозбиральних комбайнів, так само як і група автотранспортних засобів є об'єднаним єдиним механізмом. Результатом такого об'єднання при виході з ладу одного комбайна чи автотранспортного засобу, як вважають автори, є недієздатною всієї групи комбайнів чи автотранспортних засобів.

У роботі [30] під критерієм оптимальності розглянуто мінімум витрат на транспортування та збирання зерна з урахуванням втрат зерна у вигляді:

$$C_{\epsilon} = C_3 + C_T + C_{\Pi} + C_B \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

де C_3 , C_T - витрати на операції з збирання та транспортування зерна;

C_{Π} - вартісні витрати від втрат зерна за комбайном;

C_B - вартість зерна яка була втрачена від невчасного збирання.

Робота [8] має відмінну особливість в результаті застосування методу статистичних випробувань, в якому враховується імовірнісний характер зміни врожайності зернових культур, відстані перевезення тощо.

Багатогранність досліджень процесу збирання та транспортування зерна показана в роботі [31], в якій критерієм оптимальності є мінімум від наведених витрат, що виражаються у функції головних зовнішніх факторів Φ_{BH} ,

зернозбиральних комбайнів $П_k$ і автотранспортних засобів $П_T$. Критерії оптимальності у загальному вигляді представлені як:

$$C_{\Pi} = f(\Phi_{BH}, P_K, P_T) \rightarrow \min. \quad (1.2)$$

Для визначення оптимального відношення числа комбайнів та автотранспортних засобів, у роботі [28] використовується спосіб поділу правильного раціонального дробу на ланцюговий дріб. Цей спосіб має суттєвий недолік - відсутність економічного критерію.

У роботі [28] описані загальні методи оптимізації транспортно-технологічного обслуговування зернозбиральних комбайнів які пов'язані з обробкою та перевезенням різних сільськогосподарських матеріалів - врожаю, добрив тощо.

Представлений невеликий аналіз робіт у галузі організації збирально-транспортного процесу говорить про те, що до теперішнього часу створено широка загальна наукова платформа для підвищення ефективності розробок збирально-транспортного процесу.

Використання сучасних швидкодіючих комп'ютерів та розвиток нових розділів прикладної математики суттєво розширило рамки практичного застосування методів моделювання. Основним завданням математичного моделювання є встановлення закономірності процесу при всіх можливих варіантах виробничих умов, для різних технічних характеристик автотранспортних засобів, комбайнів та технологічних схем. Складова методу побудови статистичних моделей процесу, закріплена за його внутрішніми та діючими елементами, дослідження взаємодії між ними, у представлених потоках інформації та у складанні відповідного алгоритму, що показує імітацію поведінки та взаємодії елементів складної системи з урахуванням їх імовірнісної природи.

За допомогою випадкових чисел, які обробляє ЕОМ у результаті моделювання, імітується імовірнісна природа основних факторів, які впливають на перебіг процесу.

Методом математичного моделювання можна вирішити складні завдання. Головною його перевагою є можливість вирішення завдань виняткової складності: аналізований процес може одночасно мати елементи безперервної та дискретної дії, бути схильним до впливу різноманітних випадкових факторів складної природи і т.д.

Якщо процес, який моделюється, багаторазово досліджений і мало чим відрізняється від реального, то під час моделювання він багаторазово імітується.

Знизити взаємні простої можна розробивши технологію взаємодії зернозбиральних комбайнів та транспортних засобів на основі інтелектуальних супутникових систем, а також підвищивши ефективність використання транспорту.

За кордоном організація перевезень зерна під час збирання врожаю полягає в груповій роботі зернозбиральних агрегатів з оптимальною розстановкою автотransпортних засобів, повсюдним використанням бункерів-накопичувачів.

У США, Канаді, Франції, Англії та Німеччині найкраще організували виробництво зерна. Збирання зернових культур у США проводиться способом прямого та роздільного комбайнування. Транспортування зерна з великих площ здійснюється автомобілями-самоскидами вантажопідйомністю до 12 т, з невеликих ділянок зерно вивозиться колісними тракторами із самоскидними причепами, обладнаними автоматичним зчепленням та гальмами [27].

Використання високопродуктивних комбайнів (висока швидкість, велика ємність бункерів) призводить до затримки у роботі через транспорт. У зв'язку з цим у США активно застосовуються різноманітні проміжні перевантажувачі.

В Англії для транспортування зерна з поля широко застосовуються різні контейнери. У Швейцарії та Данії в основному використовуються два способу технологічного збирання зернових культур: пряме комбайнування та роздільне

збирання снопов'язанками, які надалі обмолочують на стаціонарному обладнанні.

Метод статистичного моделювання дозволяє вирішити задачі, засновані на проектуванні та оцінці збирально-транспортних потокових ліній.

Проте статистичне моделювання має свої недоліки, які відзначені в роботі [22]: громіздкість та трудомісткість, поганий огляд результатів рішень, тривалість часу розрахунків, утрудненість пошуку оптимального рішення, яке доводиться шукати вручну, шляхом спроб та помилок. Таким чином, статистичне моделювання можна використовувати там, де аналітичний метод не допомагає знайти необхідне рішення.

У зв'язку з особливостями виробництва у сільському господарстві вищеописані недоліки розглядаються у роботі [26]. При транспортуванні зерна з поля виробничі лінії діють, короткий проміжок часу, отже, виробничі лінії доводиться розраховувати по кожному полю. За таких умов використовувати статистичний метод для проектування виробничих ліній важко здійснити і фінансово дорого. Все це утруднює здійснити точні розрахунки, одержувані будь-яким методом, оскільки отримана розрахункова кількість автотransпортних засобів є, здебільшого дробовим числом, що округляється до цілого.

1.3 Технічне забезпечення автотransпортних перевезень зерна з поля

Зібране зерно потрібно перевезти від комбайнів на зерносховища, частину після обробки перевезти на склади, а частину на елеватори та переробні підприємства.

Грошові витрати на транспортування зерна великі і сягають 30...40% від усіх витрат на вирощування зернових культур.

Транспортування зерна з поля на зерносховище можливе із застосуванням кількох способів організації робіт автотransпортних засобів та зернозбиральних комбайнів [25]:

- 1.Прямі автомобільні перевезення.
2. Прямі автомобільні перевезення з побудовою розвантажувальних магістралей.
3. Перевезення зерна із застосуванням компенсаторів.
4. Контейнерні перевезення зерна.
5. Перевезення зерна із застосуванням «Мультиліфтів».

1. В Україні найбільшого поширення набули прямі автомобільні перевезення. Цей спосіб передбачає, що автотransпортні засоби, завантажившись зерном від комбайнів, перевозять його у зерноприймальний пункт, тобто робота здійснюється за технологічною схемою "комбайн-автомобіль зерносховище". Залежно від вантажопідйомності автотransпортний засіб може розмістити в кузові від одного до кількох бункерів із зерном. Ця схема дозволяє застосовувати як індивідуальну, так і групову роботу збиральних комбайнів та автотransпортних засобів [24].

Індивідуальний спосіб передбачає, що за кожним комбайном закріплено окремий автомобіль. Індивідуальне закріплення автотransпортних засобів за комбайном призводить до значних взаємних простоїв їх у полі. Це викликано тим, що, приїхавши на поле та завантаживши бункер зерна, автотransпортний засіб змушений простоювати в очікування намолоту комбайном наступного одного або кількох бункерів зерна. При цьому час знаходження автотransпортного засобу на полі сягає 50...70% від часу роботи [24]. На даний момент фіксуються простой у комбайнів в очікуванні приїзду автомобіля з зерносховища.

Груповою робота заснована на створенні збирально-транспортних ланок, що складаються з групи комбайнів та кількох автотransпортних засобів. При груповому способі роботи зернозбиральний комбайн обслуговується близько розташованим порожнім автотransпортним засобом, який входить у ланку. Таким же чином і автотransпортний засіб збирально-транспортної ланки не перебуває в очікуванні намолочування бункера зерна «свого» комбайна, а

приймає перший бункер, наповнений зерном. Застосування цього способу при збиранні зернових культур збільшує продуктивність автотранспорту.

Спільна робота зернозбиральних комбайнів та автотранспорту передбачає, що останні повинні чекати заповнення бункера комбайна зерном і під'їжджати до них, або рухатися разом з ними до повного завантаження. У такому разі завантаження транспортного засобу відбувається з зупинкою комбайна чи ходу.

У будь-якому з вищеописаних випадках, при прямих перевезеннях зерна автотранспортних засобів пов'язана з переїздами по полю від одного до іншого комбайну чи комбайном, тобто автотранспортні засоби під час прямих перевезень зерна, спільно з операцією з транспортування виконують та складальну [24]. Спосіб прямого перевезення зерна не вимагає застосування спеціалізованих транспортних засобів, поряд з автомобілями можуть використовуватись і трактори з причепами. Даний спосіб має суттєвий недолік – жорстка узгодженість автотранспортних засобів з комбайнами у часі, інакше неможливо буде суттєво підвищити продуктивність автотранспортних засобів.

Групова робота зернозбиральних комбайнів та автотранспортних засобів, передбачає, що кількість зернозбиральних комбайнів у ланці може бути різним. Робота комбайнів, залежно від цього факту, може бути дрібногруповою - 2 - 4 комбайни, середньогруповою - 5 - 7 комбайнів і великогруповою - 8 комбайнів і більше. Кращий ефект досягається якщо застосовується середньо-і великогрупова робота. Час перебування автотранспортного засобу на полі на 10 - 15% менше, за такої групової роботи комбайнів.

Групова робота також відрізняється суттєвим часом перебування автотранспортних засобів на полі, що досягає 40...60% часу циклу [21]. Отже, пропонуються різні варіанти організації перевезень зерна з поля від групи комбайнів на зерносховище, з метою зменшення взаємних простоїв зернозбиральних комбайнів та автотранспортних засобів. Для цієї мети необхідно передбачити організацію роботи на полі таким чином, щоб автотранспортні засоби могли завантажуватися без простоїв та заздалегідь знали координати чергової зупинки комбайна із заповненим бункером. Це дозволить

скоротити кількість переїздів автотransпортних засобів по полю в пошуках комбайна, що зупинився, із заповненим бункером, це дозволить зменшити навантаження на родючий шар землі, витрата палива та цим підвищити ефективність експлуатації автотransпортних засобів.

2. Прямі автомобільні перевезення з побудовою розвантажувальних магістралей. Такий спосіб перевезення зерна з поля від комбайна на зерносховище допомагає досягти мінімальних пробігів автотransпортних засобів по полю, внаслідок завантаження автотransпортних засобів в одному місці [25].

Розвантажувальні магістралі впорядковують рух автотransпортних засобів, внаслідок того, що вони пересуваються не по всій площі поля, а при поверненні з зерносховища одразу їдуть на «вільну» магістраль, розвантаження комбайна зерном.

Розвантажувальні магістралі прокладаються з розрахунком, щоб під час колії від однієї магістралі до іншої комбайн намочував повний бункер зерна. Уникнути простоїв зернозбиральних комбайнів на розвантажувальній магістралі можна шляхом постійного знаходження на даній магістралі автотransпортних засобів, які готові до обслуговування комбайна.

Усі переваги розвантажувальних магістралей досягаються під час виконання наступних умов: бункер комбайна повинен бути повністю заповнений у момент підходу комбайна до магістралі; кількість магістралей має бути мінімальною [24].

Застосування розвантажувальних магістралей скорочує пробіг одиночних автотransпортних засобів вантажопідйомністю 2,5 - 5 т. на 22 - 44%, а великовантажних автомобілів та автопоїздів - на 53 - 66% [20].

Розвантажувальні магістралі «примушують» автомобілі рухатися полем по одним маршрутам, внаслідок чого відбувається накопчування колії, що дозволяє підвищити швидкість руху з 13 – 15 до 29 – 31 км/год [21].

Але тільки цим не вичерпуються всі переваги організації перевезень зерна із застосуванням розвантажувальних магістралей. Перебуваючи на

розвантажувальній магістралі, водієві не доводиться переїжджати полем у пошуках комбайна з заповненим бункером зерна, за рахунок чого він може вчасно подати автомобіль до місця розвантаження комбайна. Внаслідок чого практично ліквідується час простоювання комбайна в очікуванні підходу транспортного засобу, значно підвищує продуктивність зернозбиральних комбайнів та ефективність використання транспортних засобів.

Незважаючи на ряд переваг, цей спосіб перевезення зерна має істотний недолік, що виявляється у необхідності використання комбайнів із бункерами однакової місткості [21]. Що у сучасних умовах, коли господарства мають у своєму розпорядженні комбайни з різними технічними характеристиками, виконати буде дуже складно.

Прокладання розвантажувальних магістралей допомагає підвищити ефективність експлуатації автотransпортних засобів, за рахунок скорочення переїздів по полю, збільшення середньої швидкості руху по полю, за рахунок знання конкретної точки розвантаження комбайна скорочується час прибуття транспортного засобу в цю точку, що призводить до зменшення простоїв комбайна [27].

3. Перевезення зерна від комбайнів із використанням компенсаторів.

Постійні зміни у процесі збирально-транспортних робіт визначають взаємні простої зернозбиральних комбайнів та автотransпортних засобів [22]. Застосування розвантажувальних магістралей сприяє зниженню їх величини, за рахунок узгодження роботи зернозбиральних комбайнів та автотransпортних засобів, у просторі. Необхідно узгодити роботу комбайнів та автотransпортних засобів у часі, тобто розрахувати роботу збирально-транспортної ланки так, щоб зернозбиральні комбайни могли вивантажити зерно відразу після намолочування бункера, а транспорт - завантажуватися відразу після приїзду на поле [19]. Для цієї мети в технологічний ланцюжок додається проміжна ланка - компенсатор.

Застосування компенсатора розриває «жорсткий» зв'язок між комбайнами та автотransпортними засобами та перевезення зерна здійснюється за схемою «Комбайн – компенсатор – автотransпортний засіб – зерносховище».

Залежно від функцій компенсатори можна розділити на міжопераційні та міжзмінні. Міжопераційні компенсатори дозволяють організувати «незалежну» роботу автотранспортних засобів та збиральних комбайнів за всю зміну роботи комбайнів, міжзмінні передбачають організацію роботи автомобілів у дві та три зміни.

Можливість організовувати дво- та тризмінну роботу транспортних засобів, при однозмінній роботі зернозбиральних комбайнів, дозволяє відповідно знизити потребу в рухомому складі, в цьому полягає одна з найважливіших переваг схеми перевезень з використанням міжзмінного компенсатора порівняно з прямими перевезеннями [32].

Компенсатори в залежності від характеру роботи діляться на пересувні, стаціонарно-пересувні, стаціонарні [32]. Замість компенсаторів можуть використовуватись автомобільні та тракторні причеми, різні напівпричеми, бункера тощо.

Проаналізувавши схеми перевезення зерна із застосуванням компенсаторів різного типу, необхідно виділити недоліки, що перешкоджають отриманню максимального ефекту, при жорсткому узгодженні збиральних та транспортних процесів, до яких можна віднести такі [20]:

- відсутнє заздалегідь встановлене місце розвантаження комбайна;
- необхідно комбайну під'їжджати до компенсатора;
- відсутня можливість проконтролювати кількість та якість виконаних робіт окремим збиральним комбайном;
- багаторазово збільшується потреба у причіпному складі;
- необхідне зведення на кожному полі стаціонарних компенсаторів;
- обмежений обсяг стаціонарного компенсатора;
- необхідно придбання спеціально обладнаних комбайнів та автомобілів;
- збільшується потреба у спеціальних кузовах та контейнерах.

Відсутність чітко визначених місць розвантаження комбайнів вимагає переміщення пересувних компенсаторів по полю, що збільшує ймовірність простою комбайнів, помітно зростає пробіг автотранспортних засобів по полю

та зникає можливість застосування автопоїздів [21]. Загалом таку організацію робіт можна порівняти з обслуговуванням комбайнів великовантажними автотранспортними засобами під час прямих перевезень зерна.

Використання причепів та напівпричепів як компенсаторів різко обмежується необхідністю тримати на баласті підприємства до 6 причепів або до 4 напівпричепів на один тягач [20]. Застосування причепів та напівпричепів зроблять значно більший ефект при використанні їх на інших перевезеннях, наприклад, при перевезенні зерна на елеватори.

До зниження виробітку комбайнів на 15 - 20% призводить необхідність їх під'їзду для розвантаження зерна до стаціонарних компенсаторів [32]. Збільшення продуктивності автотранспортних засобів, що відбувається за рахунок зниження продуктивності зернозбиральних комбайнів не є раціональним.

Значні труднощі викликає контроль якості та кількості виконуваної роботи окремими зернозбиральними комбайнами при використанні стаціонарних компенсаторів. В умовах, коли в момент вивантаження зерна з бункера зернозбирального комбайна відсутній механізатор, практично неможливо визначити ступінь засміченості зерна та повноту розвантаження бункера.

Застосування проміжної компенсаційної ланки порівняно з прямими перевезеннями автомобільним транспортом дозволяє значно скоротити тривалість складальних операцій [12]. При перевезенні зерна від комбайна можуть застосовуватись автотранспортні засоби різної вантажопідйомності, представляє практичний інтерес визначення питомої тривалості перебування автомобілів на полі, тобто тривалості складально-транспортних операцій, віднесеної до тонни перевезеного зерна (хв/т).

Як міжопераційні компенсатори доцільно використовувати такі автотранспортні засоби, які можуть знайти широке застосування в сільськогосподарському виробництві: бункери, що перевозяться на причіпних або самохідних шасі, автомобілі - перевантажувачі та причепа тракторів - перевантажувачі.

Застосування компенсаторів, на відміну від прямих перевезень зерна, дозволяє регулювати ступінь завантаження автотранспортних засобів, за яких завантажуються ціла кількість бункерів комбайнів, що допомагає підвищити ефективність використання автотранспортних засобів.

4. Контейнерні перевезення зерна та його особливості.

Застосування змінних контейнерів є новим технологічним елементом вантажно-розвантажувальних робіт під час перевезення сільськогосподарських вантажів, при цьому досягаються, перш за все, такі результати: скорочується потреба в робочій силі та в пакувальному матеріалі, підвищується продуктивність праці, з'являється можливість максимально механізувати вантажно-розвантажувальні роботи з контейнерами [11]. Можна виділити деякі характерні особливості транспортування вантажів у змінних контейнерах у порівнянні з традиційними методами перевезення в сільському господарстві, якими є швидка та проста заміна різних видів контейнерів, наповнення їх незалежно від транспортних засобів, скорочення простоїв до мінімуму, використання транспортних засобів певного типу навіть у найважчих дорожніх умовах; можливість взаємодії внутрішньо- та позагосподарського транспорту без трудомісткого навантаження матеріалів [23].

Для збирання зерна від комбайнів та перевантажувальних операцій доцільно використовувати стаціонарно-пересувні накопичувачі-перевантажувачі. Однак перевантажувачі які використовувалися раніше мали складну конструкцію, малу продуктивність, велику металоємність, а головне, вони призначалися для навантаження лише одного виду продукту, переважно зерна. У зв'язку з чим виникла потреба розробки такої конструкції універсального перевантажувального пристрою з високою продуктивністю, яка могла б з дрібних партій вантажу підготувати партії для великовантажних транспортних засобів та швидко їх навантажити, а також прийняти партію вантажу з великовантажних транспортних засобів і розподілити її на дрібніші.

Перерахованим вимогам відповідає стаціонарно-пересувний накопичувач-перевантажувач на базі контейнеровозу з набором контейнерів твердого типу.

При перевезенні зерна від комбайнів з використанням цієї машини контейнери завантажують на розвантажувальній магістралі безпосередньо від комбайнів і доставляють до місця навантаження контейнеровозом. На перевантажувальному майданчику зерно з контейнерів перевантажують у великовантажний автомобіль або автопоїзд, що прибув на перевантажувальний майданчик із зерносховища [20]. При відсутності автотранспортного засобу на майданчику завантажений контейнер встановлюють на майданчику, і контейнеровоз із порожнім контейнером повертається до комбайна щоб наповнити бункер зерном.

З метою підвищення ефективності використання автотранспортних засобів передбачаються три варіанти технології збирання зернових культур застосуванням змінних контейнерів:

1) За сигналом комбайна, після наповнення бункера зерном, навантажувач з контейнером під'їжджає до комбайна, який вивантажує зерно у контейнер. Заповнений контейнер за відсутності транспорту залишають на полі або відвозять до виділеного для завантаження транспортного засобу місця, а наявний порожній контейнер забирає навантажувач і цикл повторюється. Зерно в транспортний засіб завантажують перекиданням контейнера за допомогою кантувача, піднятого навантажувачем над кузовом.

2) Контейнери розставляються навантажувачем на полі у місцях передбачуваного заповнення бункера зерном комбайна, що визначаються розрахунком з врахуванням розмірів поля, врожайності та інших факторів [30]. Комбайни після наповнення бункера зерном виїжджають із загінки і вивантажують зерно в контейнери. Після прибуття транспорту навантажувач завантажує його зерном з контейнерів. Порожні контейнери розставляють на полі у місцях передбачуваного вивантаження зерна з бункерів комбайнів. Такі варіанти використання контейнерів найбільш ефективні при роботі комбайнів на полях з низькою несучою здатністю ґрунту (200-600 кПа), де транспортні засоби не можуть в'їжджати на поле.

3) Комбайни вивантажують зерно в автотранспортний засіб (якщо воно знаходиться на полі) або контейнери за відсутності транспортних засобів. При

відсутність комбайна з повним бункером завантаження автотransпортних засобів зерном відбувається із контейнерів.

У всіх зазначених варіантах можливе транспортування зерна в контейнери з наступним розвантаженням на зернотокові. У цьому випадку виключаються втрати зерна при перевантаженні та транспортуванні у складних дорожніх умовах, збільшується коефіцієнт використання транспортних засобів підвищеної вантажопідйомності із звичайними кузовами [23]. Можливе застосування неспеціалізованих бортових автомобілів без додаткового їх переобладнання. Зерно з контейнерів на зернотокові можна вивантажувати таким самим навантажувачем.

Застосування цього способу перевезень вимагає придбання накопичувача перевантажувача, контейнерів, контейнеровозів, що позначається на собівартості перевезень. Складність конструкції даних засобів у складних умовах перевезення зерна може негативно позначитися на їх надійності, а отже працездатності усієї збиральної кампанії.

5. Вивіз зерна із застосуванням «Мультиліфтів». Найбільш докладно даний спосіб досліджував у своїх працях А.Ю. Ізмайлів. Для високоефективних перевезень вантажів у сільському господарстві з найменшими витратами трудових, матеріальних та енергетичних ресурсів потрібно мати широкую номенклатуру спеціалізованих автотransпортних засобів, різних за призначенням, обладнанням для роботи та ходовим системам [7]. Маючи низку переваг у порівнянні з універсальними засобами, спеціалізований рухомий склад має певні недоліки: конструкція кузова під конкретні вантажі та додаткові механізми роботи (вантажно-розвантажувальні пристрої, що розкидають і т.д.) істотно збільшують металоємність, а застосування їх у певні сезони погіршують економічні показники. Цим пояснюється використання системи змінних кузовів, насамперед на транспортних засобах, особливо за кордоном, у яких тяговий агрегат розділений з вантажонесучою частиною, що дозволяє застосовувати дорогу ходову частину (тягач) при різних роботах.

