

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

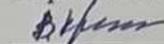
на тему:

«Підвищення ефективності використання автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група»» місто Немирів за рахунок удосконалення методики нормування витрати моторної оливи»

Виконав: здобувач 2-го курсу, групи
1АТ-24м спеціальності 274 –
Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма –
Автомобільний транспорт

 Слободяник С.А.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ

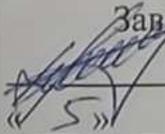
 Крещенецький В.Л.
 «25» 11 2025 р.

Опонент: к.т.н., доц кафедри АТМ
Баналець Д.В. 
 «05» 12 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

 «5» 12 2025 р.

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

Рівень вищої освіти П-й (магістерський)

Галузь знань – 27 – Транспорт

Спеціальність – 274 – Автомобільний транспорт

Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

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

«25» 09 2025 року

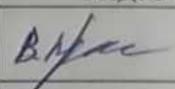
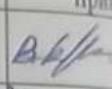
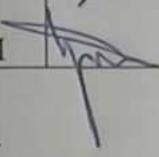
ЗАВДАННЯ
 НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ
 Слободяник Сергію Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності використання автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група»» місто Немирів за рахунок удосконалення методики нормування витрати моторної оливи керівник роботи _____ Крещенецький Володимир Леонідович, к.т.н., доцент, затверджені наказом ВНТУ від «24» вересня 2025 року № 313.
2. Строк подання здобувачем роботи: _____ 30.11.2025 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; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група»»; об'єкт дослідження – процес формування потреби автотранспортних підприємств у моторних оливах за змінних умов експлуатації; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.
4. Зміст текстової частини:
 - 1 Науково-технічне обґрунтування розробок з нормування витрат моторної оливи на прикладі товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група»».
 - 2 Аналітичні дослідження нормування витрати моторної оливи.
 - 3 Експериментальні дослідження витрати моторної оливи.
 - 4 Оцінка ефективності впровадження результатів досліджень.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 - 1-3 Тема, мета та завдання дослідження.
 - 4 Система матеріально-технічного постачання як система масового обслуговування.
 - 5 Класифікація факторів, що впливають на потребу в ресурсах при експлуатації автомобілів.
 - 6 Класифікація основних факторів, що визначають експлуатаційну витрату палива.
 - 7 Вплив температури повітря на інтенсивність витрати паливо-мастильних матеріалів.
 - 8 Техніко-економічні показники товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група»».
 - 9 Укрупнена схема загальної методики дослідження.

- 10 Дерево цілей при розробці методики нормування витрати і планування моторної оливи з урахуванням варіацій інтенсивності і умов експлуатації транспортних засобів.
- 11 Структура досліджуваної системи.
- 12 Укрупнений алгоритм імітаційної моделі формування витрати моторної оливи при експлуатації автомобілів.
- 13 Зміни показників, що формують витрату оливи автомобілів КамАЗ-45142 при експлуатації в різних умовах.
- 14 Багатофакторна математична модель впливу температури повітря, часу роботи двигуна і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи, варіант 4 (т.ч. з урахуванням впливу температури повітря, часу роботи двигуна і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи).
- 15 Графічне представлення варіантів багатофакторної математичної моделі впливу температури повітря, часу роботи двигуна і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи.
- 16 Теоретично можливі стани системи подачі моторної оливи.
- 17 Номограма для визначення інтенсивності витрати моторної оливи.
- 18 Процес формування потоку вимог по заміні та доливанню оливи.
- 19 Графічне зображення результатів розрахунку потреби в моторній оливі.
- 20 Графічне зображення процесу витрати і поповнення моторної оливи.
- 21 Зміна параметрів системи подачі моторної оливи в динаміці.
- 22 Зміна часу періодичності подачі моторної оливи при обсязі партії 1600 літрів.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Крещенецький В.Л., доцент кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Буренников Ю.Ю., професор кафедри АТМ		

7. Дата видачі завдання « 25 » вересня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	25.09-29.09.2025
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	30.09-20.10.2025
3	Обґрунтування методів досліджень	30.09-20.10.2025
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-10.11.2025
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	11.11-16.11.2025
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	17.11-24.11.2025
7	Нормоконтроль МКР	25.11-30.11.2025
8	Попередній захист МКР	01.12-04.12.2025
9	Рецензування МКР	05.12-09.12.2025
10	Захист МКР	10.12.2025- 12.12.2025

Здобувач

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Слободяник

Крещенецький

АНОТАЦІЯ

УДК 656.078

Слободяник С. А. Підвищення ефективності використання автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група»» місто Немирів за рахунок удосконалення методики нормування витрати моторної оливи. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, Вінниця: ВНТУ, 2025. 150 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 26 назв; рис.: 53; табл. 46.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання планування потреби в моторній оливі з урахуванням варіації умов експлуатації і зниження витрат на оборотні кошти на цій основі.

У розділі 1 проведено науково-технічне обґрунтування розробок з нормування витрат моторної оливи на прикладі товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група»».

В розділі 2 проведені аналітичні дослідження нормування витрати моторної оливи.

В розділі 3 виконано експериментальні дослідження витрати моторної оливи.

В розділі 4 проведено оцінку ефективності впровадження результатів досліджень.

Ілюстративна частина складається з 22 слайдів.

Ключові слова: методика, нормування, витрата, моторна олива, двигун, автомобіль, автотранспортне підприємство.

ABSTRACT

UDC 656.078

Slobodianyuk S. A. Increasing the efficiency of using vehicles of the Limited Liability Company “Agricultural Holding Company “Vinnytsia Industrial Group”” city of Nemyriv by improving the methodology for regulating motor oil consumption.

Master's qualification work in the specialty 274 – Motor transport, Vinnytsia: VNTU, 2025. 150 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 26 titles; Fig.: 53; table 46.

The master's qualification work addresses the issue of planning the need for motor oil, taking into account variations in operating conditions and reducing working capital costs on this basis.

In section 1, a scientific and technical justification of developments on the rationing of motor oil consumption is provided using the example of the limited liability company “Agricultural Holding Company “Vinnytsia Industrial Group””.

In section 2, analytical studies of the normalization of engine oil consumption were conducted.

In section 3, experimental studies of engine oil consumption were performed.

In section 4, an assessment of the effectiveness of the implementation of research results is carried out.

The illustrative part consists of 22 slides.

Keywords: methodology, rationing, consumption, motor oil, engine, car, motor transport company.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК З НОРМУВАННЯ ВИТРАТ МОТОРНОЇ ОЛИВИ НА ПРИКЛАДІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ХОЛДИНГОВА КОМПАНІЯ «ВІННИЦЬКА ПРОМИСЛОВА ГРУПА»».....	12
1.1 Проблеми, пов'язані з витратою моторної оливи на автомобільному транспорті.....	12
1.2 Основні складові витрати моторної оливи.....	14
1.3 Вплив основних факторів на інтенсивність витрат моторної оливи.....	18
1.4 Система забезпечення ресурсами автомобільного транспорту.....	23
1.5 Аналіз виробничо-господарської діяльності ТОВ "сільськогосподарська холдингова компанія "Вінницька промислова група".....	33
1.6 Аналіз стану існуючої виробничо-технічної бази ТОВ «СХК «Вінницька промислова група».....	43
1.7 Комплексне оцінювання стану виробничо-технічної бази.....	49
1.8 Висновки до першого розділу.....	53
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМУВАННЯ ВИТРАТИ МОТОРНОЇ ОЛИВИ.....	56
2.1 Загальна методика дослідження.....	56
2.2 Формування цільової функції.....	58
2.3 Підбір факторів, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи.....	60
2.4 Ідентифікація досліджуваної системи.....	65
2.5 Закономірності, що формують витрату моторної оливи в процесі експлуатації автомобілів.....	70
2.6 Модель впливу температури повітря на інтенсивність витрати	

	7
моторної оливи.....	72
2.7 Модель впливу часу роботи від початку роботи двигуна на інтенсивність витрати моторної оливи.....	74
2.8 Модель впливу швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи.....	75
2.9 Багатофакторна модель впливу умов експлуатації на інтенсивність витрати моторної оливи.....	78
2.10 Імітаційна модель досліджуваної системи.....	82
2.11 Висновки до другого розділу.....	84
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТИ МОТОРНОЇ ОЛИВИ	86
3.1. Мета і задачі експериментального дослідження.....	86
3.2. Оцінка сезонних коливань попиту на моторні оливи.....	87
3.3 Залежність між витратою моторної оливи і витратою палива.....	94
3.4 Підбір факторів, що впливають на витрату моторної оливи.....	97
3.5 Перевірка гіпотез про тип математичних моделей впливу факторів на інтенсивність витрати моторної оливи.....	102
3.6 Перевірка гіпотез про тип багатофакторної математичної моделі впливу температури повітря, часу роботи двигуна і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи.....	109
3.7 Висновки до третього розділу.....	122
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	124
4.1 Методологічні питання використання результатів досліджень...	124
4.2 Методика нормалізації витрати моторної оливи з урахуванням варіації умов експлуатації автомобіля.....	128
4.3 Методика планування необхідності в моторній оливі з урахуванням варіації умов експлуатації автомобілів.....	132
4.4 Програмне забезпечення для моделювання витрати оливи.....	134
4.5 Оцінка впливу використання результатів досліджень.....	140

	8
4.6 Висновки до четвертого розділу.....	144
ВИСНОВКИ	146
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	148
ДОДАТКИ.....	151
Додаток А Ілюстративна частина	
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	

ВСТУП

Актуальність роботи. Моторні оливи відіграють важливу роль у забезпеченні довговічності та ефективності автомобілів. Термін служби двигунів залежить від якості олив і частоти їх заміни. Тому вартість (ТО) і ремонту (Р) залежить від правильного підбору і своєчасної подачі моторних олив.

Застосовувана в даний час система нормування витрати моторної оливи передбачає визначення планової витрати пропорційно кількості споживаного палива. Поряд з перевагою такої системи, яка полягає в її простоті, вона має і ряд недоліків. Зокрема, недостатньо враховано вплив умов експлуатації на витрату оливи. Крім того, деякі фактори по-різному впливають на витрату палива і витрати оливи. В результаті розрахункова витрата оливи, визначена за діючою методикою, може істотно відрізнятись від фактичної. Це призводить до збільшення запасів нафти або її нестачі. Відповідно, зростають витрати на закупівлю і зберігання оливи, або зменшується довговічність двигунів, збільшуються витрати на ремонт.

Планування витрати оливи на заміну здійснюється виходячи з виробничої програми на ТО. При цьому не враховується, що у зв'язку з розкидом інтенсивності експлуатації автомобіля протягом року потік вимог до технічного обслуговування з часом змінюється, викликаючи зміну потреби в оліві. Таким чином, виникає актуальна проблема планування потреби в моторній оліві з урахуванням варіації умов експлуатації і зниження витрат на оборотні кошти на цій основі.

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

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

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – підвищення ефективності використання автомобілів за рахунок розробки методики коригування норм споживання моторної оливи та удосконалення планування потреби в ній автотранспортними підприємствами з урахуванням варіації інтенсивності та умов експлуатації.

Відповідно до поставленої мети в роботі вирішуються наступні завдання:

- визначити фактори, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи;
- встановити закономірності, що формують витрату моторної оливи в процесі експлуатації автомобілів;
- розробляти математичні моделі впливу основних факторів на інтенсивність витрати моторної оливи;
- розробити імітаційну модель формування витрати моторної оливи в процесі експлуатації транспортних засобів;
- розробити методiku планування потреби автотранспортних підприємств в моторній оливі з урахуванням умов експлуатації автомобілів та оцінити її ефективність.

Об'єкт дослідження - процес формування потреби автотранспортних підприємств у моторних оливах за змінних умов експлуатації.

Предметом дослідження є закономірності формування попиту автотранспортних підприємств на моторну оливу з урахуванням впливу температури повітря, середньої технічної швидкості автомобіля і часу роботи двигуна (на прикладі автомобілів марки КамАЗ).

Методи дослідження. Методологія теоретичного дослідження ґрунтується на логічному методі. У теоретичних і експериментальних дослідженнях використовувалися аналіз і синтез, гіпотетичний метод, кореляційно-регресійний аналіз, імітаційне моделювання, активне моделювання і пасивні натурні експерименти.

Наукова новизна одержаних результатів:

- виявлені фактори, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи, до яких відносяться не тільки час роботи двигуна від початку експлуатації, але і сезонно мінлива температура повітря, середня технічна швидкість руху транспортних засобів;
- встановлені закономірності, що формують витрату моторної оливи компонентами в процесі експлуатації транспортних засобів з урахуванням

впливу нерівномірності інтенсивності експлуатації на варіацію потреби в замінах, а також зміни температури повітря і середньої технічної швидкості транспортних засобів на варіацію потреби в доливанні оливи;

- розроблені однофакторні математичні моделі впливу цих факторів на інтенсивність витрати моторної оливи, а також багатофакторна модель, що враховує їх комбінований вплив;

- розроблена імітаційна модель формування витрати моторної оливи в процесі експлуатації транспортних засобів, яка дозволяє визначити витрату оливи автотранспортом при експлуатації в змінних умовах, а також планувати частоту і обсяг поставок.

Теоретичне і практичне значення одержаних результатів.

Теоретична значимість полягає у встановленні закономірностей і розробці моделей формування витрати моторної оливи при експлуатації автомобілів в змінних умовах.

Практична значущість полягає в розробці методики планування потреби автотранспортних підприємств в моторній оливі з урахуванням варіації умов експлуатації і зниження витрат на оборотні кошти на цій основі.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи забезпечується правильною побудовою математичних моделей, перевіркою їх адекватності досліджуваному процесу. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в магістерській кваліфікаційній роботі, ґрунтуються на теоретичних дослідженнях і підтверджуються достатньою кількістю експериментальних даних, оброблених за допомогою правильних методів.

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень були опубліковані серед матеріалів XVIII міжнародної науково-технічної конференції “Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту”, Вінниця 2025 р.

Публікації. Матеріали магістерської роботи висвітлені у 1 опублікованій науковій праці, з яких 1 – опублікована праця апробаційного характеру [13].

**РОЗДІЛ 1 НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК З
НОРМУВАННЯ ВИТРАТ МОТОРНОЇ ОЛИВИ НА ПРИКЛАДІ
ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ХОЛДИНГОВА КОМПАНІЯ
«ВІННИЦЬКА ПРОМИСЛОВА ГРУПА»»**

1.1 Проблеми, пов'язані з витратою моторної оливи на автомобільному транспорті

Автомобільний транспорт є невід'ємною частиною транспортної системи. На його частку припадає більша частина обсягу перевезень. Широке поширення автомобільного транспорту обумовлено його перевагами перед іншими видами транспорту. Але, в той же час, він має ряд недоліків. Однією з них є відносно висока вартість і значна витрата ресурсів. Серед ресурсів, що використовуються при експлуатації автомобілів, перше місце за витратами займають паливно-мастильні матеріали. Так, за даними досліджень на них припадає близько 40% витрат (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 Розподіл ресурсів при експлуатації автомобілів

Тип ресурсу	Частка витрат
Паливно-мастильні матеріали	0,40
Запчастини	0,31
Шини	0,08
Електроенергія	0,05
Теплова енергія	0,03
Інша сировина	0,12
Витрати на зберігання	0,01
РАЗОМ	1,00

З урахуванням нормативної витрати оливи (2,4 ... 4,5% від витрати палива) і ринкових цін на нього, можна встановити, що вартість моторної оливи становить 2,0 ... 5,0% від вартості ресурсів при експлуатації автомобілів. Наприклад, для автомобіля КамАЗ з річним пробігом 40 тисяч км вартість моторної оливи може становити близько 25 тисяч гривень на один транспортний

засіб. Для великих автотранспортних підприємств вартість моторної оливи коливається від декількох до десятків мільйонів гривнів на рік. Тому проблема зниження його споживання є актуальною, її вирішення дозволить скоротити витрати і підвищити ефективність використання автомобіля.

Крім високої вартості моторної оливи, необхідно враховувати обмеженість сировини для її виробництва. Основним компонентом моторної оливи є продукт переробки нафти. Нафта є невідновлюваним ресурсом. Споживання нафти в світі неухильно зростає (рис. 1.1): найбільша частка в США – понад 19,2 млн бар./добу, на другому місці країни Європейського Союзу – близько 13,6 млн бар./добу.

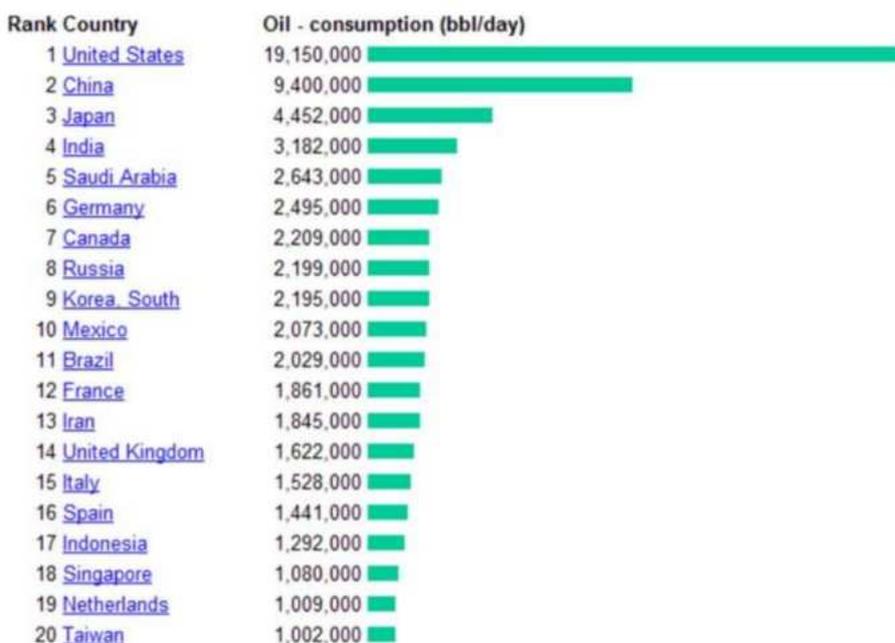


Рисунок 1.1 - Споживання нафти країнами світу (млн. бар./добу)

Щорічно в світі споживається близько 40 млн т мастильних матеріалів, з яких на нашу країну припадає близько 10%. Щорічне зростання попиту становить близько 5%.

В даний час вітчизняні нафтопереробні заводи виробляють близько 2,5 млн т мінеральних базових олив, близько половини з яких йде на експорт.

Беручи до уваги зростання парку комерційних вантажних автомобілів, а також підвищення рівня автомобілізації населення, можна зробити висновок, що попит на моторну оливу в доступному для огляду майбутньому буде збільшуватися.

Проблема зниження витрати моторної оливи вирішується в різних сферах: при проектуванні і виробництві автомобілів; при створенні нових сортів оливи; у сфері експлуатації автомобілів; у сфері постачання та резервування. Слід зазначити, що на кожному з цих рівнів вирішення тих чи інших проблем обумовлено рядом компромісів.

Наприклад, при конструюванні автомобільних двигунів, з одного боку, необхідно знизити витрату оливи, для чого необхідно зменшити товщину оливної плівки на стінках циліндрів, з іншого боку, зменшення товщини плівки призводить до збільшення сил тертя, а також відповідного збільшення витрати палива і інтенсивності зносу деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ).

В області створення і виробництва оливи розроблені технології, що дозволяють збільшити термін її служби в кілька разів, але застосування таких технологій призведе до відповідного скорочення продажів продукції і прибутку, тому виробники не зацікавлені в їх впровадженні.

У сфері експлуатації автомобілів також є ряд компромісів:

- збільшення частоти заміни і відповідного зниження витрат оливи - зменшення ресурсу двигуна і збільшення витрат на ремонт;
- підбір оливи з високим рівнем якості для зниження його витрати на відходи і збільшення терміну служби двигуна - збільшення витрат на покупку оливи;
- зменшення міжремонтного пробігу двигуна для зниження витрати оливи – збільшення витрат на ремонт.

У сфері постачання і резервування проблема визначення частоти і обсягу поставок вирішується на основі компромісу між надійністю попиту на нафту і витратами на зберігання запасів.

1.2 Основні складові витрати моторної оливи

Моторні оливи відіграють важливу роль в роботі двигунів внутрішнього згоряння, забезпечуючи:

- зниження тертя та інтенсивності зносу деталей двигуна за рахунок утворення на їх поверхнях міцної оливної плівки;
- герметизації щілин в місцях сполучення ЦПГ;
- охолодження деталей, виведення продуктів зносу із зон тертя;
- захист поверхонь деталей від корозії;
- профілактика відкладень у вигляді сажі, лаків, зольних відкладень .

Для виконання цих функцій моторні оливи мають ряд наступних властивостей: в'язкість-температура; протизносні; миючий засіб; диспергатор; антиокислювальна; антикорозійна; енергозберігаюча. Ці властивості визначають ресурс двигуна і витрату моторної оливи, формуючи ефективність використання автомобіля.

Витрата моторної оливи складається з двох складових: вартість заміни (зливу) при плановому технічному обслуговуванні (ТО) і ремонті (Р); витрата під час роботи двигуна.

Другий компонент складається з наступних компонентів:

- витік оливи з двигуна назовні через негерметичні з'єднання;
- опік, викликаний попаданням оливи в камеру згоряння через зазор між поршнем і гільзою, а також між штоком клапана і втулкою, випаровуванням зі стінок гільзи циліндра;
- випаровування оливи з картера, витрата через систему вентиляції картера;
- витрата оливи турбокомпресором і пневматичним компресором (при наявності).

Витрата оливи на заміну визначається:

- обсягом картера;
- періодичністю заміни;
- інтенсивністю експлуатації автомобіля.

З точки зору сфери експлуатації обсяг картера для автомобіля даної марки і моделі є постійною величиною. При створенні нових двигунів необхідно

враховувати, що при зменшенні обсягу оливи прискорюється інтенсивність її старіння, збільшується інтенсивність нагароутворення і зносу двигуна.

Періодичність заміни оливи залежить від досконалості конструкції двигуна (робочий процес, системи очищення і охолодження оливи), від якості оливи, а також від умов експлуатації автомобілів. Заміна оливи є однією з операцій з технічного обслуговування. Її частота визначається виробником автомобіля і коригується з урахуванням умов експлуатації. Наприклад, відповідно до Положення про технічне обслуговування та ремонт рухомого складу автомобільного транспорту періодичність технічного обслуговування коригується в залежності від категорії умов експлуатації і кліматичного регіону.

Таким чином, оскільки періодичність технічного обслуговування залежить від умов експлуатації, від них залежить і витрата оливи на заміну.

Інтенсивність експлуатації автомобіля залежить від ряду факторів. Для певного підприємства з усталеним набором споживачів інтенсивність роботи визначається трьома складовими:

$$I = I_C + I_T + I_P, \quad (1.1)$$

де I_C – зміна середньої інтенсивності експлуатації протягом відносно тривалого періоду часу (тренд);

I_T – періодична (сезонна) складова;

I_P – випадкова складова.

Складова тренду залежить від пробігу від початку експлуатації транспортного засобу: за рахунок збільшення потоку відмов зі збільшенням часу експлуатації збільшується час простою транспортного засобу в ремонті, знижується інтенсивність експлуатації. Так, за даними досліджень, зміна середньорічного пробігу автомобілів КАМАЗ у часі описується моделлю:

$$L_r = 78 * \exp(-0,0484 T). \quad (1.2)$$

Періодичні або сезонні зміни інтенсивності експлуатації пов'язані з сезонними змінами обсягів робіт у промисловості, сільському господарстві, будівництві, сезонністю відпусток водіїв, зміною умов експлуатації автомобілів протягом року, насамперед дорожніх умов. Для опису періодичної складової пропонується використовувати гармонічний ряд з числом гармонік від 2 до 5:

$$l_T = \sum_{k=1}^g l_k \cos(m(kT_i - T_k)), \quad (1.3)$$

де k – номер гармоніки;

g – кількість гармонік;

l_k – напівамплітуда k -ї гармоніки;

m – інтервал (у градусах) між T_i та T_{i+1} ;

T_k – початкова фаза коливань (в місяцях).

Таким чином, беручи до уваги, що витрата оливи на заміну залежить від інтенсивності експлуатації, необхідно відзначити зміну потреби в оливі за закономірностями, близькими до відповідних складових інтенсивності експлуатації.

Другу складову витрати оливи - витрата при роботі двигуна, можна розділити на дві складові: витрата поза двигуном (витікає через негерметичні з'єднання) і витрата всередині двигуна (горіння, випаровування).

Удосконалення конструкцій двигунів, матеріалів і конструкцій сальників в даний час дозволило значно скоротити перший компонент. Крім того, відповідно до технології обслуговування автомобіля не допускається витік моторної оливи та інших спеціальних рідин з агрегатів.

Таким чином, необхідно більш детально розглянути другу складову - витрата всередині двигуна, так як він є найважливішим.

Втрати оливи на випаровування, залежать в основному від температури оливи в картері і можуть бути значно знижені при використанні спеціального холодильника.

Найбільша частка витрати в дизельному двигуні припадає на спалювання. Так, згідно з даними, ця частка становить 76 ... 85 %. Інформація з інших джерел [5] узгоджується з цими результатами. Ця частка складається з трьох складових:

- проникнення оливи між штоком клапана і втулкою;
- олива, що надходить в камеру згоряння через зазор між поршнем і гільзою;
- випаровування оливи зі стінок гільзи циліндра.

1.3 Вплив основних факторів на інтенсивність витрат моторної оливи

1.3.1 Класифікації факторів, що впливають на витрату моторної оливи

Як показав аналіз літературних джерел, на витрату моторної оливи впливає велика кількість факторів. Для аналізу їх потрібно класифікувати. У ряді попередніх досліджень наводяться класифікації таких факторів.

У дослідженнях [10] фактори, що впливають на експлуатаційну витрату оливи, поділяються на п'ять груп:

- технічний стан;
- організаційні та технологічні чинники;
- якість оливи;
- умови використання;
- кваліфікація водія.

Тут слід зазначити, що не враховується конструкція двигуна і автомобіля, від якої залежить витрата оливи.

У роботах [15] фактори, що впливають на експлуатаційну витрату оливи, поділяються на три групи за можливостями їх контролю:

- керовані;
- частково керовані;
- некеровані.

У цій класифікації поділ факторів за можливостями управління ними досить умовний. Наприклад, незрозуміло, як можна управляти напрацюванням з початку експлуатації, якщо вікова структура автопарку стабільна або немає можливості оновити рухомий склад, а парк старіє.

Крім того, ці класифікації акцентують увагу на факторах, які впливають на інтенсивність споживання оливи, а не на витрату. Витрата залежить від інтенсивності споживання і загального часу експлуатації автомобілів за розглянутий період.

Вплив технічного стану на інтенсивність витрати моторної оливи.

За даними багатьох зарубіжних авторів технічний стан двигуна є найбільш значущим фактором, що визначає витрату моторної оливи. Зміни технічного стану впливають на основні складові потоку. Збільшення інтенсивності витрати оливи викликається наступними змінами в технічному стані.

Несправності сальникових ковпачків колінчастого вала, прокладок клапанної кришки і картера призводять до витоків оливи з двигуна. Ці витоків можна виявити візуально під час огляду двигуна при щоденному технічному обслуговуванні, а також за слідами оливи під автомобілем після стоянки.

Знос циліндрів, поршнів, поршневих кілець, закоксовування поршневих канавок і поршневих кілець викликають збільшення кількості оливи, що надходить в камеру згоряння через зазор між поршнем і циліндром і його прогорання [6].

Знос штоків клапанів, втулок клапанів, негерметичність оливних ковпачків призводить до збільшення кількості оливи, що надходить в камеру згоряння через зазор між штоком клапана і втулкою клапана, а також до його прогорання [14].

Несправності систем живлення і охолодження приведуть до підвищення температури двигуна і збільшення інтенсивності випаровування оливи зі стінок циліндра, з картера через його систему вентиляції [9].

Несправності турбокомпресора і повітряного компресора призводять до збільшення витрати оливи через них [8].

Оскільки параметри технічного стану двигуна погіршуються зі збільшенням часу роботи, час роботи часто розглядається як інтегральний показник технічного стану, що впливає на інтенсивність витрати оливи [10].