Впровадження способу перевезення зерна із застосуванням «Мультиліфтів» вимагає оновлення у господарствах всього парку автотранспортних засобів, що у економічній ситуації, що склалася, виглядає не здійсненним.

Як уже було сказано раніше, сумарні витрати під час перевезення зерна великі і доходять до 30 - 40% від усіх витрат, що припадають на вирощування зерна. Отже, необхідно уважно переглянути та ефективніше організувати процес перевезення зерна.

Проаналізувавши ситуацію, яка склалася у Вінницькій області, можна виділити два основних недоліки автотранспорту, який працює у сільському господарстві: недостатня кількість автотранспортних засобів необхідних для транспортування зерна, незадовільний технічний стан даних автотранспортних засобів.

В останній час значно скоротилася кількість вантажних автотранспортних засобів. Це призвело до недоукомплектованості зернозбиральних комбайнів автотранспортними засобами під час збирання зернових культур. За рахунок цього, збільшується навантаження на кожну робочу одиницю автотранспортного засобу, автотранспортні засоби, які беруть участь у процесі перевезення, не витримують дане навантаження, внаслідок чого виходять з ладу в процесі роботи, зростають простой комбайнів в очікуванні на під'їзд транспортного засобу. Усе це призводить до скорочення якості та надійності обслуговування зернозбиральних комбайнів і позначається на збільшенні термінів жнив.

Технічний стан деяких автотранспортних засобів підійшов до критичного рівня: у віці понад 10 років експлуатується близько 55% автотранспорту, нових автомобілів готових безвідмовно виконувати покладену на них роботу віком до 3 років менше 10%.

Цей факт негативно впливає на коефіцієнт технічної готовності вантажних автотранспортних засобів. Протягом багатьох років коефіцієнт технічної готовності на підприємствах Вінницької області тримається на дуже низькому рівні - менше 0,6. В результаті чого, під час збирання зернових культур не всі

наявні автотранспортні засоби можуть бути задіяні у процесі транспортування зерна.

Все це призводить до суттєвого погіршення показників безпеки, безвідмовності роботи та економічної ефективності, зростають транспортні витрати господарюючих суб'єктів. Під час проведення жнив з'являються серйозні труднощі в укомплектуванні збиральних транспортних засобів ланок автотранспортними засобами. Багато господарств змушені залучати автотранспортні засоби у сторонніх організацій чи приватних осіб, іноді навіть із сусідніх областей, що не може не позначатися на собівартості зібраного врожаю.

Наявні транспортні та технологічні засоби не повністю задовольняють вимогам сільськогосподарського виробництва щодо поступового зростання продуктивності праці, скорочення негативного впливу транспортних засобів на довкілля та зниження собівартості виробництва зерна.

1.4 Екологічний вплив автотранспортних засобів при перевезення зерна

Показники екологічної безпеки стоять в одному ряду з іншими факторами, що впливають на ефективність експлуатації автотранспортних засобів під час перевезення зерна.

Під час проведення збиральних сільськогосподарських робіт верхні шари ґрунту піддаються багаторазовому впливу складної системи, яка складається з таких об'єктів як комбайн – автомобіль – технологія – ґрунт – навколишнє середовище. Усі об'єкти цієї системи перебувають у взаємозв'язку один з одним. В результаті такої взаємодії потрібно забезпечити їх сумісність з погляду екології.

Для подальшого зростання рослинного шару показник ступеня ущільнення ґрунту не повинен досягати порогового значення для зростання сільськогосподарських культур.

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур передбачають численні проїзди тракторів та автотранспорту по полю. Внаслідок

чого посівні площі за сезон піддаються багаторазовій дії колісних рушіїв. Збільшення тиску на верхні шари ґрунту та числа проїздів по одному сліду, поставило перед виробниками серйозну проблему переущільнення ґрунту, та збереження родючості земель, яка стає дедалі значнішою з кожним роком. За твердженням багатьох відомих вчених у цій галузі сучасне землеробство знаходиться в передкризовому стані. Щорічно змивається в річки та водоймища від 0,25 до 1,6 млрд. т. зруйнованих ґрунтів, Останні 50-75 років кількість гумусу в ґрунті скоротилася від 8 до 30%. При цьому в 2-4 рази збільшилася щільність ґрунту у верхньому орному шарі, глибина ущільнення шару ґрунту доходить до 1 м.

Ущільнення ґрунту призводить до погіршення фізико-механічних та водоповітряних властивостей ґрунту, теплових та поживних режимів коренеживаного шару, зниження родючості, яка зрештою, призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур[29].

Основними параметрами, що характеризують фізичні властивості ґрунту, і позначаються на врожайність - є щільність і структура [26]. Збільшення щільності ґрунту внаслідок механічного впливу автотранспортних засобів та сільськогосподарських машин призводить до збільшення її твердості. Зростання твердості ґрунту значно впливає на зниження схожості насіння. Сільськогосподарські культури відстають у зростанні та у розвитку на переущільнених ґрунтах.

Максимальний тиск колісного рушія на ґрунт у кілопаскалях визначається за формулою:

$$q_k = \overline{q_k} \cdot k_2 \quad (1.3)$$

де $\overline{q_k}$ - середній тиск колеса на ґрунт, кПа;

$$\overline{q_k} = \frac{m_k \cdot g}{10^3 \cdot F_{\text{кп}}} \quad (1.4)$$

де m_k - маса, яка створює статичне навантаження на ґрунт одиничним колісним рушієм, кг;

$F_{кп}$ - площа контакту шини колеса з дорогою, м²;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

$k_2 = 1,5$ – коефіцієнт поздовжнього нерівномірного розподілу навантаження за площею контакту шини.

Як видно з формули, чим більша маса яка припадає на одне колесо транспортного засобу, а отже маса всього транспортного засобу, тим більший тиск створює цей транспортний засіб на ґрунт.

На рисунку 1.1 показано залежність ступеня впливу ущільнюючого фактора на відтворювальні можливості дерново-підзолистих та чорноземних ґрунтів, з вологістю 12-24 %, яке було отримано із сукупності дослідно-практичних даних тиску на ґрунт, що надається рушієм, і щільності ґрунту за слідом [22].

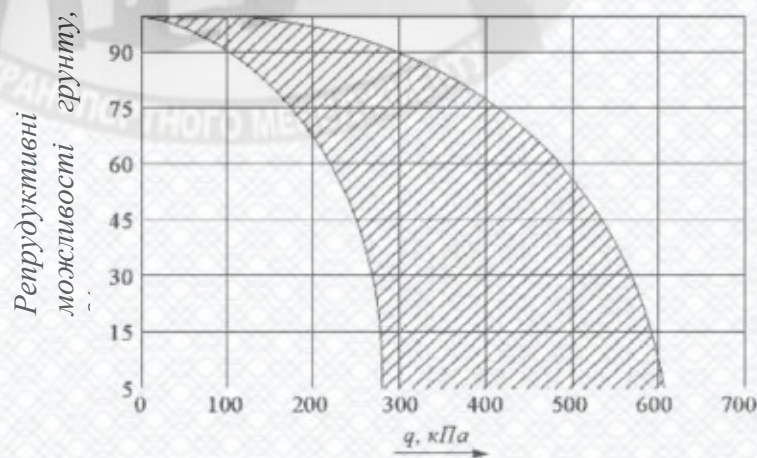


Рисунок 1.1 – Залежність питомого тиску двигуна автотранспорту на відтворювальні властивості ґрунту

Збільшення маси автотранспорту призвело до більш інтенсивного впливу його ходових систем на ґрунт, в результаті ґрунт переущільнюється, що в результаті призводить до зниження родючості ґрунту та врожайності. оброблюваних сільськогосподарських культур [22]. При цьому, більшість сучасних технологій виробництва сільськогосподарських культур, надають

багаторазовий вплив на верхні шари ґрунту тракторів, комбайнів, автотранспорту та іншої мобільної сільгосптехніки.

Залежно від щільності ґрунту розраховувати врожайність сільськогосподарських культур можна за формулою:

$$Q = 1 - |a(p_{opt} - p)^2 + b(p_{opt} - p)| \quad (1.5)$$

де Q - врожайність у частках від максимальної врожайності, отриманої при оптимальній щільності ґрунту;

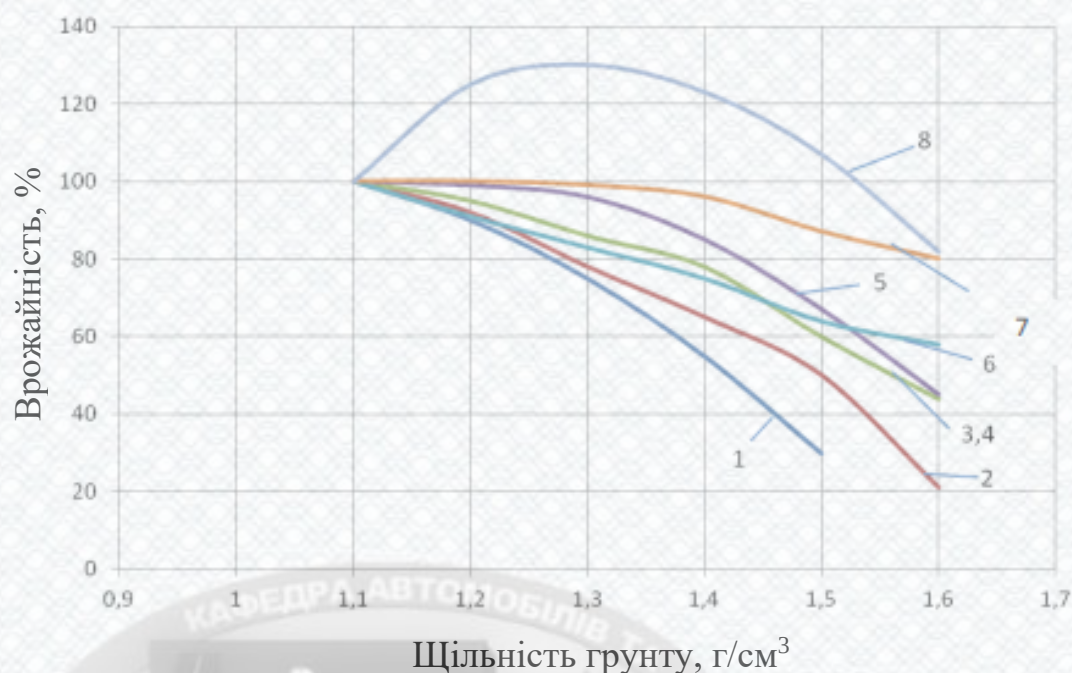
p_{opt} і p - відповідно оптимальне та чинне значення щільності ґрунту, г/см³;

a та b - коефіцієнти емпіричні.

Збільшення щільності ґрунту призводить до опору його обробці, в результаті погіршується якість обробки. Доведено, що опір оранці на полі слідом трактора ДТ-75М порівняно з неуцільненою ділянкою ґрунту зростає на 17...26 %, за слідом самохідних тракторів Т 150К та К-701 - на 45...67%. Це впливає на підвищення витрат палива та інших експлуатаційних матеріалів, знижується продуктивність та ресурс енергонавантаженої техніки, погіршуються умови праці, знижується врожайність (рис. 1.2).

Для зниження ущільнюючого впливу на ґрунт автотранспортних засобів, більшість вчених рекомендують такі основні заходи, як: оптимізувати розподіл вертикальних навантажень по осях автотранспорту; вибирати шини оптимальних типорозмірів, які здійснюють менш ущільнюючий тиск на ґрунт; вибирати оптимальну швидкість руху по полю; знижувати у допустимих межах внутрішній тиск повітря у шинах; скорочувати кількість проходів автотранспорту по полю; застосовувати автотранспорт невеликої вантажопідйомності.

Вплив на ґрунт ходових систем автотранспортних засобів призвів до значного скорочення як ефективної, так і потенційної родючості ґрунтів, яку повністю відновити не вдасться навіть за допомогою відомих методів їх механічної обробки.



1,2 - солома вівса і овес відповідно, на важкосуглинистому чорноземі; 3 - солома вівса вирощена на глинистому каштановому ґрунті; 4 - зелена маса кукурудзи, оброблена на суглинистому дерново-підзолистому ґрунті; 5 - овес, вирощений на суглинистому каштановому ґрунті; 6 картопля, вирощена на важкосуглинистому ґрунті; 7 - вміст крохмалю в картоплі вирощеної на важкосуглинистому пилуватому ґрунті; 8 - зелена маса кукурудзи прибрана з дерновопідзолистих супіщаних ґрунтів.

Рисунок 1.2 – Показник врожайності обробітку сільськогосподарських культур від щільності ґрунту

Численні дослідження, багатьох вчених, показують, що збільшення оптимальних значень щільності ґрунту буде призводити до суттєвого скорочення врожайності сільськогосподарських культур. Підвищення нормального значення щільності ґрунту на $0,1 \text{ г/см}^3$ знижує урожайність зернових культур від 2 до 9 ц/га [22].

Отже, скорочення ущільнюючого впливу автотранспорту до агротехнічно нормального значення є одним із аспектів підвищення ефективності експлуатації автотранспортних засобів під час виконання польових робіт.

Крім того, у сучасному світі автотранспорт є головним джерелом забруднення атмосферного повітря, внаслідок чого завдає суттєву шкоду здоров'ю людей, шкоду екосистемам.

У збиральній кампанії задіяно велику кількість вантажного автотранспорту, значна частина якого не відповідає вимогам екологічних норм Євро. У процесі перевезення зерна з поля на зерносховище автотранспортні засоби здійснюють великі пробіги та простої, з працюючим двигуном на полі в очікуванні розвантаження комбайна та на зерносховище в очікуванні розвантаження зерна.

У сукупності цих двох факторів, застарілих автотранспортних засобів та роботи у важких умовах, автотранспорт викидає велику кількість забруднюючих речовин в атмосферу.

Враховуючи вищезазначене, необхідно враховувати специфіку перевезення зерна для визначення оцінки збитків навколишньому середовищу від викидів забруднень автотранспортом. Наведений нижче спосіб визначення збитків атмосфері дозволяє наочно показати необхідність підвищення ефективності експлуатації автотранспорту з урахуванням антропогенного впливу.

Таким чином, оцінити збитки від викидів вихлопних газів в атмосферу можна за формулою, грн. /рік [27]:

$$Y = y \cdot \delta \cdot f \cdot M, \text{ грн/рік} \quad (1.6)$$

де y - показник, що переводить умовну оцінку викидів у фінансову, грн./ум. т;

δ – коефіцієнт, що враховує небезпеку забруднення атмосфери над різними об'єктами;

f - виправлення, що характеризує розсіювання домішок в атмосфері;

M - річна маса викиду забруднень від джерела, віднесена до діоксиду сірки, ум. т/рік.

Річна маса викиду шкідливих речовин M , розраховується за відносної агресивності речовин, що ґрунтуються на отриманих значеннях ГДК відповідних

речовин. Викиди двигунів усіх відпрацьованих речовин в атмосферу переводять на діоксид сірки SO_2 .

Наведена маса річних викидів забруднень в атмосферу повітря розраховується за формулою [28]:

$$M = \sum_{i=1}^N A_i m_i, \quad \text{ум. т/рік} \quad (1.7)$$

де A_i - відносна агресивність i -го виду домішки, ум.т/т;

m_i - загальна маса річного викиду i -го виду домішки в атмосферу повітря, т/рік;

N - сумарна кількість домішок, які викидає джерело в атмосферу.

Визначати масу викиду окремих компонентів вихлопних газів необхідно, ґрунтуючись на особливостях перевезень зерна, які можна розкласти на дві складові:

- час, коли автотранспорт знаходиться на полі, чекаючи поки вивантажиться комбайн та пересувається по полю на малій швидкості, до того ж сюди можна віднести перебування автотранспорту на зерносховищі чекаючи зважування і в процесі зважування, а також розвантаження кузова з увімкненим двигуном;

- час, який автотранспорт витрачає на рух від поля до зерносховища обумовлено великими пробігами автотранспорту та допустимою високою швидкістю.

Враховуючи вищесказане, масу викидів відпрацьованих газів слід визначати окремо для кожної складової перевезення. Тоді маса забруднюючих викидів для першої складової визначається виходячи з обсягу витраченого палива:

$$m_i = q_i \cdot \rho \cdot Q \cdot 10^{-3}, \quad \text{т/рік} \quad (1.8)$$

де q_i - величина, що характеризує питомий викид i -ї забруднюючої речовини, яка виділяється при виробництві 1 л палива, г/кг;

ρ – щільність витраченого палива, кг/л;

Q – середня витрата палива, л.

Для другої складової перевезень зерна, більше підходить формула, в основу якої закладено використання пробігового викиду автотранспортних засобів:

$$m_i = B_{\text{км}} \cdot L \cdot K_{\text{дв}} \cdot K_{\text{сд}} \cdot 10^{-3}, \text{ т/рік} \quad (1.9)$$

де $B_{\text{км}}$ – викид i -ї забруднюючої речовини в залежності від пробігу, г/км;

L - загальний пробіг автотранспортного засобу, км;

$K_{\text{дв}}$ – коефіцієнт, який враховує зміну у викидах забруднюючих речовин, залежно від зовнішніх умов руху автотранспорту;

$K_{\text{сд}}$ – поправочний коефіцієнт, який враховує середню швидкість руху автотранспортного засобу [28].

Залежно від швидкості руху автотранспорту, маса викидів окремих компонентів вихлопних газів може значно змінюватись, за рахунок різних навантажень на двигун внутрішнього згоряння, отже, раціонально в цій формулі враховувати поправочний коефіцієнт $K_{\text{сд}}$ (рисунок 1.3) [28].

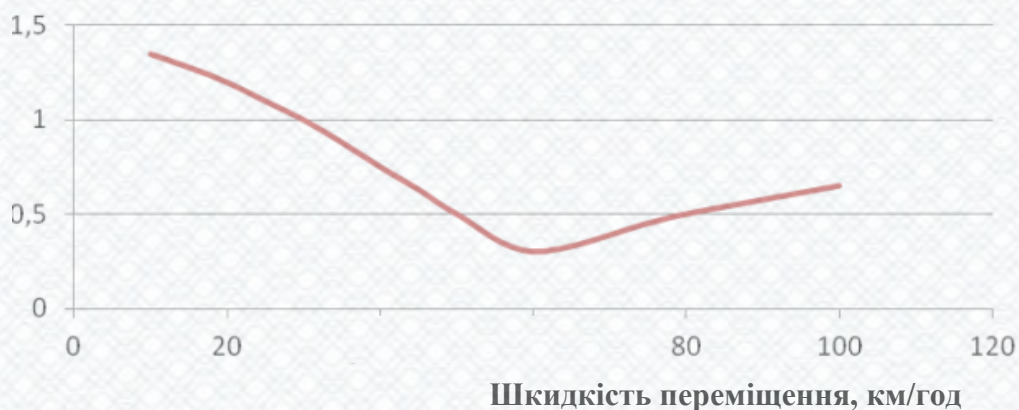


Рисунок 1.3 - Графік зміни значення коефіцієнта $K_{\text{сд}}$ залежно від швидкості руху

Таким чином, маса викидів окремих компонентів вихлопних газів визначається як сума викидів від автотранспортного засобу, що рухається від автотранспортного засобу на полі до зерносховища, тоді:

$$m_i = (q_i \cdot \rho \cdot Q + V_{\text{км}} \cdot L \cdot K_{\text{дв}} \cdot K_{\text{сд}}) \cdot 10^{-3}, \text{ т/рік} \quad (1.10)$$

Як видно з графіка (рисунок 1.3), коефіцієнт, що враховує середню швидкість руху автотранспорту, може змінюватись від 0,25 при швидкості 60 км/год до 1,27 при 5 км/год. Це говорить про те, що маса викидів вихлопних газів одного автотранспортного засобу, при різних швидкостях руху, може варіюватися в кілька разів.

Враховуючи даний факт, при виборі автотранспортних засобів, при перевезенні зерна необхідно підбирати такі моделі автотранспорту, які надаватиме мінімальний антропогенний вплив на навколишнє середовище. Також, для зниження маси викидів вихлопних газів у реальних умовах доцільно приділяти увагу стану дорожнього полотна. Поліпшенням стану дорожнього полотна можна збільшити середню швидкість руху автотранспорту, яка в свою чергу призведе до скорочення маси викидів вихлопних газів та зниження антропогенного впливу на навколишнє середовище.

1.5 Загальна характеристика сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю «Світанок» і його автотранспортного підрозділу

Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю «Світанок» (надалі СТОВ) є підприємницьким товариством і розташовано в с. Синарна Оратівського району Вінницької області.

Товариство здійснює свою діяльність та реалізує права відповідно до Конституції України, Цивільного кодексу України, Господарського кодексу України та інших нормативно-правових актів.

СТОВ має самостійний баланс, рахунки в банках, круглу печатку із своїм найменуванням, знак для товарів та послуг, кутовий штамп та фірмові бланки. Товариство має право від свого імені вчиняти правочини, виступати учасником цивільно-правових відносин, набувати майнові та особисті немайнові права, нести зобов'язання, пов'язані з його діяльністю, виступати позивачем або відповідачем в суді.

Основною метою діяльності СТОВ є отримання прибутку.

Предмет діяльності СТОВ: виробництво і реалізація сільгосппродукції; випуск і реалізація продукції з відходів виробництва; вирощування зернових, технічних та інших культур; надання послуг у рослинництві та у тваринництві; заготівля, переробка сировини (зокрема молока і м'яса) та матеріалів для різних потреб; закупівля сировини для потреб власного виробництва, у тому числі за межами України; виробництво, заготівля, закупівля (у т.ч. у населення) та переробка сільськогосподарської продукції (м'ясної, молочної та рослинної).

Товариство може здійснювати інші види діяльності, не заборонені законодавством України.

СТОВ у своїй структурі має виробничі та функціональні підрозділи (дільниці, служби, відділи, групи) між якими розподіляє обсяги переданих товариством, основних засобів і повноважень.

Одним з них є автотранспортний підрозділ. Метою його діяльності є організація роботи по забезпеченню транспортними засобами і механізмами діяльності апарату управління, служб, відділів та структурних підрозділів.

Основні завдання автотранспортного підрозділу [4]:

- забезпечення постійної технічної готовності транспортних засобів та механізмів для виконання робіт по транспортному обслуговуванню виробничої діяльності СТОВ;
- організація експлуатації, ремонту та безаварійної роботи транспортних засобів і механізмів;
- організація роботи з попередження дорожньо-транспортних пригод;

- забезпечення безпечних умов роботи, охорони праці і безпеки дорожнього руху.

З метою виконання цих завдань на автотранспортний підрозділ покладаються такі основні функції:

- організація правильної технічної експлуатації транспортних засобів та підтримання їх в технічно справному стані;

- здійснення періодичних контрольних наглядів за технічним станом автотранспортних засобів, механізмів, верстатного та іншого обладнання, прийняття відповідних заходів по усуненню виявлених недоліків;

- планування, організація та контроль за економічно грамотним використанням рухомого складу, верстатів та іншого обладнання, розробка рекомендацій щодо поліпшення ефективності їх використання;

- організація та здійснення контролю за правильним веденням технічної та іншої документації, пов'язаної з експлуатацією транспортних засобів;

- організація роботи по впровадженню заходів механізації трудомістких робіт, підвищенню продуктивності праці, реалізації інвестиційних програм по придбанню нової техніки і обладнання;

- комплектування виробничих підрозділів сучасними засобами обслуговування і ремонту;

- складання і обґрунтування заявок на запасні частини, паливно-мастильні та інші матеріали для ремонтно-експлуатаційних потреб;

- складання звітів про роботу автотранспортних засобів, проведення аналізу їх використання;

- удосконалення управління парком автотранспортних засобів

Автотранспортний підрозділ також надає послуги з перевезення вантажів іншим юридичним і фізичним особам.

У власності господарства знаходиться майно споживчого і виробничого призначення, до складу якого входять і основні фонди.

Склад і вартість основних виробничих фондів підприємства визначаються на основі аналізу бухгалтерської і фінансової звітності за 2023 рік і наводяться в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні виробничі фонди

Групи основних засобів	Залишок на початок року		Надійшло за рік	Вибуло за рік		Нараховано амортизації за рік	Залишилось на кінець року	
	Первісна (переоцінена) вартість	знос		Первісна (переоцінена) вартість	знос		Первісна (переоцінена) вартість	знос
Будинки, споруди та передавальні пристрої	380,9	3,0	-	-	-	18,6	380,9	21,6
Машини та обладнання	1951,7	43,1	676,5	-	-	294,3	2628,6	337,4
Транспортні засоби	288,9	24,1	57,3	-	-	51,5	288,9	75,6
Інструменти, прилади	10,9	0,5	64,6	-	-	8,2	75,5	8,7
Разом	2631,9	70,7	804,1	-	-	373,4	3378,7	444,1

Аналізуючи дані наведені в таблиці 1.1, можна зробити висновки про структуру основних виробничих фондів підприємства: будівлі, споруди та передавальні пристрої становлять 11,27 % від загальної вартості; машини та обладнання – 77,78 %; транспортні засоби – 8,5 %; інструменти і прилади – 1,35 %.

Для більш детального аналізу стану основних фондів можна використовувати наступні показники за [4]: коефіцієнт відновлення, коефіцієнт придатності та інші.

Коефіцієнт відновлення відображає інтенсивність відновлення основних фондів і визначається за формулою:

$$K_{\text{від}} = \frac{OB\Phi_{\text{в}}}{OB\Phi_{\text{к}}}, \quad (1.11)$$

де $OB\Phi_{\text{в}}$ – вартість основних фондів, що надійшли (вводяться в дію) протягом року, грн.;

$OB\Phi_{\text{к}}$ – вартість основних фондів на кінець року, грн.

За даними таблиці 1.1 коефіцієнт відновлення становитиме:

$$K_{\text{від}} = \frac{804,1}{3378,7} = 0,238.$$

Коефіцієнт придатності характеризує технічний стан основних фондів:

$$K_{\text{виб}} = \frac{ОВФ_{\text{зал}}}{ОВФ_{\text{перв}}} = 1 - K_z = 1 - \frac{Z}{ОВФ_{\text{перв}}}, \quad (1.12)$$

де $ОВФ_{\text{зал}}$ – залишкова вартість основних фондів, грн.;

$ОВФ_{\text{перв}}$ – первісна вартість основних фондів, грн.;

K_z – коефіцієнт зносу;

Z – знос основних фондів, грн.

За даними таблиці 1.1 коефіцієнт придатності становитиме:

$$K_{\text{виб}} = 1 - \frac{444,1}{3378,7} = 1 - 0,13 = 0,87.$$

Аналізуючи виконані розрахунки, можна зробити наступні висновки:

- інтенсивність відновлення основних фондів становить 23,80%;
- основні виробничі фонди підприємства мають знос 13,02%;
- придатність основних виробничих фондів підприємства становить 87%.

Для перевезення вантажів і забезпечення переліку виконуваних СТОВ робіт, автотранспортний підрозділ має власний рухомий склад. В таблиці 1.2 наведені дані про наявність автотранспорту на кінець 2023 року.

Аналізуючи дані таблиці 1.2 приходимо до висновку, що переважна більшість рухомого складу (75%) – це автомобілі-самоскиди.

Таблиця 1.2 - Наявність автотранспорту на кінець 2023 року

Найменування показників	Наявність автомобілів, одиниць	Загальна вантажопідйомність, тонн (з точністю до 0,1), пасажиромісткість, місць для сидіння
Автомобілі: всього	32	-
Вантажні автомобілі, включаючи пікапи і фургони на шасі легкових автомобілів	32	193,0
В тому числі за призначенням та конструкцією кузова:		
бортові	6	36,0
самоскиди	26	157,0
за вантажопідйомністю:		
до 1499 кг	-	-
1500-4999 кг	16	62,5
5000-6999 кг	10	56,0
7000-9999кг	6	52,0

Розподіл транспортних засобів за марками наступний:

- автомобілі – самоскиди: КамАЗ-55102 - 6 одиниць, ГАЗ-САЗ-35071 – 10 одиниць; ЗІЛ-45021 – 10 одиниць;
- бортові автомобілі: ГАЗ- 53 – 6 одиниць.

В таблиці 1.3 наведені дані про групування власних автомобілів залежно від часу перебування в експлуатації.

Таблиця 1.3 - Групування власних автомобілів залежно від часу перебування в експлуатації

Тип автомобіля (кузова)	Всього	В т.ч., які перебували в експлуатації з моменту випуску заводом виготовлювачем				
		до 3 років включно	від 3,1 до 5 років включно	від 5,1 до 8 років включно	від 8,1 до 10 років включно	більше 10 років
Автомобілі вантажні: всього	32	-	-	-3	7	22

Аналізуючи дані таблиці 1.3, приходимо до висновку, що: 9,37% рухомого складу експлуатується від 5 до 8 років включно, 21,88% - терміном від 8 до 10 років включно, а 68,75% - більше 10 років. Це вимагає додаткових заходів для підтримки автомобілів в технічно справному стані.

1.6 Аналіз виробничої діяльності автотранспортного підрозділу

Проведення аналізу виробничої діяльності автотранспортного підрозділу складається з трьох етапів [4].

На першому етапі визначаються основні показники роботи і використання рухомого складу за [4].

Результати роботи автотранспорту за попередній період, визначені за даними статистичної звітності підприємства, наводяться в таблиці 1.4. За період приймаються 2021, 2022, 2023 календарні роки.

Таблиця 1.4 – Дані про роботу і використання рухомого складу

Показники	2021	2022	2023
1. Середньооблікова кількість автомобілів, одиниць	32	32	32
2. Автомобіледні перебування в господарстві, тис.	11,68	11,68	11,68
3. Автомобіледні в роботі, тис.	7,20	7,28	7,37
4. Час в наряді, тис. год.	62,93	63,77	64,93
5. Загальний пробіг, тис. км	1637,28	1697,69	1838,81
6. Перевезено вантажів, тис. тонн	138,90	186,20	215,40
7. Вантажооборот, тис. ткм	570,00	619,80	725,00

На другому етапі виконується розгляд динаміки та аналізується зміна основних показників виробничої діяльності автотранспортного підрозділу.

Як свідчать дані табл. 1.4, за останній час середньооблікова кількість автотранспортних засобів $A_{обл}$, а відповідно і автомобіледні перебування в господарстві на підприємстві $AD_{госп}$ залишаються практично незмінними. Решта показників зазнала змін.

Для розгляду динаміки цих змін можна скористатись формулами структурних змін [1]:

$$I_{A_i} = \frac{A'_i}{A_i}, \quad (1.13)$$

де A_i, A'_i - відповідно значення показників в попередньому і наступному роках.

За даними таблиці 1.4 динаміка зміни автомобіледнів в роботі становитиме:

$$I_{AD_{роб}}^{22-21} = \frac{7,28}{7,20} = 1,011; \quad I_{AD_{роб}}^{23-22} = \frac{7,37}{7,28} = 1,012.$$

За даними таблиці 1.4 динаміка зміни часу перебування рухомого складу в наряді становитиме:

$$I_{AG_{нар}}^{22-21} = \frac{63,77}{62,93} = 1,013; \quad I_{AG_{нар}}^{23-22} = \frac{64,93}{63,77} = 1,018.$$

За даними таблиці 1.4 динаміка зміни загального річного пробігу становитиме:

$$I_{L_{заг}}^{22-21} = \frac{1697,69}{1637,28} = 1,037; \quad I_{L_{заг}}^{23-22} = \frac{1838,81}{1697,69} = 1,083.$$

За даними таблиці 1.4 динаміка зміни обсягів перевезень вантажів становитиме:

$$I_Q^{22-21} = \frac{186,20}{138,90} = 1,34; \quad I_Q^{23-22} = \frac{215,40}{186,20} = 1,16.$$

За даними таблиці 1.4 динаміка зміни обсягів транспортної роботи становитиме:

$$I_p^{22-21} = \frac{619,80}{570,00} = 1,08; I_p^{23-22} = \frac{725,00}{619,80} = 1,17.$$

Аналізуючи виконані розрахунки, можна зробити наступні висновки про динаміку зміни основних показників виробничої діяльності автотранспортного підрозділу:

- кількість автомобіледнів в роботі збільшилась в 2022 р. в порівнянні з 2021 р. на 1,1%, а в 2023 р. в порівнянні з 2022 р. – на 1,2%;
- час в наряді на протязі останнього періоду збільшився в 2022 р. в порівнянні з 2021 р. на 1,3%, а в 2023 р. в порівнянні з 2022 р. – на 1,8%;
- загальний пробіг рухомого складу збільшився в 2022 р. в порівнянні з 2021 р. на 3,7%, а в 2023 р. в порівнянні з 2022 р. – на 8,3%;
- обсяги перевезень вантажів змінювались таким чином: з 2021 р. по 2022 р. збільшились на 34 %, з 2022 р. по 2023 р. збільшились на 16%;
- динаміка зміни обсягів транспортної роботи (вантажообороту) позитивна і становила з 2021 р. по 2022 р. 8,0 %, а з 2022 р. по 2023 р. – 17 %.

Тобто, в роботі автотранспортного підрозділу господарства намічаються тенденції до зростання результуючих показників виробничої діяльності.

На третьому етапі проводиться узгоджене дослідження зв'язку власне виробничого процесу і його результатів з метою виявлення причин і факторів, які впливають на кінцеві показники якості діяльності підприємства.

Для цього використовується так звана матрична схема (метод) [4]. Суть даного методу зводиться до наступного. Система показників діяльності підприємства зображується у вигляді квадратної матриці, елементами якої є відношення вибраних показників з колонки матриці до вихідного показника з рядка. Вихідні параметри з рядка A_i є активними, а колонки B_j – пасивними.

Тоді сукупність цільових елементів

$$C_{ij} = \frac{B_j}{A_i} \quad (1.14)$$

показує взаємопов'язану систему характеристик діяльності автотранспортного підрозділу.

Беручи за основу відомості, які містяться в таблиці 1.4, виконуються розрахунки цільових елементів квадратної матриці за період, який розглядається. Результати розрахунків заносяться в таблиці 1.5 - 1.7.

Таблиця 1.5 - Матрична модель виробничої діяльності за 2021 рік

Вихідний параметр в „активній” формі (A_i)		Вихідний параметр в “пасивній” формі (B_j)						
		$A_{сп}$	$AD_{госп}$	$AD_{роб}$	$AG_{нар}$	$L_{заг}$	Q	P
		1	2	3	4	5	6	7
$A_{сп}$	1	1,00	0,37	0,23	1,97	51,17	4,34	17,81
$AD_{госп}$	2	2,74	1,00	0,62	5,39	140,18	11,89	48,80
$AD_{роб}$	3	4,44	1,62	1,00	8,74	227,40	19,29	79,17
$AG_{нар}$	4	0,51	0,19	0,11	1,00	26,02	2,21	9,06
$L_{заг}$	5	0,02	0,01	0,00	0,04	1,00	0,08	0,35
Q	6	0,23	0,08	0,05	0,45	11,79	1,00	4,10
P	7	0,06	0,02	0,01	0,11	2,87	0,24	1,00

Таблиця 1.6 - Матрична модель виробничої діяльності за 2022 рік

Вихідний параметр в „активній” формі (A_i)		Вихідний параметр в “пасивній” формі (B_j)						
		$A_{сп}$	$AD_{госп}$	$AD_{роб}$	$AG_{нар}$	$L_{заг}$	Q	P
		1	2	3	4	5	6	7
$A_{сп}$	1	1,00	0,37	0,23	1,99	53,05	5,82	19,37
$AD_{госп}$	2	2,74	1,00	0,62	5,46	145,35	15,94	53,07
$AD_{роб}$	3	4,40	1,60	1,00	8,76	233,20	25,58	85,14
$AG_{нар}$	4	0,50	0,18	0,11	1,00	26,62	2,92	9,72
$L_{заг}$	5	0,02	0,01	0,00	0,04	1,00	0,11	0,37
Q	6	0,17	0,06	0,04	0,34	9,12	1,00	3,33
P	7	0,05	0,02	0,01	0,10	2,74	0,30	1,00

Проаналізувавши виконані розрахунки, приходимо до таких висновків:

- коефіцієнт випуску автомобілів на лінію знаходиться в межах 0,62...0,63;
- час перебування автомобілів в наряді за добу складає в середньому 8,74...8,81 годин;

- середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу коливається в межах 227...249 км.

Таблиця 1.7 - Матрична модель виробничої діяльності за 2023 рік

Вихідний параметр в „активній” формі (A_i)		Вихідний параметр в “пасивній” формі (B_j)						
		$A_{сп}$	$AD_{осп}$	$AD_{роб}$	$AG_{нар}$	$L_{заг}$	Q	P
		1	2	3	4	5	6	7
$A_{сп}$	1	1,00	0,37	0,23	2,03	57,46	6,73	22,66
$AD_{осп}$	2	2,74	1,00	0,63	5,56	157,43	18,44	62,07
$AD_{роб}$	3	4,34	1,58	1,00	8,81	249,50	29,23	98,37
$AG_{нар}$	4	0,49	0,18	0,11	1,00	28,32	3,32	11,17
$L_{заг}$	5	0,02	0,01	0,00	0,04	1,00	0,12	0,39
Q	6	0,15	0,05	0,03	0,30	8,54	1,00	3,37
P	7	0,04	0,02	0,01	0,09	2,54	0,30	1,00

1.7 Висновки до розділу 1

1. Проведено аналіз досліджень з оптимізації збирально-транспортного процесу в Україні. В результаті аналізу з'ясувалося, що немає єдиного підходу в організації збирально-транспортного процесу, кожна робота має свої переваги і недоліки. Тому необхідно розробити такий підхід, який зможе враховувати складність погодження транспортних та збиральних операцій і дозволить застосувати сучасні технології організації транспортних потоків у комплексі з збиральною технікою.

2. Проведено дослідження транспортного забезпечення сільського господарства у Вінницькій області. За результатами якого можна виявити два основних недоліки: незадовільний стан більшості автотранспортних засобів та недостатня кількість вантажного автотранспорту, що у період збиральної кампанії проявляється у недоукомплектуванні збиральних ланок і простоїв зернозбиральних комбайнів. Це у свою чергу призводить, до затягування строків збирання, внаслідок чого відбуваються втрати врожаю при збиранні. Отже, необхідно розробити таку економіко-математичну модель, яка за рахунок

підвищення ефективності використання автотранспортних засобів дозволить скоротити втрати зерна при збиранні після оптимальних агротермінів.

3. Проаналізовано існуючі способи перевезення зерна з поля на зернохосовище. Виявлено переваги та недоліки кожного з них, запропоновано шляхи підвищення ефективності експлуатації автотранспортних засобів кожного способу. Для подальшого дослідження та вдосконалення організації пропонується використовувати прямі перевезення зерна, що є при правильній організації менш витратним та більш ефективним.

4. Виявлено найбільш актуальні фактори екологічного впливу автотранспорту під час перевезення зерна з поля на зернохосовище, до яких відносяться ущільнення ґрунту під дією колісних рушіїв та викид вихлопних газів в атмосферу. Сформульовані заходи для зниження негативного екологічного впливу автотранспорту, запропоновано удосконалений спосіб розрахунку маси викидів шкідливих речовин, який враховує особливості процесу перевезення зерна з поля на зернохосовище.

5. В роботі транспортного підрозділу СТОВ «Світанок» намічаються тенденції до зростання результовуючих показників виробничої діяльності:

- обсяги перевезень вантажів змінювались таким чином: з 2021 р. по 2022 р. збільшились на 34 %, з 2022 р. по 2023 р. збільшились на 16%; динаміка зміни обсягів транспортної роботи (вантажообороту) позитивна і становила з 2021 р. по 2022 р. 8,0 %, а з 2022 р. по 2023 р. – 17 %;

- час перебування автомобілів в наряді за добу складає в середньому 8,74...8,81 годин;

- середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу коливається в межах 227...249 км;

- порівняння фактичних і нормативних питомих значень ТЕП дало змогу зробити висновки, що чисельність виробничих робітників менше нормативного значення, кількість робочих постів перевищують нормативні показники, площ виробничо-складських і допоміжних приміщень достатньо, площа стоянки автомобілів більше нормативних значень, площі території достатньо.

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АВТОТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Роль транспорту в сільськогосподарському виробництві настільки висока, що частково вирішити проблему негативного антропогенного впливу автотранспорту можливе внаслідок застосування нових методів організації збиральної кампанії. Автотранспорт виступає сполучною ланкою в технологічному ланцюзі сільськогосподарського виробництва, що забезпечує матеріальні потоки різної продукції на всіх етапах та стадіях її виробництва, автотранспорт є інтегратором виробничої діяльності підприємств.

Для вирішення завдання щодо підвищення ефективності експлуатації автотранспортних засобів, збереження зібраного зерна та доведення його до товарного вигляду, під час жнив для транспортування зерна ми пропонуємо використовувати двоетапну схему перевезення з поля до споживача, яка представлена на рисунку 2.1:

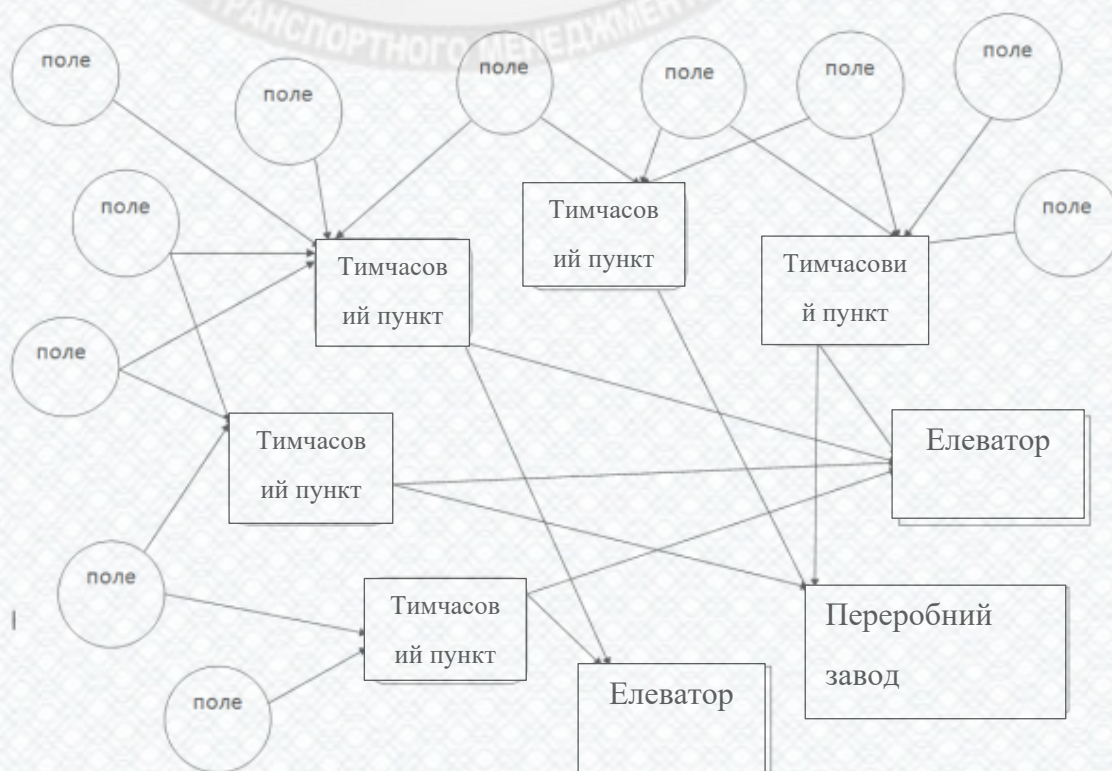


Рисунок 2.1 – Семантична схема доставки зерна з поля до споживача через тимчасовий пункт зберігання

- на першому етапі зерно перевозять автотранспортом з поля на тимчасовий пункт зберігання;

- на другому етапі, з тимчасового пункту зберігання зерно доставляють споживачеві.

На першому етапі, вантажні автотранспортні засоби невеликої вантажопідйомності (чинять менший тиск на ґрунт і виробляють меншу масу шкідливих речовин від працюючого двигуна) транспортують зерно на тимчасовий пункт зберігання, який у подальшому виступає як постачальник який знаходиться у безпосередній близькості від поля [28]. Тимчасовим пунктом зберігання може бути: відкритий або закритий майданчик, зерновий тік.

На другому етапі, транспортними засобами великої вантажопідйомності, зерно з тимчасового пункту зберігання перевозять на зерносковище, яке обладнано сучасними високопродуктивними пристроями для обробки та сушіння зерна.

Дана схема транспортування зерна дозволяє вирішити позначені в першому розділі проблеми: зниження негативного антропогенного впливу автотранспорту, за рахунок більш ефективної експлуатації автотранспортних засобів та підвищення якості та збереження зерна.

Двоетапна схема перевезень зерна передбачає використання автотранспорту різної вантажопідйомності. Це дозволяє більш раціонально використовувати наявний типаж автотранспортних засобів. Перевезення зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання передбачає використання автотранспорту невеликої вантажопідйомності який має велику маневреність, що відіграє дуже важливу роль при пересуванні по полю від комбайна до комбайна та ґрунтовими дорогами пересіченої місцевості. До того ж вони створюють менший тиск на орні шари ґрунту при русі по полю, а також за рахунок невеликого об'єму двигуна викидають меншу масу вихлопних газів і надають менш згубний антропогенний вплив на довкілля.

Автотранспорт великої вантажопідйомності використовується для транспортування зерна із тимчасового пункту зберігання споживачеві. За

рахунок того що тимчасові пункти зберігання знаходяться безпосередньо біля доріг з асфальтовим покриттям, великоваговому автотранспорту не доводиться заїжджати на поля і рухатися ґрунтовими дорогами з невеликою швидкістю. Цей факт дозволяє скоротити негативний вплив автотранспорту на екосистеми, та зменшити матеріальні витрати на перевезення [23].

Застосування цієї схеми передбачає, що зерно проходить обробку і сушіння не на застарілому обладнанні використаному на токах та старих зерноприймальних пунктах, а на сучасному високопродуктивному обладнанні встановленому на елеваторі та зерноскладі.

Внаслідок того, що більшість зерновиробників не мають власних елеваторів та потужностей з сушіння та обробки зерна, а добова пропускна спроможність елеваторів не дозволяє прийняти все вироблене зерно, для скорочення втрат зерна, зерновиробникам доводиться укладати договір про постачання зерна одночасно з кількома споживачами [27].