Згідно з багатьма дослідженнями, інтенсивність витрати оливи зростає зі збільшенням часу роботи двигуна. Залежність витрати оливи дизельного двигуна від часу роботи трактора T описується моделлю:

$$G_M(T) = a + b \cdot e^{b \cdot 10^{-3} T}. \quad (1.4)$$

При цьому експлуатаційна витрата оливи на відходи дизельним двигуном на 97% визначається часом роботи з початку експлуатації.

Аналогічні результати були отримані про вплив часу роботи T на витрату оливи в % від витрати палива G :

$$G_M(T) = G_0 + \left(\frac{G_0}{0,6}\right)^{1,5} \cdot e^{1,2T \cdot 10^{-4}}, \quad (1.5)$$

де G_0 – початкова витрата моторної оливи після 60 годин обкатки, у відсотках від витрати палива.

Зміна витрати оливи на спалювання Y в залежності від часу роботи L описується експоненціальною моделлю наступного виду:

$$Y = Y_0 \cdot e^{B \cdot L}. \quad (1.6)$$

За цією моделлю експериментально встановлені числові значення параметрів цієї моделі для нових і капітально відремонтованих двигунів автомобілів КамАЗ.

1.3.3 Вплив температури навколишнього повітря

Кліматичні умови характеризуються рядом факторів, таких як температура навколишнього повітря, швидкість і напрямок вітру, вологість повітря, кількість опадів та інші. Зміни показників цих факторів обумовлені зміною сонячної активності в залежності від географічної широти, а також сезонними змінами, що озонові кліматичні фактори корелюють, тому не обов'язково враховувати всі кліматичні фактори. Як правило, враховується тільки температура, так як її зручно записувати.

Температура навколишнього повітря має значний вплив на робочі процеси автомобіля і двигуна, зокрема. Зі зниженням температури сили опору збільшуються: сила опору коченню за рахунок збільшення жорсткості шин; сила опору повітря за рахунок збільшення його щільності; сила опору в трансмісії за рахунок збільшення в'язкості трансмісійних оливи шестерень, роздавальної коробки, ведучих мостів, що, в свою чергу, призводить до зміни характеру робочих процесів і навантаження на двигун.

При зміні температури навколишнього середовища буде змінюватися температура охолоджуючої рідини в системі охолодження і моторної оливи як в піддоні, так і на поверхні циліндрів. Відповідно, змінюється його в'язкість, викликаючи зміну умов мащення, герметизації зазорів, а також товщини оливної плівки, інтенсивність випаровування зі стінок циліндра. Крім того, в циліндри надходить холодне паливо і холодне повітря, що також призводить до зниження температури стінок циліндрів.

Згідно з даними [10] зниження температури навколишнього повітря на 10 К призводить до зниження температури охолоджуючої рідини двигуна на 7-8 К, а температури моторної оливи в картері двигуна – на 4-5 К.

У дослідженнях [14] було виявлено, що при зниженні температури охолоджуючої рідини в двигуні відповідне збільшення в'язкості оливи призводить до збільшення витрати оливи на новому двигуні КамАЗ-740 і зменшення зношеного ЯМЗ-236.

Таким чином, в отриманих раніше результатах існує протиріччя з питання про вплив температури двигуна на витрату моторної оливи.

1.3.4 Режим роботи двигуна

Інтенсивність витрати оливи та спалювання оливи зростає зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигуна. Це пов'язано з підвищенням тиску оливи в системі мащення і інтенсифікацією його подачі на поверхні циліндрів, зі збільшенням інерційних сил, що діють на оливу в зазорах між кільцями, поршнем і циліндром, і відповідним збільшенням кількості оливи, що викидається в камеру згоряння.

Залежність між частотою обертання колінчастого вала n і товщиною шару моторної оливи на поверхні циліндра h відображає наступну залежність:

$$h = f\left(\frac{\mu \cdot r \cdot n}{F}\right), \quad (1.7)$$

де r – радіус кривошипа колінчастого вала;

μ – в'язкість оливи;

F – питоме навантаження на кільце.

Дослідженнями [17] встановлено, що при збільшенні частоти обертання колінчастого вала на 20% витрата оливи може збільшитися на 25 ... 50 %. Крім того швидкісний режим роботи двигуна впливає на спалювання оливи в більшій мірі, ніж навантаження.

При збільшенні навантаження на двигун збільшується витрата оливи на спалювання за рахунок підвищення температури поверхонь деталей, збільшення випаровування і вигорання оливної плівки, проривів газу в камеру згоряння.

За даними [21], приріст витрати оливи на спалювання в нестационарному режимі роботи двигуна пропорційний амплітуді зміни крутного моменту, а також залежить від середнього навантаження на двигун. Збільшення навантаження при фіксованій частоті обертання колінчастого вала призводить до зменшення товщини оливної плівки, а також до підвищення температури в камері згоряння. залежить не стільки від навантаження, скільки від частоти обертання колінчастого вала.

1.4 Система забезпечення ресурсами автомобільного транспорту

1.4.1 Фактори, що впливають на потребу в ресурсах

Значною мірою ефективність функціонування автотранспортного підприємства визначається системою матеріально-технічного постачання (МТП). Метою системи МТП є забезпечення безперебійної подачі ресурсів, виключення простоїв рухомого складу через їх відсутність. При цьому необхідно мінімізувати витрати на закупівлю, доставку та зберігання ресурсів всіх типів.

Функціонування системи МТП автотранспортних підприємств є стохастичним процесом. Тому розглянуту систему іноді представляють як систему масового обслуговування (СМО) (рис. 1.2).

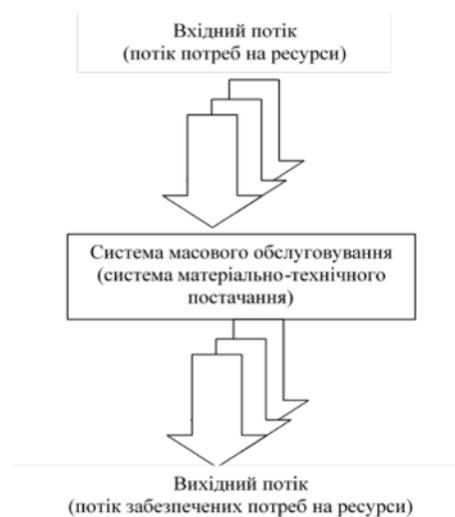


Рисунок 1.2 - Система матеріально-технічного постачання як система масового обслуговування

Для моделювання та управління такою системою необхідно знати фактори, що впливають на інтенсивність споживання та поповнення ресурсів. У попередніх дослідженнях такі фактори класифікуються. Наприклад, Кузнєцов Е. С. і співавтори [26] поділяють всю сукупність таких факторів на чотири групи: структурні, операційні, технологічні та організаційні (рис. 1.3).

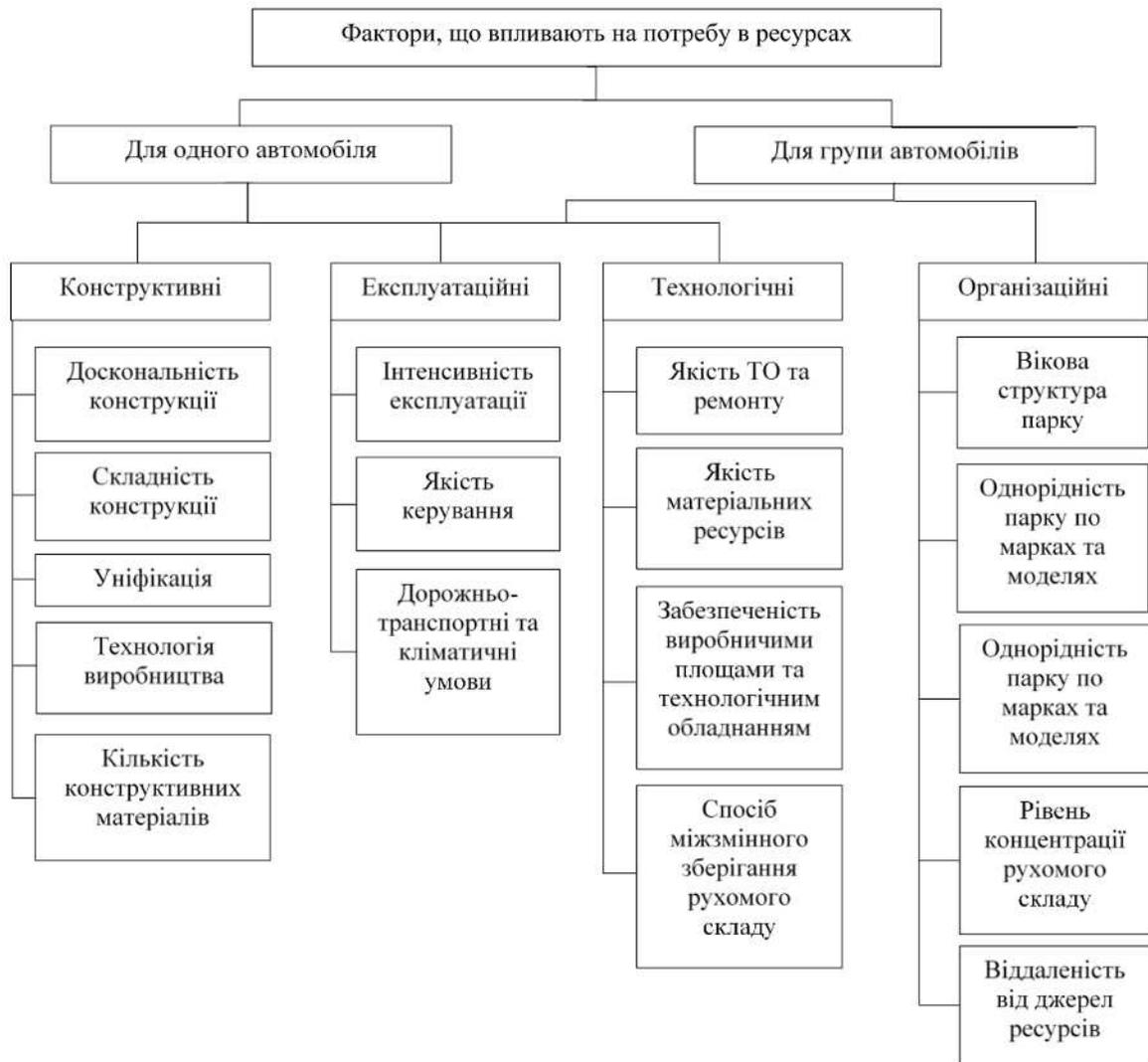


Рисунок 1.3 - Класифікація факторів, що впливають на потребу в ресурсах при експлуатації автомобілів

Аналіз наведеної вище класифікації показує, що її можна в повній мірі використовувати по відношенню до поставки моторної оливи.

Нормування витрати і планування потреби в моторній оливі здійснюється на основі витрати палива [10]. Тому інтерес представляє і класифікація факторів, що впливають на витрату палива. Класифікація, наведена Кузнєцовим Е.С. та співавторами [9] (рис. 1.4), поділяє всі фактори на контрольовані та враховані.



Рисунок 1.4 - Класифікація основних факторів, що визначають експлуатаційну витрату палива

Остання класифікація може використовуватися і по відношенню до поставки моторної оливи.

Відповідно до концепції всі фактори, що формують якість автомобілів, можна розділити на визначення потенціалу якості і зміну цього потенціалу.

Найбільш відома класифікація факторів умов експлуатації автомобілів викладена в Положенні про технічне обслуговування та ремонт рухомого складу автомобільного транспорту. Відповідно до нього всі фактори поділяються на п'ять груп:

- категорію умов експлуатації, що визначається умовами руху (заміський, приміський, міський), типом дорожнього покриття і рельєфом місцевості;
- модифікацію рухомого складу та організацію його роботи;
- кліматичні умови і агресивність навколишнього середовища;
- пробіг автомобіля з початку експлуатації;
- кількість транспортних засобів на автотранспортному підприємстві та

кількість технологічно сумісних груп рухомого складу.

Методика коригування нормативів в залежності від цих факторів передбачає використання п'яти відповідних коригувальних коефіцієнтів. Зокрема, для визначення норми витрати запасних частин використовується формула:

$$P_3 = P_3^H K_1 K_2 K_3, \quad (1.8)$$

де P_3^H – початковий норматив витрати запасних частин;

K_1, K_2, K_3 – коефіцієнти коригування нормативів в залежності від категорії умов експлуатації, модифікації рухомого складу і кліматичного регіону відповідно.

1.4.2 Система нормування витрати моторної оливи

Під ресурсом оливи в двигуні розуміють тривалість його експлуатації, протягом якої зміни, що відбуваються в оливі, не роблять помітного впливу на зниження довговічності і надійності двигуна. Ресурс оливи визначається в перерахунку на мотогодини роботи двигуна, кілометри пробігу автомобіля і в залежності від витрати палива. Залежно від умов роботи двигунів зручно користуватися тим чи іншим лічильником.

Норми витрати мастильних матеріалів на автомобільному транспорті призначені для оперативного обліку, розрахунку конкретних норм витрат оливи і мастильних матеріалів при обґрунтуванні потреби в них підприємств, що експлуатують автотранспортні засоби.

Норми витрати моторної оливи встановлюються в літрах на 100 літрів витрати палива (з урахуванням заміни і поточної заправки), норми витрати мастила в кілограмах на 100 літрів витрати палива [10].

Норматив витрати моторної оливи збільшено до 20% для транспортних

засобів, які пройшли капітальний ремонт і знаходяться в експлуатації більше п'яти років. Норми витрати мастильного матеріалу рекомендується визначати за даними хімічної карти транспортного засобу, складеної заводом-виробником. Фрагмент таблиці із зазначенням індивідуальних норм витрати оливи в літрах (мастила в кг) на 100 літрів загальної витрати палива автомобілем.

Таблиця 1.2 - Індивідуальні норми витрати оливи в літрах (мастила в кг) на 100 літрів загальної витрати палива автомобілем

Марка, модель автомобіля	Моторні оливи	Трансмісійні оливи	Спеціальні оливи	Консистентні мастила
Бортові вантажівки				
...				
КамАЗ-45142 всіх модифікацій	2,8	0,4	0,15	0,35
...				

На думку багатьох дослідників [5], ці норми не обґрунтовані теоретично і дуже слабо обґрунтовані експериментально, носять загальний характер і не позбавлені недоліків, оскільки не враховують особливостей експлуатації кожного автомобіля.

1.4.3 Методи планування потреби в моторній оливі

Відповідно до чинного нормативного документа витрата моторної оливи планується виходячи з планової витрати палива. Витрату палива можна планувати, знаючи розрахунковий пробіг транспортних засобів S (км) за плановий період, обсяг транспортних робіт W (т км), а також умови експлуатації, що визначають значення поправочного коефіцієнта D .

Наприклад, для бортових вантажівок нормативна витрата палива в літрах визначається за формулою:

$$Q_H = 0,01(H_{\text{san}}S + H_W W)(1 + 0,01D), \quad (1.9)$$

де H_{san} – норма витрати палива за пробіг вантажівки або автопоїзда в спорядженому стані без навантаження;

H_w – норма витрати палива на транспортну роботу, л/100 т км;

Відповідно, планова витрата моторної оливи складе:

$$Q_{\text{мм}} = 0,01 Q_{\text{н}} H_{\text{мм}}, \quad (1.10)$$

де $H_{\text{мм}}$ – норма витрати моторної оливи, л/100 л палива.

До переваг цієї методики можна віднести простоту її використання. Але у нього є і ряд недоліків, не враховується різниця в фізиці процесу витрати оливи, на заміну при ТО і доливання.

Зокрема, витрата оливи на заміну обернено пропорційний частоті технічного обслуговування. Тому відповідно до [12], при експлуатації автомобіля у великому місті витрата оливи на заміну збільшується на 20% в порівнянні з умовами експлуатації першої категорії, а витрата палива збільшується до 35%.

По-друге, одні й ті ж фактори можуть впливати на витрату палива і витрату оливи в різні боки. Наприклад, при зниженні температури повітря зимові надбавки передбачають збільшення витрати палива до 20%, а витрата моторної оливи на відходи може як збільшуватися, так і зменшуватися.

По-третє, значення нормативів витрати оливи недостатньо обґрунтовані. Наприклад, автомобіль КамАЗ-5320 споживає паливо за один цикл до ТО

$$0,01 \times 25 \times 16\,000 = 4\,000 \text{ (л)}.$$

Нормативна витрата моторної оливи складе

$$0,01 \times 4\,000 \times 2,8 = 112 \text{ (л)}.$$

Витрата оливи на заміну становить 26 літрів, далі інтенсивність витрати оливи на доливання становить

$$(112 - 26) / 16 = 5,4 \text{ (л/1000 км)},$$

це значно вище реального споживання, яке, згідно з пасивним експериментом, з ймовірністю 0,9 вписується в діапазон 0,5 ... 3,5 л/1000 км.

По-четверте, існуюча методика не дозволяє врахувати коливання попиту на оливу протягом року, пов'язане з сезонними змінами інтенсивності та умов експлуатації автомобілів.

У попередніх дослідженнях зазначені недоліки були частково усунені. Таким чином, встановлена закономірність впливу температури повітря на інтенсивність витрати паливно-мастильних матеріалів (рис. 1.5).

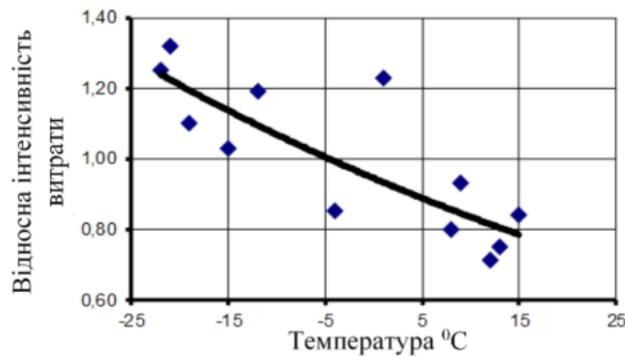


Рисунок 1.5 - Вплив температури повітря на інтенсивність витрати паливно-мастильних матеріалів

На підставі отриманих результатів пропонується метод, що дозволяє визначити потребу в ресурсах N за період часу з урахуванням коефіцієнта сезонної нерівномірності K :

$$N_i = H \cdot T_i \cdot \sum_{j=1}^{A_c} l_{ji} \cdot K, \quad (1.11)$$

де H – норма витрати ресурсів на кілометр пробігу транспортного засобу;

l_{ji} – інтенсивність експлуатації j -го автомобіля за i -й період;

A_c – преїскурантна кількість автомобілів.

На рис. 1.6 наведені значення коефіцієнта сезонної нерегулярності вимог до ресурсів для автомобілів КамАЗ.

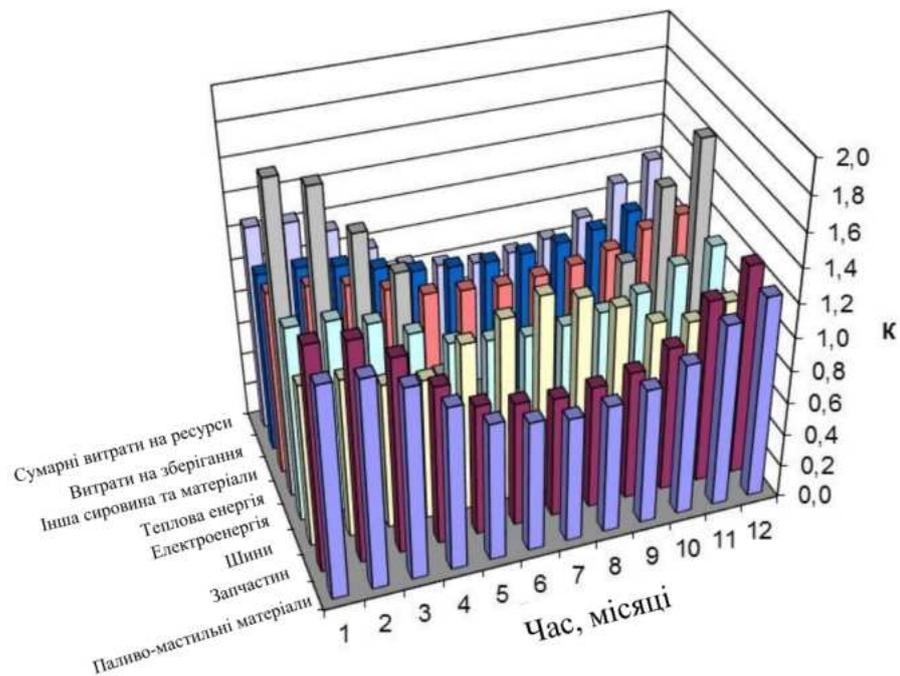


Рисунок 1.6 - Щомісячні зміни значень коефіцієнта сезонної нерегулярності потреби в ресурсах при експлуатації автомобілів КамАЗ

Використання описаної методики на практиці дозволяє виключити простой транспортних засобів під час очікування ресурсів, а також знизити обсяг запасів і витрати на оборотні кошти.

Недоліком останнього методу є спільний облік витрат на паливно-мастильні матеріали, хоча, як було показано вище, одні й ті ж фактори по-різному впливають на їх вартість.

1.4.4 Методи управління запасами

Для безперебійної роботи автомобілів необхідно своєчасно поставляти необхідні ресурси. Процес постачання тісно пов'язаний з процесом споживання ресурсів [21]. Обидва процеси є стохастичними. Стохастичність процесу споживання пов'язана з варіацією інтенсивності і умов експлуатації автомобілів, а процес подачі ресурсів - з варіацією часу їх поставки постачальнику, а також від постачальника до автотранспортного підприємства.

При організації поставок необхідно визначити такі показники:

- щорічні потреби в ресурсах для кожного виду;
- розподіл потреб протягом року;
- обсяг поставок;
- частота поставок;
- обсяг страхового запасу.

Річна потреба визначається одним з двох методів:

- 1 – статистичні - за результатами минулих років;
- 2 – розраховується з урахуванням прогнозу обсягів робіт та норм споживання ресурсів на наступний рік.

В цілому питання визначення річної потреби в ресурсах вивчені в достатній мірі і не представляють складного завдання.

Питання розподілу ресурсів протягом року є менш вивченим.

Вплив сезонних умов на споживання ресурсів враховується в одиничних випадках: сезонні зміни інтенсивності експлуатації автомобілів враховуються при управлінні запасами оборотних коштів на автомобільні шини.

Визначення обсягів і періодичності поставок, обсягу страхового запасу пов'язані із завданнями управління запасами. Їх вирішення можливе як детермінованим, так і стохастичним методами.

До переваг перших можна віднести простоту, а до недоліків - відносно невисоку точність. Сфера їх використання полягає у визначенні середнього споживання за планований період.

У стохастичних методах використовуються елементи теорії масового обслуговування, імітаційні моделі на основі методу Монте-Карло.

При вирішенні проблеми управління запасами зазвичай використовуються методи оптимізації: визначаються такі обсяги і періодичність поставок, при яких загальні витрати на придбання, доставку і зберігання ресурсів мінімальні.

Оптимальний розмір замовлення Q визначається наступними типовими моделями:

- 1) модель економічного замовлення:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}, \quad (1.12)$$

де D – річна потреба в деталях у вартісному вираженні;

S – витрати, пов'язані з оформленням та отриманням замовлення;

H – витрати на зберігання одиниці запасу;

2) модель виробничого замовлення:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H \cdot (1 - \frac{D}{M})}}, \quad (1.13)$$

де M – потужності виробника;

3) модель замовлення з резервним запасом:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H} \cdot \frac{H+B}{B}}, \quad (1.14)$$

де B – витрати на бронювання;

4) модель замовлення з дисконтом:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{hH}}, \quad (1.15)$$

де h – витрати на зберігання в частках від ціни.

У більшості попередніх досліджень процес отримання потреб у ресурсах представлений як стаціонарний. Насправді потік потреб у ресурсах змінюється в часі, що пов'язано з сезонними змінами умов та інтенсивності експлуатації автомобіля. Тому цей процес є нестаціонарним, тому аналітичні моделі управління запасами можуть використовуватися лише з певними припущеннями. Умови задаються імітаційною моделлю.

1.5 Аналіз виробничо-господарської діяльності ТОВ "сільськогосподарська холдингова компанія "Вінницька промислова група"

Товариство з обмеженою відповідальністю «СХК «Вінницька промислова група» створене шляхом приєднання до Товариства Сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю «Поділля» та товариства з обмеженою відповідальністю «Підлісний Ялтушків», товариства з обмеженою відповідальністю «Криковецьке».

Місце знаходження Товариства: Україна, 22800, Вінницька область, Немирівський район, вулиця Леніна, будинок 226-А.

Форма власності підприємства – приватна.

Товариство створене з метою більш повного задоволення попиту покупців на товари сільськогосподарської продукції, здійснення широкого спектру послуг та іншої діяльності, яка не суперечить чинному на території України законодавству, а також реалізації на основі отриманого прибутку соціальних та економічних інтересів учасників і членів трудового колективу ТОВ «СХК «Вінницька промислова група».

Предметом діяльності товариства є:

- вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур;
- вирощування інших однорічних та дворічних культур;
- розведення великої рогатої худоби молочних порід;
- ремонт і технічне обслуговування транспортних засобів;
- ремонт і технічне обслуговування машин і устаткування промислового призначення;
- установлення та монтаж машин і устаткування;
- складське господарство;
- оптова та роздрібна торгівля продукцією виробничо-технічного призначення та товарами народного споживання;

- купівля-продаж автотранспортних засобів та техніки спеціального призначення, як вітчизняного, так і іноземного виробництва, а також вантажних автомобілів;

- оптова та роздрібна торгівля мінеральними добривами, засобами захисту рослин, насіннєвим матеріалом;

Для транспортного забезпечення виробничої діяльності товариства створено автотранспортний підрозділ.

Організація перевезень сільськогосподарської продукції та інших вантажів автомобільним транспортом на підприємстві здійснюється відповідно до вимог чинного законодавства.

Склад і вартість основних виробничих фондів товариства визначаються на основі «Приміток до річної фінансової звітності за 2024 рік» за формою №5. Дані, які містяться в цих формах, зводяться в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні виробничі фонди

Групи основних засобів	Код рядка	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
Земельні ділянки	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Будинки, споруди та передавальні пристрої	120	38387	3248	9228	-	-	1080	47615	4328
Машини та обладнання	130	4789	1591	2908	-	-	506	7697	2097
Транспортні засоби	140	41827	6363	18687	150	24	6474	60364	12813
Інструменти, прилади	150	-	-	26	-	-	2	26	2
Інші осн засоби	180	-	-	-	-	-	-	-	-
Разом	260	85003	11202	30849	150	24	8062	115702	19240

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 1.3, можна зробити висновки про структуру основних виробничих фондів підприємства: будівлі, споруди та передавальні пристрої становлять 41,15% від загальної вартості; машини та обладнання – 6,65%; транспортні засоби – 52,17%; інструменти і прилади – 0,02%;

У структурі основних виробничих фондів рухомий склад (52,17%) належить до активної частини і бере участь у наданні транспортних послуг. Решта фондів (47,83%) призначена для технічного забезпечення виробничого та перевізного процесів, і у свою чергу утворює виробничо-технічну базу.

Для детальнішого аналізу стану основних фондів використаємо такі показники: коефіцієнт відновлення, коефіцієнт вибуття, коефіцієнт придатності.

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

$$K_{\text{від}} = \frac{OB\Phi_{\text{в}}}{OB\Phi_{\text{к}}}, \quad (1.16)$$

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 1.3 коефіцієнт відновлення становитиме:

$$K_{\text{від}} = \frac{30849}{115702} = 0,266.$$

Коефіцієнт вибуття характеризує ступінь інтенсивності вибуття основних фондів:

$$K_{\text{виб}} = \frac{OB\Phi_{\text{виб}}}{OB\Phi_{\text{н}}}, \quad (1.17)$$

де $OB\Phi_{\text{виб}}$ – вартість основних фондів, що вибули (виведені з дії) протягом року, грн.;

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

За даними таблиці 1.3 коефіцієнт вибуття становитиме:

$$K_{\text{виб}} = \frac{150}{85003} = 0,00176.$$

Коефіцієнт придатності характеризує технічний стан основних фондів:

$$K_{\text{виб}} = \frac{OB\Phi_{\text{зал}}}{OB\Phi_{\text{перв}}} = 1 - K_z = 1 - \frac{З}{OB\Phi_{\text{перв}}}, \quad (1.18)$$

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

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

K_z – коефіцієнт зносу;

$З$ – знос основних фондів, грн.