Цим обумовлена основна проблема – складність організації транспортного обслуговування всього комплексу об'єктів інфраструктури сільгосптоваровиробників.

2.1 Перевезення зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання

Відмінною рисою сучасних транспортних процесів при перевезення зерна, є висока динамічність протікаючих процесів і тісний зв'язок їх із виробництвом. Часта зміна обсягів збирання та високі вимоги до своєчасності обслуговування процесу збирання, змушують автотранспорт змінювати структуру обсягів потоків та організовувати транспортний процес з метою максимальної пристосованості до постійно мінливих умов [29]. Жорсткі вимоги своєчасного автотранспортного обслуговування збиральних операцій у постійно мінливих умовах, створюють об'єктивну необхідність гнучкої організації роботи автотранспорту. На підставі чого потрібно знайти найбільш правильний, раціональний план перевезень, і визначити необхідну кількість

автотранспортних засобів, що дозволить виконати завдання з перевезення заданого обсягу зібраного зерна в умовах діючої нерівномірності при мінімальних витратах [29].

Для скорочення собівартості виробництва зерна процес доставки зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання (рис. 2.2) слід розглядати разом із процесом збирання зерна.

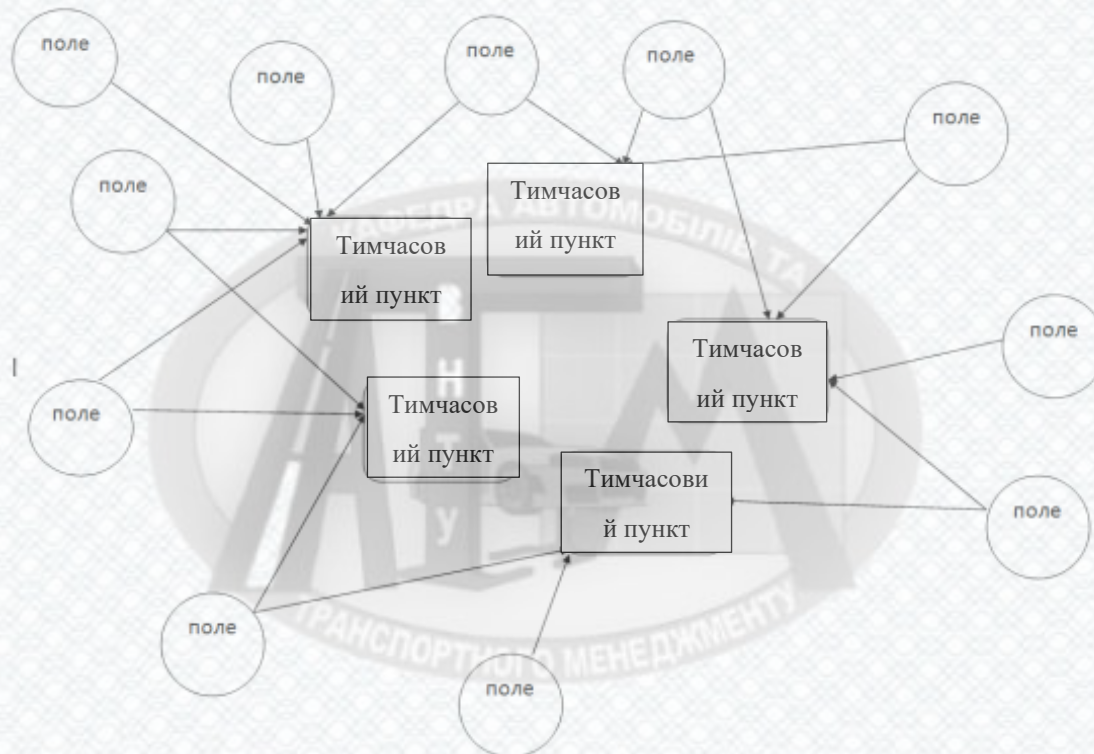


Рисунок 2.2 – Семантична схема перевезення зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання

У Вінницькій області найпоширенішими є прямі перевезення зерна, коли зерно з комбайна вивантажується в автотранспортний засіб, який може мати різну вантажопідйомність, і він перевозить зерно на зерносховище. Такий вид перевезень при всіх своїх перевагах, має одну негативну особливість, неузгодженість організації транспортного процесу призводить до простоїв комбайнів в очікуванні прибуття автотранспортного засобу, для вивантаження заповненого бункера та автомобілів в очікуванні заповнення бункера комбайна. Це знижує ефективність використання автотранспорту.

Поява таких простоїв призводить до того, що комбайни не повністю обмолочують намічений змінний виробіток, який надалі призводить до втрат зерна при збиранні після оптимальних агротермінів [27]. Після настання повного дозрівання у зернових культурах починаються незворотні процеси: солома швидше старіє, починають рости бур'яни в посівах, що призводить до полеглості хлібів і суттєво ускладнюються умови проведення збиральної кампанії [17]. До того ж відбуваються додаткові втрати, викликані сомообсипанням зерна, проростанням його на корені, обламуванням колосків, поїданням частини зерна гризунами під час збирання тощо. Перераховані вище фактори позначаються на значних втратах і негативно впливають на якість зерна.

Враховуючи це, необхідно раціональніше планувати процеси, що відбуваються під час жнив, при цьому звертати увагу на такі параметри як: вантажопідйомність кожної моделі автотранспортного засобу, продуктивність зернозбиральних комбайнів, пропускну здатність зерносховищ. Все це допоможе скоротити взаємні простої комбайнів та автотранспорту, простої автотранспортних засобів при розвантаженні зерна на зерносховищі, точно розрахувати необхідну кількість автотранспортних засобів для обслуговування комбайнів, все це надалі призведе до зниження собівартості збиральної кампанії, збереження виробленого зерна та поліпшення його якості.

Більшість сільськогосподарських організацій не мають належного фінансування, мають недостатню матеріальну базу, внаслідок чого потрібно в рамках магістерської кваліфікаційної роботи розробити модель транспортування зерна, яка дозволяє з мінімальними витратами провести прибирання та транспортування зерна з наявних площ.

Враховуючи вищеописане, загальне завдання розділимо на два етапи розв'язання:

- визначення обсягів збирання із закріплення полів за тимчасовими пунктами зберігання та розподіл обсягів перевезення за маршрутами;
- розрахунок потреби в автотранспорті по вантажопідйомності та маршрутам перевезень.

2.1.1 Цілочисленна виробничо-транспортна модель оптимізації обсягів транспортних потоків з урахуванням втрат зерна

В основі критерію оптимальності запропонованої моделі лежить мінімум витрат від збирання, перевезення та втрат зерна від невчасного збирання.

В основі розробленої математичної моделі лежить клас динамічних поточкових моделей, що має назву «Цілочисленна виробничо-транспортна модель», що є модифікацією виробничо-транспортної моделі [23]. Вона розглядає процес виробництва та транспортування зерна як єдине ціле, а також пропонує рішення поставленого завдання з урахуванням продуктивності транспортних засобів та комбайнів [27]. Крім того, ця модель враховує значення втрат зерна від невчасного збирання, оскільки маса втрат, досягає 20% від зібраного врожаю, і є одним із ключових факторів зниження собівартості виробництва та підвищення обсягів зібраного врожаю. Для визначення обсягів збирання та транспортування зерна була обрана саме цілочисленна модель, оскільки вона в розрахунках враховує варіанти збирання цілим числом комбайнів. Таким чином, запропонована нами модель стала новою модифікацією цілочисленної виробничо-транспортної моделі, дає можливість знизити сумарні витрати на збирання та перевезення зерна, що дозволяє знайти оптимальний план збирання та транспортування зерна, розглядаючи дані етапи як єдиний процес та враховувати втрати зерна від невчасного збирання [27].

На підставі виробничих можливостей, вартості збирання та перевезення зерна, пропускної здатності пунктів зберігання необхідно вирішити завдання визначення оптимальних планів збирання та розподілу транспортних засобів, потоків продукції серед тимчасових пунктів зберігання, за умови мінімізації суми витрат на збирання та транспортування зерна з урахуванням втрат зерна.

Вибір оптимального варіанта обсягів збирання та розподілу транспортних потоків ставиться як завдання мінімізації витрат:

$$\left(\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} \left(c_{ir} \cdot z_{ir} + \sum_{e=1}^d Q_{eir} \cdot \delta_{ei} \cdot c_e \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^K t_{ijk} \cdot x_{ijk} \right) \rightarrow \min \quad (2.1)$$

$$\sum_{r=1}^{R_i} a_{ijr} \cdot z_{ir} - \sum_{k=1}^K x_{ijk} \geq 0, i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m; \quad (2.2)$$

$$\sum_{r=1}^{R_i} z_{ir} \leq 1, i = 1, \dots, n; \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} \geq b_{ik}, k = 1, \dots, K; j = 1, \dots, m; \quad (2.4)$$

$$x_{ijk} \geq 0, i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m; k = 1, \dots, K; \quad (2.5)$$

де $\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} c_{ir} z_{ir}$ – витрати на збирання зерна за r -м варіантом на i -му полі;

$\sum_{e=1}^d Q_{eir} \delta_{ei} c_e$ – вартість втрат неприбраного обсягу зерна на i -му полі при r -му варіанті збирання;

$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^K t_{ijk} x_{ijk}$ – витрати на перевезення сільськогосподарської культури j – ого виду з i – го поля на k – ий пункт споживання;

j – вид сільськогосподарської культури ($j = 1, \dots, m$);

k – пункт споживання сільськогосподарської культури ($k = 1, \dots, K$);

i – поле, що прибирається ($i = 1, \dots, n$);

r – варіант збирання поля ($r = 1, \dots, R_i; i = 1, \dots, n$);

c_{ir} – сумарні витрати (валова собівартість), пов'язані зі збиранням сільськогосподарської культури за r -го варіанту на i -му полі;

z_{ir} – шукана інтенсивність використання r -ого варіанту збирання на i -му полі, причому $z_{ir} \in \{0; 1\}$. Якщо рішення $z_{ir} = 1$, то варіант входить у оптимальний

план, а $z_{ir} = 0$ означає, що не входить. При цьому по кожному об'єкту може бути задіяно трохи більше одного варіанту;

Q_{eir} - неприбраний обсяг зерна на i -му полі при r -том варіанті збирання;

δ_{ei} - недобір врожаю в частках на i -му полі;

c_e – вартість одиниці маси зерна;

d – кількість днів після агростроку;

t_{ijk} – витрати на перевезення одиниці маси сільськогосподарської культури j -ого виду від i -ого поля на k -ий пункт споживання;

x_{ijk} – обсяг перевезення сільськогосподарської культури j -ого виду з i -ого поля на k -ий пункт споживання;

a_{ijr} – обсяг виробництва j -ого виду культури за r -им варіантом на i -му полі;

b_{jk} – сумарна потреба у сільськогосподарській культурі j -ого виду на k -ому пункті споживання.

Пара $\langle z, x \rangle$ називається виробничо-транспортним планом, якщо z задовольняє умовам (2.1) – (2.5). При цьому z називається виробничою складовою (виробничим планом), а x - транспортною складовою (транспортним планом). Доданки цільової функції (2.2). Рівняння:

$$f_2(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^K t_{ijk} \cdot x_{ijk}, \quad (2.6)$$

$$f_1(z) = \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} \left(c_{ir} \cdot z_{ir} + \sum_{e=1}^d Q_{eir} \cdot \delta_{ei} \cdot c_e \right), \quad (2.7)$$

відображають відповідно виробничі та транспортні витрати на реалізацію плану $\langle z, x \rangle$.

Виробничо-транспортний план називається допустимим, якщо він задовольняє умовам (2.2) - (2.5) та оптимальним, якщо, крім того, доставляє мінімум функції (2.1).

Завдання (2.1) - (2.5) є завданням частково цілого чисельного лінійного програмування та має ряд специфічних особливостей [24]:

- 1) кожна змінна виду x_{ijk} входить лише у два обмеження, причому в одне з обмежень з коефіцієнтом +1, а інше - з коефіцієнтом -1;
- 2) сукупність змінних x_{ijk} розпадається на кілька груп по кількості вироблених видів продукції;
- 3) цілочисленні змінні можуть набувати лише два значення - 0 або 1;
- 4) безліч цілочисельних змінних розбито на непересічні групи (за кількістю пунктів виробництва), у кожній з яких лише одна змінна може бути відмінна від нуля.

Для вирішення даної моделі, розіб'ємо вихідну модель на дві складові: виробничу та транспортну. При цьому як навантаження (кінцевої потреби) розглядатимемо сумарний попит по кожному полю.

Отже, виробничу модель можна записати так:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} a_{ijr} \cdot z_{ir} \geq \sum_{k=1}^K b_{jk}, j = 1, \dots, m; \quad (2.8)$$

$$\sum_{r=1}^{R_i} z_{ir} \leq 1, i = 1, \dots, n; \quad (2.9)$$

$$z_{ir} = 0, z_{ir} = 1, i = 1, \dots, n; r = 1, \dots, R; \quad (2.10)$$

$$f_1(z) = \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} \left(c_{ir} \cdot z_{ir} + \sum_{e=1}^d Q_{eir} \cdot \delta_{ei} \cdot c_e \right) \rightarrow \min. \quad (2.11)$$

Якщо рішення цієї моделі існує (інакше і вихідна виробничо-транспортна модель не має рішення), то можна сформулювати m (за кількістю полів)

транспортних завдань, де в якості обсягів поставок використовувати ті обсяги збирання, які вибиралися у виробничій моделі представленої вище.

Приймаємо $z^0 = \{z_{ir}^0\}$ – оптимальний план виробничої моделі

$$\sum_{r=1}^{R_i} a_{ijr} z_{ir}^0 = A_{ij0}, \quad j = 1, \dots, m, \quad i = 1, \dots, n; \quad (2.12)$$

A_{ij0} – обсяги виробництва j -го виду сільськогосподарської культури на i -му полі можна сформулювати m транспортних завдань виду:

для $j = 1, \dots, m$

$$\sum_{k=1}^K x_{ijk} \leq A_{ij0}, \quad i = 1, \dots, n; \quad (2.13)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} \geq b_{jk}, \quad k = 1, \dots, K; \quad (2.14)$$

$$f_{2j0}(z_0) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K t_{ijk} \cdot x_{ijk} \rightarrow \min. \quad (2.15)$$

Сумарні (виробничі та транспортні) витрати на цьому кроці, після вирішення серії транспортних завдань, становитимуть:

$$F_0 = f_1(z_0) + \sum_{j=1}^m f_2 \cdot j_0 \cdot (z_0) \quad (2.16)$$

Алгоритм передбачає побудову таких послідовностей виробничих планів, для яких сума виробничих та транспортних витрат мінімальна.

Розглянуті нижче способи виключення «неперспективних» (ті що не призводять до суттєвої економії транспортних витрат) виробничих планів

засновані на використанні подвійно допустимих систем потенціалів транспортних завдань [29]. З їх допомогою формуються додаткові лінійні обмеження (відсікання). Якщо виробничий план не задовольняє якомусь із таких обмежень, то він свідомо є неперспективним і може бути виключений (відповідні транспортні завдання не вирішуються).

Приймаємо:

F^* - сумарні (виробничі та транспортні) витрати на цьому поточному кроці, після вирішення серії транспортних завдань,

u_{ij} - подвійна змінна транспортного завдання, що відповідає обмеження (2.17) на цьому ж кроці;

v_{jk} - подвійна змінна транспортного завдання, що відповідає обмеженням (2.18) на цьому ж кроці.

Запишемо сумарне значення витрат використовуючи подвійне уявлення функціоналів транспортних завдань:

$$F_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} c_{ir} \cdot z_{ir0} + \left(\sum_{j=1}^m \left(\sum_{k=1}^K b_{jk} \cdot v_{jk} - \sum_{i=1}^n A_{ij0} \cdot u_{ij} \right) \right) \quad (2.17)$$

Введемо наступне обмеження (для пошуку «перспективного») виробничого плану):

$$\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} c_{ir} \cdot z_{ir} + \left(\sum_{j=1}^m \left(\sum_{k=1}^K b_{jk} \cdot v_{jk} - \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} a_{ijr} \cdot z_{ir} \cdot u_{ij} \right) \right) < F_0 \quad (2.18)$$

навівши подібні та перенісши незалежні від вибору виробничого плану складові у праву частину співвідношення:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} c_{ir} \cdot z_{ir} - \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} a_{ijr} \cdot z_{ir} \cdot u_{ij} < F_0 + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^K b_{jk} \cdot v_{jk} \quad (2.19)$$

або

$$\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} \left(c_{ir} - \sum_{j=1}^m a_{ijr} \cdot u_{ij} \right) z_{ir} < F_0 + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^K b_{jk} \cdot v_{jk} \quad (2.20)$$

Варто зазначити, що величина:

$$\left(\sum_{j=1}^m \left(\sum_{k=1}^K b_{jk} \cdot v_{jk} - \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} a_{ijr} \cdot z_{ir} \cdot u_{ij} \right) \right), \quad (2.21)$$

є оцінкою транспортних витрат «знизу» для транспортного плану $x(z)$ (якщо останній існує). Це є наслідком того, щодопустимість (але не оптимальність) рішень двоїстих транспортних завдань:

$$v_{jk} - u_{ij} \leq t_{ijk}, i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, K, \quad (2.22)$$

Зауважимо, що від суворих нерівностей (2.22) неважко перейти до нерівностям зі знаком « $\leq$ » (це може знадобитися при використанні програм оптимізації для відшукування виробничих планів). Так як $z_{ir} \in \{0; 1\}$ булеви змінні, то завжди знайдеться число $\varepsilon > 0$ таке, що з безлічі виробничих планів, задовольняє співвідношенням (2.1) та (2.6) і збігатиметься.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} \left(c_{ir} - \sum_{j=1}^m a_{ijr} \cdot u_{ij} \right) z_{ir} \leq F_0 + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^K b_{jk} \cdot v_{jk} - \varepsilon, \quad (2.23)$$

Зазначимо, що рух до оптимального виробничо-транспортного плану здійснюється за безліччю виробничих планів, для яких вирішуються транспортні завдання. Системи потенціалів, які отримуються в результаті вирішення

транспортних завдань, служать для побудови додаткових лінійних обмежень, які використовуються для відсіву «неперспективних» виробничих планів [27].

Таким чином, вирішення даної задачі дозволяє отримати:

- обсяги збирання, тобто які поля необхідно почати збирати в першу чергу і з якої площі;
- закріплення полів за тимчасовими пунктами зберігання, дозволяє визначити обсяги зерна, які необхідно перевезти з кожного поля на потрібні тимчасові пункти зберігання;
- маршрути перевезень із мінімальними витратами;
- економічну оцінку виконаної роботи, тобто витрати на перевезення та збирання з урахуванням втрат зерна за кожним варіантом збирання, так само можна одержати загальний результат оптимізації.

2.1.2 Розрахунок раціональної кількості автотransпортних засобів

Постановка задачі формулюється так: необхідно знайти необхідну кількість автотransпортних засобів, які працюють у складі збирально-транспортної ланки, які доставляють зерно від групи зернозбиральних комбайнів на тимчасовий пункт зберігання, при цьому враховувати технічні характеристики комбайнів та вантажопідйомність кожної марки автотransпортних засобів.

Передумови розробки моделі складаються з наступних факторів:

- модель роботи збирально-транспортної ланки орієнтована стосовно тільки до збирання зернових культур;
- прибуття автотransпорту на тимчасовий пункт зберігання рівномірні зміни і не повинно перевищувати його годинну пропускну спроможність;
- автотransпортні засоби працюють з максимально можливою продуктивністю;
- робота зернозбиральних комбайнів не оцінюється (це окреме завдання), комбайн сприймається як виробник зерна.

Завдання визначення необхідної кількості автотранспортних засобів, зводиться до розрахунку потреби у вантажних автомобілях по кожному виявленому маршруті руху. Загальна потреба в автотранспортних засобах визначається підсумовуванням розрахункових даних за всіма маршрутами перевезень. Відмінністю розробленого способу визначення необхідної кількості автотранспортних засобів, від раніше вирішуваних завдань такого типу, і те, що у розрахунках приймається не середня вантажопідйомність групи автотранспортних засобів, а враховується вантажопідйомність кожної моделі автотранспортного засобу.

Зниження собівартості перевезень зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання ставиться як завдання мінімізації необхідної кількості автотранспорту (A_{isj}):

$$\sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^s \sum_{j=1}^n A_{isj} \cdot g_s \rightarrow \min, \quad (2.24)$$

при обмеженнях:

1. Маса зерна, яка щодня транспортується з i -го поля на j -й тимчасовий пункт зберігання:

$$\sum_{s=1}^S A_{isj} \cdot g_s \cdot z_{isj} = x_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n. \quad (2.25)$$

2. Сумарна кількість автотранспортних засобів s -ої марки, потрібна для перевезення зерна зі збиральних площ на тимчасові пункти зберігання:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_{isj} = A_s, S = 1, 2, \dots, S. \quad (2.26)$$

3. Зменшення забруднення та цілісності автотранспортних засобів:

$$A_{isj} \geq 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, S = \overline{1, s}, \quad (2.27)$$

де S – кількість марок автотранспортних засобів;

q_s - вантажопідйомність автотранспортних засобів s -ої марки;

z_{isj} – кількість рейсів, що здійснює автотранспортний засіб s -ий марки;

A_{isj} – кількість автотранспортних засобів s -ої марки, яка необхідна для доставки зерна з i -го поля на j -й тимчасовий пункт зберігання;

Q_i - добова потужність j -го тимчасового пункту зберігання;

A_s – кількість автотранспортних засобів s -ої марки, необхідна для транспортування зерна з усіх площ, які збираються, на всі тимчасові пункти зберігання зерна;

a_i, b_i – показник (у відносних одиницях) граничних верхніх та нижніх кордонів перевезення зерна із i -го поля;

x_{ij} – маса зерна, яка щодня доставляється з i -го поля на j -й тимчасовий пункт зберігання.

На підставі вищеописаної математичної моделі представлений алгоритм рішення для знаходження оптимальної кількості автотранспортних засобів для перевезення зерна з поля від комбайнів на тимчасовий пункт зберігання.

Поставлене завдання розрахунку необхідної кількості вантажних автотранспортних засобів починається з визначення обсягів доставки зібраного зерна з кожного поля.

Для збирання зернових культур використовуються комбайни з накопичувальними бункерами, внаслідок чого потрібне ритмічне прибуття до них автотранспорту [25], оскільки кузов вантажного автомобіля вміщує обсяг зерна, рівний місткості кількох бункерів комбайнів, то автотранспортні засоби також виконують складально-накопичувальні функції.

У розрахунках необхідної кількості автотранспортних засобів при транспортуванні зерна від комбайнів необхідно враховувати продуктивність зернозбирального комбайна, тому, спочатку проводимо розрахунок чистого часу циклу для зернозбирального комбайна [24]:

$$t_{3K}^{-\Pi} = t_3^{\delta} + t_p^{\delta}, \text{ год}, \quad (2.28)$$

де $t_{3K}^{-\Pi}$ - чистий час циклу зернозбирального комбайна, год;

t_3^{δ} - час намолочування бункера зернозбирального комбайна, год;

t_p^{δ} - час вивантаження бункера зернозбирального комбайна, год.

$$t_3^{\delta} = \frac{\gamma \cdot V_{\delta} \cdot \eta_{\delta}}{3,6 \cdot g \cdot k_g} (1 + d), \text{ год}, \quad (2.29)$$

де γ - щільність зерна, т/м³;

V_{δ} - обсяг бункера зернозбирального комбайна, м³;

η_{δ} - коригувальний коефіцієнт використання бункера комбайна, 0,95-1,1;

g - продуктивність комбайна, кг/с;

k_g - коефіцієнт використання продуктивності комбайна, 0,8-1,0;

d - відношення маси соломи до маси зерна.

$$t_p^{\delta} = \frac{\gamma \cdot V_{\delta} \cdot \eta_{\delta}}{W_{ш}}, \text{ год}, \quad (2.30)$$

де $W_{ш}$ - продуктивність розвантажувального пристрою (шнека) комбайна, кг/с.

Знаходимо робочу швидкість комбайна:

$$V_p = \frac{360 \cdot g}{g_z \cdot B_p \cdot k_{жс} \cdot (1 + d)}, \text{ км / год}, \quad (2.31)$$

де g_z - урожайність зернової культури, ц/га;

B_p - ширина захоплення жниварки, м;

$k_{жс}$ - коефіцієнт використання жниварки.

Далі, розраховуємо оборотний час, який буде потрібно автотранспортним засобам, щоб завантажити кузов зерном, перевезти його на тимчасовий пункт зберігання та повернутися назад, згідно з формулою:

$$t_a^y = t_p^{\delta} + t_n + t_z + t_d + t_p + t_x, \text{ год}, \quad (2.32)$$

де t_n – час переїздів автотранспортного засобу по полю, год;

t_z – час руху з поля на тимчасовий пункт зберігання з вантажем, год;

t_d – час, що витрачається на перевірку вологості зерна, оформлення документів, год;

t_p – час розвантаження автотранспортного засобу (технологічні переїзди, очікування розвантаження), год;

t_x – час у русі без вантажу, год.

Після розрахунків часу циклу комбайна та часу зворотного рейсу автотранспортного засобу, є два різні випадки закріплення автотранспорту за комбайнами. Якщо $t_a^u < t_{TM}^{-u}$, то за кожним комбайном буде закріплюватись один автотранспортний засіб, з відповідним об'ємом кузова та вантажопідйомністю.

$$V_n^a = \frac{m_n^a}{\gamma}, \text{ м}^3, \quad (2.33)$$

де V_n^a – об'єм кузова автотранспортного засобу, м³;

m_n^a – вантажопідйомність відповідного автотранспортного засобу, т;

γ – щільність зерна, т/м³.

Якщо $t_a^u > t_{TM}^{-u}$, то необхідну кількість автотранспортних засобів, знаходять з розрахунку маси намолоченого зерна за час оборотного рейсу автотранспортного засобу.

Обсяг зерна який намолочується комбайном, за час оборотного рейсу автотранспортного засобу визначається за формулою:

$$V_n = \frac{t_a^y \cdot 3,6 \cdot g_n \cdot k_g}{\gamma \cdot \eta_{\delta} \cdot (1 + d)}, \text{ м}^3, \quad (2.34)$$

де q_n – пропускна спроможність комбайна, кг/с.

У господарствах при плануванні жнив потрібну кількість автотранспорту визначають залежно від добового обсягу збирання з урахуванням можливості застосування існуючих способів перевезення. Це дуже часто призводить до неточного визначення (завищення або заниження) необхідної кількості автотранспортних засобів, на роботу яких виділяються невиправдано завищені матеріальні та трудові ресурси, надалі такі господарства показують невисокі показники роботи системи загалом [26].

В якості критерію такої оцінки, у нашому випадку виступає баланс жнив та транспортні можливості. Передбачувану кількість автотранспортних засобів, при перевезенні зерна від комбайнів у процесі збирання розраховуємо на основі рівності сумарного обмолочування зерна комбайнами та експлуатаційними можливостями автотранспорту, що працює на перевезенні зерна. При цьому враховується різномарочний склад автотранспортних засобів та зернозбиральних комбайнів з їх різними технічними характеристиками.

Описана залежність представлена у формулах 2.35 та 2.36.

$$\sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i = \sum_{j=1}^k m_j. \quad (2.36)$$

При цьому

$$\sum_{i=1}^n x_i \rightarrow \min. \quad (2.37)$$

Отже, потрібну кількість автотранспортних засобів знаходимо за формулою:

$$x_i = \frac{m_i \cdot m_k}{m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2}. \quad (2.38)$$

Номінальна вантажопідйомність автотранспорту визначається виходячи з максимально можливого навантаження яке виникає при роботі автомобіля в різних дорожніх умовах. При транспортуванні зерна, велике значення має вантажомісткість автотранспортного засобу, яка вимірюється внутрішніми габаритами кузова, масою вантажу та обмежується вантажопідйомністю. Тому значення збільшення об'єму кузова, а отже, і вантажопідйомності рухомого складу на перевезеннях сільськогосподарських вантажів зростає. Підвищення вантажопідйомності автотранспортних засобів у цьому випадку досягається підняттям висоти бортів за рахунок їх нарощування, застосування надставних бортів та збільшення довжини кузовів.

Фактична маса перевезеного вантажу для автотранспортних засобів, з бортовими універсальними кузовами, розраховується згідно з формулою:

$$m_{\text{факт}} = F \cdot (h \pm h_1) \cdot \gamma, \text{ т.} \quad (2.39)$$

де F - площа платформи кузова, м^2 ;

h - висота розміщення вантажу, м ;

h_1 - відстань від рівня розміщення вантажу до верхнього краю борту кузова, м .

Враховуючи вищеописане, можна дійти невтішного висновку, що кількість автотранспортних засобів, які відвозять зерно від групи комбайнів, прямопропорційна часу зворотного рейсу. Тобто чим швидше автотранспорт виконує доставку зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання та повертається

на вихідне поле, тим менша кількість автотранспортних засобів потрібно для обслуговування комбайнів.

2.2 Перевезення зерна з тимчасового пункту зберігання споживача

При транспортуванні зерна з тимчасового пункту зберігання до споживача (рисунок 2.3), для скорочення собівартості перевезень, необхідне раціональне закріплення пунктів зберігання за споживачами, тобто перебування оптимальних вантажопотоків. Зменшення вартості перевезення зерна від пункту зберігання до споживачів у разі буде основним резервом зниження транспортних витрат.

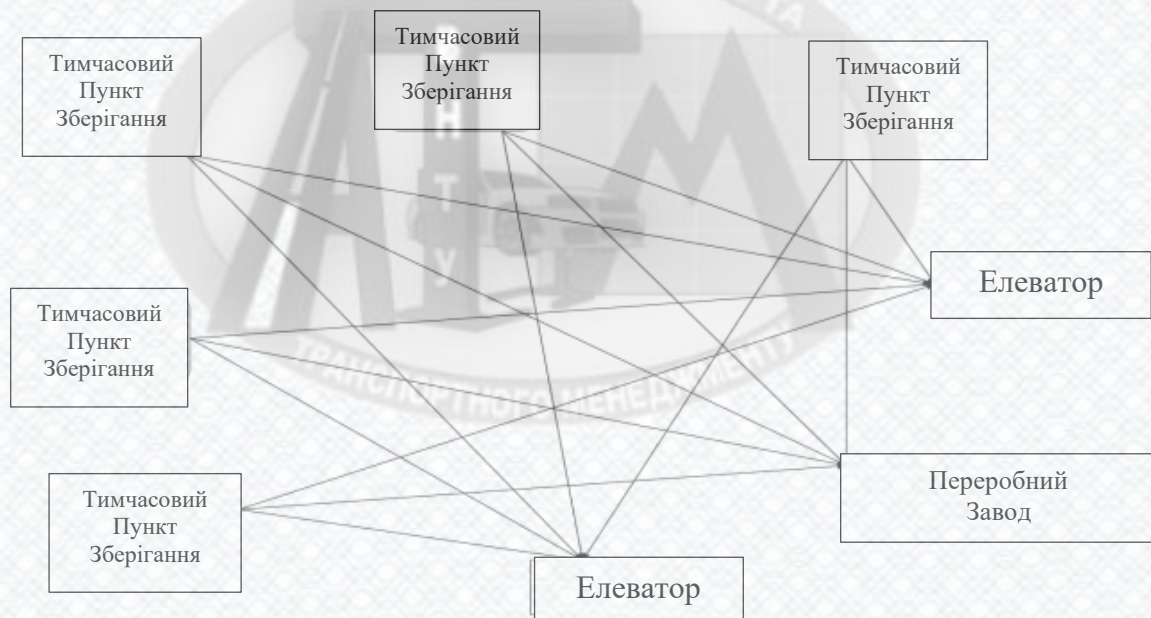


Рисунок 2.3 – Семантична схема перевезення зерна з тимчасового пункту зберігання до споживача

Таким чином, загальний обсяг транспортної роботи (вартості перевезень) має бути мінімальним. Тому цільова функція має такий вигляд:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min. \quad (2.40)$$

При обмеженнях:

Повного задоволення потреб усіх споживачів:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad j = \overline{1, n}. \quad (2.41)$$

Все зерно, яке зберігається на всіх тимчасових пунктах зберігання, має бути відправлено споживачам:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad i = \overline{1, m}. \quad (2.42)$$

Невід'ємність запасів:

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}), \quad (2.43)$$

де c_{ij} – транспортні витрати на перевезення одиниці обсягу зерна з пункту зберігання i споживачеві j ;

x_{ij} – кількість зерна, що перевозиться з i -го пункту зберігання j -му споживачеві;

a_i – кількість зерна у пунктах зберігання;

b_j – необхідна споживачам кількість зерна.

Математична постановка задачі показує, що завдання закріплення постачальників за споживачами належить до класу задач лінійного програмування [28]. Але є деякі особливості, які дозволяють говорити про це завдання особливо:

- в рівняннях коефіцієнти при невідомих приймають лише два значення: 0 або 1;

- кожна змінна тільки двічі зустрічається з рівним коефіцієнтом 1, а в інших випадках її коефіцієнти дорівнюють 0.

Завдяки цим особливостям завдання закріплення тимчасових пунктів зберігання за споживачами виділена у спеціальний клас та називається транспортним завданням лінійного програмування [25]. Умови транспортної задачі подаються у вигляді матриці, вирішення якої подано у пункті 3.1.

2.3 Розрахунок транспортних потоків за умов порушення балансу обсягу перевезень та споживання

У процесі транспортного обслуговування збирання зернових культур в реальних умовах, часто виникають ситуації порушення умови статичного балансу обсягу необхідного переказу та споживання (2.6):

$$\sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^{m^*} a_i(t) \neq \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^{m^{**}} b_j(t). \quad (2.44)$$

Високі коливання обмолочування зерна можуть призвести до виникнення моментів зміни балансу споживання та виробництва.

Зміни можуть відбуватися за двома варіантами умови (2.44):

1. Перевищення необхідних обсягів перевезення зерна над попитом.
2. Попит перевищує обсяги обмолочування.

Розв'язання задачі розподілу обсягу транспортних потоків при перевищенні обсягу обмолочування зерна здійснюється скороченням обсягу обмолочування або створення запасів зерна [30]. Тоді (2.44) буде виглядати:

$$\sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^{m^*} a_i(t) > \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^{m^{**}} b_j(t). \quad (2.45)$$

Скорочення втрат та отримання максимального можливого прибутку на умовах перевищення обсягів випуску над попитом, можна досягти знаходженням оптимальних моментів скорочення обсягів збирання чи обсягів збільшення складування.

Тоді завдання зводиться до постановки формули (2.44) за рахунок введення фіктивного обсягу споживання [27]:

$$\sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^{m^*} a_i(t) = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^{m^*} \sum_{j=1}^{m^{**}} X_{ij}(t) = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^{m^{**}} b_j(t) + b_{n+1}(t), t = 0, \dots, T, \quad (2.46)$$

де $b_{n+1}(t)$ – фіктивний обсяг споживання зерна у час t .

Фіктивним постачанням називається штучно створений, не існуючий потік продукції або автотранспортних засобів, які можуть стати реальним чинником зміни зовнішніх умов [23].

Вибір моменту часу t , фіктивного обсягу попиту, здійснюється довільно, але обмежений періодом оптимізації. Результат рішення не зміниться при виборі фіктивного обсягу та моменту попиту (при дотриманні описаних нижче умов).

Впровадження фіктивних споживачів та постачальників з нульовим показником витрат дозволяє однозначно розрахувати обсяги неузгодженості, не змінюючи функціонал [29]. Отриманий таким чином, кращий план перевезення зерна коригується, що дозволяє виявити моменти виробництва, що вимагають зниження виробничої програми або за допомогою якого оцінюються витрати на зберігання. Якщо потрібно, можна оцінити втрати, пов'язані з коригуванням плану обмолочування зерна.

При не заданих обсягах виробництва зерна з будь-яких причин, обсяги випуску не дозволяють повністю забезпечити заявки споживачів, а неузгодженість ритмів виробництва та попиту значно ускладнюють завдання найкращого розподілу транспортних потоків [28]. Тоді обмеження (2.14) записуватиметься як:

$$\sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^{m^*} a_i(t) \neq \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^{m^{**}} b_j(t). \quad (2.47)$$

В умовах високого попиту для скорочення витрат та отримання максимального прибутку, потрібно вибрати такий обсяг розподілу автотранспортних потоків, який забезпечить постачання до пунктів, куди постачання є найменш витратним.

Вирішити завдання можна шляхом впровадження фіктивного обсягу постачання за формулою (3.44) [30]:

$$\sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^{m^*} a_i(t) + a_{m+1}(t) = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^{m^*} \sum_{j=1}^{m^{**}} X_{ij}(t) = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^{m^{**}} b_j(t), t = 0, \dots, T, \quad (2.48)$$

де $a_{m+1}(t)$ – фіктивний обсяг постачання зерна в час t .

У межах періоду оптимізації, довільно вибирається, момент часу t , фіктивного обсягу постачання. Впровадження фіктивних споживачів та постачальників із нульовим показником витрат дозволяє однозначно розрахувати обсяги неузгодженості, не змінюючи функціонал [24]. Отриманий таким чином, найкращий план перевезення зерна коригується, що дозволяє виявити поставки від фіктивного постачальника та видалити їх.

Також враховуючи особливості процесу збирання зернових культур, транспортне завдання можуть впроваджуватися різні ускладнення у постановці завдання. У разі знаходження рішення конкретних випадків транспортного завдання доведеться враховувати додаткові обмеження, наприклад, зерно із пункту A_1 потрібно перевести тільки до пункту B_3 , а з пункту A_2 необхідно вивести тільки частину зерна.

Для визначення оптимальних обсягів транспортних потоків в умовах порушення балансу необхідного обсягу перевезень та споживання, використання транспортного завдання, дозволяє знаходити динаміку моментів виробництва, що вимагає збільшення (скорочення) виробничої програми, а також дозволяє максимально точно розподіляти діючі транспортні потоки.

2.4 Визначення втрат зерна у разі порушення термінів збирання

Фаза повної стиглості зерна триває трохи більше 3-5 днів [31]. Потім настає фаза перестою зерна на корені, кожен день якої загрожує великими втратами у масі зерна.

Сушіння зерна необхідне для його збереження. Зберігання зернових мас в вологому і особливо в сирому стані у звичайних атмосферних умовах, їх перевезення залізничним та водним транспортом загрожує незворотними

наслідками – погіршенням якості та псуванням, при цьому відбувається втрата маси зерна.

Зерно повинно проходити обробку (очищення, сушіння, охолодження, знезараження) у строки, що забезпечують збереження його якості.

Дотримання режимів сушіння та очищення зерна призводить до різкого гальмування життєдіяльності зерна, припинення розвитку мікрофлори та шкідників, сприяє нормалізації його післяприбиального дозрівання [28]. Економічний вигаш від своєчасного сушіння зерна збільшується так само за рахунок запобігання перевезенню зайвої вологи та більш повного використання ємностей зерноскладів.

Втрати зерна відбуваються коли врожай збирається після необхідних агротермінів. Настання повного дозрівання зернових культур призводить до прискорення старіння соломи, зростання бур'янів у посівах, покладці колосків, суттєвого ускладнення умов проведення збиральних робіт [26]. До значних втрат урожаю призводить збирання озимих зернових культур, яке триває довше за рекомендовані терміни. Крім цього, з'являються додаткові втрати зерна, внаслідок самоосипання, обламування та проростання колосків на корені, поїдання частини зерна гризунами під час збирання і т. д. Доведено, що втрати врожаю можуть сягати 20% від зібраного обсягу зерна, якщо збирання проводиться через п'ять днів після проходження необхідних агростроків [31]. Вищеперелічені фактори сприяють значним втратам зерна і серйозно позначаються на його якості.

Різниця між біологічною та фактично обмолоченою масою врожаю визначає повний обсяг втрат зерна.

Втрати зерна після збирання в належні агростроки розраховуються за формулою:

$$\Delta Q = \sum_{e=1}^d Q_e \cdot \delta_e, \quad (2.49)$$

де ΔQ – недобір зерна на i день, т;

Q_e - не обмолочений обсяг зерна, т;

d – день збирання зерна після визначених днів агростроку;

δ_e – коефіцієнт втрат урожаю.

2.5 Висновки до розділу 2

1. Для скорочення негативного екологічного впливу автотранспортних засобів пропонується застосовувати двоетапну схему перевезення зерна від зернозбиральних комбайнів до споживача, через тимчасовий пункт зберігання, в якості якого використовуються споруди невеликої площі. Також дана схема перевезень дозволяє підвищити ефективність експлуатації автотранспорту, а саме: раціонально використовувати автотранспортні засоби різної вантажопідйомності, використовувати діючу інфраструктуру сільгосптоваровиробників.

2. Розроблена економіко-математична модель визначення обсягів транспортування обмолоченого зерна від комбайнів на тимчасовий пункт зберігання, з урахуванням втрат зерна при збиранні після оптимальних агротермінів, розглядає операції зі збирання та транспортування зерна як єдиний неподільний процес, і дозволяє за рахунок раціонального розподілу транспортних потоків зібраного зерна знизити втрати зерна при збиранні після оптимальних агротермінів.

3. Застосування цілісної виробничо-транспортної моделі забезпечує максимальну пристосованість розробленої моделі до реальних умов поставленого завдання, оскільки у розрахунках обсяги перевезень характеризуються продуктивністю зернозбиральних комбайнів, яка потім приймається в розрахунках для визначення раціональної кількості автотранспортних засобів.

4. Розроблено положення визначення раціональної кількості автотранспортних засобів, для перевезення зерна від працюючих комбайнів на тимчасовий пункт зберігання, який враховує вантажопідйомність кожної моделі автотранспортного засобу.

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА

3.1 Рішення цілісної виробничо-транспортної моделі транспортування зерна з урахуванням втрат «методом відсікань»

Для вирішення цілих завдань лінійного програмування використовується «метод відсікання», який відноситься до чисельних методів дискретного програмування. Алгоритм вирішення цілочисельної виробничо-транспортної задачі «методом відсікання» полягає в розчленуванні вихідної задачі на дві складові: виробничу та транспортну модель. При цьому як навантаження (кінцевої потреби) будемо розглядати сумарний попит щодо кожного виду сільськогосподарської культури.

Відомо безліч способів вирішення транспортних завдань лінійного програмування, як у мережевій постановці, так і в матричній. Сутність наведених методів полягає в тому, що до нуля прирівнюються змінні, які свідомо збільшують функціонал S .

Потенціали це система чисел транспортного завдання, яка приписана до матриці, відповідно до кожного з рядків i і до кожного зі стовпців j . Метод потенціалів для вирішення транспортного завдання полягає у знаходженні системи потенціалів, яка для всіх клітин матриці забезпечує меншу різницю потенціалів рядка (U_i) та стовпця (V_j) або рівну вартості транспортування, за дотримання умови визначення мінімуму функції (3.1); а для клітин зайнятих – різниця потенціалів точно дорівнює вартості транспортування (3.2).

Якщо дотримується умова мінімізації функції:

$$V_j - U_i \leq P_{ij}, \quad i=1, \dots, m; j=1, \dots, n, \quad (3.1)$$

$$V_j - U_i = P_{ij}, \quad i=1, \dots, m; j=1, \dots, n, \quad (3.2)$$

Виробничо-транспортні моделі є композицією двох груп моделей: транспортних та виробничих. Умовне таке комбінування моделей можна подати у вигляді графічної блок-схеми (рисунк 3.1):

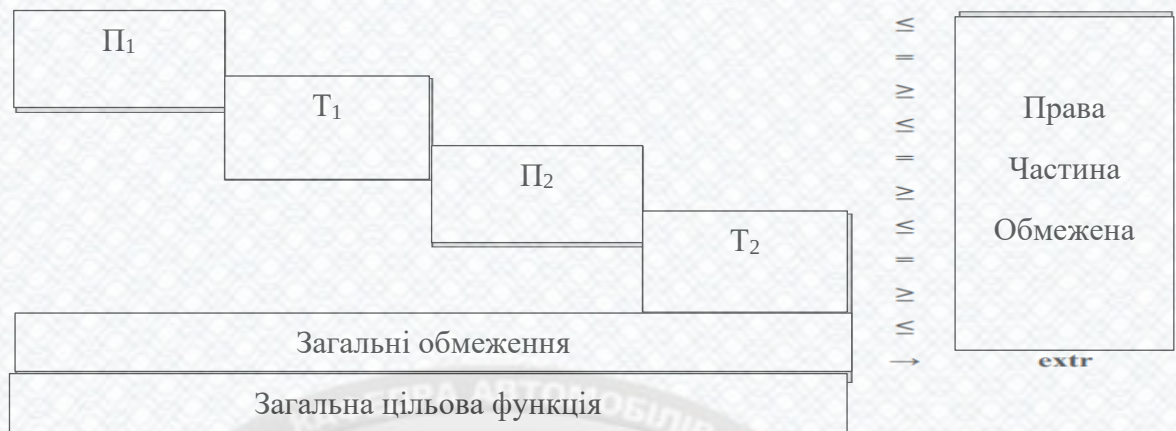


Рисунок 3.1 – Графічна блок-схема виробничо-транспортної моделі

Як Π_1 і Π_2 розглядаються виробничі моделі різного типу – у варіантній постановці (з дискретними змінними) чи безперервної постановки, з фіксованою або оптимізованою структурою виробництва. Блоки T_1 і T_2 у цій блок-схемі представляють співвідношення по перевезення зерна. Конкретне наповнення блоків залежить від економічної постановки завдання і допускає різні їх модифікації. Початковий план рішення для виробничого та транспортного завдання представлені, відповідно в таблицях 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 - План вирішення виробничої моделі

Змінні	z_{11}	z_{12}	z_{1n}	z_{21}	z_{22}	z_{2n}	...	z_{m1}	z_{m2}	z_{mn}		
Обмеження з випуску	a_{111}	a_{112}	a_{11n}	a_{211}	a_{212}	a_{21n}	...	a_{m11}	a_{m12}	a_{m1n}	$\geq$	b_1
	a_{121}	a_{122}	a_{12n}	a_{221}	a_{222}	a_{22n}	...	a_{m21}	a_{m22}	a_{m2n}	$\geq$	b_2
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	a_{1n1}	a_{1n2}	a_{1nn}	a_{2n1}	a_{2n2}	a_{2nn}	...	a_{mn1}	a_{mn2}	a_{mnn}	$\geq$	b_n
Обмеження	q_{111}	q_{112}	q_{11n}	q_{211}	q_{212}	q_{21n}	...	q_{m11}	q_{m12}	q_{m1n}	$\leq$	Q_1
Обмеження з вибору не більше одного варіанту	1			1			...	1			$\leq$	1
		1			1		...		1		$\leq$	1
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
			1			1	...			1	$\leq$	1
Коефіцієнти цільової функції	c_{11}	c_{12}	c_{1n}	c_{21}	c_{22}	c_{2n}	...	c_{m1}	c_{m2}	c_{mn}	$\rightarrow$	min

Таблиця 3.2 - План-матриця перевезення зерна

Постачальники	Споживачі								Об`єм збирання, a_i	
	B_1		B_2		B_3			B_n		
A_1	c_{11}	x_{11}	c_{12}	x_{12}	c_{13}	x_{13}	...	c_{1n}	x_{1n}	a_1
A_2	c_{21}	x_{21}	c_{22}	x_{22}	c_{23}	x_{23}	...	c_{2n}	x_{2n}	a_2
A_3	c_{31}	x_{31}	c_{32}	x_{32}	c_{33}	x_{33}	...	c_{3n}	x_{3n}	a_3
		...		...		...			...	...
A_m	c_{m1}	x_{m1}	c_{m2}	x_{m2}	c_{m3}	x_{m3}	...	c_{mn}	x_{mn}	a_m
Попит споживачів, b_j		b_1		b_2		b_3	...		b_n	

3.2 Алгоритм розрахунку необхідної кількості транспортних засобів

Для здійснення комп'ютерного моделювання розрахунку необхідної кількості автотранспортних засобів для доставки зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання, був розроблений алгоритм. на рисунку 3.2 представлена спрощена схема алгоритму визначення необхідної кількості автотранспортних засобів.