За даними таблиці 1.3 коефіцієнт придатності становитиме:

$$K_{\text{виб}} = 1 - \frac{19240}{115702} = 1 - 0,166 = 0,833.$$

Аналізуючи виконані розрахунки, можна зробити такі висновки:

- основні виробничі фонди підприємства мають знос -16,6%;
- інтенсивність вибуття основних фондів перевищує інтенсивність відновлення;
- придатність основних виробничих фондів підприємства на даний час становить 83,3%.

Для перевезення вантажів і забезпечення переліку виконуваних ТОВ «СХК «Вінницька промислова група» робіт, автотранспортний підрозділ має власний рухомий склад, дані про який наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Наявність автотранспорту на кінець 2024 року

Найменування показників	Наявність автом., одиниць	Загальна вантажопідйомність, тонн
Автомобілі: всього	29	–
Легкові автомобілі	9	–
Вантажні автомобілі, включаючи пікапи і фургони на шасі легкових автомобілів	18	86,0
В тому числі за призначенням та конструкцією кузова:		
– бортові	17	274
– самоскиди	–	–
– фургони	1	1,575
за вантажопідйомністю:		
– до 1499 кг	–	–
– 1500-4999 кг	2	5,075
– 5000-6999 кг	–	–
– 7000-9999 кг	–	–
– 10000-19999 кг	17	274
Спеціальні автомобілі	2	–

Як видно з таблиці 1.4 переважна більшість рухомого складу (17од.) – це бортові та автомобілі-самоскиди. Це зумовлено специфічними умовами роботи у сільськогосподарській галузі.

В таблиці 1.5 подано віковий розподіл рухомого складу, а в таблиці 1.6 – розподіл автомобілів за пробігом з початку їх використання.

Таблиця 1.5 - Групування 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-всього	29	-	-	-	-	-
Легкові автомобілі	9	-	1	5	1	2
Вантажні автомобілі	19	2	-	1	7	9
Спеціальні автомобілі	2	-	-	-	-	2

Таблиця 1.6 – Групування автомобілів за пробігом з початку їх використання

Марки і кількість транспортних машин, од.	Кількість транспортних машин з пробігом за початком роботи в тис. км, од.						
	до 50	від 50 до 100	від 100 до 150	від 150 до 200	від 200 до 250	від 250 до 300	Більше 300
Автомобілі-всього	-	-	-	3	4	9	4
Легкові автомобілі	2	3	4	5	6	7	8
Вантажні автомобілі	-	1	2	2	3	1	1
Спеціальні автомобілі					1	2	16

Аналіз вікової структури парку показує, що 70% автомобілів експлуатуються більше 8 років, з них 19 вантажних автомобілів - більше 10 років. Це означає, що рухомий склад автомобілів є досить старим, крім того відсутність автомобілів до 3 років свідчить про припинення оновлення парку в останні роки.

Аналізуючи дані таблиці 1.4 приходимо до висновку, що всі транспортні засоби перебувають в експлуатації тривалий час, а це вимагає додаткових заходів на підтримку їх в технічно справному стані.

Розподіл транспортних засобів за типами і марками такий:

- легкові автомобілі – Богдан 2312 – 4 одиниці, ВАЗ-2107-3 одиниці, ВАЗ-2121 «Нива» - 2 одиниці;
- бортові автомобілі – ГАЗ-53 – 2 одиниця, IVECO STRALIS AT440 – 6 одиниць, SCANIA R480 – 1 одиниця та DAF XF - 1 одиниця;
- самоскиди: КАМАЗ-45142 – 4 одиниці, КАМАЗ-5120 – 4 одиниці;
- спеціальні автомобілі – автокран на шасі ГАЗ-3308 – 2 одиниці.
- автомобілі фургони - Mercedes Sprinter 308D – 1 одиниця.

Результати роботи автотранспорту за останній період часу, визначені за формами № 2-тр державного статистичного спостереження, наведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Основні дані про роботу автотранспорту

Показники	2022р	2023р	2024р
1. Середньооблікова кількість автомобілів, одиниць	23	27	29
2. Автомобіле-дні перебування в господарстві, тис.	8,3	9,855	10,35
3. Автомобіле-дні в роботі, тис.	6,377	6,833	6,942
4. Час в наряді, тис. год	58,437	60,81	62,417
5. Загальний пробіг, тис. км	744,19	864,97	1060,48
6. Обсяг перевезень, тис. т	145,31	149,0	150,2
7. Вантажообіг, тис. ткм	4058,0	4200,0	4324,0

Великі потенційні можливості при оперативному аналізі виробничо-господарської діяльності підприємства має матрична схема аналізу (табл.1.8), при якому, система найважливіших 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.

Результати аналізу виробничо-господарської діяльності підприємства із застосуванням матричного методу наведено в таблицях 1.9-1.11

Для розгляду динаміки зміни обсягів транспортних послуг можна скористатись формулами структурних змін за рекомендаціями [1].

Індекси зміни основних параметрів визначаються за формулою:

$$I_{A_i} = \frac{A'_i}{A_i}, \quad (1.19)$$

Таблиця 1.8 - Індексна матриця динаміки цільових елементів

Вихідний параметр в “активній” формі (A _i)		Вихідний параметр в “пасивній” формі (B _j)						
		Асп	АД _{госп}	АД _{роб}	АГ _{нар}	Л _{заг}	АГ _р	В
		1	2	3	4	5	6	7
Асп	1	X	C _{1.2}	C _{1.3}	C _{1.4}	C _{1.5}	C _{1.6}	C _{1.7}
АД _{госп}	2	C _{2.1}	X	C _{2.3}	C _{2.4}	C _{2.5}	C _{2.6}	C _{2.7}
АД _{роб}	3	C _{3.1}	C _{3.2}	X	C _{3.4}	C _{3.5}	C _{3.6}	C _{3.7}
АГ _{нар}	4	C _{4.1}	C _{4.2}	C _{4.3}	X	C _{4.5}	C _{4.6}	C _{4.7}
Л _{заг}	5	C _{5.1}	C _{5.2}	C _{5.3}	C _{5.4}	X	C _{5.6}	C _{5.7}
АГ _р	6	C _{6.1}	C _{6.2}	C _{6.3}	C _{6.4}	C _{6.5}	X	C _{6.7}
В	7	C _{7.1}	C _{7.2}	C _{7.3}	C _{7.4}	C _{7.5}	C _{7.6}	X

Таблиця 1.9 - Матрична модель ефективності виробничо-господарської діяльності підприємства на 2022р

A _j \ B _j		П	АД _{госп}	АД _{роб}	АГ _{нар}	Л _{заг}	АГ _р	В
		1	2	3	4	5	6	7
П	1	1	0,361	0,277	2,541	32,356	6,318	176,391
АД _{госп}	2	2,771	1	0,768	7,041	89,661	17,507	488,795
АД _{роб}	3	3,607	1,302	1	9,164	116,699	22,787	636,193
АГ _{нар}	4	0,394	0,142	0,109	1	12,735	2,487	69,425
Л _{заг}	5	0,031	0,011	0,009	0,079	1	0,195	5,452
АГ _р	6	0,158	0,057	0,044	0,402	5,121	1	27,920
В	7	0,006	0,002	0,002	0,014	0,183	0,036	1

Таблиця 1.10 - Матрична модель ефективності виробничо-господарської діяльності підприємства на 2023р

A _j \ B _j		П	АД _{госп}	АД _{роб}	АГ _{нар}	Л _{заг}	АГ _р	В
		1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8	9
П	1	1	0,365	0,253	2,252	32,036	5,519	155,556
АД _{госп}	2	2,740	1	0,693	6,170	87,770	15,119	426,180
АД _{роб}	3	3,951	1,442	1	8,899	126,587	21,806	614,664
АГ _{нар}	4	0,444	0,162	0,112	1	14,224	2,450	69,068
Л _{заг}	5	0,031	0,011	0,008	0,070	1	0,172	4,856
АГ _р	6	0,181	0,066	0,046	0,408	5,805	1	28,188
В	7	0,006	0,002	0,002	0,014	0,206	0,035	1

Таблиця 1.11 - Матрична модель ефективності виробничо-господарської діяльності підприємства на 2024р

$A_j \backslash B_j$		П	АД _{госп}	АД _{роб}	АГ _{нар}	L _{заг}	АГ _р	В
		1	2	3	4	5	6	7
П	1	1	0,357	0,239	2,152	36,568	5,179	149,103
АД _{госп}	2	2,802	1	0,671	6,031	102,462	14,512	417,778
АД _{роб}	3	4,177	1,491	1	8,991	152,763	21,636	622,875
АГ _{нар}	4	0,465	0,166	0,111	1	16,990	2,406	69,276
L _{заг}	5	0,027	0,010	0,007	0,059	1	0,142	4,077
АГ _р	6	0,193	0,069	0,046	0,416	7,060	1	28,788
В	7	0,007	0,002	0,002	0,014	0,245	0,035	1

де A_i, A'_i – відповідно базисне і звітне значення параметрів.

Для обсягів перевезень:

$$I_{A_i}^{23-22} = \frac{149,0}{145,31} = 1,025;$$

$$I_{A_i}^{24-23} = \frac{150,2}{149,0} = 1,008.$$

Для обсягів вантажообігу:

$$I_{A_i}^{23-22} = \frac{4200,0}{4058} = 1,034;$$

$$I_{A_i}^{24-23} = \frac{4324}{4200,0} = 1,029.$$

Беручи за основу відомості, які містяться в таблиці 1.7, визначаються основні техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу товариства за попередній період, враховуючи рекомендації [1]. За період приймається календарний рік (2022, 2023, 2024).

Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію визначається за формулою:

$$\alpha_{\epsilon}^i = \frac{AD^i_{роб}}{AD^i_{зосп}}, \quad (1.20)$$

де $AD^i_{роб}$ – автомобіле-дні в роботі за i -й період, тис.;

$AD^i_{зосп}$ – автомобіле-дні перебування в господарстві за i -й період, тис.

$$\alpha_{\epsilon}^{22} = \frac{6,377}{9,49} = 0,671;$$

$$\alpha_{\epsilon}^{23} = \frac{6,833}{9,855} = 0,693;$$

$$\alpha_{\epsilon}^{24} = \frac{6,942}{10,35} = 0,671.$$

Середній час перебування рухомого складу в наряді за добу визначається за формулою:

$$T_{\epsilon}^i = \frac{AG^i_{нап}}{AD^i_{роб}}, \quad (1.21)$$

де $AG^i_{нап}$ – час перебування автомобілів в наряді за i -й період, тис. год;

$$T_{\epsilon}^{22} = \frac{58,437}{8,3} = 7,03 \text{ год};$$

$$T_{\epsilon}^{23} = \frac{60,81}{6,833} = 8,89 \text{ год};$$

$$T_{\epsilon}^{24} = \frac{62,417}{6,942} = 8,99 \text{ год}.$$

Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу визначається за формулою:

$$l_{cd}^i = \frac{L_{заг}^i}{АД_{роб}^i}, \quad (1.22)$$

де $L_{заг}^i$ – загальний пробіг рухомого складу за i -й період, тис. км;

$$l_{cd}^{22} = \frac{744,19}{6,377} = 116,69 \text{ км};$$

$$l_{cd}^{23} = \frac{864,97}{6,833} = 126,58 \text{ км};$$

$$l_{cd}^{24} = \frac{1060,48}{10,35} = 102,461 \text{ км}.$$

Аналізуючи виконані розрахунки, можемо прийти до таких висновків:

– за останній час кількість автомобілів на підприємстві зменшується, що пов'язано із старінням рухомого складу і збільшенням витрат на технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів;

– час перебування автомобілів в наряді за добу залишається практично незмінним і складає 8,99 – 9,16 годин;

– обсяги наданих транспортних послуг зросли: автомобіле-дні в роботі – на 2,21%; час в наряді – на 13,75%; обсяги перевезень і вантажооборот – на 0,8%; загальний пробіг – на 2,6%. Тобто, спостерігаються позитивні тенденції в роботі підприємства.

1.6 Аналіз стану існуючої виробничо-технічної бази ТОВ «СХК «Вінницька промислова група»

ТОВ «СХК «Вінницька промислова група» і її транспортний підрозділ розміщені на земельній ділянці площею 4,95 га. Територія товариства має огорожу виконану з залізобетонних плит.

На території товариства знаходяться: один виробничий корпус площею 450 кв. м; адміністративний корпус площею 230 кв. м; відкрита стоянка автомобілів – 1430 кв. м; контрольно-перепускний пункт – 18 кв. м; зона прибирально-мийних робіт з очисними спорудами – 34 кв. м; виробничо-складські та допоміжні приміщення – 180 кв. м.

Виробничий корпус має розміри 18 × 24 м. В ньому розміщені: зона ПР та зварювальна й арматурна дільниці.

У виробничому корпусі розташовані:

- зона ТО-1 з кількістю постів – 1;
- зона ТО-2 з кількістю постів – 2.

Всі пости тупикові і розміщені під кутом 90° до осі проїзду.

Також у виробничому корпусі розміщені, слюсарно-механічна, шиноремонтна, електротехнічна, компресорна, інструментальний склад та склад запасних частин.

На території підприємства знаходиться трансформаторна і котельна.

Аналіз відповідності стану ВТБ існуючим вимогам проводимо використовуючи метод експрес-діагностування, застосувавши за методикою техніко-економічні показники (ТЕПи).

ТЕПи використовуються для проектних розрахунків при виборі шляхів розвитку і вдосконалення виробничо-технічної бази, необхідності нового будівництва і реконструкції функціонуючих підприємств, а також для оцінювання, порівняння і вибору проектних рішень.

В основі аналізу покладено порівняння фактичних і нормативних значень техніко-економічних показників.

Для оцінювання рівня прогресивності технологічного розроблення ВТБ встановлені такі нормативні питомі показники:

- чисельність виробничих робітників, на один автомобіль;
- кількість робочих постів для ТО і ПР рухомого складу, на один автомобіль;
- площа виробничо-складських приміщень, m^2 , на один автомобіль;
- площа допоміжних (адміністративно-побутових) приміщень, m^2 , на один автомобіль;
- площа стоянки, m^2 , на один автомобіль;
- площа території підприємства, m^2 , на один автомобіль.

Наведені показники встановлені для еталонних умов [8]. Оскільки умови роботи рухомого складу ТОВ «СХК «Вінницька промислова група» відрізняються від еталонних, тому необхідно визначити техніко-економічні показники для існуючих умов.

Для умов, які відрізняються від еталонних застосовують такі коефіцієнти:

K_1 – коефіцієнт, який враховує облікову кількість технологічно сумісних груп автомобілів;

K_2 – коефіцієнт, який враховує тип рухомого складу;

K_3 – коефіцієнт, який враховує наявність причіпного складу до вантажних автомобілів;

K_4 – коефіцієнт, який враховує середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу;

K_5 – коефіцієнт, який враховує умови зберігання рухомого складу;

K_6 – коефіцієнт, який враховує категорію умов експлуатації рухомого складу;

K_7 – коефіцієнт, який враховує природно-кліматичні умови експлуатації рухомого складу.

Так як умови автотранспортного підрозділу відрізняються від еталонних, техніко-економічні показники визначаються за формулою:

$$N_{H_i} = N_{E_i} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (1.23)$$

де N_{H_i} - нормативний показник i – го ТЕПа;

N_{E_i} - еталонний показник i – го ТЕПа.

Значення коефіцієнтів $K_1 \dots K_7$ вибираються з [8].

Техніко – економічні показники по всьому підприємству визначаються за формулою:

$$N_H = \sum N_{H_i} * A_{к.зр.}; \quad (1.24)$$

де N_H – нормативний показник i – го ТЕПа для всього підприємства;

$A_{к.зр.}$ – кількість технологічно – сумісних автомобілів.

Фактичні питомі показники обчислюються за формулою:

$$N_{\text{факт.тит}}^i = \frac{N_H}{A_{\text{сп}}}. \quad (1.25)$$

Оцінка відповідності фактичних ТЕПів нормативним розрахунковим значенням проводиться методом їх порівняння.

Розрахунки виконуються для кожної технологічно сумісної групи рухомого складу і загалом по підприємству.

Технологічно сумісні групи рухомого складу формуються на основі аналізу складу і структури рухомого складу з урахуванням рекомендацій [8].

Для виконання подальших розрахунків автопарк підприємства розподіляється на такі технологічно сумісні групи: ВАЗ - 9 одиниць, ГАЗ - 4 одиниці, КАМАЗ - 16 одиниць.

Умови роботи рухомого складу ТОВ «СХК «Вінницька промислова група»:

– середньодобовий пробіг – 100 - 150 км;

- умови зберігання рухомого складу – відкрите, без підігріву, розміщення при 100% незалежному виїзді під кутом 90° до осі проїзду;
- категорія умов експлуатації – 3;
- природнокліматичний район – помірно-теплий, помірно-вологий;
- умови теплозбереження, водопостачання, електропостачання – від міської мережі.

Результати розрахунку нормативних показників ТЕПів для автомобілів технологічної групи ВАЗ занесемо в таблицю 1.12, для автомобілів технологічної групи ГАЗ – в табл. 1.13 та автомобілів технологічної групи КАМАЗ – в табл. 1.14.

Таблиця 1.12 – ТЕПи для автомобілів технологічної групи ВАЗ

Назва ТЕПу	Еталонний показник,	Коефіцієнти корегування							Нормативний показник Π_1^H
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	
1.Чисельність виробничих робітників	0,22	1,66	0,87	1	0,55		1,16	0,95	0,19
2.Кількість робочих постів	0,08	2,3	0,82	1	0,78		1,15	0,97	0,13
3.Площа виробничо-складських приміщень, м ²	8,5	2,05	0,78	1	0,64		1,15	0,82	8,20
4.Площа допоміжних приміщень, м ²	5,6	1,85	0,92	1	0,82		1,08	0,98	8,27
5.Площа стоянки, м ²	18,5		0,81	1		1,32			19,78
6.Площа території, м ²	65	1,9	0,81	1	0,88	1,16	1,07	0,93	101,6

Таблиця 1.13 – ТЕПи для автомобілів технологічної групи ГАЗ

Назва ТЕПу	Еталонний показник, Π_1^E	Коефіцієнти корегування							Нормативний показник Π_1^H
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	
1.Чисельність виробничих робітників	0,22	1,66	1,2	1	0,55		1,16	0,95	0,27
2.Кількість робочих постів	0,08	2,3	1,15	1	0,78		1,15	0,97	0,18
3.Площа виробничо-складських приміщень, м ²	8,5	2,05	1,25	1	0,64		1,15	0,82	13,15
4.Площа допоміжних приміщень, м ²	5,6	1,85	1,06	1	0,82		1,08	0,98	9,53
5.Площа стоянки, м ²	18,5		1,05	1		1,32			25,64
6.Площа території, м ²	65	1,9	1,12	1	0,88	1,16	1,07	0,93	140,5

Таблиця 1.14 – ТЕПи для автомобілів технологічної групи КАМАЗ

Назва ТЕПу	Еталонний показник, Π_1^e	Коефіцієнти корегування							Нормативний показник Π_1^n
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	
1.Чисельність виробничих робітників	0,32	1,66	1,15	1,1	0,7	1	1,16	0,95	0,52
2.Кількість робочих постів	0,10	2,3	1,05	1,15	0,89	1,10	1,15	0,97	0,30
3.Площа виробничо-складських приміщень, m^2	19,0	2,05	1,05	1,17	0,76	1,32	1,15	0,82	45,27
4.Площа допоміжних приміщень, m^2	8,7	1,85	1,03	1,03	0,88		1,08	0,98	15,90
5.Площа стоянки, m^2	37,2		1,04	1,16		1,05			47,12
6.Площа території, m^2	120	1,9	1,03	1,15	0,92	1,16	1,07	0,93	286,8

Використовуючи дані таблиць 1.12 - 1.14 визначаються абсолютні показники для умов підприємства, які відрізняються від еталонних для кожної технологічно сумісної групи автомобілів.

Чисельність виробничих робітників:

$$\text{ВАЗ} \quad P = 0,22 \cdot 1,66 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 0,95 \cdot 9 = 1,71 \text{чол};$$

$$\text{ГАЗ} \quad P = 0,22 \cdot 1,66 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 0,95 \cdot 4 = 1,08 \text{чол};$$

$$\text{КАМАЗ} \quad P = 0,32 \cdot 1,66 \cdot 1,15 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 0,95 \cdot 16 = 8,32 \text{чол};$$

$$P_{\text{заг}} = 1,71 + 1,08 + 8,32 = 11,11 \text{чол};$$

$$P_{\text{заг}} / A_{\text{сп}} = 11,11 / 29 = 0,58 \text{чол}.$$

Кількість робочих постів:

$$\text{ВАЗ} \quad X = 0,08 \cdot 2,3 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 0,78 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,97 \cdot 9 = 1,17;$$

$$\text{ГАЗ} \quad X = 0,08 \cdot 2,3 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,78 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,97 \cdot 4 = 0,72;$$

$$\text{КАМАЗ} \quad X = 0,1 \cdot 2,3 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,15 \cdot 0,97 \cdot 16 = 4,8;$$

$$X_{\text{заг}} = 1,17 + 0,72 + 4,8 = 6,69;$$

$$X_{\text{заг}} / A_{\text{сп}} = 6,69 / 29 = 0,23.$$

Площа виробничо-складських приміщень:

$$\text{ВАЗ} \quad F = 8,5 \cdot 2,05 \cdot 0,78 \cdot 1 \cdot 0,64 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,82 \cdot 9 = 73,8 \text{м}^2;$$

$$\text{ГАЗ} \quad F = 8,5 \cdot 2,05 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,64 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,82 \cdot 4 = 52,6 \text{м}^2;$$

$$\text{КАМАЗ} \quad F = 19 \cdot 2,05 \cdot 1,05 \cdot 1,17 \cdot 0,76 \cdot 1,32 \cdot 1,15 \cdot 0,82 \cdot 16 = 724,32 \text{м}^2;$$

$$F_{заг} = 73,8 + 52,6 + 724,32 = 850,72 м^2;$$

$$F_{заг} / A_{сн} = 850,72 / 29 = 29,33 м^2.$$

Площа допоміжних приміщень:

$$ВАЗ \quad F_{доп} = 5,6 \cdot 1,85 \cdot 0,92 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 0,98 \cdot 9 = 74,43 м^2;$$

$$ГАЗ \quad F_{доп} = 5,6 \cdot 1,85 \cdot 1,06 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 0,98 \cdot 4 = 38,12 м^2;$$

$$КАМАЗ \quad F_{доп} = 8,7 \cdot 1,85 \cdot 1,03 \cdot 1,03 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 0,98 = 254,4 м^2;$$

$$F_{заг доп} = 74,43 + 38,12 + 254,4 = 366,95 м^2;$$

$$F_{заг доп} / A_{сн} = 366,95 / 29 = 12,65 м^2.$$

Площа стоянки рухомого складу:

$$ВАЗ \quad F_{ст} = 18,5 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,32 \cdot 1 \cdot 1 = 178,02 м^2;$$

$$ГАЗ \quad F_{ст} = 18,5 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,32 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 = 102,56 м^2;$$

$$КАМАЗ \quad F_{ст} = 37,2 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1,16 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 16 = 753,92 м^2;$$

$$F_{заг ст} = 178,02 + 102,56 + 753,92 = 1034,5 м^2;$$

$$F_{заг ст} / A_{сн} = 1034,5 / 29 = 35,67 м^2.$$

Площа території підприємства:

$$ВАЗ \quad F_m = 65 \cdot 1,9 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1,16 \cdot 1,07 \cdot 0,93 \cdot 9 = 914,4 м^2;$$

$$ГАЗ \quad F_m = 65 \cdot 1,9 \cdot 1,12 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1,16 \cdot 1,07 \cdot 0,93 \cdot 4 = 562 м^2;$$

$$КАМАЗ \quad F_m = 120 \cdot 1,9 \cdot 1,03 \cdot 1,15 \cdot 0,92 \cdot 1,16 \cdot 1,07 \cdot 0,93 \cdot 16 = 4588,8 м^2;$$

$$F_{заг т} = 914,4 + 562 + 4588,8 = 6065,2 м^2;$$

$$F_{заг т} / A_{сн} = 6065,2 / 29 = 209,14 м^2.$$

Оцінювання відповідності розрахованих ТЕПів нормативним значенням проводимо методом порівняння фактичних показників з розрахованими.

Порівняння нормативних та фактичних технічно-економічних показників наведено в таблиці 1.15.

Таблиця 1.15 – Порівняння нормативних і фактичних значень ТЕПів

Назва показника	Одиниці вимірювання	Фактичні	Нормативні
Число виробничих робітників	чол.	0,58	0,499
Кількість робочих постів	одиниць	0,23	0,231

Площа виробничо-складських приміщень	м ²	29,33	30,84
Площа допоміжних приміщень	м ²	12,65	15,81
Площа стоянки	м ²	35,67	40,75
Площа території	м ²	209,14	214,97

Результати аналізу:

а) чисельність виробничих робітників відповідає нормативному значенню,
 б) число постів зони ТО і ПР філії менше нормативних показників, що говорить про низький рівень механізації і автоматизації технологічних процесів виробництва;

в) площі виробничо-складських і допоміжних приміщень перевищують нормативні значення;

г) площі стоянки автомобілів і площі території АТП дозволяють розмістити і в перспективі експлуатувати більше автомобілів.

В зв'язку з цим планується технічне вдосконалення виробничо-технічної бази комплексу забезпечення працездатності автомобілів ТОВ «СХК «Вінницька промислова група».

1.7 Комплексне оцінювання стану виробничо-технічної бази

Комплексне оцінювання стану ВТБ виконуємо відповідно з рекомендаціями за такими напрямками: характеристика виробничих приміщень, стан технологічного устаткування, характеристика рівня технології ТО і ПР, рівень організації та управління виробництвом.

Виконаємо розрахунок показників, що характеризують виробничу потужність підприємства.

Фондооснащеність ВТБ розраховується за формулою:

$$\Phi_o = \frac{\Phi_{ВТБ}}{A_{сн}}, \quad (1.26)$$

де $\Phi_{ВТБ}$ – вартість ВТБ, грн.;

$A_{сн}$ – облікова кількість автомобілів, одиниць.

$$\Phi_o = \frac{115702}{29} = 3989,7 \text{ тис. грн.}$$

Забезпеченість виробничими площами для ТО і ПР:

$$S = \frac{S_{ф.п.п}}{N_{зм}}, \quad (1.27)$$

де $S_{ф.п.п}$ – фактична площа приміщень для ТО і ПР, м²;

$N_{зм}$ – змінна програма ТО і ПР, одиниць.

$$S = \frac{648}{3,19} = 203,13 \text{ м}^2.$$

Характеристика виробничих приміщень: відстань між колонами – 6 м; розмір прогону – 12 м; висота приміщення – 4 м; застосовувані будівельні конструкції: цегляні та залізобетонні; приміщення побудовано в каркасному залізобетонному виконанні з залізобетонними балками покриття та азбоцементною покрівлею по металевим прогонам; фундаменти приміщення залізобетонні, збірно-монолітні.

Виробничі приміщення пристосовані для виконання робіт з ТО і поточного ремонту наявних автотранспортних засобів.

Придатність будівель і споруд розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{B_з}{B_n}, \quad (1.28)$$

де $B_з$ – залишкова вартість, грн.;

B_n – первісна вартість, грн.

Значення $B_з$ і B_n вибираються з таблиці 1.2. Тоді

$$n = \frac{43287}{47615} = 0,9.$$

Стан технологічного устаткування характеризується структурою виробничих фондів, що складається з активної і пасивної частини, які розраховуються за такими формулами:

$$C_a = \Phi_{ВТБ}^a / \Phi_{ВТБ}; \quad (1.29)$$

$$C_n = \Phi_{ВТБ}^n / \Phi_{ВТБ}, \quad (1.30)$$

де $\Phi_{ВТБ}^a$ – активна частина фондів ВТБ, грн.;

$\Phi_{ВТБ}^n$ – пасивна частина фондів ВТБ, грн.

Значення $\Phi_{ВТБ}^a$ і $\Phi_{ВТБ}^n$ вибираються з таблиці 1.2.