Аналізуючи вищевикладене та існуючі програми [29], програма визначення необхідної кількості автотранспортних засобів при збиранні зернових культур, у свій функціонал має включати основні інструментальні засоби, для:

- 1) видалення та (або) додавання моделі комбайна, автотранспортного засоби і виду сільськогосподарської культури, яка збирається;
- 2) вибору моделі комбайна та автотранспортного засобу, виду сільськогосподарської культури;

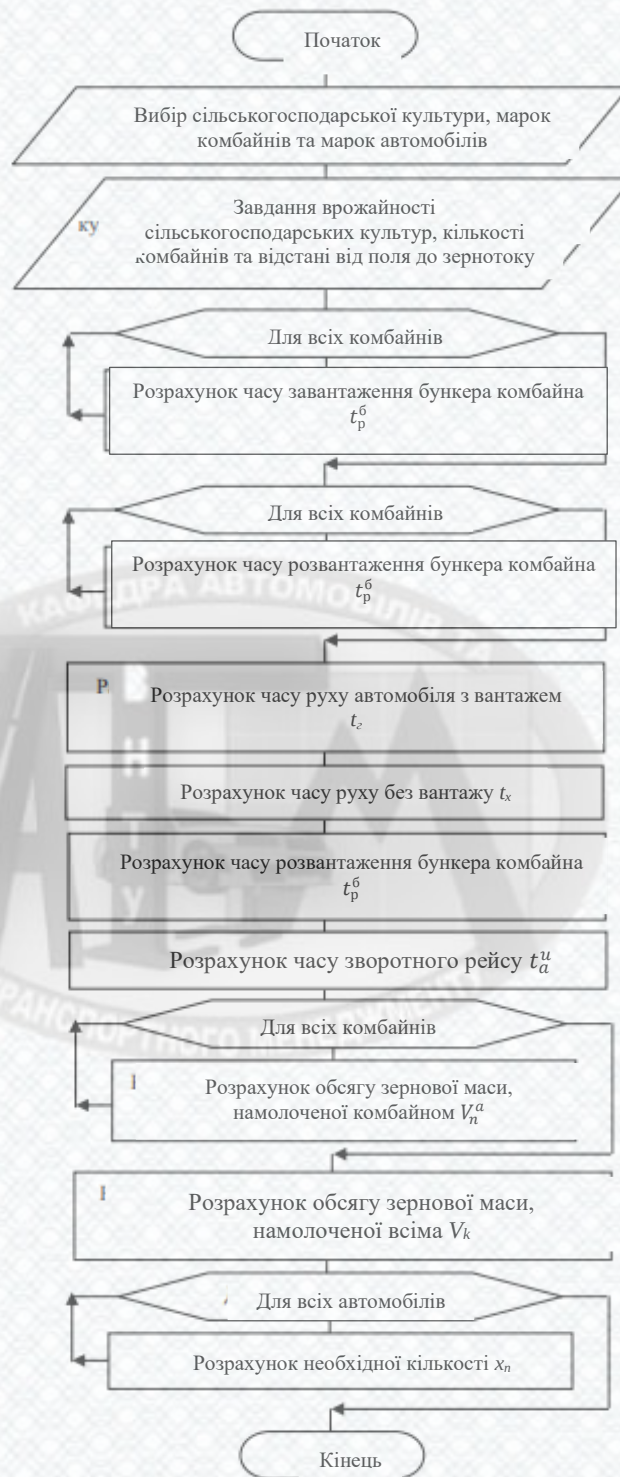


Рисунок 3.2 – Схема визначення необхідної кількості автотранспортних засобів

3) завдання кількості комбайнів та врожайності сільськогосподарської культури;

4) розрахунку раціональної кількості автотранспортних засобів для транспортування зерна.

Виходячи з необхідної кількості інструментальних засобів, програма матиме структуру, показану на рисунку 3.3.

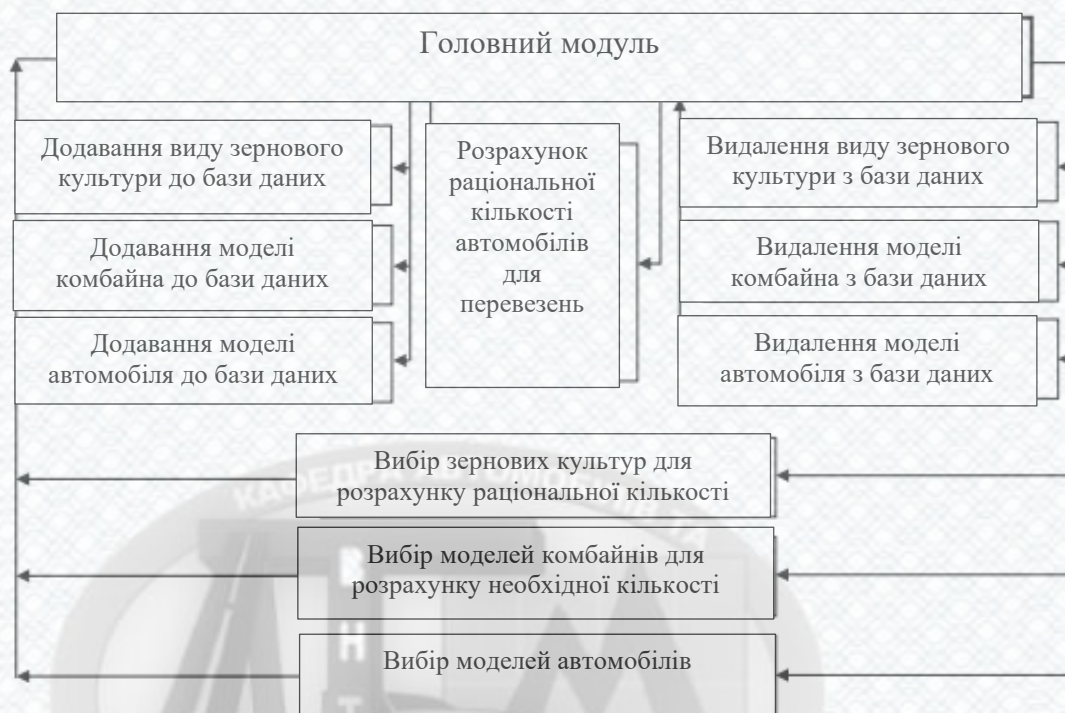


Рисунок 3.3 – Схематичне подання програми «Вибір рухомого складу при збиранні зернових культур»

3.3 Розрахунок оптимальної структури транспортних потоків

Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю «Світанок» є одним із лідерів за площею посівів та виробництвом зернових культур. Має велику кількість зернозбиральних комбайнів і вантажних автомобілів, а також має хорошу технічну базу з ремонту та обслуговування наявної техніки. Але в період збиральної кампанії з причин, описаних у розділі 1, доводиться укладати договори на перевезення зерна із сторонніми організаціями. На території Вінницької області розташовується широко розгалужена мережа зерносушищ, але так як це все дісталось у спадок від радянських часів, більшість із них або зовсім не має зерносушильного обладнання, або воно знаходиться не в задовільному стані.

Оскільки зернові культури рівномірно розподілені по всій території сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю «Світанок»,

необхідно провести зонування території, яке дозволить: розпочати збирання по всій території, скоротити час та витрати на переміщення зернозбиральних комбайнів до полів, рівномірно завантажити всі наявні зерносховища, проводити збирання різних культур у міру їхнього дозрівання.

При зонуванні вказаним способом, кожна зона має достатню інфраструктуру для нормального функціонування. Так само зонування дозволяє при розрахунках транспортних перевезень розраховувати засоби не по всій площі, а за кожною окремою зоною. Це позитивно позначається як на часі так і на точності розрахунків.

Як уже висвітлювалося раніше, найбільш просто принципи логістики використовуються при транспортуванні масових вантажів, коли вже змогли сформуватися потужні та стабільні вантажопотоки або технологічні маршрути між одержувачами та відправниками. Однак функції та структура логістичної системи влаштовані значно складніше, коли для задоволення потреб широкого кола споживачів необхідно розрахувати переміщення товарів широкої номенклатури.

Скористаємося математичним апаратом виробничо-транспортного завдання пошуку оптимальних обсягів транспортних потоків перевезення зерна.

Ефективність розглянутої задачі оптимізації оцінюється за рахунок підвищення синергетичного ефекту для учасників ланцюга постачання. Даний ефект показує можливість зменшення витрат за рахунок більш раціонального управління розподілів транспортних потоків та виробництва. Крім того беруться до уваги втрати врожаю від невчасного збирання.

Розрахунки проводяться на підставі даних про виробництво та споживання зерна на полях і зерносховищах підприємства за тиждень, так як цей період дає максимально достовірну глибину прогнозу.

Для спрощення розрахунків прийнято, що зернозбиральні комбайни мають однакові характеристики та відповідно обмолочують рівний обсяг зерна.

У ході експерименту вирішувалося завдання мінімізації витрат, на збиральну кампанію з урахуванням втрат зерна. В рамках цього експерименту

спочатку було проведено розподіл кількості комбайнів по полях та закріплення обсягів зібраного зерна за тимчасовими пунктами зберігання. Після чого було знайдено необхідну кількість автотransпортних засобів для обслуговування груп комбайнів по полях. На завершальному етапі розподілили обсяг зерна яке знаходиться на тимчасових пунктах зберігання зерносховищ.

У розрахунках потрібно визначити основні статті витрат у збирально-транспортному процесі:

1) Розрахунок витрат на доставку зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання.

Для спрощення розрахунків, будемо користуватися методикою, яка застосовується в господарствах, коли у розрахунках використовується тариф на перевезення однієї тонни зерна на один кілометр пройденої відстані. У тариф на перевезення вже закладаються витрати ПММ, зарплата водіїв, ТО та ремонт рухомого складу та ін.

При транспортуванні зерна на h -ій моделі автотransпортного засобу з i -го поля на k -ий тимчасовий пункт зберігання, економічні витрати розраховуються по формулі:

$$P_{ikh} = T_{ikh} L Q_h, \text{ грн}, \quad (3.3)$$

$$i=1, \dots, m; k=1, \dots, n; h=1, \dots, l.$$

де T_{ikh} - тариф на транспортування зерна в одиниці h -го моделі автотransпортного засобу від i -го поля до k -го тимчасового пункту зберігання, грн/т·км;

L - Відстань від поля до тимчасового пункту зберігання, км;

Q_h - вантажопідйомність h -ої моделі автотransпортного засобу.

2) Розрахунок вартості втрат зерна при збиранні після оптимальних агротермінів.

Під час збирання зернових культур у процесі транспортування зібраного зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання відбуваються збої, через технічну

несправність транспортних засобів, кліматичних умов та незалежних від них причин. Внаслідок чого не вдається прибрати всі добові заплановані площі. Це призводить до затримки збирального процесу та втрати кількості та якості зерна. Таким чином, виробник несе матеріальні втрати через перенесення термінів збирання.

$$P_i^{**} = s \cdot q \cdot p_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad (3.4)$$

де s - вартість 1 тонни зерна, грн;

q – обсяг добового запланованого незібраного зерна, т;

p_i – коефіцієнт, що враховує втрати зерна при збиранні поза агростроком.

3) *Розрахунок вартості збирання комбайном однієї тонни зерна.*

Витрати на збирання одного гектара посівів розраховуємо за формулою:

$$Z_y = Z_{\Pi} + T_{\text{ПММ}} + P, \quad \text{грн/га} \quad (3.5)$$

де Z_{Π} – заробітна плата (основна та додаткова) з урахуванням усіх нарахунків, грн;

$T_{\text{ПММ}}$ - витрати на ПММ, грн;

P – витрати на ТО, ремонт та зберігання комбайнів, грн.

Пошук оптимального плану збирання та перевезення зерна відбувається з за допомогою виробничо-транспортного завдання мінімізації транспортно-виробничих витрат та втрат зерна від збирання поза агростроком, розглянутого у п. 3.1 на підставі аналізу економічних показників від обсягів збирання та розподілу транспортних потоків.

У проведеному нами експерименті розглядаються стани під час яких збирання здійснюється комбайнами з аналогічними характеристиками, обсяг випуску та потреби в зерні не рівномірні та взяті з реальної картини. При вирішенні оптимізаційних завдань для спрощення розрахунків, всі витрати будемо розраховувати як витрати на одну тонну зерна.

Мінімізацію проводимо на прикладі збирання та розподілу зерна у СТОВ «Світанок», для розрахунків взяли 4 близько розташованих один до одного тимчасових пунктів зберігання та прилеглі до них поля, які потребують збирання зернових культур. У зв'язку з особливостями сівозмін зернових культур, розрахунок та збирання проводили не з одного поля, а групи суміжних полів, тому далі розглядатимемо не поле, а збиральну площу. Для точності експерименту розрахунки проводили на полях засіяних ярою пшеницею, з різною врожайністю (середня врожайність 37,4 ц/га), що відображено у розрахунках.

Під час проведення розрахунків було здійснено 4 зміни плану збирання та перевезення зерна, що дозволило знизити витрати на 30 066,44 грн. (Таблиця 3.3). Це було зроблено для скорочення загальної собівартості жнив, так як при скороченні витрат на збирання та втрати зерна в один із днів, суттєво зростали витрати на транспортування наступного дня.

Таблиця 3.3 - Сумарні виробничо-транспортні витрати з урахуванням втрат зерна за ітераціями за три дні жнив

	<i>П</i>	<i>Т</i>	<i>П+Т</i>
Ітерація №1	619744,19	271362,84	891107,03
Ітерація №2	607839,71	285739,18	893578,89
Ітерація №3	625259,03	244785,21	870044,24
Ітерація №4	641394,92	219645,67	861040,59

Так як площа полів, які збираються, і врожайність не сильно відрізняються, відповідно вартість збирання з урахуванням втрат зерна практично рівна, то ключовим фактором, визначення обсягів збирання та транспортування в день збиральної кампанії з'явилися транспортні витрати.

На рисунку 3.4 показана діаграма пошуку оптимального рішення для поставленого завдання, представлені сумарні витрати за всі три дні жнив.

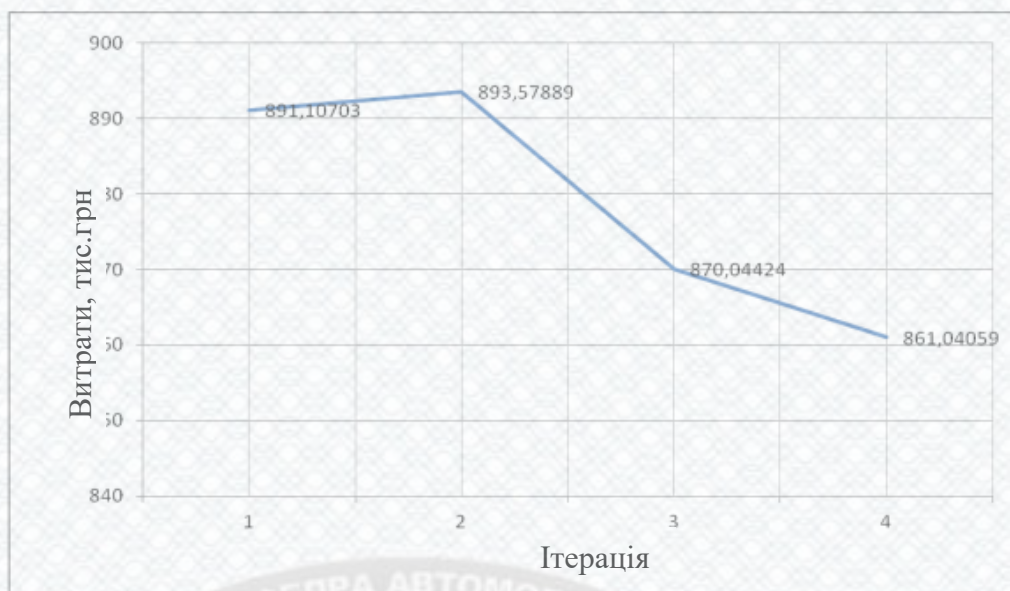


Рисунок 3.4 – Діаграма пошуку оптимального рішення

У таблиці 3.4 представлені дані для розрахунку: площа забирається території, відстань від території, що прибирається до тимчасового пункту зберігання та вартість доставки зерна для кожної збиральної площі. На підставі цих даних будемо проводити наступні розрахунки для першого дня жнив кампанії.

Таблиця 3.4 - Відстань та витрати на доставку зерна з збиральної площі до тимчасового пункту зберігання

Збиральна площа				Тимчасовий пункт зберігання					
№	Площа, га	Обсяг збирання, т	Вартість збирання, тис.грн	1		2		3	
				Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн
A	232	876,9	58	19,8	173,63	22,1	193,81	6,3	55,25
B	217	809,4	54,25	2,7	21,85	11,3	91,46	18,1	146,5
C	186	682,6	46,5	12,9	88,06	3,7	25,26	16,4	111,95
D	198	766,2	49,5	23,8	182,37	19,7	150,95	4,5	34,48
E	207	755,5	51,75	13,3	100,49	6,3	47,59	7,1	53,64

Вирішення транспортного завдання для першого дня збиральної кампанії, після агростроку, представлено у таблиці 3.5. План-матриця показує обсяги збирання та транспортування з кожної збиральної площі за кожним маршрутом руху. Якщо врахувати, що один зернозбиральний комбайн за добу обмолочує 50

га площі з урожайністю 40 ц/га, то з таблиці видно скільки зернозбиральних комбайнів необхідно направити на кожну збиральну площу.

Таблиця 3.5 - План-матриця розв'язання транспортного завдання на перший день збиральної кампанії

Збиральна площа	Обсяг збирання, т	Обсяг споживання, т			
		1	2	3	4
		400	400	400	400
A	600	0	0	400	200
B	400	400	0	0	0
C	200	0	200	0	0
D	200	0	0	0	200
E	0	0	0	0	0

На другий день робимо розрахунок виробничо-транспортних витрат з врахування втрати зерна в перший день. А так само поле В обов'язково має входити у план збирання, оскільки комбайни, що знаходяться на полі з урахуванням тимчасових і фінансових витрат не раціонально переганяти на інше поле, не закінчивши збирання на цьому. У таблиці 3.6 подано витрати на перевезення на другий день збиральної кампанії з урахуванням втрат зерна в перший день.

Таблиця 3.6 - Відстань та витрати на доставку зерна зі збиральної площі, з урахуванням втрат зерна першого дня, до тимчасового пункту зберігання на другий день збиральної кампанії

Збиральна площа				Тимчасовий пункт зберігання					
№	Площа, га	Обсяг збирання, т	Вартість збирання, тис.грн	1		2		3	
				Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн
A	82	306,2	20,50	19,8	60,64	22,1	67,68	6,3	19,29
B	117	431,1	29,25	2,7	11,64	11,3	48,72	18,1	78,04
C	136	493,1	34	12,9	63,61	3,7	18,25	16,4	80,87
D	148	565,8	37	23,8	134,68	19,7	111,48	4,5	25,46
E	207	746,5	51,75	13,3	99,28	6,3	47,03	7,1	53

Як видно з таблиці 3.6 витрати на перевезення зерна по одним і тим же маршрутам суттєво скоротилися, за рахунок скорочення врожайності зернових культур та зменшення валового збору зерна.

Як видно з розрахунків у другий день збиральної кампанії повністю забирається врожай з жнив А. Один комбайн з жнив площі А переїжджає на D, що дозволяє завантажити на повну розрахункову потужність тимчасовий пункт зберігання 3 і 4. А також один зернозбиральний комбайн зі збиральної площі переїжджає на площу С, що на третій день збиральної кампанії, коли обмолочуватиметься збиральна площа Е, дозволить рівномірно завантажити прилеглі тимчасові пункти зберігання та не потрібно буде перевозити зерно зі збиральної площі Е на тимчасовий пункт зберігання 1, з великими матеріальними витратами.

У таблиці 3.7 представлені показники для розрахунку оптимального плану жнив на третій день, з урахуванням втрат зерна за два попередні дні.

Таблиця 3.7 - Відстань та витрати на доставку зерна зі збиральної площі, з урахуванням втрат зерна за два дні до тимчасового пункту зберігання на третій день збиральної кампанії

Збиральна площа				Тимчасовий пункт зберігання					
				1		2		3	
№	Площа, га	Обсяг збирання, т	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн
A	0	0	0	19,8	0	22,1	0	6,3	0
B	55	201,2	13,75	2,7	5,43	11,3	22,74	18,1	36,43
C	45	162	11,25	12,9	20,9	3,7	5,99	16,4	26,57
D	45	170,8	11,25	23,8	40,66	19,7	33,66	4,5	7,69
E	207	741,2	51,75	13,3	98,58	6,3	46,69	7,1	52,63

Таким чином, вдалося розрахувати обсяги збирання кожної збиральної площі та транспортування зібраного зерна за маршрутами, з урахуванням втрат зерна через збирання поза агростроком, за три дні збиральної кампанії. Ключовим для розрахунку став перший день, тому що у розрахунках за наступними днями довелося накладати низку обмежень щодо продовження

збирання вже розпочатої площі. Тобто якщо почали проводити збирання зерна з будь-якої збиральної площі і в цей же день не закінчили, то необхідно, щоб ця площа входила до плану прибирання наступного дня. Інакше постійні переміщення зернозбиральних комбайнів з однієї збиральної площі на іншу, будуть призводити до збільшення трудомісткості та матеріальних витрат.

3.4 Розрахунок раціональної кількості автотransпортних засобів

Розрахунок необхідної кількості автотransпортних засобів, проводимо згідно з методикою представленої в п. 3.2. Перед тим, як почати розрахунки за експериментом, було здійснено контрольний замір швидкості руху завантажених вантажних автотransпортних засобів за заданими маршрутами та оцінено стан дорожнього покриття. Після цього, було здійснено покращення якості дорожнього покриття на ґрунтових дорогах, за рахунок розчищення доріг. Внаслідок цього вдалося досягти підвищення середньої швидкості руху вантажних автотransпортних засобів із 43 км/год до 51 км/год.

У таблицях 3.8 – 3.10 представлено потрібну кількість вантажних автотransпортних засобів за кожним маршрутом руху за всі дні збирання.

Таблиця 3.8 - Необхідна кількість автотransпортних засобів за перший день збиральної кампанії

Збиральна площа	ВПХ	КамАЗ	ЗІЛ	ГАЗ
А	3	2	-	1
В	4	1	-	1
С	1	1	-	1
Д	2	1	-	-
Е	4	1	-	-

Таблиця 3.9 - Необхідна кількість автотransпортних засобів на другий день збиральної кампанії

Збиральна площа	ВПХ	КамАЗ	ЗІЛ	ГАЗ
А	3	2	-	1
В	1	1	-	-
С	2	1	-	1
Д	4	1	-	1

Таблиця 3.10 - Необхідна кількість автотранспортних засобів на третій день збиральної кампанії

Збиральна площа	ВПХ	КамАЗ	ЗІЛ	ГАЗ
В	1	1	-	-
С	2	1	-	-
Д	4	1	-	-
Е	2	1	-	1
Е	3	2	-	1
Е	4	1		1

3.5 Транспортування зерна з тимчасового пункту зберігання споживачеві

Пошук оптимального плану перевезення зерна з пункту зберігання споживачеві проводиться відповідно до математичного порівняння економічних результатів отриманих розподілом транспортних потоків вирішуючи транспортне завдання мінімізації транспортних витрат.

Витрати на перевезення зерна в h -ій моделі автотранспортного засобу від k -го тимчасового пункту зберігання до j -го споживача розраховується за формулою:

$$P_{kjh} = Z_{hk} + T_{kjh} + Z_h^n + Z_{hj} \quad (3.6)$$

$$k=1, \dots, m; j=1, \dots, n; h=1, \dots, l;$$

де Z_{hk} - усереднені витрати на завантаження зерна в одиницю h -ої моделі автотранспортного засобу в k -му пункті тимчасового зберігання, грн;

T_{kjh} - тариф на перевезення зерна в одиниці h -ої моделі автотранспортного засобу з k -го пункту тимчасового зберігання до j -го споживача, грн;

Z_h^n - усереднені витрати на підготовку одиниці h -ої моделі автотранспортного засобу до навантаження, грн;

Z_{hj} - усереднені витрати на розвантаження зерна з h -ої моделі автотранспортного засобу у j -го споживача, грн.

Розрахунок вартості зберігання зерна провадиться за сумою статей елементів витрат та експлуатаційних витрат.

Середньодобову вартість зберігання однієї тонни зерна в k -му тимчасовому пункті зберігання можна розрахувати за такою формулою:

$$P_i^* = \frac{Z_{cp\ k} + Z_{об\ k} + Z_{ом\ k}}{Y_{скл\ k}}, \quad k = 1, \dots, m, \quad (3.7)$$

де $Z_{cp\ k}$ – середньомісячні витрати на утримання k -го тимчасового пункту зберігання, грн;

$Z_{об\ k}$ - середньомісячні витрати на експлуатацію та утримання обладнання в k -му тимчасовому пункті зберігання, грн;

від Z_k - середньомісячні витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн;

$Y_{скл\ k}$ - середньомісячна пропускна спроможність k -го тимчасового пункту зберігання, т.

Для точності та повноти розрахунків робимо розрахунок для всього СТОВ «Світанок», тобто у розрахунках беруть участь усі тимчасові пункти зберігання та всі споживачі. У цьому випадку всі споживачі будуть працювати на розрахункову потужність, що дозволить суттєво наблизити дані експерименту до реальних показників.

В даному експерименті проектується ситуація, закріплення тимчасових пунктів зберігання за зерносховищами та за маршрутами руху. В якості потреб споживачів розглядається добова пропускна спроможність, вартість зберігання на тимчасових пунктах зберігання однакова, тому вона в розрахунках не враховується, вартість перевезення зерна за одну тонну на всіх марках автотransпортних засобів однакова.

Вартість доставки однієї тонни зерна за всіма можливими маршрутами руху наведена у таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 - Вартість перевезення однієї тонни зерна за маршрутами руху (грн.)

ВПХ	Споживачі		
	1	2	3
1	219	324	224
2	181	295	186
3	167	285	172
4	159	273	164
5	121	239	127
6	42,5	117	171
7	30,7	107	118
8	93	211	98
9	126	249	72
10	86	199	32
11	98	213	42
12	82	187	29
13	104	96	155
14	47	115	99

У таблиці 3.12 показані обсяги перевезень по кожному маршруту руху.

Таблиця 3.12 - Обсяги перевезення по кожному маршруту руху

ВПХ	Споживачі			
	1	2	3	
	2500	3000	2500	
1	100	0	300	400
2	0	0	200	200
3	400	0	0	400
4	400	0	0	400
5	800	0	0	800
6	600	0	0	600
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	800	800
10	0	0	0	0
11	0	0	800	800
12	200	400	0	600
13	0	0	0	0
14	0	600	0	600

3.6 Висновки до розділу 3

1. Наведено алгоритм вирішення цілочисленної виробничо-транспортної моделі.

2. Наведено алгоритм «Вибір рухомого складу при збиранні зернових культур». Цей алгоритм дає можливість розрахувати раціональну кількість автотransпортних засобів для перевезення зерна від зернозбиральних комбайнів на тимчасовий пункт зберігання.

3. Застосування цілісної виробничо-транспортної моделі визначення обсягів транспортування зерна з урахуванням втрат зерна під час збирання після оптимальних агротермінів, дозволило мінімізувати сумарні витрати під час жнив, не тільки з погляду класичного підходу оцінки витрат, а й враховувалися фінансові втрати зерна від невчасного збирання врожаю. Для зниження витрат на збирально-транспортні операції, час визначення обсягів збирання та транспортування зерна, при рівних інших умовах ключовим фактором стали транспортні витрати.

4. Цілочисленна виробничо-транспортна модель визначення обсягів транспортування зерна з урахуванням втрат зерна при збиранні після оптимальних агротермінів, дала можливість скоротити сумарні пробіги автотранспорту, рівномірно розподілити постачання зерна на тимчасовий пункт зберігання, знизити простої автотранспортних засобів при розвантаженні на тимчасовому пункті зберігання та знизити втрати зерна від невчасного збирання.

5. Розроблені наукові методи визначення раціональної кількості автотранспортних засобів, при транспортуванні зерна від зернозбиральних комбайнів на тимчасовий пункт зберігання дозволили точніше визначити необхідну кількість автомобілів, з урахуванням вантажопідйомності кожної моделі, в результаті вдалося зменшити кількість автотранспорту без втрати якості виконання транспортних операцій

6. Для розрахунків транспортних потоків перевезення зерна з тимчасового пункту зберігання споживачеві використовувалося транспортне завдання, яке допомогло скоротити сумарні пробіги автотранспортних засобів, зменшити простої автотранспортних засобів у пунктах навантаження та розвантаження, а також посприяло поступовому завантаженню зерноприймальних пунктів споживачів.

РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

4.1 Аналіз результатів та їх графічна інтерпретація

Експерименти з визначення обсягів збирання та розподілу транспортних потоків із застосуванням цілочисленної виробничо-транспортної моделі з урахуванням втрат зерна, проведені в ході написання магістерської кваліфікаційної роботи, що підтверджує ефективність використання запропонованої методики.

Завдання визначення обсягів збирання та транспортних потоків зерна в процесі збиральної кампанії має обов'язково враховувати всі можливі аспекти роботи системи «комбайн-автомобіль-зерноскладище», в тому числі з використанням таких механізмів, як корекція обсягів збирання, його погодження з ритмами та обсягами споживання, а також ефективний розподіл транспортних потоків. У цьому можна оцінити вартість збирання та транспортування з урахуванням втрат зерна, з поля на тимчасовий пункт зберігання за різними планами оптимізації (рис. 4.1).

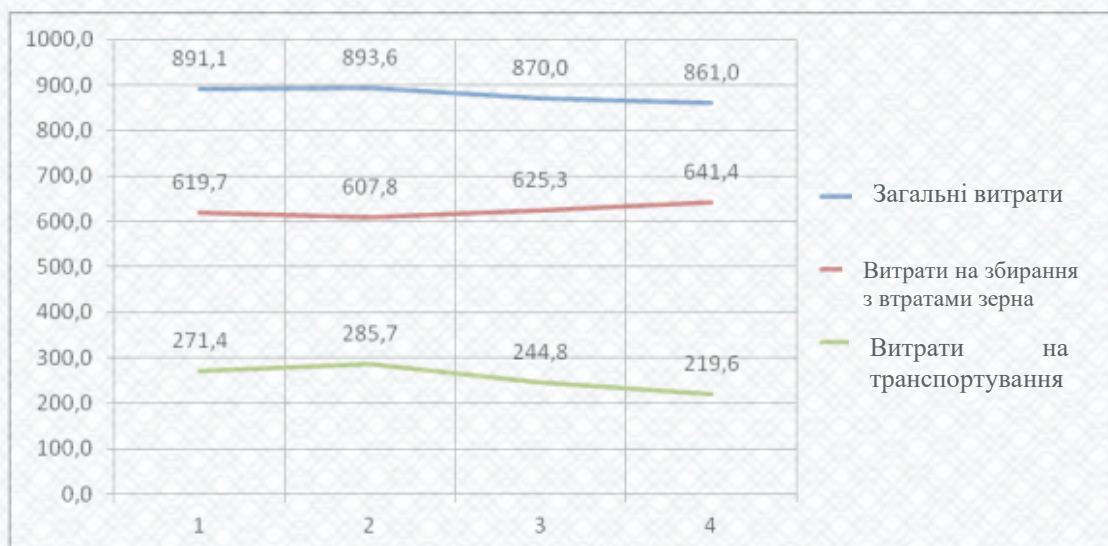


Рисунок 4.1 – Графік зміни витрат за ітераціями

Порівняння економічних показників планів обсягів збирання та розподілу вантажопотоків зерна показує, що:

- плануючи збиральну кампанію необхідно враховувати транспортні витрати, на які припадає значна частка витрат;
- при рівних площах збирання та врожайності, ключову роль у зниженні витрат на збиральну кампанію грають саме транспортні витрати;
- поле з більшою площею не завжди буває економічно ефективно збирати першочергово;
- для збереження частки врожаю та збільшення його якості у процесі збиральної кампанії слід враховувати природні втрати зерна від невчасного збирання.

Починати процес збирання зернових культур необхідно з підготовки інфраструктури, зокрема приділяти увагу стану дорожнього покриття. Проведені в процесі написання магістерської кваліфікаційної роботи дослідження показують, що добре підготовлене дорожнє покриття дозволяє збільшити середню швидкість руху транспортних засобів, що у свою чергу веде до зменшення необхідної кількості автотransпортних засобів та знижує масу викидів від працюючого двигуна. Розрахунок раціональної кількості автотransпортних засобів для транспортування зерна від комбайнів на тимчасовий пункт зберігання дозволив скоротити чисельність автотransпортних засобів які беруть участь у перевезенні на дві одиниці без погіршення якості обслуговування.



Рисунок 4.2 – Графік зміни витрат на збиральну кампанію

4.2 Висновки до розділу 4

1. Під час збиральної кампанії, процес збирання та транспортування зерна треба розглядати спільно, тому що дуже часто зниження витрат на збирання призводить до значного підвищення витрат на перевезення.

2. Застосування розроблених положень щодо визначення раціональної кількості автотransпортних засобів дозволяє скоротити кількість необхідних автотransпортних засобів на 2 одиниці, без шкоди якості транспортного забезпечення перевезень зерна.

3. Сумарний пробіг після впровадження розроблених положень, автотransпортних засобів для перевезення всього обмолоченого зерна скоротився в порівнянні з сумарним пробігом, якби зерно перевозилося по старих схемах, на 1372,8 км.

4. За рахунок зниження транспортних витрат шляхом накладення обмежень у час вирішення виробничо-транспортного завдання, вдалося скоротити витрати на збиральну кампанію на 30066,44 грн.

5. Застосування розробленої економіко-математичної моделі для розрахунків обсягів транспортування зерна, з урахуванням втрат зерна при збиранні після оптимальних агротермінів, дозволило отримати економічний ефект, за рахунок скорочення сумарного пробігу автотransпортних засобів, їх кількості, зменшення негативного екологічного впливу автотransпорту, у період жнив на землях СТОВ «Світанок» на 90720,82 грн., а так само знизити втрати зерна в грошовому еквіваленті на 144200,51 грн., Що в сумі становить 225,88 гривень із гектара.

ВИСНОВКИ

1. На основі розроблених теоретико-прикладних положень, науково-практичних методів, моделі та оптимізації системи організації в магістерській кваліфікаційній роботі вирішено важливе науково-практичне завдання підвищення ефективності використання автотранспортних засобів під час перевезення зерна.

2. Проведений аналіз виробництва зерна та транспортного забезпечення сільського господарства у Вінницькій області, виявив відсутність єдиних науково-прикладних положень системи організації перевезень зерна, внаслідок чого проявляється неефективність використання автотранспорту в період збиральної кампанії, а саме під час планування перевезень відсутній облік екологічного фактора, недостатня кількість автотранспорту, узгодженість організації збирально-транспортного процесу, незадовільний технічний стан автотранспортних засобів.

3. Розроблені теоретико-прикладні підходи зниження негативного екологічного впливу автотранспортних засобів дозволяють ефективно організувати процес перевезення зерна за рахунок застосування двоетапної схеми перевезення зерна з поля до споживача через тимчасовий пункт зберігання. Така схема завдяки раціональному розподілу автотранспортних засобів різної вантажопідйомності, дозволяє забезпечити ефективне, екологічно менш шкідливе використання автотранспорту.

4. Розроблена науково-обґрунтована економіко-математична модель, що дозволяє визначити оптимальні обсяги транспортування зерна по маршрутах руху, з урахуванням втрат зерна при збиранні після оптимальних агротермінів, що на практиці сприяє скороченню сумарних пробігів автотранспорту та простоїв під навантаженням та розвантаженням. Внаслідок застосування розробленої моделі вдалося скоротити сумарний пробіг автотранспортних засобів у СТОВ «Світанок» на 1372,8 км.

5. Розроблено наукові методи щодо визначення раціональної кількості автотransпортних засобів для перевезення зерна від комбайнів на тимчасовий пункт зберігання. На відміну від методів, що раніше використовуються, дані положення в розрахунках враховують вантажопідйомність кожної моделі автотransпортного засобу, а не розраховуються за середньою вантажопідйомністю групи автотransпортних засобів. Розрахунок кількості автотransпортних засобів в період жнив у СТОВ «Світанок» дозволив скоротити їх чисельність на 2 одиниці.

6. Отримано результати наукових експериментальних досліджень розроблених положень: визначено обсяги перевезень зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання за маршрутами руху за кожен день збирання зерна після оптимальних агротермінів; під дані обсяги перевезень визначено раціональну кількість автотransпортних засобів за маршрутами руху; розподілено обсяги перевезень зерна з тимчасових пунктів зберігання споживачеві за маршрутами руху.

7. Застосування розробленої науково-обґрунтованої економіко-математичної моделі розрахунків обсягів транспортування зерна, з урахуванням втрат зерна при збиранні після оптимальних агротермінів, теоретико-прикладних підходів та наукових методів дозволило отримати економічний ефект, за рахунок скорочення сумарного пробігу автотransпортних засобів, оптимізації кількості та вантажопідйомності, зменшення шкідливого екологічного впливу автотransпорту, у період жнив на землях СТОВ «Світанок» на 90720,82 грн., а також знизити втрати зерна в грошовому еквіваленті на 144200,51 грн., що у сумі становить 225,88 гривень з гектара.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бідняк М. Н. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика. Монографія / М. Н. Бідняк, В. В Біліченко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006 – 176 с.
2. Босняк М.Г. Вантажні автомобільні перевезення: навчальний посібник для студентів спеціальності 7.100403 «Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний)» / М.Г. Босняк. – К.: Видавничий Дім "Слово", 2010. – 408 с.
3. Буренніков Ю.Ю. Економіка транспорту: навчальний посібник / Ю.Ю. Буренніков – Вінниця: ВНТУ, 2019 – 121 с.
4. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник / [В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов]. – Вінниця, ВНТУ, 2013. – режим доступу : <http://posibnyky.vntu.edu.ua/newauto/5/index.html>.
5. Дмитриченко М.Ф. Основи теорії транспортних процесів і систем. Навчальний посібник для ВНЗ / М.Ф. Дмитриченко, Л.Ю. Яцківський, С.В. Ширяєва, В.З. Докуніхін – К.: Видавничий Дім «Слово», 2009 – 336 с.
6. Докуніхін В. З., Кущевська Н. Ф., Малишев В. В. Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом. – К.: Університет "Україна", 2021. – 208 с.
7. Карпенко І.В., Огневий В.О. Технічне забезпечення автотранспортних перевезень зерна з поля на зерносховище / І.В. Карпенко, В.О. Огневий // Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)», Вінниця, 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025>
8. Котлубай Олексій Михайлович. Теорія і методологія розвитку транспортно-технологічних систем перевезення вантажів [Текст] : наук. моногр. / Котлубай О. М. ; Нац. акад. наук України, Ін-т пробл. ринку та екон.-екол. дослідж. - О. : ІПРЕД НАН України, 2012. - 200 с.

9. Кужель В.П. Основи ліцензування та сертифікації на автомобільному транспорті : навчальний посібник / В.П. Кужель, А.А. Кашканов – Вінниця : ВНТУ, 2018 – 121 с.
10. Левковець П.Р. Перевезення небезпечних вантажів. Навчальний посібник. / П.Р. Левковець, О.І. Мельниченко, Д.В.Зеркалов; за редакцією Д.В.Зеркалова. – К.: Основа, 2005. – 239 с.
11. Левковець П.Р. Управління автомобільним транспортом. Навчальний посібник. За редакцією Д.В. Зеркалова / Левковець П.Р., Зеркалов Д.В. Мельниченко О.І., Казаченко О.Г. – К.: Арістей, 2006.– 416 с.
12. Нагорний Є.В. Комерційна робота на транспорті : Підручник / Є. В. Нагорний, Н. Ю. Шраменко, Г. І. Переста – Х.: Видавництво ХНАДУ. 2011. – 298 с.
13. Оліскевич М. Організація автомобільних перевезень. Частина 1. Вантажні перевезення. Навчальний посібник у двох частинах. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 336 с
14. Перебийніс В.І., Болдирєва Л.М., Перебийніс О.В. Транспортний менеджмент і транспортний маркетинг виробничо-комерційної діяльності: Монографія. Полтава: РВВ ПУСКУ, 2016. 201 с
15. Прокудін Г.С. Моделі і методи оптимізації перевезень у транспортних системах / Г.С. Прокудін. – К.: НТУ, 2006. – 224 с.
16. Сорока В. С. Транспортно-експедиційна робота : Навчальний посібник [За редакцією д-ра економ, наук, професора Е. А. Зіня] / В. С. Сорока, О. О. Гладковська – Рівне : НУВГП. 2013. – 347 с.
17. Форнальчик Є. Ю. Моделювання транспортних потоків. Навчальний посібник / Є. Ю. Форнальчик, В. В. Гілевич, І. А. Могила. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 216 с.
18. A Comparative Study on Fuel Consumption Reduction Effects of EcoDriving Instructions Strategies [Electronic resource]/ S. Matsumoto, T. Park, H. Kawashima/ International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, 2014. – 1-8 p.

19. Agent interactions and the response of supply chains to pricing and incentives [Electronic resource]/ J. Holguín-Veras, F. Aros-Vera, M. Browne / Economics of Transportation, 2015. – 147-155 p.

20. Foreground Object Detection by Motion-based Grouping of Object Parts [Electronic resource]/ Z. Wang, H. Zha, M. Kagesawa, S. Ono, K. Ikeuchi / International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, 2014. – 70-82 p.

21. Learning of grasp selection based on shape-templates [Electronic resource]/ A. Herzog, P. Pastor, M. Kalakrishnan, L. Righetti, J. Bohg, T. Asfour, S. Schaal / Autonomous Robots, 2014. – 51-65 p.

22. Gains Tuning of Fuzzy Controllers Based on a Cost Function Optimization [Electronic resource]/ P. Gil, C. Lucena, A. Cardoso, L. Palma / 10th Portuguese Conference on Automatic Control, 16-18 July 2012. – 105-110 p. 134

23. Modeling Traffic at Sags [Electronic resource]/ B. Goñi Ros, V. L. Knoop, Y. Shiomi, T. Takahashi, B. van Arem, S. P. Hoogendoorn / International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, 2014. – 1-11 p.

24. Generalized macroscopic traffic model with time delay [Electronic resource]/ D. Ngoduy / Nonlinear Dynamics, 2014. – 289-296 p.

25. State-of-the art of macroscopic traffic flow modelling [Electronic resource]/ R. Mohan, G. Ramadurai / International Journal of Advances in Engineering Sciences and Applied Mathematics, 2013. – 158 – 176 p.

26. A hybrid traffic flow model for real time freeway traffic simulation [Electronic resource]/ L. Zhang, Y. Ma, L. Shi / KSCE Journal of Civil Engineering, 2014. – 1160 - 1164 p.

27. Genealogy of traffic flow models / Femke van Wageningen, Hans van Lint, K. Vuik, S. Hoogendoorn [Electronic resource]/ EURO Journal on Transportation and Logistics, 2015. – 445 – 473 p.

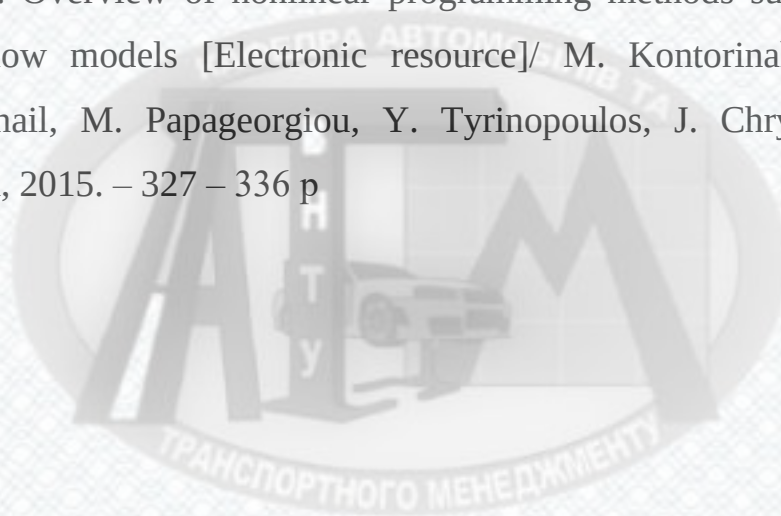
28. Comparing traffic flow models with different number of “phases” [Electronic resource]/ P. Wagner, K. Nagel / The European Physical Journal B, 2008. – 315 – 320 p.