Згідно з формулами (1.29 і 1.30):

$$C_a = (68061 / 115702) \cdot 100\% = 58,8\%;$$

$$C_n = (47641 / 115702) \cdot 100\% = 41,2\%.$$

Фондооснащеність ремонтних робітників:

$$\Phi_{op} = \frac{\Phi_{ВТБ}}{K_{pp}}, \quad (1.31)$$

де K_{pp} – середньооблікова кількість ремонтних робітників.

$$\Phi_{op} = \frac{115702}{4} = 28925,5 \text{ тис. грн.}$$

Механооснащеність ремонтних робітників:

$$\Phi_m = \frac{\Phi_{ВТБ}^a}{K_{pp}}. \quad (1.32)$$

$$\Phi_{.m} = \frac{68061}{4} = 17015,25 \text{ тис. грн.}$$

Наявне у виробничому корпусі технологічне обладнання наведено в таблиці 1.16.

Таблиця 1.16 – Обладнання виробничого корпусу

Назва обладнання	Габаритні розміри, мм	Кількість
Верстак слюсарний	1600 × 800 × 860	1
Шафа для інструменту і пристосування	1000 × 520 × 1825	1
Верстат точильно-шліфувальний	1576 × 780 × 860	1
Компресор	1060 × 620 × 1340	1
Гайковерт для гайок коліс	–	1
Кран – балка пидвысна, вантажопідемністю 3т	–	1
Домкрат гідравлічний	–	1
Прес монтажно-запресовочний	–	1
Комплект інструменту автомеханіка середній	–	1

Розрахуємо основні показники використання обладнання.

Коефіцієнт змінності устаткування:

$$K_3 = G_{\text{во}} / G_{\text{ко}}, \quad (1.33)$$

де $G_{\text{во}}$ – кількість обладнання, що відпрацювало зміну, одиниць;

$G_{\text{ко}}$ – кількість встановленого обладнання, одиниць.

$$K_3 = 9/9 = 1.$$

Коефіцієнт використання устаткування:

$$K_6 = T_{\text{ф}} / T_{\text{д}}, \quad (1.34)$$

де $T_{\text{ф}}$ – фактичний час роботи устаткування, год.;

T_o – дійсний фонд часу роботи устаткування, год.

$$K_g = 8/12 = 0,75.$$

Аналіз стану ВТБ показує, що:

- зони і дільниці укомплектовані устаткуванням на 67-81% від нормативу. Частина устаткування є фізично спрацьованим і морально застарілим (приблизно 25%), воно підлягає оновленню;
- підприємство має недостатній рівень фондооснащеності, яка складає 79% від нормативних значень, визначених за нормативними питомими капіталовкладеннями;
- більшість робіт на підприємстві виконується фактично вручну, тобто без наявного технологічного обладнання.

Таким чином, на підприємстві доцільно провести вдосконалення ВТБ з вирішенням таких питань: поліпшити вікову структуру устаткування, збільшити роль ВТБ в загальній вартості ОВФ за рахунок введення в експлуатацію нової прогресивної техніки, підвищити рівень механізації процесів ТО і ПР.

1.8 Висновки до першого розділу

1. Застосовувана в даний час система нормування витрати моторної оливи передбачає визначення планових витрат пропорційно кількості споживаного палива. Поряд з перевагою такої системи, яка полягає в її простоті, вона має і ряд недоліків. Зокрема, недостатньо враховано вплив умов експлуатації на витрату оливи. Крім того, деякі фактори по-різному впливають на витрату палива і оливи. В результаті планова витрата оливи, визначена за існуючою методикою, може істотно відрізнятись від фактичної. Це призводить до збільшення запасів нафти або її нестачі, а автомобілі працюють з відпрацьованою оливою. Відповідно, зменшується довговічність двигунів, збільшуються витрати на ремонт.

2. Для усунення цього недоліку необхідно виявити найбільш значущі фактори, що впливають на витрату моторної оливи, а також закономірності їх

впливу на інтенсивність витрати оливи.

3. У попередніх дослідженнях було встановлено, що витрата оливи залежить від досконалості конструкції двигуна, в'язкості оливи, частоти обертання колінчастого вала, навантаження на двигун. Зі збільшенням часу роботи двигуна погіршується його технічний стан, збільшується витрата оливи. Згідно з численними дослідженнями, залежність витрати оливи від часу роботи двигуна описується експоненціальною моделлю.

4. Встановлено, що температура навколишнього середовища впливає на температуру охолоджуючої рідини і температуру оливи в піддоні, викликаючи зміну її в'язкості. Це призводить до зміни інтенсивності витрати оливи. Результати вивчення цієї залежності, отримані різними авторами для різних станів, істотно відрізняються. В одному випадку з підвищенням температури витрата оливи зменшується, в іншому - збільшується.

5. Планування витрати оливи на заміну здійснюється виходячи з виробничої програми на технічне обслуговування. При цьому не враховується, що потік вимог до технічного обслуговування змінюється з часом, викликаючи зміну потреби в оливі. Таким чином, виникає актуальна проблема планування потреби в моторній оливі з урахуванням варіації умов експлуатації і зниження витрат на оборотні кошти на цій основі.

6. Проаналізувавши стан виробництва ТО і ремонту автомобілів, можна зробити такі висновки:

- виробничих площ достатньо для забезпечення нормального технічного обслуговування і ремонту рухомого складу;
- площа стоянки рухомого складу відповідає вимогам підприємства;
- забудова підприємства відокремлена, що в цілому спрощує планувальні рішення, а також дозволяє проводити поетапне вдосконалення виробничо-технічної бази підприємства.

Проведений аналіз дозволив сформулювати такі дослідницькі **задачі**, вирішення яких забезпечує досягнення поставленої мети:

- 1) визначити фактори, що впливають на інтенсивність витрати моторної

оливи;

2) встановити закономірності, що формують витрату моторної оливи в процесі експлуатації автомобілів;

3) розробляти математичні моделі впливу основних факторів на інтенсивність витрати моторної оливи;

4) розробити імітаційну модель формування витрати моторної оливи в процесі експлуатації транспортних засобів;

5) розробити методику планування потреби автотранспортних підприємств в моторній оливі з урахуванням умов експлуатації автомобілів та оцінити її ефективність.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМУВАННЯ ВИТРАТИ МОТОРНОЇ ОЛИВИ

2.1 Загальна методика дослідження

Загальна методика дослідження розробляється на основі вимог системного підходу, суть якого полягає в представленні об'єкта дослідження як системи.

На першому етапі розглядається актуальність теми, вибирається об'єкт дослідження і формулюється мета дослідження.

Для визначення цілей дослідження проводиться аналіз робіт, проведених раніше в даній області. На його основі конкретизується мета дослідження (рис. 2.1).

Розв'язання поставлених задач здійснюється за допомогою теоретичних та експериментальних досліджень.

При проведенні теоретичних досліджень використовуються методи аналізу та синтезу, гіпотетичний підхід.

В експериментальних дослідженнях використовується пасивний натурний експеримент, а також імітаційний активний експеримент. Суть першого полягає в зборі та аналізі інформації з баз даних транспортних підприємств, у вимірюванні фактичного споживання оливи в процесі експлуатації. Друга частина експерименту проводиться на імітаційній моделі.

Перше завдання дослідження – підбір факторів, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи – спочатку вирішується в теоретичній частині на основі аналізу та узагальнення раніше проведених досліджень, розробки класифікації факторів і формулювання гіпотези про перелік факторів впливу. Потім остаточний вибір проводиться на основі пасивного експерименту.

Для вирішення другої проблеми була встановлена структура досліджуваної системи і виявлені закономірності взаємодії її елементів, тобто закономірності, що формують витрату моторної оливи в процесі експлуатації автомобілів.



Рисунок 2.1 - Укрупнена схема загальної методики дослідження

Наступним етапом досліджень є розробка математичних моделей впливу основних факторів на інтенсивність витрати моторної оливи. Для вирішення цієї проблеми був використаний гіпотетичний підхід. Висувалися гіпотези про тип математичних моделей, перевірка яких проводилася на основі експериментів.

Завершальним етапом теоретичних досліджень є розробка імітаційної моделі досліджуваної системи, тобто системи формування витрати моторної оливи в процесі експлуатації транспортного засобу. Оскільки більшість елементів досліджуваної системи в основному пов'язані між собою стохастичними залежностями, створити аналітичну модель системи в цілому не представляється можливим. У таких випадках використовуються імітаційні моделі.

Перевірка адекватності імітаційної моделі проводиться на основі активного експерименту і порівняння отриманих результатів з даними, отриманими в реальній експлуатації.

На основі розрахунків, зроблених на імітаційній моделі, були розроблені рекомендації щодо використання результатів досліджень та оцінено ефект від їх застосування.

2.2 Формування цільової функції

Нормування споживання ресурсів є необхідною умовою їх ефективного використання.

Діюча система нормування витрати моторної оливи не передбачає коригування витрати в залежності від категорії умов експлуатації і кліматичного регіону, в якому експлуатується автомобіль. Зміна сезонних умов в межах регіонів протягом року не враховується, хоча відомо, що сезонні умови впливають на інтенсивність процесів зміни технічного стану і витрати моторної оливи, в результаті чого запаси оливи збільшуються або її кількість недостатня, а автомобілі працюють з відпрацьованою оливою. Це призводить до зниження їх довговічності і збільшення витрат на ремонт. У зв'язку з цим метою досліджень є підвищення ефективності використання автомобілів шляхом розробки методики коригування норм споживання моторної оливи і вдосконалення планування її потреби з урахуванням варіації інтенсивності і умов експлуатації. Ефективність оцінюється співвідношенням корисного результату і витрат на

його отримання. Отже, підвищення ефективності досягається реалізацією двох підцілей: збільшення корисного результату або зниження витрат [58]. У зв'язку з цим можна вибрати або першу, або другу підціль з дерева цілей, представленого на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 - Дерево цілей при розробці методики нормування витрати і планування потреби в моторній оливі з урахуванням варіацій інтенсивності і умов експлуатації транспортних засобів

Основна мета в наведеному вище дереві реалізується двома основними цілями – підвищення технічної доступності та зниження витрат на експлуатацію транспортних засобів. При розгляді першої підцілі було встановлено, що вона досягається за рахунок збільшення ресурсу двигунів. Необхідно розробити систему планування потреби в мастильних матеріалах, що виключить експлуатацію автомобілів з відпрацьованою оливою. Використання такої системи призведе до зниження витрат на утримання і ремонт, і як наслідок, до зниження витрат на експлуатацію автомобілів.

У загальному випадку цільова функція буде записана наступним чином:

$$Z_{\text{пр.}} + Z_{\text{тр.}} + Z_{\text{зб.}} + Z_{\text{ОФ}} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де $Z_{\text{пр.}}$ – витрати на придбання моторної оливи;

$Z_{\text{тр.}}$ – витрати на транспортування моторної оливи;

$Z_{\text{зб.}}$ – витрати на зберігання моторної оливи;

$Z_{\text{ОФ}}$ – втрати від інвестування в оборотний фонд.

В якості обмеження в цільовій функції береться наступне:

$$\begin{cases} Q_{\text{зап.}} > 0 \\ L = 0 \dots 250000 \text{ км} \\ t = -35 \dots 30 \text{ } ^\circ\text{C} \\ V_T = 15 \dots 60 \text{ км/год} \end{cases} \quad (2.2)$$

де $Q_{\text{зап.}}$ – обсяг запасів моторної оливи;

L , t , V_T – фактори, що впливають на інтенсивність витрати оливи: час роботи двигуна; температура повітря; середня технічна швидкість.

Передбачається, що запас оливи не може бути використаний в повній мірі, що призведе до простоїв транспортних засобів, які очікують поставок оливи, або до роботи транспортних засобів з відпрацьованою оливою. Дане припущення спрощує вирішення поставлених завдань дослідження, так як виключає з розгляду закономірності впливу ресурсу оливи на надійність двигуна, ТО і Р. Це обмеження пов'язане з тим, що ці закономірності в достатній мірі вивчені, і економія від скорочення запасів до критичного рівня значно нижче, ніж додаткові витрати через нестачу оливи.

2.3 Підбір факторів, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи

За складовими витрати всі фактори, що впливають на потребу в моторній оливі, можна розділити на три групи:

1 – фактори, що визначають ставку поповнення;

2 – фактори, що визначають вартість заміщення;

3 – фактори, що впливають на обсяг товарно-матеріальних запасів.

Витрата доливання визначається інтенсивністю споживання і загальним пробігом автомобілів, який залежить від тривалості розглянутого періоду часу і інтенсивності експлуатації.

Раніше було встановлено, що інтенсивність витрати оливи визначається конструкцією двигуна, його технічним станом, який погіршується зі збільшенням часу роботи, режимом роботи, що характеризується частотою обертання колінчастого вала, навантаженням і температурою двигуна. У свою чергу, технічний стан двигуна залежить від якості ТО і Р, своєчасності їх виконання, на що впливає наявність виробничих площ, спосіб міжзмінного зберігання, а також транспортні, дорожні та кліматичні умови експлуатації. Режим роботи двигуна визначається перерахованими умовами експлуатації. Крім того, процес витрати оливи на спалювання залежить від самої оливи, в першу чергу від в'язкісно-температурної характеристики.

Таким чином, до факторів, що визначають інтенсивність витрати оливи, можна віднести наступні:

- конструкція, якість виготовлення двигуна;
- якість моторної оливи;
- кваліфікація водія;
- якість ТО та Р;
- забезпечення виробничими площами;
- спосіб міжзмінного зберігання;
- вікова структура парку;
- транспортні умови;
- дорожні умови;
- кліматичні умови.

Фактори, що визначають вартість заміщення:

- інтенсивність експлуатації;
- конструкція двигуна (стандарти виробника по періодичності заміни

оливи);

- транспортні умови;
- дорожні умови;
- кліматичні умови.

Фактори, що впливають на обсяг запасів:

- фактори 1-ї і 2-ї груп (визначають витрату оливи в одиницю часу);
- однорідність парку;
- рівень концентрації рухомого складу;
- облік роботи рухомого складу;
- віддаленість від джерел ресурсів.

Закономірності формування витрати оливи на заміну і обсягу запасів добре вивчені, тому отримані раніше результати можуть бути використані для моделювання досліджуваної системи.

Як показав аналіз попередніх досліджень, закономірності формування витрати оливи на доливання вивчені недостатньо, тому далі розглянемо фактори, що впливають на інтенсивність витрати оливи на доливання. Перші два фактори - конструкція, якість виготовлення двигуна і якість моторної оливи - будуть виключені з розгляду, так як нормування споживання і планування попиту здійснюється окремо по маркам і моделях автомобілів і по маркам олів, тобто ці два фактори враховуються в діючих нормативах.

Таким чином, в початковий перелік для оцінки значущості факторів, що впливають на інтенсивність споживання оливи, входять наступні:

- кваліфікація водіїв;
- якість ТО та Р;
- забезпечення виробничими площами;
- спосіб міжзмінного зберігання автомобілів;
- вікова структура парку;
- транспортні умови;
- дорожні умови;

– кліматичні умови.

Попередня оцінка значущості проводиться на основі експертного аналізу. Для його виконання використовувалася техніка, описана в [18]. Відповідно до нього було підготовлено анкету, сформовано групу експертів у складі з десяти осіб, перевірено їхню компетентність, проведено інструктаж. Експерти проранжували фактори, наведені в опитувальнику. Отримані результати представлені в таблиці 2.1. Результати опрацювання анкети представлені в таблиці 2.2 і рис. 2.3.

Таблиця 2.1 - Результати експертного опитування

Фактори	Ранги, що встановлюються експертами									
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 6	Експерт 7	Експерт 8	Експерт 9	Експерт 10
Кваліфікація водіїв	6	5	6	6	6	6	5	5	5	5
Якість ТО та Р	5	6	7	7	4	5	3	4	4	4
Забезпеченість виробничими площами	8	7	8	5	7	4	7	6	8	6
Спосіб міжзмінного зберігання автомобілів	7	8	5	8	8	8	8	8	7	8
Вікова структура парку	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1
Транспортні умови	4	3	4	4	5	7	6	7	6	7
Дорожні умови	2	1	3	3	3	3	4	3	2	3
Кліматичні умови	3	4	1	2	2	2	2	1	3	2
СУМА	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36

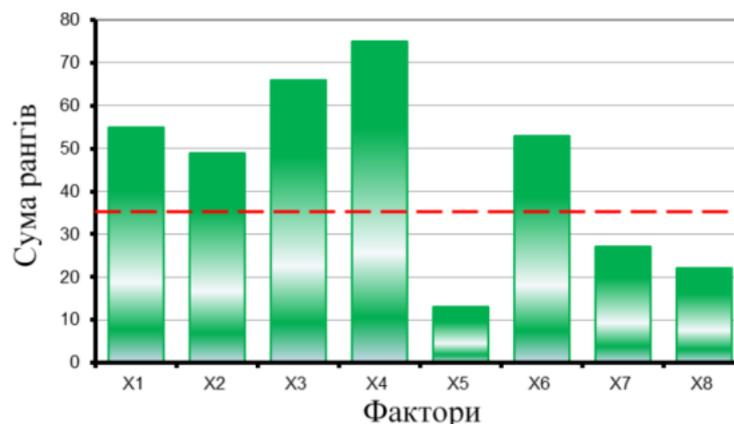
Крім того, узгодженість висновків експертів перевіряли за допомогою коефіцієнта конкордансу Кенделла [75]:

$$W = \frac{12 \cdot 4046}{10^2(8^3 - 8)} = 0,963.$$

Отримане значення W перевищує 0,5, що свідчить про значну згоду висновків експертів [7]. Оцінка не випадковості збігу експертних висновків проводилася за критерієм Пірсона: $\chi^2 = 0,963 \cdot 10(8 - 1) = 67,4$. Значення χ^2 перевищує табличне значення ймовірності 0,99 і числа ступенів свободи 7, що дорівнює 18,5, тому збіг висновків експертів не є випадковим.

Таблиця 2.2 - Результати апріорного ранжирування факторів, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи на доливання

Фактори	Сума рангів	Середній ранг	Пріоритет	Вага фактора
Кваліфікація водіїв	55	5,50	6	0,08
Якість ТО та Р	49	4,90	4	0,14
Забезпеченість виробничими площами	66	6,60	7	0,06
Спосіб міжзмінного зберігання автомобілів	75	7,50	8	0,03
Вікова структура парку	13	1,30	1	0,22
Транспортні умови	53	5,30	5	0,11
Дорожні умови	27	2,70	3	0,17
Кліматичні умови	22	2,20	2	0,19
СУМА	360	36,0	36	1,00



X₁ – кваліфікація водіїв; X₂ – якість ТО та Р; X₃ – забезпечення виробничими площами; X₄ – спосіб міжзмінного зберігання автомобілів; X₅ – вікова структура парку; X₆ – транспортні умови; X₇ – дорожні умови; X₈ – кліматичні умови

Рисунок 2.3 - Апріорна діаграма рангів факторів, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи на доливання

Таким чином, найбільш значущими факторами, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи на доливання, є наступні:

- 1 – вікова структура парку;
- 2 – кліматичні умови;
- 3 – дорожні умови.

Для характеристики віку автомобілів використовується пробіг від початку експлуатації, а для цього дослідження найбільш інформативним показником є час роботи двигуна з початку експлуатації. Для автопарку в цілому вікова структура являє собою розподіл часу роботи двигуна від початку експлуатації.

Кліматичні умови характеризуються великою кількістю факторів. Але відомо, що всі кліматичні фактори корелюють між собою [10]. Тому немає необхідності враховувати всі кліматичні фактори, досить одного показника - температури повітря.

Дорожня обстановка характеризується великою кількістю показників. По-перше, всі ці показники складно оцінити при великій протяжності дорожньої мережі, на якій використовуються автомобілі, а по-друге, ці показники не фіксуються в практиці автотранспортних підприємств і не зберігаються в звітних даних, тому їх використання при плануванні потреби в моторному мастилі неможливо. Доцільним варіантом оцінки дорожньої обстановки є використання узагальненого показника, яким може бути використана середня технічна швидкість автомобіля [15].

2.4 Ідентифікація досліджуваної системи

Основна думка магістерської кваліфікаційної роботи полягає в тому, що при плануванні потреби в моторній оливі пропонується враховувати варіацію умов та інтенсивності експлуатації автомобіля протягом року. Передбачається, що на інтенсивність процесів зміни технічного стану і витрати моторної оливи впливають сезонні умови, в результаті чого збільшуються запаси оливи або її кількість недостатня, а автомобілі працюють з відпрацьованою оливою. Це призводить до зниження довговічності двигунів і збільшення витрат на ремонт.

У зв'язку з цим метою досліджень є підвищення ефективності використання автомобілів шляхом розробки методики коригування норм споживання моторної оливи і вдосконалення планування його потреби з урахуванням варіації інтенсивності і умов експлуатації. Перший етап досліджень для вирішення цієї проблеми присвячений визначенню структури досліджуваної системи (рис. 2.4).

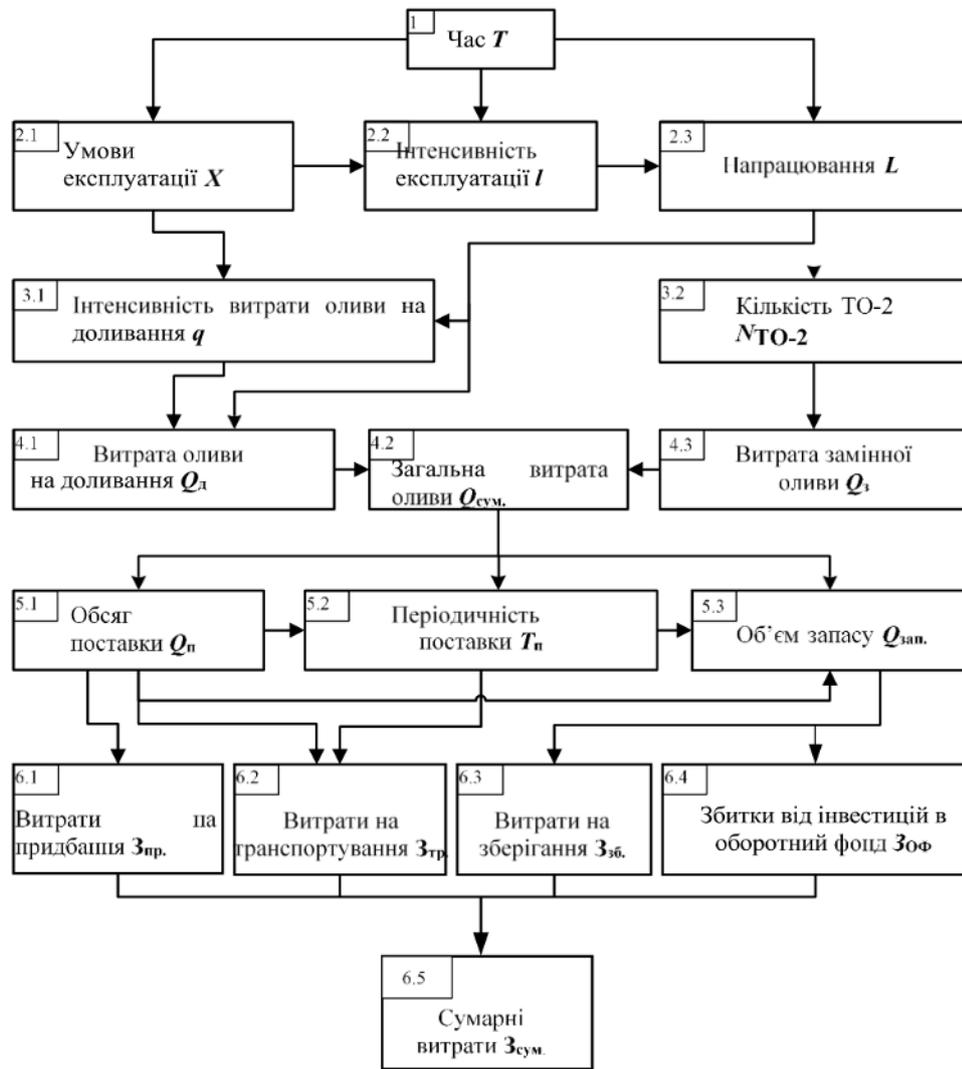


Рисунок 2.4 - Структура досліджуваної системи

Вхід в систему - це час, так як витрата оливи, попит і пропозиція плануються вчасно.

Умови та інтенсивність експлуатації автомобіля змінюються з плином часу. Крім того, інтенсивність експлуатації залежить від умов експлуатації. Зокрема, опади призводять до зниження швидкості руху і, відповідно, інтенсивності експлуатації автомобіля.

Приріст часу роботи і його значення на певний момент часу залежить від інтенсивності експлуатації.

Умови експлуатації та мотогодини експлуатації автомобіля визначають режим роботи та технічний стан двигуна, які, в свою чергу, формують інтенсивність витрати моторної оливи на доливання (спалювання).

Час роботи транспортних засобів за певний проміжок часу визначає кількість послуг з технічного обслуговування та відповідну кількість замін оливи, а інтенсивність витрати оливи та час роботи – кількість разів доливання. У сукупності заміни та доливання формують загальну витрату оливи.

Для задоволення потреби в моторній оливі визначають обсяг і частоту подачі. При цьому можлива реалізація двох стратегій поставок: 1 – з фіксованим обсягом і змінною періодичністю поставки; 2 – з фіксованою періодичністю і змінним об'ємом. Обсяг запасів залежить від періодичності та обсягу поставок. Усі ці три показники визначають витрати на закупівлю, зберігання нафти та загальні витрати.

Продуктивність досліджуваної системи становить загальні витрати на закупівлю і зберігання нафти.

Крім того, досліджувана система повинна бути ідентифікована за основними ознаками.

За походженням розглянута система є штучною, так як створена не природою, а людьми.

Розглянута система ієрархічно є частково підсистемою системи забезпечення працездатності (заміна оливи при технічному обслуговуванні, забезпечення справності шляхом доливання оливи), а також частково підсистемою матеріально-технічного забезпечення підприємства (постачання і зберігання оливи).

Досліджувана система має зв'язки з навколишнім середовищем, зокрема, через умови експлуатації, тому вона є відкритою.

Стан системи змінюється в часі (вхід системи - час), тому вона відноситься до динамічних систем.

Характер функціонування системи є стохастичним, оскільки передбачити її стан можна лише з певною ймовірністю.

За типом елементів розглянута система змішується, як з абстрактними елементами, наприклад, інтенсивністю експлуатації, так і з конкретними, наприклад, обсягом запасів оливи.

За характером зв'язку між виходом і входом система є послідовною, так як вихід – витрати на закупівлю і зберігання оливи – залежить від введення (часу), а також від внутрішніх факторів – періодичності і обсягу поставок.

З точки зору складності структури розглянуту систему можна визначити як складну.

На основі структури досліджуваної системи можна розробити імітаційну модель процесу витрати моторної оливи, що дозволяє прогнозувати зміни попиту на оливу в залежності від факторів, що змінюються в часі, а також витрат на її придбання і зберігання в динаміці. Дана модель дозволить оптимізувати обсяг і частоту подачі моторної оливи.

Параметризація системи виконана у вигляді таблиці (табл. 2.3), в якій міститься перелік і опис елементів досліджуваної системи.

Таблиця 2.3 - Опис елементів досліджуваної системи

Найменування елемента	Опис	Позначення	Розмірність
1	2	3	4
Час	Глобальна змінна, яка відображає календар (у разі роботи без вихідних) або робочий час підприємства.	T	Дні, місяці, роки
Умови експлуатації	Сукупність факторів X, що впливають на виріб (в даному випадку автомобіль) в процесі його експлуатації. У даній роботі розглядаються два фактори: температура навколишнього повітря і середня технічна швидкість автомобіля.	T, V _T	°C, км/год
Інтенсивність експлуатації	Швидкість збільшення часу роботи автомобіля в часі	I	км/рік; км/міс.
Напрацювання	Інтервал часу (або пробіг), протягом якого виріб знаходиться в робочому стані	L	км; мотогод

Інтенсивність витрати оливи на доливання	Витрата оливи на одиницю часу роботи (в ряді досліджень використовується аналогічний показник, але він не завжди називається правильно: наприклад, в [16] – витрата оливи на одне спалювання, л/100 літрів палива; слід зазначити, що це не витрата, яка в даному випадку повинна вимірюватися в літрах, а інтенсивність витрати, крім того, крім згоряння оливи в циліндрах, витік компенсуються доливанням, тому термін «горіння» не зовсім коректний)	q	л/км; л/мотогод
Кількість ТО-2	Кількість разів технічного обслуговування, під час яких замінюється моторна олива.	$N_{\text{ТО-2}}$	од.
Витрата оливи на доливання	Кількість оливи, що використовується для доливання, щоб компенсувати споживання в процесі експлуатації.	$Q_{\text{д}}$	л
Витрата замінної оливи	Кількість оливи, що використовується для заміни при плановому технічному обслуговуванні.	$Q_{\text{з}}$	л
Загальна витрата оливи	Сума витрат оливи на доливання і заміну.	$Q_{\text{сум.}}$	л
Обсяг поставки	Кількість оливи, поставленої на підприємство за одну поставку.	$Q_{\text{п}}$	л
Періодичність доставки	Проміжок часу між двома послідовними поставками.	$T_{\text{п}}$	дні
Місткість запасу	Кількість оливи на підприємстві в період між двома послідовними поставками.	$Q_{\text{зап.}}$	л
Витрати на придбання	Сума грошей, витрачених на придбання моторної оливи.	$Z_{\text{пр.}}$	грн.
Витрати на зберігання	Витрати, пов'язані зі зберіганням оливи на підприємстві, а також з виключенням з обороту коштів, вкладених в її придбання.	$Z_{\text{зб.}}$	грн.
Загальні витрати	Сума витрат на придбання і зберігання моторної оливи.	$Z_{\text{сум.}}$	грн.

2.5 Закономірності, що формують витрату моторної оливи в процесі експлуатації автомобілів

Визначена раніше структура системи поділяється на шість рівнів. Всі елементи пронумеровані для зручності ідентифікації. Тому закономірності взаємодії елементів системи далі аналізуються послідовно за рівнями (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 - Закономірності взаємодії елементів досліджуваної системи

Номер залежності	Залежна змінна	Фактори	Модель
1	2	3	4
1 – 2.1	X - коефіцієнт умов експлуатації в цілому; t - температура повітря, °С; V_T – середня технічна швидкість транспортного засобу, км/год	T – час, міс.	$X_i = X_C + \sum_{k=1}^g X_k \cos(m(kT_i - T_k)) + X_P$ де k - номер цілі; g - кількість цілей; $A X_k$ - напівамплітуда коливань k -ї цілі; m - інтервал між T_i і T_{i+1} у градусах; T_{0k} - початкова фаза коливань в градусах
1 – 2.2	l – інтенсивність експлуатації, км/міс.	T – час, міс.	$l_i = l_C + \sum_{k=1}^g l_k \cos(m(kT_i - T_k)) + l_P$ де l_C - постійна складова інтенсивності роботи (середнє значення за цикл); k - цільове число; g - число цілей; l_k - напівамплітуда коливань k -ї цілі; m - інтервал між T_i і T_{i+1} (в градусах); T_k - початкова фаза коливань (в місяцях); l_P є випадковою складовою.
2.2 – 2.3	L – напрацювання транспортного засобу, км	T – час, міс.; l – інтенсивність експлуатації, км/міс.	$L = \int_0^T l(T) dT \quad [57].$
3.1 – 2.1, 2.3	q – інтенсивність витрати оливи на доливання	t – температура повітря, °С; V_T – середня технічна швидкість руху транспортного засобу, км/год; L – напрацювання транспортного засобу, км	$q = f(t)$ – потрібні дослідження; $q = f(V_T)$ – потрібні дослідження; $q = f(L)$ – експонента $q = f(t, V_T, L)$ – потрібні дослідження.

3.2 – 2.3	$N_{\text{ТО-2}}$ – кількість ТО-2 (доливів)	L_{Σ} - сумарний час експлуатації транспортних засобів за аналізований період	$N_{\text{ТО-2}} = \frac{L_{\Sigma}}{L_{\text{ТО-2}}} - N_{\text{КР}},$ $L_{\text{ТО-2}}$ – періодичність ТО-2; $N_{\text{КР}}$ – кількість капітальних ремонтів автомобілів за аналізований період.
4.1 – 3.1,2.3	$Q_{\text{д}}$ – витрата оливи на доливання	q – інтенсивність витрати оливи на доливання; L_{Σ} - сумарний час експлуатації транспортних засобів за аналізований період	$Q_{\text{д}} = q L_{\Sigma}$
4.3 – 3.2	$Q_{\text{з}}$ – витрата оливи на заміну	$N_{\text{ТО-2}}$ – кількість ТО-2 (доливань)	$Q_{\text{з}} = V_{\text{к}} N_{\text{ТО-2}},$ $V_{\text{к}}$ – об'єм заміненої оливи.
4.2 – 4.1,4.3	$Q_{\text{сум.}}$ – сумарна витрата оливи	$Q_{\text{д}}$ – витрата оливи на доливання; $Q_{\text{з}}$ – витрата оливи на заміну	$Q_{\text{сум.}} = Q_{\text{д}} + Q_{\text{з}}$
5.1 – 4.3	$Q_{\text{п}}$ – об'єм поставки	Q_{Σ} – загальна витрата оливи	$Q_{\text{п}} = \sqrt{\frac{2Q_{\Sigma}S}{C_{\text{x}}}},$ V - щорічна потреба в деталях у вартісному вираженні; S - витрати, пов'язані з оформленням та отриманням замовлення; C_{x} - витрати на зберігання одиниці запасу.
5.2 – 5.1,4.2	$T_{\text{п}}$ – періодичність доставки	$Q_{\text{сум.}}$ – сумарна витрата оливи; $Q_{\text{п}}$ – об'єм поставки	$T_{\text{п}} = T \frac{Q_{\text{сум.}}}{Q_{\text{п}}}$
5.3 – 4.2, 5.1, 5.2	$Q_{\text{зап.}}$ – обсяг запасів	$Q_{\text{сум.}}$ – сумарна витрата оливи; $Q_{\text{п}}$ – об'єм поставки; $T_{\text{п}}$ – періодичність поставки	$Q_{\text{зап.}} = \frac{T}{T_{\text{п}}} Q_{\text{п}} - Q_{\text{сум.}}$
6.1 – 5.1	$Z_{\text{пр.}}$ – витрати на придбання	$Q_{\text{п}}$ – об'єм поставки	$Z_{\text{п}} = C_{\text{п}} Q_{\text{п}},$ $C_{\text{п}}$ – вартість 1 л. оливи
6.2 – 5.1, 5.2	$Z_{\text{тр.}}$ – витрати на транспортування	$Q_{\text{п}}, T_{\text{п}}$	$Z_{\text{тр.}} = \frac{T}{T_{\text{п}}} l_{\text{п}} - C_{\text{п}}$ $l_{\text{п}}$ – пробіг автомобіля за одну поставку оливи, км; $C_{\text{п}}$ – вартість перевезення, грн./км
6.3 – 5.3	$Z_{\text{зб.}}$ – витрати на зберігання	$\bar{Q}_{\text{зб.}}$ – середній обсяг моторної оливи, що	$Z_{\text{зб.}} = C_{\text{зб.}} \bar{Q}_{\text{зб.}} T,$ $C_{\text{зб.}}$ – вартість зберігання, грн./(л/день);

		зберігається	
6.4 – 5.3	З _{оф} – витрати на оборотні фонди	$\bar{Q}_{зб.}$	$Z_{оф.} = K_{оф.} \bar{Q}_{зб.} C_m$ K _{оф} – коефіцієнт, який визначає витрати на оборотні фонди в частках від вартості зберігаємого запасу
6.5 – 6.1, 6.2, 6.3, 6.4	З _{сум.} – загальні витрати	З _{пр.} ; З _{тр.} ; З _{зб.} ; З _{оф}	З _{сум.} = З _{пр.} + З _{тр.} + З _{зб.} + З _{оф}

2.6 Модель впливу температури повітря на інтенсивність витрати моторної оливи

Попередні дослідження показали, що температура охолоджуючої рідини і оливи в піддоні істотно впливає на інтенсивність витрати оливи. У той же час температури теплоносія і оливи лінійно залежать від температури навколишнього повітря.

При розробці моделі впливу температури повітря на інтенсивність витрати моторної оливи необхідно враховувати наступні факти:

1 – при малому часі роботи двигуна від початку експлуатації підвищення температури повітря призводить до зниження інтенсивності витрати моторної оливи за рахунок зменшення товщини оливної плівки на стінках циліндрів;

2 – при значному напрацюванні двигуна від початку експлуатації, близькому до робочого часу до капітального ремонту, підвищення температури повітря призводить до збільшення інтенсивності витрати моторної оливи, так як погіршується герметизація зазорів між поршнями і циліндрами;

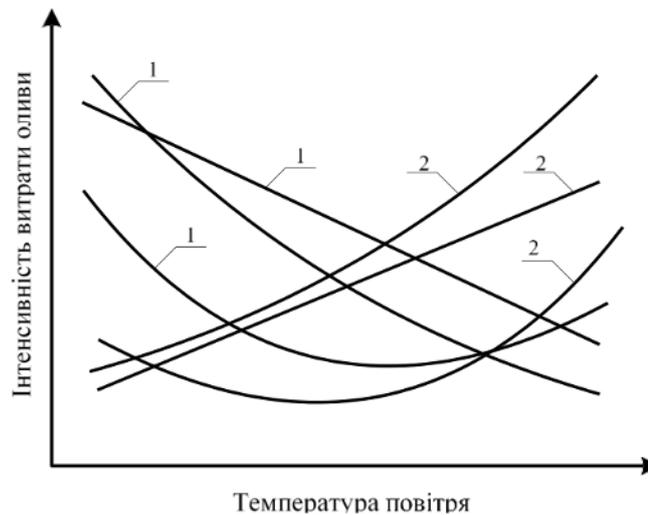
3 – стендові випробування показали, що зміна температури охолоджуючої рідини і оливи від 50 °С до 90 °С змінює інтенсивність витрати оливи в два рази і більше, але очевидно, що в процесі експлуатації змінюються тепловий, навантажувальний і швидкісний режими двигуна, тому зміна температури навколишнього середовища в меншій мірі впливає на інтенсивність витрати моторної оливи.

Сформулюємо вимоги до моделі:

1 – адекватність експериментальним даним;

2 – відсутність протиріч фізичному змісту;
 3 – можливість практичного використання;
 4 – системність, тобто можливість складання багатофакторної моделі з її допомогою.

Таким чином, розглянута залежність може бути як прямою, так і оберненою, як лінійною, так і нелінійною (рис. 2.5).



- 1 – при малому часі роботи двигуна від початку експлуатації;
 2 – при значному напрацюванні двигуна від початку експлуатації, близькому до робочого часу до капітального ремонту

Рисунок 2.5 - Гіпотези за типом математичної моделі впливу температури навколишнього повітря на інтенсивність витрати моторної оливи

Висунемо ряд гіпотез про тип математичної моделі впливу температури повітря t на інтенсивність витрати моторної оливи q :

- лінійна $q = a_0 + a_1 t$;
- експотенціальна мультиплікативна $q = a_0 e^{a_1 t}$;
- квадратична $q = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$,

де a_0, a_1, a_2 – емпіричні коефіцієнти.

Висунуті гіпотези про вплив температури навколишнього повітря на інтенсивність витрати моторної оливи повинні бути перевірені на основі експерименту і підібрана одна із запропонованих моделей, що відповідає вимогам.

2.7 Модель впливу часу роботи від початку роботи двигуна на інтенсивність витрати моторної оливи

Попередні дослідження показали, що технічний стан двигуна (стан сальникових ущільнювачів колінчастого вала, прокладок клапанної кришки і картера, кришок оливавідбивача клапанів, систем живлення і охолодження, турбокомпресора і пневматичного компресора; знос циліндрів, поршнів, поршневих кілець, стрижнів клапанів, втулок клапанів; закоксування поршневих канавок і поршневих кілець) істотно впливає на інтенсивність витрати оливи. У той же час температури теплоносія і оливи лінійно залежать від температури навколишнього повітря.

Параметри технічного стану двигуна погіршуються зі збільшенням часу роботи. Врахувати вплив зміни кожного параметра на зміну витрати моторної оливи окремо не представляється можливим, тому час роботи двигуна від початку експлуатації (або після капітального ремонту) можна використовувати як інтегральний показник технічного стану.

При розробці моделі впливу часу роботи двигуна на інтенсивність витрати моторної оливи необхідно враховувати наступні факти:

1. – зі збільшенням часу роботи інтенсивність витрати оливи зростає. Розглянута залежність пряма (рис. 2.6);

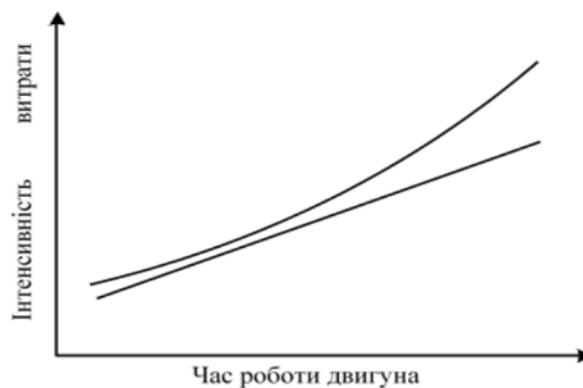


Рисунок 2.6 - Гіпотеза про тип математичної моделі впливу часу роботи двигуна на інтенсивність витрати моторної оливи

2. – попередні дослідження, зокрема в роботі [19], встановили, що розглянута залежність адекватно описується експоненціальною моделлю.

До моделі пред'являються ті ж вимоги, що і до попередньої моделі, які викладені в розділі 2.6.

Висунемо ряд гіпотез про тип математичної моделі часу роботи L на інтенсивність витрати моторної оливи q :

- лінійна $q = b_0 + b_1L$;
- експоненціальна мультиплікативна $q = b_0e^{b_1L}$;
- експоненціально з вільним членом $q = b_0 + b_1e^{b_2L}$,

де b_0, b_1, b_2 – емпіричні коефіцієнти.

Висунуті гіпотези про тип математичної моделі впливу часу роботи на інтенсивність витрати моторної оливи повинні бути перевірені на основі експерименту і підібрана одна із запропонованих моделей, що відповідає вимогам.

2.8 Модель впливу швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи

Раніше було встановлено, що інтенсивність витрати моторної оливи різко зростає зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала і відповідним збільшенням частоти обертання поршнів. Це пов'язано з інтенсифікацією розбризкування оливи на поверхню циліндрів, а також збільшенням сил інерції і кількості оливи, що викидається в поршневий простір.

Частота обертання колінчастого вала під час роботи автомобілів не фіксується, її не можна встановити за повідомленими даними. Тому необхідно враховувати й інші показники, пов'язані з нею. До них відноситься і швидкість руху автомобіля. При цьому слід зазначити, що сувора залежність між обертами двигуна і швидкістю автомобіля існує тільки при русі на фіксованій передачі в коробці передач. У реальній експлуатації ця опція не реалізована. Тому мова

може йти тільки про кореляцію між частотою обертання колінчастого вала і швидкістю руху автомобіля.

В якості характеристики швидкісного режиму роботи автомобілів в практиці автотранспортних підприємств використовують середню технічну швидкість V_t і середню робочу швидкість V_e . Перший показник, середня технічна швидкість, є більш інформативним, так як його значення ближче до середньої швидкості автомобіля, ніж до середньої робочої швидкості від інтенсивності витрати моторної оливи.

У літературі немає даних про вплив V_t на інтенсивність витрати моторної оливи. Очевидно, що миттєва швидкість і середня технічна швидкість по-різному впливають на інтенсивність витрати моторної оливи.

Середня технічна швидкість залежить від миттєвої швидкості, а також від частоти і тривалості зупинок, пов'язаних з пристроями регулювання дорожнього руху. Миттєва швидкість залежить від багатьох факторів, але в основному це пов'язано з умовами експлуатації. Відносна зміна швидкості рухомого складу Δv в залежності від сумарного коефіцієнта опору дороги φ описується рівняннями:

$$\Delta v_x = 0,188 + 0,015/\varphi \text{ при русі без вантажу};$$

$$\Delta v_r = 0,1 + 0,0137/\varphi \text{ при русі з вантажем.}$$

За даними того ж джерела [3], середня швидкість руху вантажних автомобілів по дорогах з твердим покриттям становить: магістральних доріг – 51,5 ... 61,8 км/год; Велике місто – 31,0 ... 33,6 км/год; гірські дороги – 39,6 км/год; дороги місцевого призначення – 46,0 км/год.

Середні значення коефіцієнта опору коченню для різних типів і умов дорожнього покриття становлять:

- сухий цемент та асфальтобетон I категорії – 0,014;
- сухий ґрунт профільований V категорії – 0,048;
- необроблений мелений профільований V категорії – 0,10;
- засніжений ґрунт профільований V категорії – 0,050.

Підставляючи ці значення в останнє рівняння, а також приймаючи базову швидкість за 60 км/год, отримуємо середні швидкості автомобілів при різних

умовах дорожнього покриття:

- сухий цемент та асфальтобетон I категорії – 64,7 км/год;
- сухий ґрунт профільований V категорії – 23,1 км/год;
- вологий ґрунт профільований категорії V – 14,2 км/год;
- засніжений ґрунт профільований V категорії – 22,4 км/год.

Таким чином, інтервал варіації середньої швидкості становить 15 ... 65 км/год.

При русі в складних дорожніх умовах і при русі в заміських умовах сили опору руху автомобіля значно вищі, ніж в інших умовах: в першому випадку - за рахунок високого опору коченню, у другому - за рахунок сили опору повітря. Тому для подолання сил опору необхідно привести двигун в режим роботи, близький до максимальної потужності, який відповідає швидкості обертання колінчастого вала що близький до максимуму. З огляду на те, що витрата оливи збільшується зі збільшенням частоти обертання поршня, можна припустити, що при мінімальних і максимальних значеннях V_m інтенсивність витрати оливи вище, ніж при середніх значеннях.

У зв'язку з цим висунемо гіпотезу про те, що закономірність впливу середньої технічної швидкості автомобіля V_m на інтенсивність витрати моторної оливи q може бути описана квадратичною моделлю наступного виду (рис. 2.7):



Рисунок 2.7 - Гіпотеза про тип математичної моделі впливу середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи

$$q = c_0 + c_1V_T + c_2V_T^2,$$

де c_0, c_1, c_2 – емпіричні коефіцієнти.

Для перевірки гіпотези про тип математичної моделі впливу середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи необхідно провести експериментальні дослідження.

2.9 Багатофакторна модель впливу умов експлуатації на інтенсивність витрати моторної оливи

Виходячи з припущення, що при зміні часу роботи двигуна змінюється тенденція до зміни інтенсивності витрати оливи зі зміною температури повітря, а між середньою технічною швидкістю і двома іншими факторами немає взаємної дії, перемножуємо моделі впливу часу роботи і температури повітря і підсумовуємо отриманий результат з моделлю впливу температури. При розгляді варіантів однофакторних моделей, гіпотези які були розроблені вище, були отримані наступні варіанти багатофакторних моделей.

Варіант 1. Початкові однофакторні моделі:

$$q = a_0 + a_1t;$$

$$q = b_0 + b_1L;$$

$$q = c_0 + c_1V_T + c_2V_T^2.$$

Виходячи з припущення, що при зміні часу роботи двигуна змінюється тенденція до зміни інтенсивності витрати оливи зі зміною температури повітря, а взаємної дії між середньою технічною швидкістю і двома іншими факторами немає, перемножуємо перші дві моделі і підсумовуємо отриманий результат з третьою моделлю:

$$q = a_0b_0 + a_1b_0t + a_0b_1L + a_1b_1tL + c_0 + c_1V_T + c_2V_T^2$$

Позначимо:

$$A_0 = a_0b_0 + c_0;$$

$$A_1 = a_1b_0;$$

$$A_2 = a_0b_1;$$

$$A_3 = a_1 b_1;$$

$$A_4 = c_1;$$

$$A_5 = c_2.$$

Отримаємо:

$$q = A_0 + A_1 t + A_2 L + A_3 t L + A_4 V_T + A_5 V_T^2,$$

де $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ – емпіричні коефіцієнти.

Графічний вигляд цієї моделі показаний на рис. 2.8.

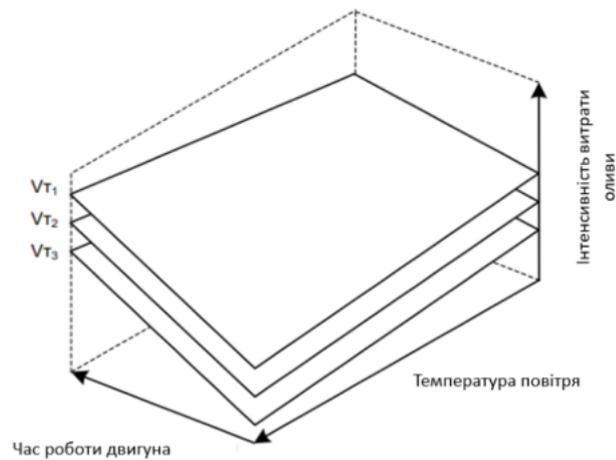


Рисунок 2.8 - Гіпотеза за типом багатofакторної математичної моделі впливу часу роботи двигуна, температури навколишнього повітря і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи, варіант 1

Варіант 2. Початкові однофакторні моделі:

$$q = a_0 e^{a_1 t};$$

$$q = b_0 e^{b_1 L};$$

$$q = c_0 + c_1 V_T + c_2 V_T^2.$$

Компонування багатofакторної моделі:

$$q = a_0 b_0 e^{a_1 t} e^{b_1 L} + c_0 + c_1 V_T + c_2 V_T^2$$

Позначимо:

$$A_0 = c_0;$$

$$A_1 = a_0 b_0;$$

$$A_2 = a_1;$$

$$A_3 = b_1;$$

$$A_4 = c_1;$$

$$A_5 = c_2.$$

Отримаємо:

$$q = A_0 + A_1 e^{A_2 t} e^{A_3 L} + A_4 V_T + A_5 V_T^2,$$

де $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ – емпіричні коефіцієнти.

Варіант 3. Початкові однофакторні моделі:

$$q = a_0 + a_1 e^{a_2 t},$$

$$q = b_0 + b_1 e^{b_2 L},$$

$$q = c_0 + c_1 V_T + c_2 V_T^2.$$

Компоновка багатфакторної моделі:

$$q = a_0 b_0 + b_0 a_1 e^{a_2 t} + a_0 b_1 e^{b_2 L} + a_1 b_1 e^{a_2 t} e^{b_2 L} + c_0 + c_1 V_T + c_2 V_T^2$$

Позначимо:

$$A_0 = a_0 b_0 + c_0;$$

$$A_1 = a_1 b_0;$$

$$A_2 = a_0 b_1;$$

$$A_3 = a_1 b_1;$$

$$A_4 = a_2;$$

$$A_5 = b_2.$$

$$A_6 = c_1;$$

$$A_7 = c_2.$$

Отримаємо:

$$q = A_0 + A_1 e^{A_4 t} + A_2 e^{A_5 L} + A_3 e^{A_4 t} e^{A_5 L} + A_6 V_T + A_7 V_T^2,$$

де $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ – емпіричні коефіцієнти.

Графічний вигляд цієї моделі показаний на рис. 2.9.

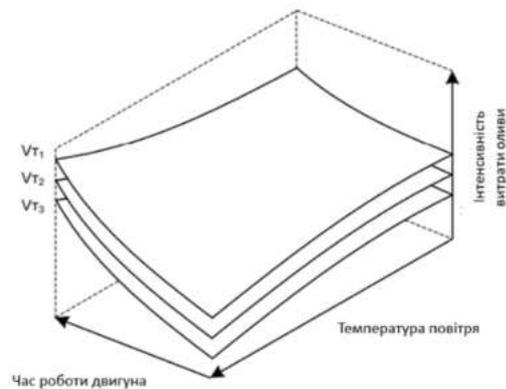


Рисунок 2.9 - Гіпотеза за типом багатofакторної математичної моделі впливу часу роботи двигуна, температури навколишнього повітря і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи, варіант 3

Варіант 4. Початкові однофакторні моделі:

$$q = a_0 + a_1t + a_2t^2;$$

$$q = b_0 + b_1e^{b_2L},$$

$$q = c_0 + c_1V_T + c_2V_T^2.$$

Багатofакторна модель виглядає наступним чином (рис. 2.10):

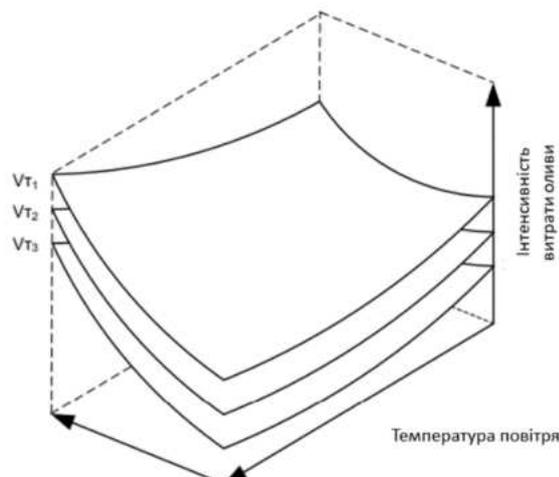


Рисунок 2.10 - Гіпотеза за типом багатofакторної математичної моделі впливу часу роботи двигуна, температури навколишнього повітря і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи, варіант 4

$$q = A_0 + A_1 e^{A_2 L} + A_3 t + A_4 t^2 + A_5 (t - A_6 + A_7 L)^2 + A_8 V_T + A_9 V_T^2,$$

де $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9$ – емпіричні коефіцієнти.

Тут п'ятою складовою є змішаний вплив двох факторів – часу роботи двигуна і температури повітря. Цей компонент дозволяє зрушувати температуру на мінімальну витрату оливи зі збільшенням часу роботи. Параметр A_6 визначає температуру мінімальної витрати оливи при нульовому часі роботи двигуна, а параметр A_7 визначає напрямок і величину об'єму цього мінімуму зі збільшенням часу роботи.

Таким чином, була розроблена гіпотеза про те, що вплив температури повітря, часу роботи від початку експлуатації і середньої технічної швидкості автомобіля можна описати одним з чотирьох варіантів багатofакторних математичних моделей. Рішення про вибір того чи іншого варіанту може бути прийнято після проведення експерименту на основі формальних статистичних критеріїв.

2.10 Імітаційна модель досліджуваної системи

Серед закономірностей взаємодії досліджуваних елементів досліджуваної системи представлених в таблиці 2.4 необхідно виділити закономірності «1 – 2.1» і «1 – 2.2». Вони мають періодичну і випадкову складові, які утворюють відповідні компоненти закономірностей інших рівнів. Тому процес формування потреби в моторній оливі можна охарактеризувати як стохастичний нестационарний. У таких випадках необхідно використовувати імітаційну модель для моделювання.

Структура досліджуваної системи (рис. 2.4) є основою імітаційної моделі. Його укрупнений алгоритм представлений на рис. 2.11.