29. Phase-plane analysis of conserved higher-order traffic flow model [Electronic resource]/ Chun-xiu Wu, T. Song, P. Zhang, S.C. Wong / Applied Mathematics and Mechanics, 2012. – 1505 -1512 p.

30. Phase diagram of a continuum traffic flow model with a static bottleneck [Electronic resource]/ A. Kumar, I. Dhiman / Nonlinear Dynamics, 2015. – 663 – 671 p.

31. A relaxation scheme for a multi-class Lighthill-Whitham-Richards traffic flow model [Electronic resource]/ Jian-zhong Chen, Zhong-ke Shi, Yan-mei Hu / Journal of Zhejiang University SCIENCE A, 2009. – 1835 – 1844 p.

32. Overview of nonlinear programming methods suitable for calibration of traffic flow models [Electronic resource]/ M. Kontorinaki, A. Spiliopoulou, I. Papamichail, M. Papageorgiou, Y. Tyrinopoulos, J. Chrysoulakis / Operational Research, 2015. – 327 – 336 p





Додаток А

Ілюстративна частина

Підвищення ефективності використання автомобілів
сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю «Світанок»
(село Синарна Оратівського району Вінницької області) при перевезенні
зернових культур

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

**Підвищення ефективності використання автомобілів
сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю
«Світанок» (село Синарна Оратівського району Вінницької області) при
перевезенні зернових культур**

Ілюстративна частина

до магістерської кваліфікаційної роботи

зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами),
спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
08-29.МКР.006.00.000

Керівник роботи к.е.н., доцент

Огневий В.О.

Розробив студент гр. ІТТ-23м

Карпенко І.В.

Вінниця ВНТУ 2024

2

Метою роботи є підвищення ефективності транспортного забезпечення перевезення зерна за рахунок оптимізації кількості рухомого складу, вантажопідйомності та шкідливого екологічного впливу автотранспортних засобів.

Для досягнення зазначеної мети в роботі були поставлені наступні завдання:

1. виявити недоліки та їх основі запропонувати шляхи підвищення ефективності використання автотранспорту при перевезенні зернових культур;
2. розробити схему перевезення зерна з поля на зерносковище, що знижує шкідливий екологічний вплив автотранспортних засобів;
3. удосконалити економіко-математичну модель визначення обсягів транспортування зерна, з урахуванням втрат зерна при збиранні після оптимального агροстроку;
4. удосконалити методику визначення раціональної кількості автотранспортних засобів для перевезення зерна від комбайнів;
5. провести експериментальні дослідження та визначити економічний ефект, що підтверджує значущість отриманих наукових результатів.

Об'єктом дослідження є процеси, збирання та перевезення зерна на зерносховище.

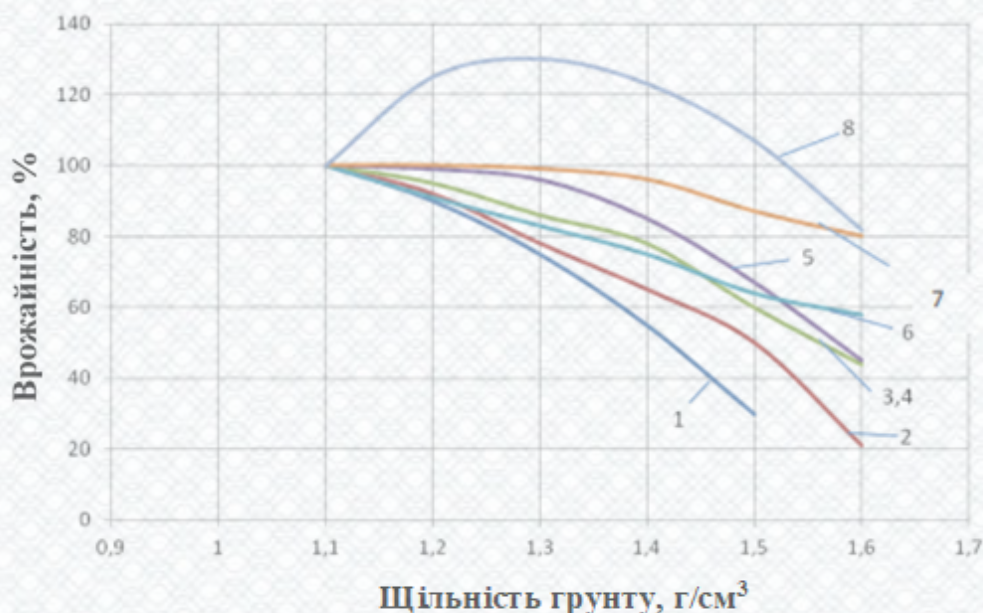
Предметом дослідження є теоретико-практичні підходи створення та використання ефективної та екологічно стійкої транспортної системи перевезення зерна.

Наукова новизна.

- доповнено теоретико-прикладні підходи організації двохетапної схеми перевезення зерна із поля до споживача;
- удосконалено економіко-математичну модель визначення обсягів транспортування зерна, з урахуванням втрат зерна при збиранні після оптимального агротерміну;
- набули подальшого розвитку науково-обґрунтовані положення визначення раціональної кількості автотранспортних засобів для перевезення зерна від комбайнів на зерносховище, з урахуванням технічних характеристик кожної моделі транспортного засобу.

Показник врожайності сільськогосподарських культур в залежності від щільності ґрунту

4



- 1,2 - солома вівса і овес відповідно, на важкосуглинистому чорноземі; 3 -солома вівса вирощена на глинистому каштановому ґрунті; 4 - зелена маса кукурудзи, оброблена на суглинистому дерново-підзолистому ґрунті; 5 - овес, вирощений на суглинистому каштановому ґрунті; 6 картопля, вирощена на важкосуглинистому ґрунті; 7 - вміст крохмалю в картоплі вирощеної на важкосуглинистому пілуватому ґрунті; 8 - зелена маса кукурудзи прибрана з дерновопідзолистих супіщаних ґрунтів.

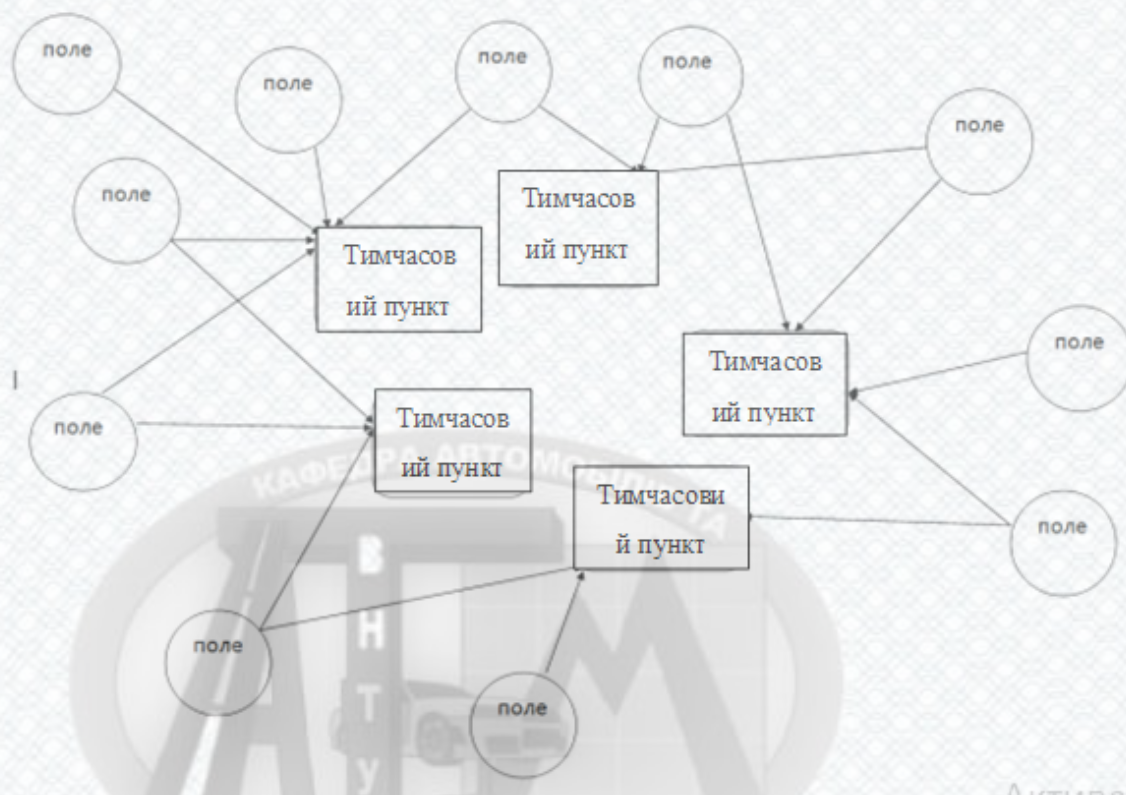
Дані про роботу і використання рухомого складу СТОВ «Світанок»

Показники	2021	2022	2023
1. Середньооблікова кількість автомобілів, одиниць	32	32	32
2. Автомобіледні перебування в господарстві, тис.	11,68	11,68	11,68
3. Автомобіледні в роботі, тис.	7,20	7,28	7,37
4. Час в наряді, тис. год.	62,93	63,77	64,93
5. Загальний пробіг, тис. км	1637,28	1697,69	1838,81
6. Перевезено <u>вантажів</u> , тис. тонн	138,90	186,20	215,40
7. <u>Вантажооборот</u> , тис. ткм	570,00	619,80	725,00

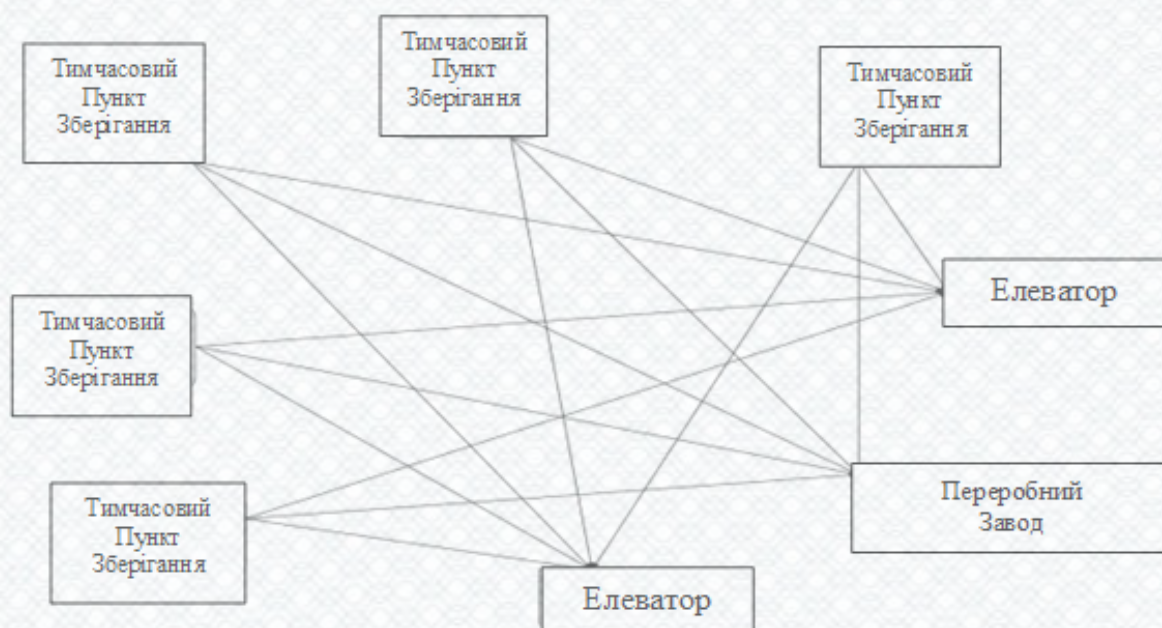
Семантична схема доставки зерна з поля до споживача через тимчасовий пункт зберігання



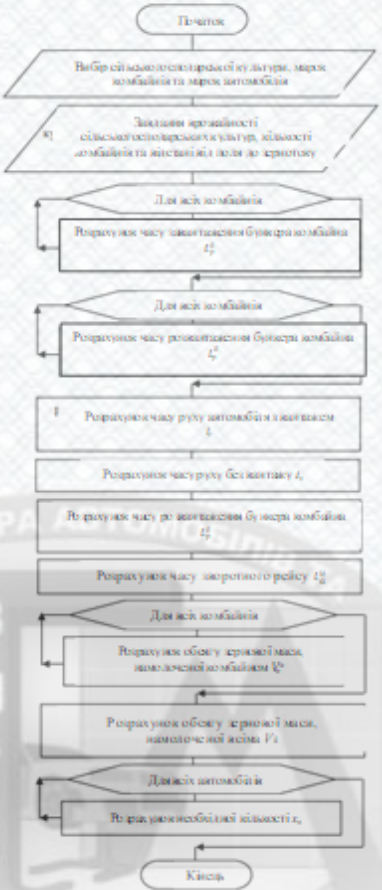
Семантична схема перевезення зерна з поля на тимчасовий пункт зберігання



Семантична схема перевезення зерна з тимчасового пункту зберігання до споживача



Блок - схема визначення необхідної кількості автотранспортних засобів



9

Активация

10

Відстань та витрати на доставку зерна з збиральної площі до тимчасового пункту зберігання на перший день збиральної кампанії

Збиральна площа				Тимчасовий пункт зберігання							
№	Площа, га	Обсяг збирання, т	Вартість збирання, тис.грн	1		2		3		4	
				Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн
A	232	876,9	58	19,8	173,63	22,1	193,81	6,3	55,25	9,2	80,68
B	217	809,4	54,25	2,7	21,85	11,3	91,46	18,1	146,5	23,8	192,64
C	186	682,6	46,5	12,9	88,06	3,7	25,26	16,4	111,95	18,1	123,55
D	198	766,2	49,5	23,8	182,37	19,7	150,95	4,5	34,48	1,7	10,03
E	207	755,5	51,75	13,3	100,49	6,3	47,59	7,1	53,64	9,6	72,53

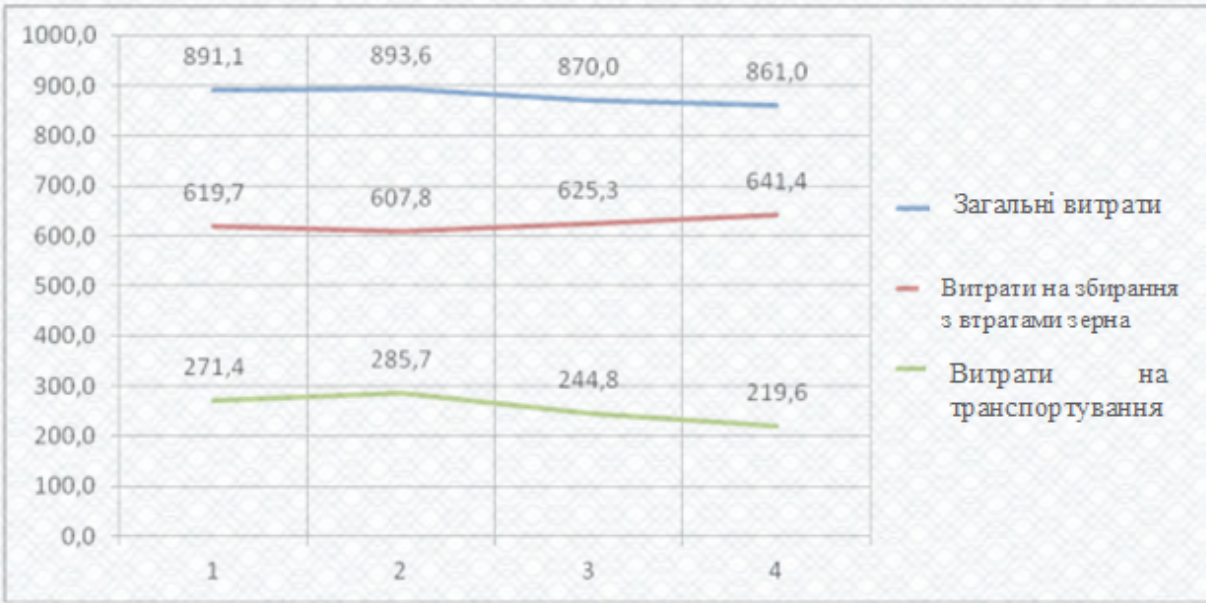
Відстань та витрати на доставку зерна зі збиральної площі, з урахуванням втрат зерна першого дня, до тимчасового пункту зберігання на другий день збиральної кампанії

Збиральна площа				Тимчасовий пункт зберігання							
№	Площа, га	Обсяг збирання, т	Вартість збирання, тис.грн	1		2		3		4	
				Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн
A	82	306,2	20,50	19,8	60,64	22,1	67,68	6,3	19,29	9,2	28,17
B	117	431,1	29,25	2,7	11,64	11,3	48,72	18,1	78,04	23,8	102,62
C	136	493,1	34	12,9	63,61	3,7	18,25	16,4	80,87	18,1	89,26
D	148	565,8	37	23,8	134,68	19,7	111,48	4,5	25,46	1,7	9,62
E	207	746,5	51,75	13,3	99,28	6,3	47,03	7,1	53	9,6	71,66

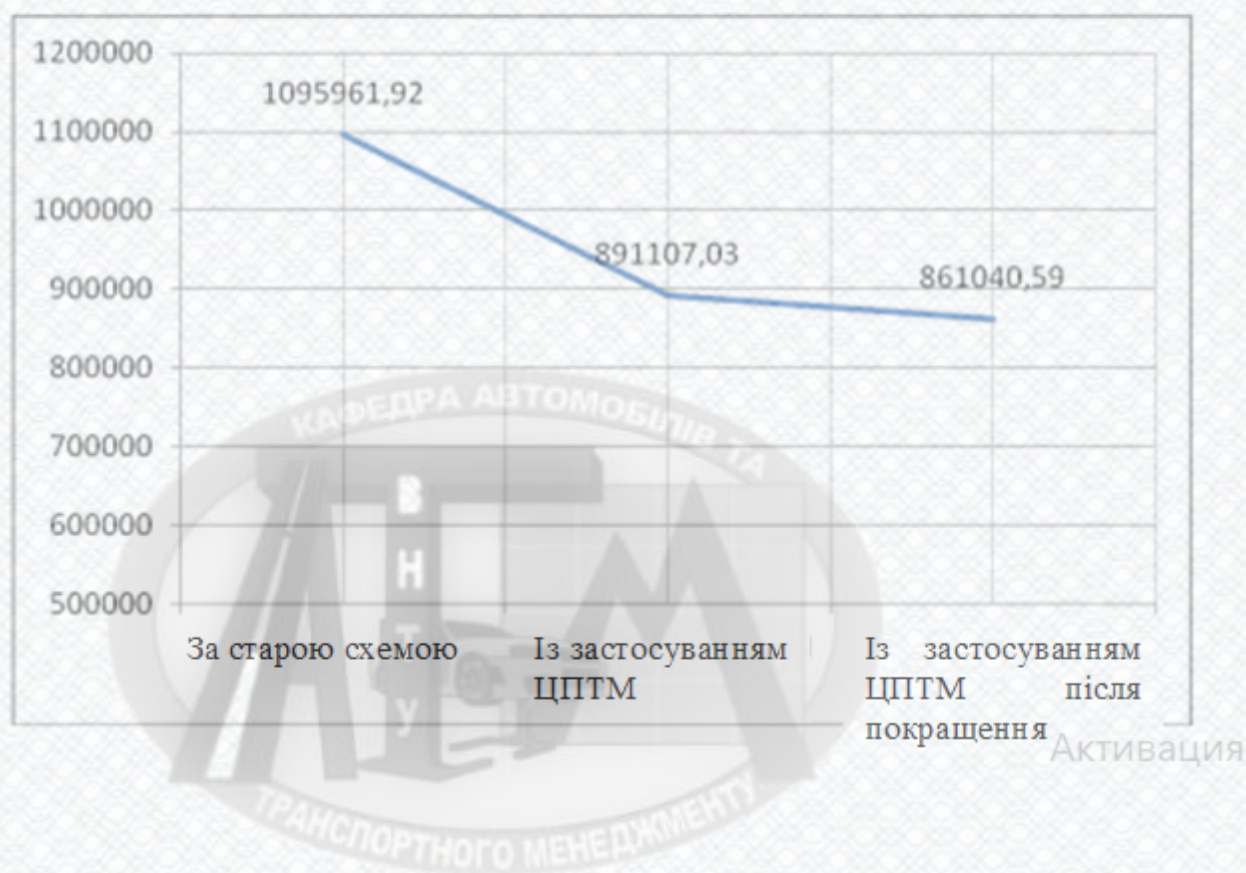
Відстань та витрати на доставку зерна зі збиральної площі, з урахуванням втрат зерна за два дні до тимчасового пункту зберігання на третій день збиральної кампанії

Збиральна площа				Тимчасовий пункт зберігання							
№	Площа, га	Обсяг збирання, т	Витрати на перевезення, тис.грн	1		2		3		4	
				Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн	Відстань, км	Витрати на перевезення, тис.грн
A	0	0	0	19,8	0	22,1	0	6,3	0	9,2	0
B	55	201,2	13,75	2,7	5,43	11,3	22,74	18,1	36,43	23,8	47898
C	45	162	11,25	12,9	20,9	3,7	5,99	16,4	26,57	18,1	29324
D	45	170,8	11,25	23,8	40,66	19,7	33,66	4,5	7,69	1,7	2904
E	207	741,2	51,75	13,3	98,58	6,3	46,69	7,1	52,63	9,6	71151

Графік зміни витрат за ітераціями



Графік зміни витрат на збиральну кампанію



Висновки

1. Застосування розроблених положень щодо визначення раціональної кількості автотранспортних засобів дозволяє скоротити кількість необхідних автотранспортних засобів на 2 одиниці, без шкоди якості транспортного забезпечення перевезень зерна.

2. Сумарний пробіг після впровадження розроблених положень, автотранспортних засобів для перевезення всього обмолоченого зерна скоротився в порівнянні з сумарним пробігом, якби зерно перевозилося по старих схемах, на 1372,8 км.

3. За рахунок зниження транспортних витрат шляхом накладення обмежень у час вирішення виробничо-транспортного завдання, вдалося скоротити витрати на збиральну кампанію на 30066,44 грн.

4. Застосування розробленої економіко-математичної моделі для розрахунків обсягів транспортування зерна, з урахуванням втрат зерна при збиранні після оптимальних агротермінів, дозволило отримати економічний ефект, за рахунок скорочення сумарного пробігу автотранспортних засобів, їх кількості, зменшення негативного екологічного впливу автотранспорту, у період жнив на землях СТОВ «Світанок» на 90720,82 грн., а так само знизити втрати зерна в грошовому еквіваленті на 144200,51 грн., Що в сумі становить 225,88 гривень із гектара.



Додаток Б

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення ефективності використання автомобілів сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю «Світанок» (село Синарна Оратівського району Вінницької області) при перевезенні зернових культур

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

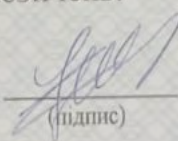
Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 84 % Схожість 16 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

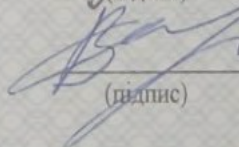
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Карпенко І.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Огневий В.О.
(прізвище, ініціали)