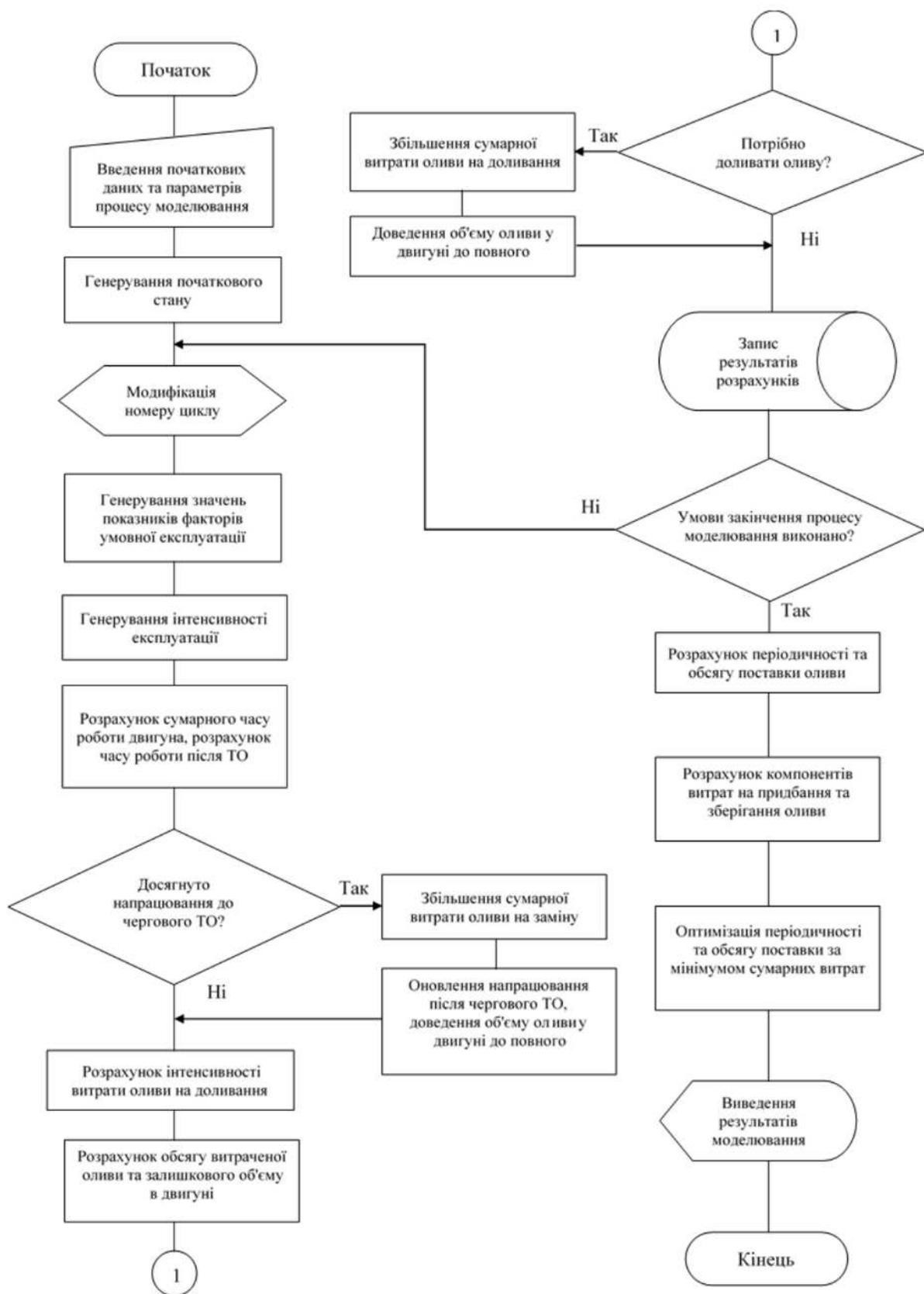


Рисунок 2.11 - Укрупнений алгоритм імітаційної моделі формування витрати моторної оливи при експлуатації автомобілів

Спочатку вводяться вхідні дані та параметри процесу моделювання, а

також генерація початкового стану (початкового пробігу транспортного засобу). Номер лічильника циклів дорівнює одиниці. Далі формуються значення показників факторів умов експлуатації та інтенсивності експлуатації. Розраховується загальний час роботи двигуна і час роботи після чергового технічного обслуговування.

Потім перевіряється умова досягнення часу роботи перед черговим ТО. Якщо напрацювання досягнуто, то відбувається збільшення загальної витрати оливи на заміну, обнулення часу роботи після ТО і доведення обсягу оливи в двигуні до верхньої позначки щупа. Після цього розраховується інтенсивність витрати оливи на доливання.

Якщо напрацювання до чергового ТО не досягнуто, то проводиться перехід до розрахунку інтенсивності витрати оливи на доливання.

Далі розраховується обсяг витраченої оливи і залишковий обсяг в двигуні.

Перевіряється умова необхідності доливання оливи.

Якщо умова виконується, то загальна витрата оливи на доливання збільшується, а обсяг оливи в двигуні доводиться до повної комплектації. Результати розрахунків фіксуються.

Якщо умова не виконується, то результати розрахунку фіксуються.

Далі перевіряється умова закінчення процесу моделювання. Якщо вона не виконується, число лічильника циклів збільшують на одиницю і продовжують розрахунки відповідно до описаного циклу.

Якщо умова виконується, розраховується частота та обсяг постачання оливи, а також складові витрат на закупівлю та зберігання оливи. Далі оптимізується частота і обсяг подачі оливи при мінімумі сумарних витрат. Результати виводяться на екран і розрахунки зупиняються.

2.11 Висновки до другого розділу

1. На основі аналітичних досліджень обґрунтовується мета дослідження, формується цільова функція.

2. На підставі аналізу результатів попередніх досліджень, а також експертного аналізу був зроблений попередній підбір факторів, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи.

3. Встановлено структуру, виявлено основні закономірності взаємодії між елементами досліджуваної системи.

4. Розроблено гіпотези про тип однофакторних математичних моделей впливу температури повітря, часу роботи від початку роботи двигуна та швидкості руху автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи.

5. Розроблено гіпотези про тип багатофакторної математичної моделі впливу умов експлуатації на інтенсивність витрати моторної оливи.

6. Розроблено імітаційну модель досліджуваної системи.

7. Для перевірки гіпотез про тип математичних моделей, а також для визначення числових значень їх параметрів необхідно провести експериментальне дослідження.

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТИ МОТОРНОЇ ОЛИВИ

3.1. Мета і задачі експериментального дослідження

Метою експериментального дослідження є перевірка гіпотез, висунутих в аналітичних дослідженнях, а також визначення числових значень параметрів математичних моделей.

1. Перевірка гіпотези про сезонне коливання потреби в моторній оливі.
2. Оцінка взаємозв'язку між витратою моторної оливи і витратою палива.
3. Підбір факторів, що впливають на витрату моторної оливи.
4. Перевірка гіпотез про тип математичної моделі впливу температури повітря на інтенсивність витрати моторної оливи.
5. Перевірка гіпотез про тип математичної моделі часу роботи за інтенсивністю витрати моторної оливи.
6. Перевірка гіпотез про тип математичної моделі впливу середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи.
7. Перевірка гіпотез про тип багатофакторної математичної моделі впливу температури повітря, часу роботи та середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи.
8. Визначення числових значень параметрів математичних моделей.

Експеримент проводиться в три етапи. На першому етапі проводиться аналіз баз даних товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів для вирішення завдань 1, 2 і 3. На другому етапі перевіряються гіпотези про тип однофакторних математичних моделей з використанням цих баз даних (завдання 4, 5 і 6). На третьому етапі був проведений пасивний експеримент в реальній експлуатації, що полягав у вимірюванні фактичної витрати моторної оливи автомобілями, що експлуатуються в різних умовах експлуатації.

3.2. Оцінка сезонних коливань попиту на моторні оливи

3.2.1. Методика оцінки значущості сезонних коливань у витраті моторної оливи

Показники, значення яких змінюються в динаміці, можна представити у вигляді ряду динаміки. Основна гіпотеза, висунута в цих дослідженнях, говорить про те, що витрата оливи істотно змінюється в часі, відповідно, показники, що характеризують її, можна представити наступним чином:

$$Q = Q_C + Q_T + Q_P, \quad (3.1)$$

де Q_C – константа складової;

Q_T – періодичний компонент;

Q_P – випадковий компонент.

Періодична складова може бути описана гармонічною моделлю наступного виду:

$$Q_T = \sum_{k=1}^g Q_k \cos(m(kT_i - T_{0k})), \quad (3.2)$$

де k – номер цілі;

g – кількість цілей;

Q_k – половина амплітуди коливань k -ї цілі;

T_i – поточний час (у місяцях);

m – інтервал між T_i та T_{i+1} (у градусах);

T_{0k} – початкова фаза коливань (в місяцях).

Для оцінки значущості сезонного коливання показників, що характеризують витрату моторної оливи, лінеаризована цільова модель періодичної складової шляхом заміни змінних. Отримуємо:

$$Q_T = \sum_{k=1}^g Q_k z_k, \text{ де } z_k = \text{Cos}(m(kT_i - T_{0k})), \quad (3.3)$$

Якщо припустити, що цикл коливань витрати моторної оливи має періодичність в 12 місяців, то умову значущості змін можна звести до оцінки значущості коефіцієнта кореляції для лінійного однофакторного рівняння виду

$$Q_T = Q_1 z_1, \text{ де } z_1 = \text{Cos}(30(T_i - T_{0k})), \quad (3.4)$$

Умова значущості коефіцієнта кореляції $r_{Q/z}$ для першої цілі запишеться так:

$$\frac{|r_{Q/z}|}{\sqrt{1-r_{Q/z}^2}} \sqrt{n-2} \geq t_p. \quad (3.5)$$

де t_p – табличне значення критерію Стюдента для довірчої ймовірності P та $n-2$ ступеневій свободі.

Якщо зміна показника оцінюється за середньомісячним значенням, то $n=12$ та $\sqrt{n-2} \approx 3,16$, тому

$$\frac{3,16|r_{q/z}|}{\sqrt{1-r_{Q/z}^2}} \geq t_p. \quad (3.6)$$

Таким чином, отримано умову значущості сезонних змін показників, що характеризують витрату моторної оливи.

Крім оцінки значущості, необхідно оцінити величину змін. Для цього може використовуватися значення півамплітуди коливань першої цілі. Крім нього, існує ще й безрозмірний показник – коефіцієнт нерівномірності K_n , який показує відношення максимального значення показника до середньорічного.

Методика збору вихідних даних для оцінки сезонної варіації показників витрати моторної оливи.

Дані про параметри процесу витрати моторної оливи були зібрані на товаристві з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів.

Спочатку відбиралися автомобілі з бази даних по маркам і моделям, потім вибиралися розглянуті технічні ефекти.

Розроблено програму обробки бази даних, яка дозволяє сортувати технічні впливи по місяцях, а також представляти результати в графічному вигляді.

3.2.2 Планування експерименту для оцінки значущості сезонних коливань у витраті моторної оливи

Експеримент передбачає оцінку показників витрати моторної оливи за кожен місяць протягом року. Так як планова матриця визначається завданням експерименту, то планування зводиться тільки до оцінки необхідної кількості вимірювань в кожній точці плану, тобто за кожен місяць. Мінімумально необхідне число вимірювань N при нормальному законі розподілу значень визначається з виразу:

$$N = t_p^2 V_Q^2 / \Delta^2 \quad (3.7)$$

де t_p — статистика Стюдента, що відповідає ймовірності P ;

V_Q — коефіцієнт варіації;

Δ — відносна похибка.

Результати розрахунків, проведених за останньою формулою, наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Мінімумально необхідне число вимірювань N при нормальному законі розподілу значень

Δ	N при $P=0,95$ та різних значеннях V_Q			
	0,15	0,2	0,25	0,3
0,10	9	15	24	35
0,05	35	61	96	138

При виборі числа вимірювань необхідно перевірити гіпотезу про нормальність розподілу вимірюваних величин, а також визначити значення коефіцієнта варіації.

Для цього був проведений попередній експеримент, який полягав у виборі з бази даних значень кількості доданої оливи за кожен місяць. Отримані зразки були оброблені. Перевірка відповідності емпіричного розподілу нормальному закону перевірялася за критерієм Пірсона.

Дані були отримані для автомобілів КамАЗ-45142, ГАЗ-3307, ВАЗ-2121 «Нива».

Розрахунки показали, що всі емпіричні розподіли з імовірністю не менше 0,95 адекватно апроксимуються нормальним законом (рис. 3.1).

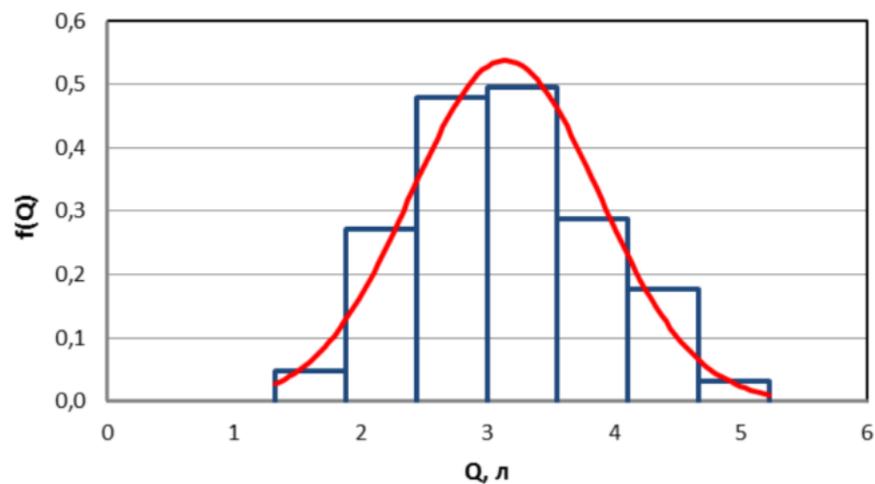


Рисунок 3.1 - Розподіл обсягів оливи, що додається в двигуни автомобілів КамАЗ-45142

Значення коефіцієнта варіації коливалися від 0,15 до 0,24. Відповідно, для забезпечення відносної похибки не більше 0,10 з ймовірністю не менше 0,95 необхідно отримати мінімум 9 ... 24 вимірювань, а для відносної похибки 0,05 – 35 ... 96 вимірювань.

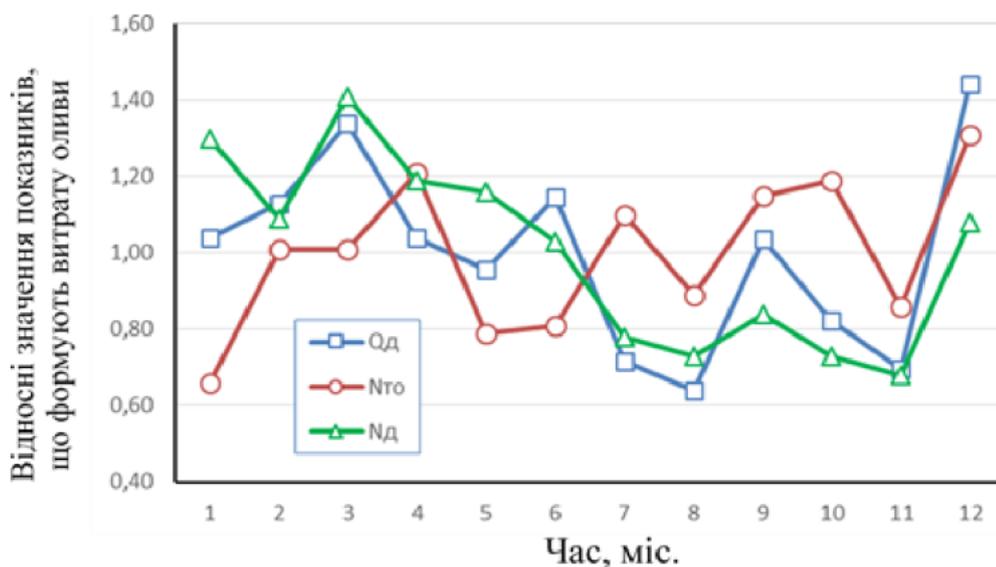
3.2.3 Результати експерименту з оцінки сезонного коливання показників, що формують потребу в моторній оливі

В експерименті брали участь автомобілі трьох марок і моделей: КамАЗ-45142 - 16 одиниць, ГАЗ-3307 – 4 одиниці, ВАЗ-2121 «Нива» - 9 одиниць.

Експеримент можна охарактеризувати як пасивний, що полягає в зборі інформації про фактичні значення показників, що формують потребу в моторній оливі.

Експеримент полягав в обробці бази даних товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів шляхом підбору інформації про моменти технічного впливу на автомобілі перерахованих вище марок і моделей, в тому числі про доливання оливи в двигунах.

При обробці експериментальних даних були розраховані середньомісячні значення числа ТО, числа доливань, а також обсягу долитої оливи. Для забезпечення можливості їх порівняльного аналізу значення переводять у відносні величини (як частку середньомісячних значень за рік). Результати наведені графічно в додатку 2, приклад графіка наведено на рис. 3.2.



Nто – обсяг технічного обслуговування; Nд - кількість виконаних операцій по додаванню оливи в двигун; Qд - обсяг доданої оливи

Рисунок 3.2 - Зміни показників, що формують витрату оливи автомобілів КамАЗ-45142 протягом року

Далі проводиться гармонічний аналіз часового ряду значень показників, що формують витрату моторної оливи автомобілями. Фрагмент результатів

наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Результати гармонічного аналізу зміни витрати оливи на доливання в двигунах автомобілів КамАЗ-45142 протягом року

Номер гармоніки	Q_k	T_i , міс.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,22	2,27	0,4099	0,6402	2,63	2,23
2	0,02	11,99	0,0024	0,0490	0,15	2,23
3	0,05	2,87	0,0204	0,1428	0,46	2,23
4	0,24	0,20	0,5129	0,7162	3,24	2,23
5	0,06	11,89	0,0321	0,1792	0,58	2,23

приклад графіка для першої гармоніки наведено на рис. 3,3, приклад схеми гармонійної моделі наведено на рис. 3.4.

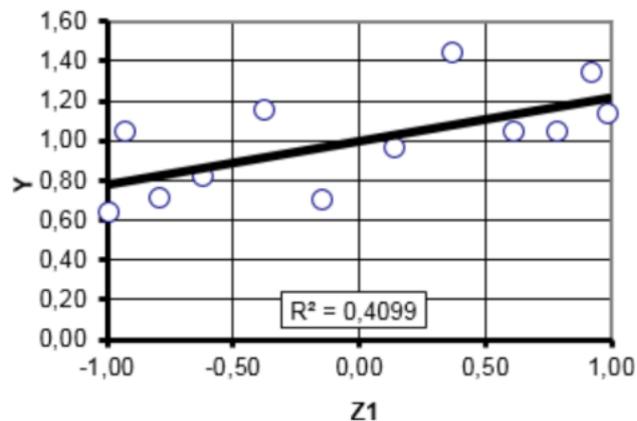


Рисунок 3.3 - Графічне зображення лінеаризованої першої гармоніки моделі зміни витрати оливи на доливання в двигунах автомобілів КамАЗ-45142 протягом року

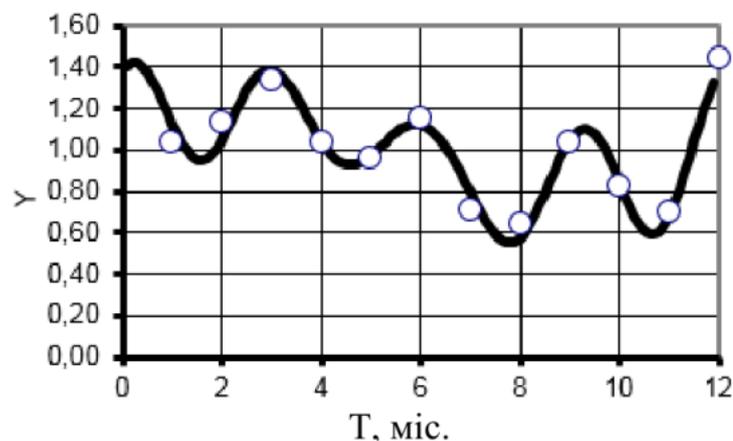


Рисунок 3.4 - Графічне зображення гармонічної моделі зміни витрати оливи на доливання в двигунах автомобілів КамАЗ-45142 протягом року

Показники, представлені в останній таблиці, дозволяють оцінити величину і частоту коливань витрати оливи на доливання:

Q_k – напівамплітуда коливань – показує максимальне відносне відхилення від середнього значення, при цьому період залежить від гармонійного числа: для першої гармоніки – один рік; на другий – $\frac{1}{2}$ року; ...;

T_i – початкова фаза – час у місяцях, що відповідає максимальному значенню гармоніки;

r^2 – коефіцієнт визначення для лінеаризованої гармоніки, що показує частку впливу цієї гармоніки в зміні показника, що розглядається;

r – коефіцієнт кореляції для лінеаризованих гармонік, який характеризує тісність лінійної залежності між часом і зміною показника, що розглядається, з періодичністю, що відповідає гармонічному числу;

t_r – статистика Стьюдента за коефіцієнтом кореляції;

$t_{0,95}$ – табличне значення статистичних даних Стьюдента з ймовірністю 0,95 і кількістю ступенів свободи, що дорівнює 10.

Наступним питанням, що підлягає вирішенню в даному експерименті, є визначення величини максимальних відхилень розглянутих показників від середніх значень. З цією метою для кожного з трьох розглянутих показників був розрахований коефіцієнт нерівномірності, що дорівнює відношенню максимального значення за рік до середньорічного значення.

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Значення коефіцієнтів нерівномірності показників, що формують витрату моторних олив автомобілями

Марка і модель автомобіля	Значення коефіцієнта нерівномірності		
	кількість замінів оливи	кількість доливання оливи	обсяги долитої оливи
КАМАЗ-45142	1,31	1,41	1,44
ГАЗ-3307	1,27	1,62	1,99
ВАЗ-2121 «Нива»	1,21	1,36	1,51

Аналіз результатів показав, що за кількістю замінів оливи в двигунах коефіцієнт нерівномірності варіюється від 1,21 (ВАЗ-2121 «Нива») до 1,31 (КамАЗ-

45142).

Коефіцієнт нерівномірності числа доливання оливи варіюється від 1,36 (ВАЗ-2121 «Нива») до 1,62 (ГАЗ-3307).

Коефіцієнт нерівномірності обсягу долитого оливи коливається від 1,44 (КАМАЗ-45142) до 1,99 (ГАЗ-3307).

Таким чином, обсяги оливи, що підлягає заміні і доливання, істотно різняться протягом року.

3.3 Залежність між витратою моторної оливи і витратою палива

3.3.1 Методи експериментальних досліджень взаємозв'язку між витратою моторної оливи і витратою палива

Сучасна система нормування витрати моторної оливи передбачає визначення нормативної витрати в залежності від кількості споживаного палива. У цих дослідженнях була висунута гіпотеза про те, що немає суворої залежності між витратою палива і витратою моторної оливи, тобто витрата оливи корелює з витратою палива, але коефіцієнт кореляції значно менше одиниці. Тому витрата оливи залежить від ряду інших факторів, які по-різному впливають на витрату палива і витрату оливи.

Експериментальні дослідження справедливі для підтвердження цього припущення. Суть експерименту полягала в зборі статистичних даних про витрату палива і витрати оливи за цикли між ТО, коли змінюється олива.

3.3.2 Результати експериментальних досліджень взаємозв'язку між витратою моторної оливи і витратою палива

В результаті обробки даних між циклами технічного обслуговування з бази даних було визначено час роботи між ТО, витрата палива, витрата оливи.

Виходячи з цих даних, було розраховано:

- середню питому витрату палива, л/100 км;
- сумарну витрату оливи в період між двома послідовними ТО, л;
- середню інтенсивність витрати оливи на доливання, л/1000 км.

Аналіз отриманих експериментальних даних показав наступне.

1. Вплив витрати палива автомобіля на загальну витрату моторної оливи статистично значущий: значення коефіцієнта парної кореляції склало 0,5023; Т-статистика Стьюдента склала 13,34, її значення перевищує таблицю з імовірністю більше 0,95. Це свідчить про наявність статистично значущої кореляції між витратою моторної оливи і витратою палива. Такий взаємозв'язок обумовлений залежністю як витрати палива, так і витрати оливи від часу роботи автомобіля. Між часом роботи і витратою оливи на заміну існує особливо сильна залежність, так як теоретично вона повинна проводитися через фіксовані проміжки часу. Результати експерименту графічно представлені на рис. 3.5.

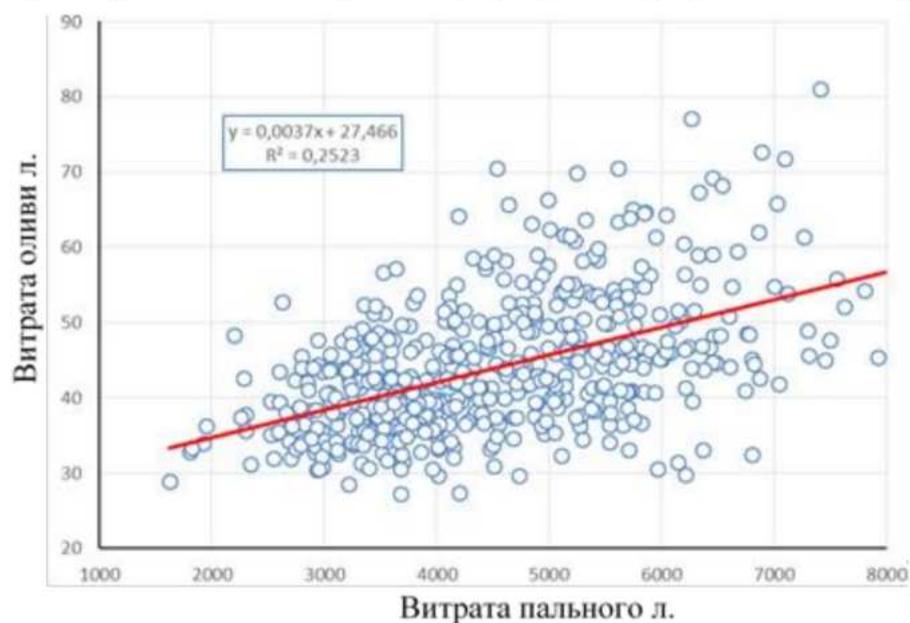


Рисунок 3.5 - Вплив витрати палива автомобілем на загальну витрату моторної оливи

2. Значення коефіцієнта визначення впливу витрати палива на витрату оливи склало 0,2523. Це свідчить про те, що витрата оливи визначається витратою палива всього на 25%, тобто на $\frac{1}{4}$. На $\frac{3}{4}$ витрата оливи залежить від інших факторів, які необхідно враховувати при плануванні потреби. Серед таких

факторів слід розрізняти, по-перше, розкид годин роботи між замінами оливи, а по-друге, розкид умов експлуатації, які по-різному впливають на питому спрямовану витрату палива і інтенсивність витрати оливи, по-третє, різну ступінь впливу часу роботи двигуна на розглянуті показники.

3. При розгляді впливу витрати палива на складові витрати оливи було встановлено, що вплив питомої витрати палива на інтенсивність витрати оливи не є статистично значущим: значення коефіцієнта кореляції склало 0,0019; Т-статистика Стьюдента дорівнює 1,00, її значення не дотягує до табличного значення ймовірності 0,80, що дорівнює 1,29 (табл. 3.4). Результати експерименту графічно представлені на рис. 3.6.

Таблиця 3.4 - Оцінка статистичної значущості впливу витрати палива на загальну витрату оливи і питомої витрати палива на поїздки на інтенсивність витрати оливи

Найменування показників	Значення для	
	вплив витрати палива на загальну витрату оливи	вплив питомої витрати палива на поїздки на інтенсивність витрати оливи
Коефіцієнт детермінації	0,2523	0,0019
Коефіцієнт кореляції	0,5023	0,0436
Розмір вибірки	529	529
t-статистика Стьюдента	13,34	1,00
t _{0,95}	1,98	1,98
t _{0,90}	1,66	1,66
t _{0,80}	1,29	1,29

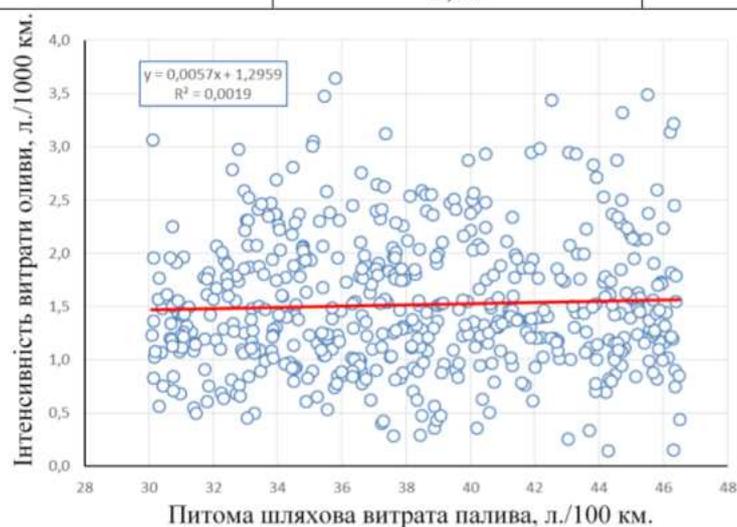


Рисунок 3.6 - Вплив питомої шляхової витрати палива на інтенсивність витрати оливи на доливання

Таким чином, на підставі пасивного експерименту встановлено, що між витратою палива і витратою моторної оливи існує залежність, але витрата палива визначає витрату оливи тільки на $\frac{1}{4}$, тому при визначенні потреби в ньому необхідно враховувати інші фактори.

3.4 Підбір факторів, що впливають на витрату моторної оливи

3.4.1 Методика підбору факторів, що впливають на витрату моторної оливи

Підбір факторів, що впливають на витрату моторної оливи, проводився на основі пасивного експерименту. В якості джерела інформації була використана корпоративна база даних товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів.

Значимість фактора оцінювали за допомогою t-статистики Стюдента. Для цього було розраховано значення коефіцієнта парної кореляції та t статистики для нього. При перевірці значущості нелінійного зв'язку при розрахунку коефіцієнта кореляції була лінеаризована математична модель шляхом заміни змінних. Фактор вважався значущим, якщо розрахункове значення t-статистики коефіцієнта кореляції перевищувало табличне значення з імовірністю не менше 0,95.

3.4.2 Перевірка гіпотези про вплив часу роботи двигуна на інтенсивність витрати моторної оливи

Для перевірки гіпотези про вплив часу роботи двигуна на інтенсивність витрати моторної оливи були відібрані дані про випадки доливання оливи в двигунах автомобілів марки КамАЗ-45142 в період з 2017 по 2024 рік з корпоративної бази даних товариства з обмеженою відповідальністю

«Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів. Інтенсивність витрати оливи розраховувалася як відношення кількості долитої оливи до часу роботи автомобіля між двома послідовними доливаннями або між ТО-2, коли олива замінюється, і доливанням. Потім визначався час роботи двигуна від початку роботи до моменту доливання.

Далі отримані пари значень часу роботи та інтенсивності витрати оливи апроксимували експоненціальною моделлю, а після лінеаризації розраховували коефіцієнт кореляції. Отримане значення було використано для розрахунку t-статистики Стьюдента.

При цьому при значенні коефіцієнта кореляції 0,522 і числі ступенів свободи 530 – 2 розрахункове значення t-статистики склало

$$t = \frac{|0,522|}{\sqrt{1 - 0,522^2}} \sqrt{530 - 2} = 14,03 > t_{0,95} = 1,98.$$

У графічному вигляді вплив часу роботи двигуна на інтенсивність витрати моторної оливи представлено на рис. 3.7.

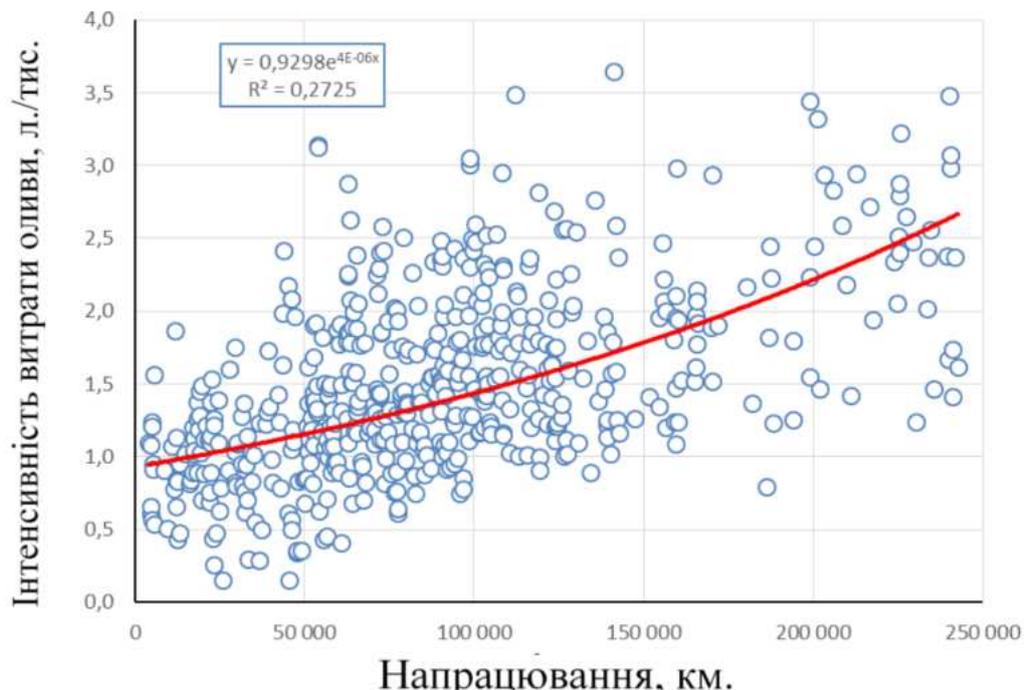


Рисунок 3.7 - Вплив напрацювання двигуна на інтенсивність витрати моторної оливи

Таблиця 3.5 - Оцінка статистичної значущості впливу часу роботи двигуна на інтенсивність витрати моторної оливи

Найменування показників	Значення
Розмір вибірки	530
Коефіцієнт детермінації	0,273
Коефіцієнт кореляції	0,522
t-статистика Стьюдента	14,06
$t_{0,95}$	1,98

Таким чином, розрахунки показали, що з ймовірністю більше 0,95 напрацювання двигуна впливає на інтенсивність витрати моторної оливи.

3.4.3 Перевірка гіпотези про вплив температури повітря на інтенсивність витрати моторної оливи

Для перевірки гіпотези про вплив температури повітря на інтенсивність споживання моторної оливи були отримані вихідні дані з корпоративної бази даних товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів. Як і в попередньому випадку, описаному в розділі 3.4.2, були підбрані дані про випадки доливання оливи в двигунах автомобілів марки КамАЗ-45142 в період з 2017 по 2024 рік, а також розрахована інтенсивність витрати оливи. При цьому були зафіксовані дати двох послідовних поповнень. Потім були визначені середні температури повітря в період між доливанням. Джерелом інформації про температуру повітря є сайт Gismeteo.

Далі пари значень середньої температури повітря та інтенсивності витрати оливи апроксимували квадратичною моделлю (рис. 3.8), а після лінеаризації розраховували коефіцієнт кореляції, для чого розраховували t-статистику Стьюдента (табл. 3.6).

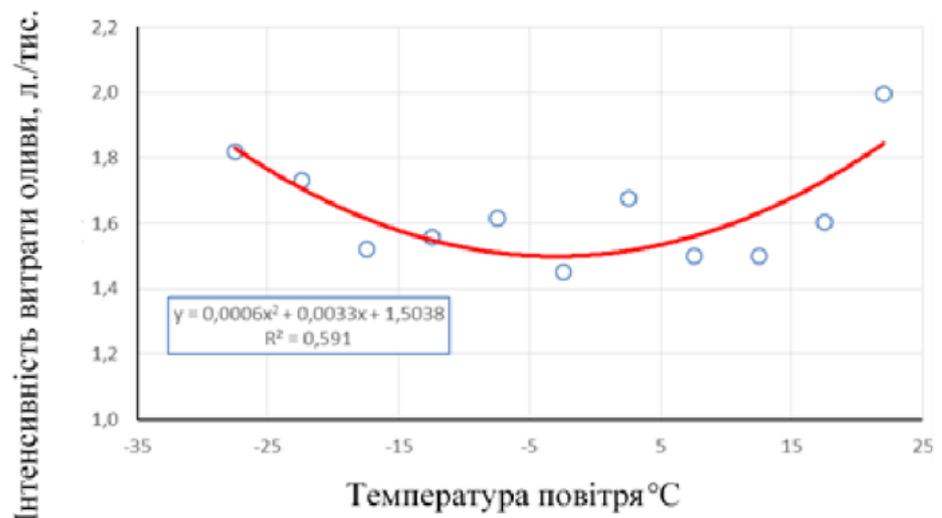


Рисунок 3.8 - Вплив температури навколишнього повітря на інтенсивність витрати моторної оливи (згруповані дані)

Таблиця 3.6 - Оцінка статистичної значущості впливу температури навколишнього повітря на інтенсивність витрати моторної оливи

Найменування показників	Значення
Розмір вибірки	11
Коефіцієнт детермінації	0,591
Коефіцієнт кореляції	0,767
t-статистика Стьюдента	3,61
$t_{0,95}$	2,26

Аналіз результатів показує, що з ймовірністю 0,95 значення t-статистики перевищує табличне. Тому гіпотеза про коливання температури повітря на інтенсивність витрати моторної оливи підтверджується.

3.4.4 Перевірка гіпотези про вплив середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи

Гіпотеза про вплив середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи була перевірена на підставі вихідних даних, отриманих з корпоративної бази даних товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька

промислова група» м. Немирів. Для цього були підібрані дані про випадки доливання оливи в двигунах автомобілів КамАЗ 45142 в період з 2023 по 2024 рік, а також розрахована інтенсивність витрати оливи. З бази даних операційного відділу вибираються значення часу руху в період між поповненнями. Виходячи з пробігу між заправками і часу їзди була розрахована середня технічна швидкість.

Далі пари значень середньої технічної швидкості та інтенсивності витрати оливи апроксимували квадратичною моделлю (рис. 3.9), а після лінеаризації розраховали коефіцієнт кореляції, для чого розраховали t-статистику Стьюдента (табл. 3.7).

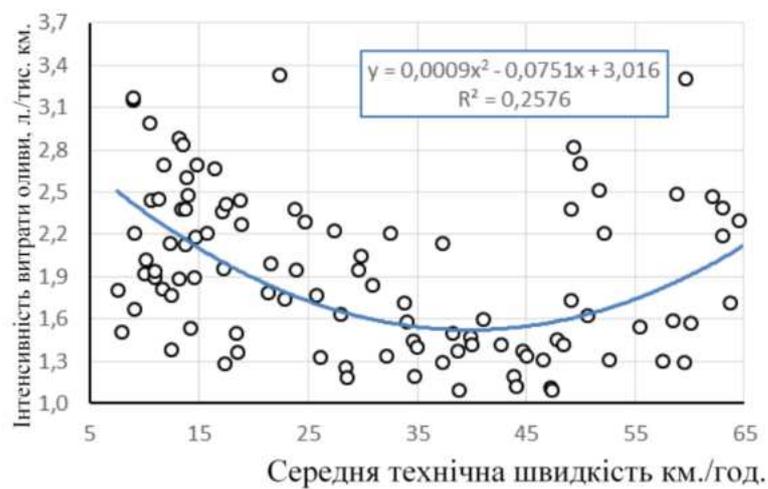


Рисунок 3.9 - Вплив середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи (незгруповані дані)

Таблиця 3.7 - Оцінка статистичної значущості впливу середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи

Найменування показників	Значення
Розмір вибірки	108
Коефіцієнт детермінації	0,257
Коефіцієнт кореляції	0,507
t-статистика Стьюдента	6,06
$t_{0,95}$	2,00

Аналіз результатів показує, що з ймовірністю 0,95 значення t-статистики

перевищує табличне. Таким чином, гіпотеза про коливання середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи підтверджується.

3.5 Перевірка гіпотез про тип математичних моделей впливу факторів на інтенсивність витрати моторної оливи

3.5.1 Методика перевірки гіпотез

Перевірка гіпотез про тип математичних моделей впливу факторів на інтенсивність витрати моторної оливи проводилася на основі пасивного експерименту. В якості джерела інформації була використана корпоративна база даних товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів.

Адекватність моделей експериментальним даним оцінювали за допомогою F-критерію Фішера. Для цього було розраховано значення коефіцієнта дисперсії Фішера. Модель вважалася адекватною, якщо розрахункове значення коефіцієнта дисперсії перевищувало табличне значення F-статистики із заданою ймовірністю, наприклад, 0,95.

3.5.2 Перевірка гіпотез про тип математичної моделі впливу часу роботи на інтенсивність витрати моторної оливи

У теоретичних дослідженнях були висунуті гіпотези про тип математичної моделі напрацювання L для інтенсивності витрати моторної оливи q : лінійну, експоненціальну мультиплікативну і експоненціальну з вільним членом.

Числові значення параметрів моделі визначали методом найменших квадратів за допомогою програми «REGRESS». Для всіх трьох моделей коефіцієнт дисперсії Фішера перевищив допустиме значення, що означає, що вони адекватні фактичним даним з імовірністю 0,95 (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 - Статистичні характеристики математичних моделей

Найменування показника	Значення для моделей		
	лінійної	експоненціальної мультиплікативної	експоненціальної з вільним членом
Розмір вибірки	10	10	10
Коефіцієнт детермінації	0,86	0,83	0,77
Коефіцієнт кореляції	0,93	0,91	0,88
t-статистика Стьюдента	7,16	6,21	5,24
t _{0,95}	2,23	2,26	2,26
Відношення дисперсії Фішера	13,22	9,22	6,54
F _{0,95}	2,98	2,98	3,14

Судячи зі значень дисперсійних відношень, найбільш адекватною є лінійна модель, але результати попередніх досліджень показують, що ця залежність близька до експоненціальної. У зв'язку з цим необхідно з'ясувати, чи значна різниця в точності розглянутих моделей.

Для вирішення цієї проблеми використовується дискримінаційний аналіз. Коефіцієнти апроксимаційних дисперсій порівнюваних моделей склали 1,4... 1,9 при граничних значеннях 2,98 і 3,14, тому з ймовірністю 0,95 різниця в точності моделей незначна.

З огляду на те що експоненціальна модель найбільш узгоджується з фізичним змістом даної відносини, а також з відносною простотою експоненціальної мультиплікативної моделі, перевагу слід віддавати саме їй.

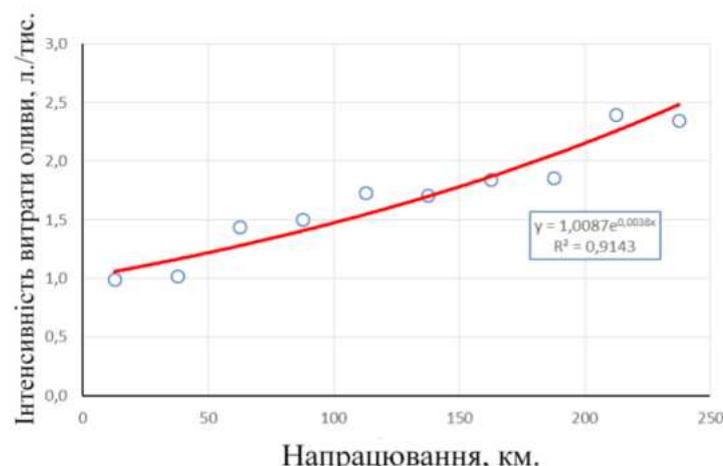


Рисунок 3.10 - Вплив часу роботи двигуна на інтенсивність витрати моторної оливи (згруповані дані)

Таким чином, на основі проведених досліджень була обрана експоненціальна мультиплікативна модель впливу часу роботи двигуна на інтенсивність витрати моторної оливи.

3.5.3 Перевірка гіпотез про тип математичної моделі впливу температури повітря на інтенсивність витрати моторної оливи

У теоретичних дослідженнях були висунуті гіпотези про тип математичної моделі впливу температури повітря t на інтенсивність витрати моторної оливи q : лінійний, експоненціальний і квадратичний.

Числові значення параметрів моделі визначали методом найменших квадратів з використанням програми «REGRESS». Для всіх трьох моделей коефіцієнт дисперсії Фішера був нижчим за допустиму ймовірність 0,95. Для квадратичної моделі (рисунок 3.10) $F = 1,89$, що близько до порогу ймовірності 0,90 з 1,90.

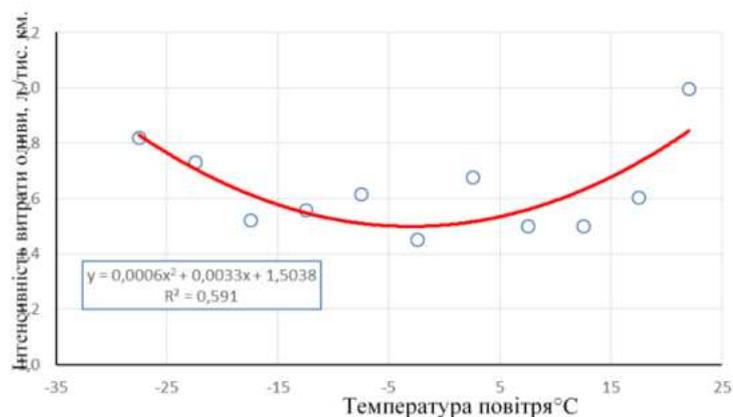


Рисунок 3.11 - Вплив температури повітря на інтенсивність витрати моторної оливи (при часі роботи двигуна 0 ... 250 тис.)

Це значення перевищило табличне значення для ймовірності 0,80, тому можна стверджувати, що модель адекватна фактичним даним з імовірністю не менше 0,80 (табл. 3.9). У той же час лінійна і експоненціальна моделі менш точні, для них коефіцієнти дисперсії нижче, ніж табличні значення для ймовірності 0,80.

Таблиця 3.9 - Статистичні характеристики математичних моделей

Найменування показника	Значення для моделей		
	лінійної	експоненційної	квадратичної
Розмір вибірки	11	11	11
Коефіцієнт детермінації	0,30	0,33	0,58
Коефіцієнт кореляції	0,55	0,57	0,76
t-статистика Стьюдента	1,96	2,09	3,51
t _{0,95}	2,23	2,23	2,23
Відношення дисперсії Фішера	1,28	1,14	1,89
F _{0,90}	1,85	1,90	1,90
F _{0,80}	1,40	1,42	1,42

У розділі 2 на основі аналізу раніше проведених досліджень сформульовані гіпотези про те, що при малому часі роботи двигуна від початку експлуатації підвищення температури повітря призводить до зниження інтенсивності витрати моторної оливи за рахунок зменшення товщини оливної плівки на стінках циліндрів, а при значному часі роботи, близькому до часу роботи до капітального ремонту, підвищення температури повітря призводить до збільшення інтенсивності витрати моторної оливи. Тому що погіршується герметизація зазорів між поршнями і циліндрами. У зв'язку з цим необхідно експериментально перевірити, як змінюється закономірність впливу температури повітря на інтенсивність витрати моторної оливи при зміні часу роботи двигуна.

Для вирішення цього завдання вихідні дані, отримані шляхом обробки бази даних товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів, розбивають на вибірки відповідно до часу роботи двигунів (рис.3.12).

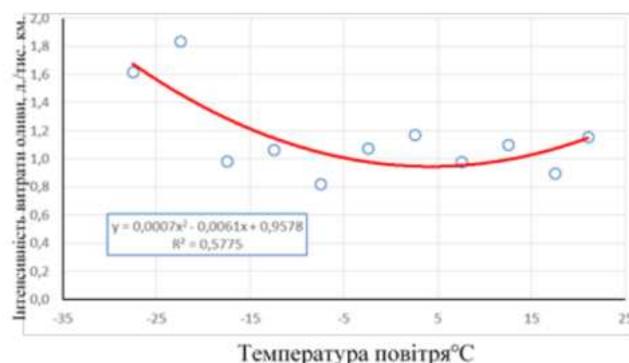


Рисунок 3.12 - Вплив температури повітря на інтенсивність витрати моторної оливи (при часі роботи двигуна 0 ... 50 тис).

Відповідна вибірка була оброблена, результати представлені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 - Статистичні характеристики математичних моделей

Найменування показника	Значення для моделей		
	лінійної	експоненційної	квадратичної
Розмір вибірки	11	11	11
Коефіцієнт детермінації	0,12	0,13	0,47
Коефіцієнт кореляції	0,35	0,36	0,68
t-статистика Стьюдента	1,12	1,17	2,80
t _{0,95}	2,23	2,23	2,23
Відношення дисперсії Фішера	1,03	0,92	1,81
F _{0,90}	1,85	1,90	1,90
F _{0,80}	1,40	1,42	1,42

Коефіцієнт дисперсії Фішера для квадратичної моделі становив 1,81, що вище, ніж табличний коефіцієнт для ймовірності 0,80. Імовірність адекватності лінійних і експоненціальних моделей нижче 0,80.

Аналіз квадратичної моделі для екстремуму показав, що мінімальна інтенсивність витрати моторної оливи відповідає температурі 4,2 °С. На рисунку 3.13 наведено графік залежності інтенсивності витрати моторної оливи від температури повітря в момент роботи від 150 до 250 тис. Обробка цієї вибірки (табл. 3.11) показала, що адекватною є тільки квадратична модель: $F = 1,97$ з критичним значенням для ймовірності 0,90, рівним 1,90. Для лінійних та експоненціальних моделей коефіцієнт дисперсії Фішера значно менший, ніж табличний коефіцієнт для ймовірності 0,80.

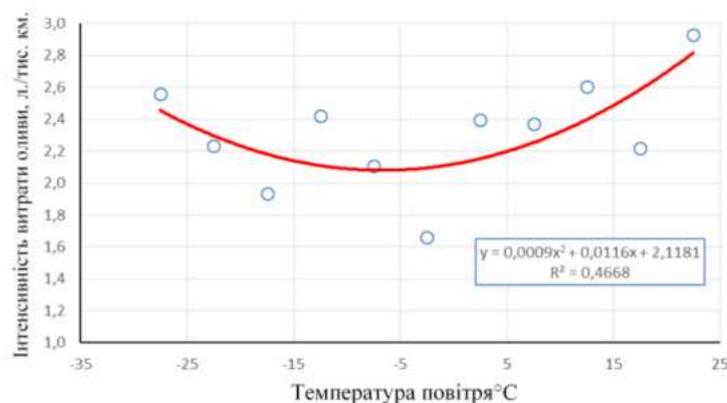


Рисунок 3.13 - Вплив температури повітря на інтенсивність витрати моторної оливи (при часі роботи двигуна 150 ... 250 тис.

Таблиця 3.11 - Статистичні характеристики математичних моделей

Найменування показника	Значення для моделей		
	лінійної	експоненційної	квадратичної
Розмір вибірки	11	11	11
Коефіцієнт детермінації	0,002	0,002	0,61
Коефіцієнт кореляції	0,05	0,05	0,78
t-статистика Стьюдента	0,14	0,15	3,71
t _{0,95}	2,23	2,23	2,23
Відношення дисперсії Фішера	0,90	0,80	1,97
F _{0,90}	1,85	1,90	1,90
F _{0,80}	1,40	1,42	1,42

Для цього зразка аналіз квадратичної моделі для екстремуму показав, що мінімальна інтенсивність витрати моторної оливи відповідає температурі $-6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. З рисунка 3.12 видно, що при $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ інтенсивність витрати оливи нижче, ніж при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на графіку рис. 3.11 спостерігається протилежна картина.

Таким чином, підтвердилася гіпотеза про тип математичної моделі впливу температури повітря на інтенсивність витрати моторної оливи: найкраще наближення забезпечує квадратична модель. Також було підтверджено припущення про вплив часу роботи двигуна на тип регулярності впливу температури на інтенсивність витрати моторної оливи.

3.5.4 Перевірка гіпотез про тип математичної моделі впливу середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи

У розділі 2 висувається гіпотеза про те, що закономірність впливу середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи може бути описана квадратичною моделлю.

В якості джерела інформації була використана корпоративна база даних товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів. Для перевірки гіпотези були розраховані статистичні характеристики математичної моделі.

Числові значення параметрів моделі визначали методом найменших квадратів з використанням програми «REGRESS».

Коефіцієнт дисперсії Фішера становив 78,78 при $F_{0,95}$ який дорівнює 9,28, це означає, що квадратична модель адекватна експериментальним даним з ймовірністю не менше 0,95.

Статистичні характеристики математичної моделі впливу середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи наведені в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 - Статистичні характеристики математичної моделі впливу середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи

Найменування показника	Значення
Розмір вибірки	6
Коефіцієнт детермінації	0,713
Коефіцієнт кореляції	0,844
t-статистика Стьюдента	3,15
$t_{0,95}$	2,02
Відношення дисперсії Фішера	78,78
$F_{0,95}$	9,28
Середня похибка апроксимації, %	10,84

Результати експерименту і апроксимація кривої показані графічно на рис. 3.14.

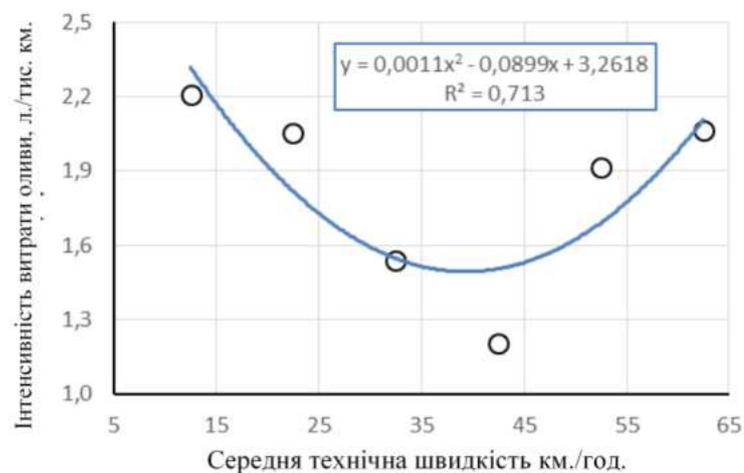


Рисунок 3.14 - Вплив середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи (згруповані дані)

Таким чином, була підтверджена гіпотеза про можливість опису

закономірності впливу середньої технічної швидкості автомобіля на інтенсивність витрати моторної оливи квадратичною моделлю.

3.6 Перевірка гіпотез про тип багатфакторної математичної моделі впливу температури повітря, часу роботи двигуна і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи

3.6.1 Спосіб вимірювання витрати моторної оливи

Виділяють кілька груп методів оцінки витрати оливи: об'ємні, масові, аналітичні (непрямі). Вони відрізняються точністю, трудомісткістю і продуктивністю. Вибір раціонального методу для конкретних випробувань залежить від виду випробувань (стендові, польові, експлуатаційні), а також від числа передбачуваних вимірювань.

У цих дослідженнях проводяться експлуатаційні випробування, що передбачають велику кількість вимірювань (близько 1000). Тому для оцінки витрати оливи необхідно використовувати високопродуктивний метод.

Аналіз попередніх досліджень показав, що найбільш поширеним і доступним методом оцінки витрати моторної оливи є метод, заснований на вимірюванні рівня оливи в картері двигуна до і після випробувань.

Рівень моторної оливи оцінювали за допомогою стандартного щупа (рис. 3.15).

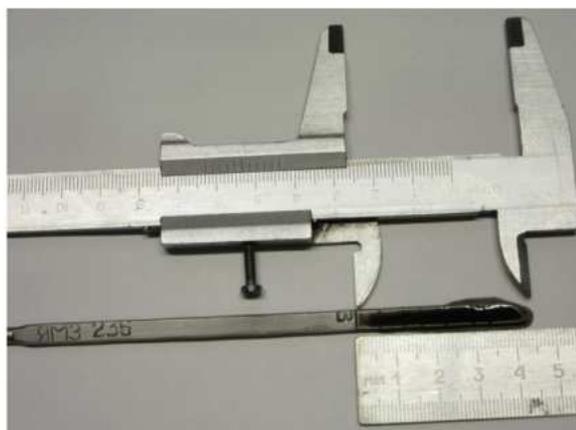


Рисунок 3.15 - Вимірювання рівня оливи

Відстань від нижньої позначки до кордону нафтового сліду вимірювали за допомогою штангенциркуля.

З метою перекладу значень рівня в [мм] в одиниці об'єму експериментально встановлена залежність обсягу оливи в картері двигуна від його рівня (рис. 3.16) для двигунів автомобілів КамАЗ-45142.

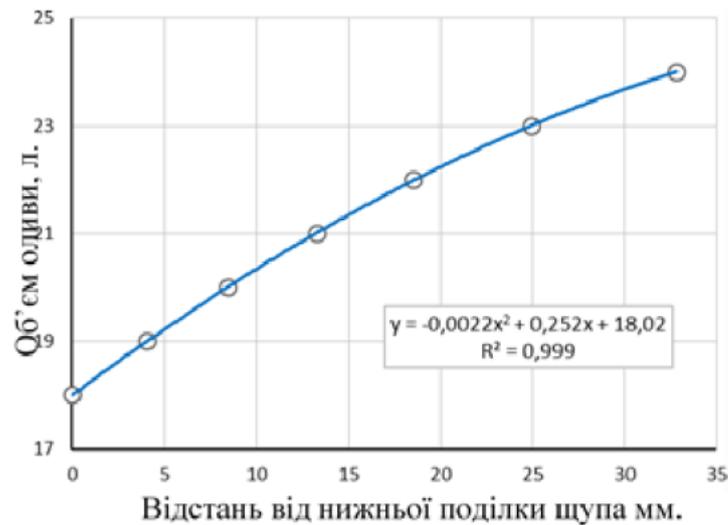


Рисунок 3.16 - Вплив рівня оливи в двигуні на її обсяг

Витрата оливи за результатами двох вимірів рівня оливи h була розрахована за формулою:

$$Q_{i-1,i} = 0,0025h_i^2 - 0,0022h_i - 0,252h_{i-1}^2 + 0,0022h_{i-1}, \text{ (л)}. \quad (3.8)$$

Інтенсивність витрати оливи розраховувалася за формулою:

$$q_{i-1,i} = \frac{Q_{i-1,i}}{L_{i-1,i}}, \left(\frac{\text{л}}{\text{тис.км.}} \right) \quad (3.9)$$

де $L_{i-1,i}$ – пробіг транспортного засобу між двома послідовними вимірюваннями, тис. км.

3.6.2 Оцінка похибки вимірювань

Похибка вимірювань складається з систематичної (інструментальної) і випадкової.

Систематична похибка в розглянутому експерименті визначається ціною поділки вимірювального приладу – штангенциркуля, яка дорівнює 0,1 мм. Витрата оливи визначається за результатами двох вимірювань рівня в картері, тому відповідно межею систематичної похибки з ймовірністю 0,95 складе

$$\theta = 1,1\sqrt{0,1^2 + 0,1^2} = 0,16 \text{ (мм)}.$$

Випадкова похибка пов'язана з неточністю визначення межі масляного сліду на щупі, так як він може бути не прямим і не перпендикулярним осі щупа. Для оцінки випадкової похибки була проведена серія з 30 вимірів рівня оливи в двигуні. Отримані результати представлені на рис. 3.17.

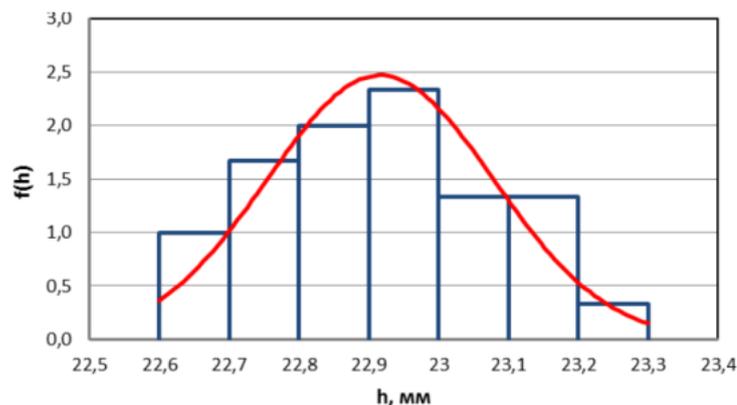


Рисунок 3.17 - Розподіл результатів багаторазових вимірювань рівня оливи

Обробка цієї вибірки показала, що розподіл результатів вимірювань з ймовірністю 0,95 відповідає нормальному закону. Вибіркове значення стандартного відхилення становило $S_h = 0,16$ мм, коефіцієнт варіації $V_h = 0,007$.

Довірчі межі випадкової похибки в даному випадку визначаються за формулою:

$$\varepsilon_h = t_P S_h, \quad (3.10)$$

де t_P – Статистика Стьюдента для $n-1$ ступеня свободи і ймовірності P .

У розглянутому випадку $t_p=2,047$ відповідно для $n=30$ і $P=0,95$

$$\varepsilon_h = 2,047 \cdot 0,17 = 0,348 \text{ (мм)}.$$

Відповідно до [9], якщо, $\frac{\theta}{s_h} < 0,8$, то систематичною похибкою нехтують.

Отже, в даному випадку $\frac{0,16}{0,35} = 0,45 < 0,8$, тому похибка вимірювань складає $\Delta_h = \varepsilon_h = 0,35$ мм.

Обсяг оливи, що відповідає рівню 0,35 мм, залежить від розташування міток на щупі (рис. 3.15): на мінімальному рівні він становить 0,088 л, на максимальному рівні - 0,039 л. З урахуванням того, що витрата оливи визначається на підставі різниці в результатах двох вимірювань рівня, максимальна похибка вимірювання можлива при вимірюванні в районі нижньої позначки щупа і складе в одиницях об'єму оливи з ймовірністю 0,95.

$$\Delta_q = \varepsilon_q = 1,1\sqrt{0,088^2 + 0,039^2} = 0,137 \text{ (л)}.$$

Для забезпечення відносної похибки вимірювань не більше 0,10 необхідно, щоб кількість оливи, витраченої між двома послідовними вимірюваннями, була не менше ніж

$$Q = \frac{0,137}{0,10} = 1,37 \text{ (л)}.$$

Інтенсивність витрати оливи розподіляється за логарифмічно нормальним законом:

$$f(q) = \frac{1}{0,398\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(0,335-\ln q)^2}{0,317}}. \quad (3.11)$$

З імовірністю 0,95 інтенсивність витрати оливи (рис. 3.18) становить не менше 0,71 л/1000 км. Тому виміри потрібно проводити не менш ніж через

$$L_{зм.} = \frac{1,37}{0,71} = 1,93 \text{ (тис. км.)}.$$

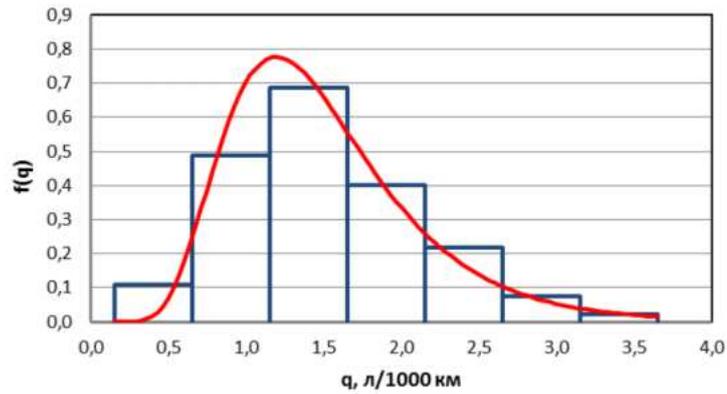


Рисунок 3.18 - Розподіл норм витрати оливи

Для оцінки мінімального проміжку часу між двома послідовними вимірами рівня моторної оливи були отримані дані про фактичний місячний пробіг автомобілів. Обробка даних показала, що емпіричний розподіл (рис. 3.19) з ймовірністю 0,95 адекватно апроксимується нормальним законом

$$f(L) = \frac{1}{1007\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(3698-L)^2}{2028098}}. \quad (3.12)$$

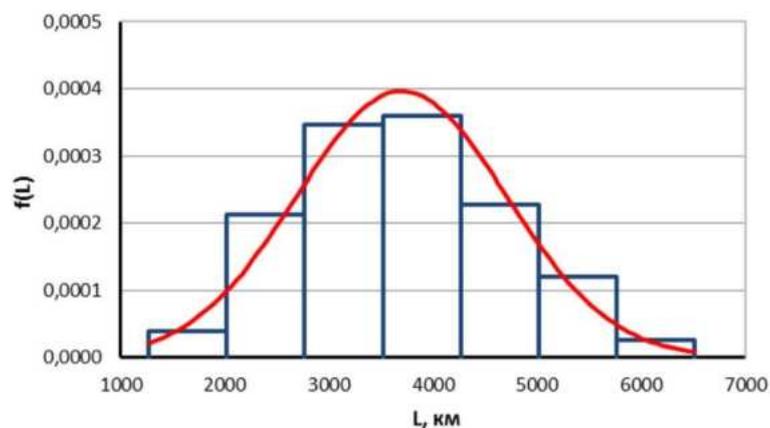


Рисунок 3.19 - Розподіл місячного пробігу автомобілів

З ймовірністю 0,95 місячний пробіг становить не менше 2085 км. Отже, щоб забезпечити відносну похибку вимірювань не більше 0,10 з ймовірністю 0,95, вимірювання слід проводити не частіше, ніж через $\frac{1,93}{2,085} = 0,94$ місяця або 28 днів.

3.6.3 План експерименту

Для перевірки гіпотез про тип і визначення числових значень параметрів багатофакторної математичної моделі впливу температури повітря, часу роботи двигуна і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи був проведений повний факторний експеримент $5 \times 4 \times 3$ з варіацією часу роботи двигуна на п'яти рівнях, температури повітря на чотирьох і середньої технічної швидкості на трьох. Матриця плану експерименту представлена в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 - Матриця плану повного факторного експерименту $5 \times 4 \times 3$

Номер точки плану	Рівні факторів			
	Напрацювання L	Температура, t	Середня технічна швидкість V_T	Середня інтенсивність витрати оливи q
1	2	3	4	5
1	L_1	t_1	V_{T1}	q_1
2			V_{T2}	q_2
3			V_{T3}	q_3
4		t_2	V_{T1}	q_4
5			V_{T2}	q_5
6			V_{T3}	q_6
7		t_3	V_{T1}	q_7
8			V_{T2}	q_8
9			V_{T3}	q_9
10		t_4	V_{T1}	q_{10}
11			V_{T2}	q_{11}
12			V_{T3}	q_{12}
1	2	3	4	5
...
49	L_5	t_1	V_{T1}	q_{49}
50			V_{T2}	q_{50}
51			V_{T3}	q_{51}
52		t_2	V_{T1}	q_{52}
53			V_{T2}	q_{53}
54			V_{T3}	q_{54}
55		t_3	V_{T1}	q_{55}
56			V_{T2}	q_{56}
57			V_{T3}	q_{57}

58	t_4	V_{T1}	q_{58}
59		V_{T2}	q_{59}
60		V_{T3}	q_{60}

Мінімальне число вимірювань в одній точці плану визначалося за формулою:

$$N = \frac{t_P^2 V_q^2}{\Delta^2}, \quad (3.13)$$

де t_P – статистика Стьюдента для вірогідності P ,

V_q – коефіцієнт варіації;

Δ – відносна похибка.

Для оцінки коефіцієнта варіації, необхідного для визначення числа вимірювань, був проведений попередній експеримент на автомобілях з часом роботи двигуна в межах 50 ... 100 тисяч км, що використовуються в тих же дорожніх умовах влітку. В результаті отримана вибірка інтенсивностей витрати моторної оливи, розподілених за нормальним законом (рис. 3.20) з коефіцієнтом варіації $V_q = 0,14$:

$$f(q) = \frac{1}{0,17\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(1,27-q)^2}{0,058}}. \quad (3.14)$$

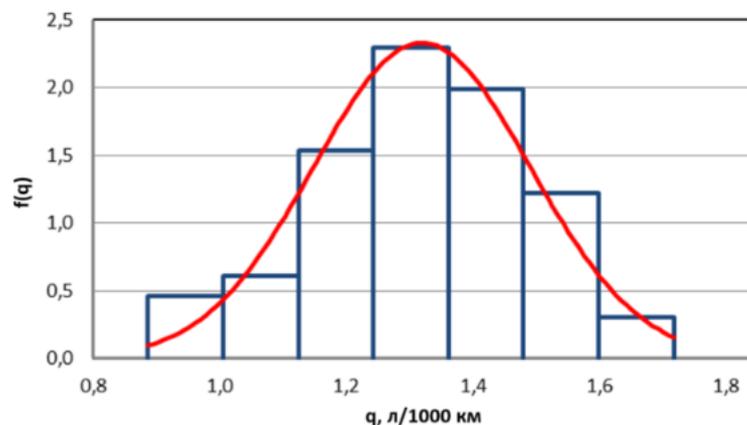


Рисунок 3.20 - Розподіл норм витрати моторної оливи для однорідних умов експлуатації

На основі цієї величини був проведений розрахунок мінімального обсягу вибірки в одній точці плану (табл. 3.14).

Таблиця 3.14 - Мінімальні розміри вибірки для отримання результату з відносною похибкою Δ і ймовірністю P

Відносна похибка Δ	Кількість вимірювань (од.) при P				
	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
0,10	3	5	8	11	13
0,05	13	21	30	43	52

З наведених розрахунків видно, що при мінімальних вимогах до точності і достовірності результатів досить провести три вимірювання, а для забезпечення відносною похибки не більше 0,10 при довірчій ймовірності 0,95 - 8 вимірювань.

3.6.4 Визначення числових значень параметрів багатовимірної математичної моделі

Числові значення параметрів багатовимірної математичної моделі були визначені на основі багатовимірного експерименту за планом, наведеним у попередньому розділі.

Заміри рівня оливи проводилися один раз на місяць. Для кожного автомобіля були розраховані середні значення показників факторів, що враховуються в період між вимірами.

На основі отриманих результатів була розрахована середня інтенсивність витрати оливи між двома послідовними вимірюваннями. Результати були згруповані за рівнями розглянутих факторів, розраховані середні значення інтенсивності споживання оливи в кожній точці плану.

Числові значення параметрів багатовимірної математичної моделі були визначені методом найменших квадратів з використанням програми «RREGRESS». Результати представлені в таблиці 3.15. Приклад модельного графіка наведено на рис. 3.21.

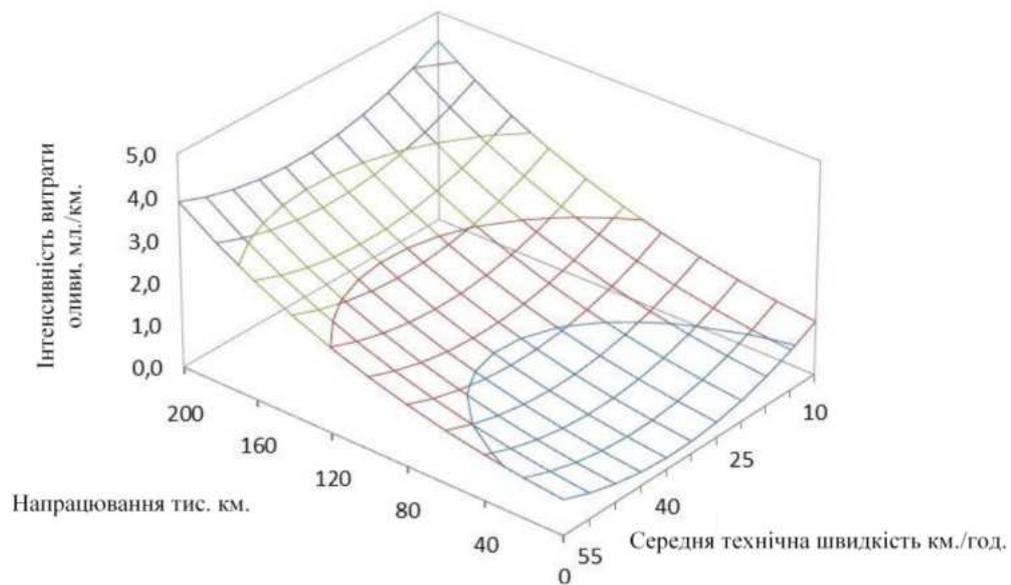


Рисунок 3.21 - Багатофакторна математична модель впливу температури повітря, часу роботи двигуна і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи, варіант 4 ($t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Таблиця 3.15 - Числові значення параметрів багатовимірної математичної моделі

Найменування параметра	Модель 1		Модель 2		Модель 3		Модель 4	
	одиниці вимірювання	числові значення	одиниці вимірювання	числові значення	одиниці вимірювання	числові значення	одиниці вимірювання	числові значення
A0	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	2,48	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	1,02	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	4,12	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	1,91
A1	$\frac{\text{л}}{^{\circ}\text{C} \cdot 10^3 \text{ км}}$	-0,0232	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	2,54	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	-1,12	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	0,187
A2	$\frac{\text{л}}{10^6 \text{ км}^2}$	0,014	$\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$	0,009	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	0,68	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	0,011
A3	$\frac{\text{л}}{^{\circ}\text{C} \cdot 10^6 \text{ км}}$	0,00032	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	0,0018	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	0,65	$\frac{\text{л}}{^{\circ}\text{C} \cdot 10^3 \text{ км}}$	-0,0031
A4	$\frac{\text{л} \cdot \text{год.}}{10^3 \text{ км}^2}$	-0,094	$\frac{\text{л} \cdot \text{год.}}{10^3 \text{ км}^2}$	-0,0925	$\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$	0,05	$\frac{\text{л}}{(^{\circ}\text{C})^2 \cdot 10^6 \text{ км}}$	0,018
A5	$\frac{\text{л} \cdot \text{год.}^2}{10^3 \text{ км}^3}$	0,0012	$\frac{\text{л} \cdot \text{год.}^2}{10^3 \text{ км}^3}$	0,0012	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	0,0042	$\frac{\text{л}}{(^{\circ}\text{C})^2 \cdot 10^6 \text{ км}}$	0,88
A6	-	-	-	-	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	-0,0911	$^{\circ}\text{C}$	8,5
A7	-	-	-	-	$\frac{\text{л}}{10^3 \text{ км}}$	0,0011	$\frac{^{\circ}\text{C}}{10^3 \text{ км}}$	0,18
A8	-	-	-	-	-	-	$\frac{\text{л} \cdot \text{год.}}{10^3 \text{ км}^2}$	-0,094
A9	-	-	-	-	-	-	$\frac{\text{л} \cdot \text{год.}^2}{10^3 \text{ км}^3}$	0,0012

3.6.5 Перевірка гіпотези про значимість факторів, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи

Перевірка гіпотези про значимість факторів, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи, полягала в розрахунку парних коефіцієнтів кореляції між температурою повітря, часом роботи двигуна, середньою технічною швидкістю і інтенсивністю витрати оливи. Значимість коефіцієнта кореляції оцінювали за критерієм Стьюдента. Результати розрахунку коефіцієнтів парної кореляції та t-статистики парних коефіцієнтів кореляції наведені в таблиці 3.16 і 3.17.

Таблиця 3.16 - Числові значення коефіцієнтів парної кореляції інтенсивності витрати моторної оливи з основними факторами

Змінна	Коефіцієнти парної кореляції зі змінними			
	L	t	V _T	q
L	1,000	0,000	0,000	0,757
t	0,000	1,000	0,000	0,266
V _T	0,000	0,000	1,000	-0,306
q	0,757	0,266	-0,306	1,000

Таблиця 3.17 - Числові значення t-статистики коефіцієнтів парної кореляції інтенсивності витрати моторної оливи з основними факторами

Змінна	Значення t-статистик коефіцієнтів парної кореляції зі змінними			
	L	t	V _T	q
L	–	0,000	0,000	6,76
t	0,000	–	0,000	2,38
V _T	0,000	0,000	–	2,73
q	6,76	2,38	2,73	–

З останнього рядка таблиці 3.17 видно, що значення t-статистиків Стьюдента знаходяться в межах 2,38 ... 6.76. Критичне значення $t_{0,95} = 2,00$, отже, з ймовірністю 0,95 всі розглянуті фактори статистично достовірно впливають на інтенсивність витрати моторної оливи.

3.6.4 Оцінка адекватності багатовимірної математичної моделі

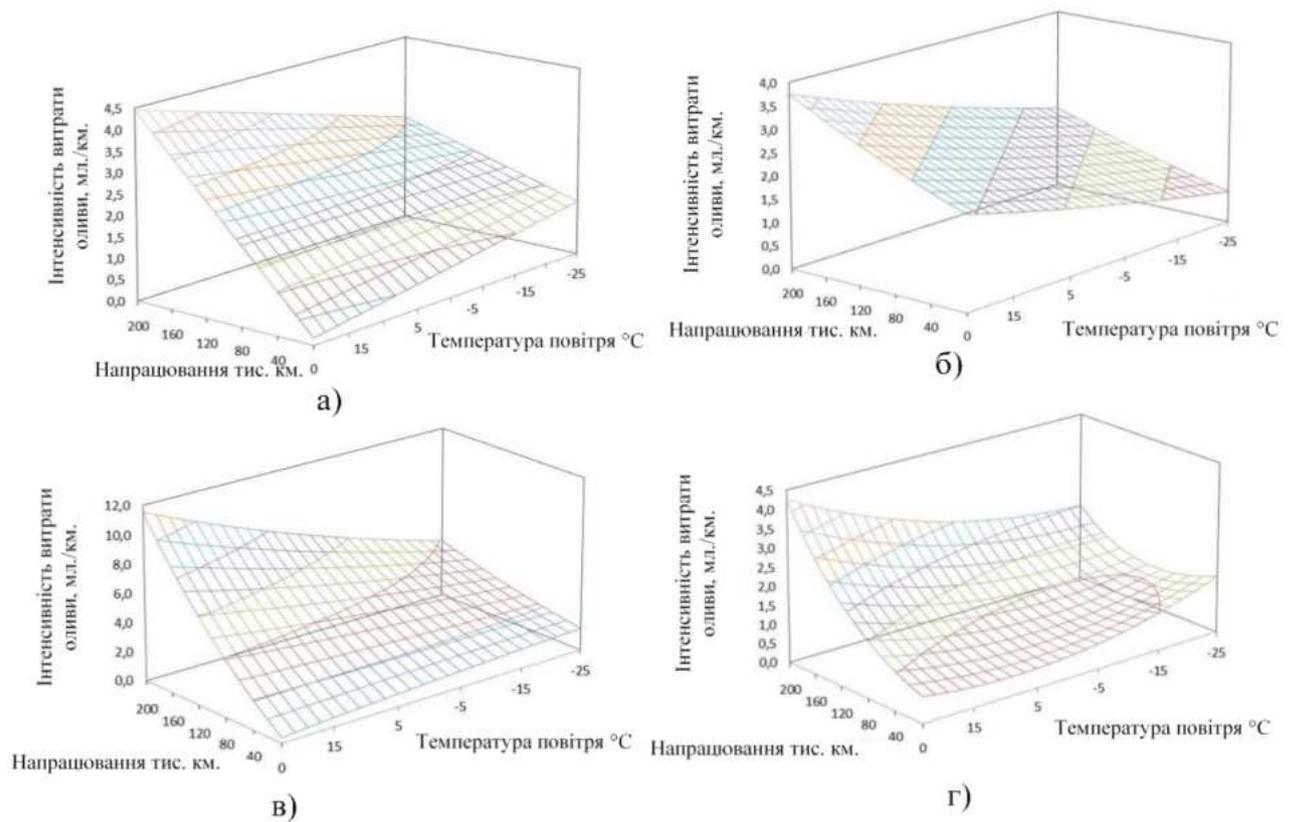
Адекватність багатовимірної математичної моделі експериментальним даним оцінювалася за допомогою F-критерію Фішера. Дисперсійний коефіцієнт Фішера був розрахований і порівняний з табличним значенням F-статистики для заданої ймовірності.

Результати розрахунків для чотирьох варіантів багатовимірної моделі, розробленої в розділі 2, наведені в таблиці 3.18.

Таблиця 3.18- Статистичні характеристики багатовимірних математичних моделей

Найменування показників	Значення для			
	моделі 1	моделі 2	моделі 3	моделі 4
Розмір вибірки	60	60	60	60
Коефіцієнт множинної детермінації	0,856	0,571	0,882	0,983
Коефіцієнт множинної кореляції	0,925	0,755	0,939	0,992
t-статистика Стьюдента	18,52	8,77	20,8	48,73
t _{0,95}	2,00	2,00	2,00	2,00
Відношення дисперсії Фішера	6,96	2,33	8,52	43,73
F _{0,95}	1,55	1,55	1,55	1,55
F _{0,99}	1,89	1,89	1,89	1,89
Середня помилка апроксимації, %	17,73	33,07	16,19	1,74

Судячи з критерію Фішера, всі чотири моделі відповідають вимогам адекватності, але для перших трьох середня похибка наближення перевищує 15%, що говорить про незадовільну точність [19].



а – модель 1; б – модель 2; в – модель 3; д – модель 4

Рисунок 3.22 - Графічне представлення варіантів багатofакторної математичної моделі впливу температури повітря, часу роботи двигуна і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи

За допомогою методу дискримінаційного аналізу [19] була перевірена значимість різниці в точності моделей. Для цього дисперсійне співвідношення Фішера обчислюється шляхом ділення дисперсії наближення перших трьох моделей на дисперсію наближення четвертої моделі, яка є більш точною, ніж інші. Були отримані наступні значення: 6,28; 18,76; 5.13. Всі ці значення більше граничного значення $F_{0,99}=1,89$. Тобто гіпотеза про суттєву різницю в точності моделей підтверджується.

Таким чином, модель 4 адекватна з ймовірністю 0,99 і набагато точніша, ніж три інші моделі (з ймовірністю 0,99), тому нижче розглядається тільки ця модель.

Далі, щоб перевірити значущість коефіцієнтів регресії, модель 4 лінеаризована шляхом заміни змінних. Для цього позначемо:

$$X_1 = \exp(A_2 L);$$

$$X_2 = t;$$

$$X_3 = t^2;$$

$$X_4 = (t - A_6 + A_7 L)^2;$$

$$X_5 = V_T;$$

$$X_6 = V_T^2.$$

Тоді модель 4 набуває вигляду:

$$q = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_5 X_5 + B_6 X_6. \quad (3.15)$$

Значимість коефіцієнтів рівняння регресії оцінюється за допомогою критерію Стюдента. Для цього використаємо програму «REGRESS» для розрахунку коефіцієнтів попарної кореляції, t-статистику коефіцієнтів попарної кореляції, а також ймовірностей значущості коефіцієнтів попарної кореляції.

Результати розрахунків за програмою представлені в таблиці 3.19, 3.20 і 3.21.

Таблиця 3.19 - Матриця коефіцієнтів парної кореляції

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
q	0,792	0,269	0,129	0,783	-0,257	-0,218
X1	1,000	-0,000	-0,000	0,409	-0,000	-0,000
X2	0,000	1,000	-,322	0,550	0,000	0,000
X3	-0,000	-,322	1,000	0,185	0,000	0,000
X4	0,409	0,550	0,185	1,000	0,000	0,000
X5	-0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,982
X6	-0,000	0,000	0,000	0,000	0,982	1,000

Таблиця 3.20 - Матриця t-статистики коефіцієнтів парної кореляції

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
q	9,9	2,1	1,0	9,6	2,0	1,7
X1	240,8	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0
X2	0,0	240,8	2,6	5,0	0,0	0,0
X3	0,0	2,6	240,8	1,4	0,0	0,0
X4	3,4	5,0	1,4	240,8	0,0	0,0
X5	0,0	0,0	0,0	0,0	240,8	39,6
X6	0,0	0,0	0,0	0,0	39,6	240,8

Таблиця 3.21 - Матриця ймовірностей значущості коефіцієнтів парної кореляції

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
q	0,99	0,95	0,00	0,99	0,95	0,90
X1	0,99	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00
X2	0,00	0,99	0,98	0,99	0,00	0,00
X3	0,00	0,98	0,99	0,80	0,00	0,00
X4	0,99	0,99	0,80	0,99	0,00	0,00
X5	0,000	0,00	0,00	0,00	0,99	0,99
X6	0,000	0,00	0,00	0,00	0,99	0,99

З останньої таблиці видно, що вплив фактора $X_3 = t^2$ не є статистично значущим, а відповідно, коефіцієнт регресії B_3 не є значущим. Отже, модель 4 набуває вигляду:

$$q = A_0 + A_1 e^{A_2 L} + A_3 t + A_4 (t - A_5 + A_6 L)^2 + A_7 V_T + A_8 V_T^2, \quad (3.16)$$

де $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8$ – емпіричні коефіцієнти.

Незначність $X_3 = t^2$ пов'язана з тим, що модель має змішаний ефект $X_4 = (t - A_6 + A_7 L)^2$, який включає в себе температуру повітря t і складову $A_6 + A_7 L$, яка зміщує мінімальну інтенсивність витрати оливи при зміні часу роботи двигуна. Ця складова є квадратом відхилення температури повітря від оптимальної і, по суті, є параболою, як і t^2 .

Таким чином, на основі проведених експериментальних досліджень було обрано тип багатофакторної математичної моделі впливу температури повітря, часу роботи двигуна та середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи, а також визначено числові значення його параметрів.

3.7 Висновки до третього розділу

1. На підставі даних про фактичну витрату моторної оливи доведена статистична значущість сезонного розкиду показників, що формують потребу в моторній оливі для автомобілів трьох марок і моделей.

2. Експериментальні дослідження взаємозв'язку між витратою моторної оливи і витратою палива показали, що витрата оливи всього на 25% залежить від витрати палива. При розгляді впливу витрати палива на складові витрати оливи було встановлено, що вплив питомої витрати палива на інтенсивність витрати оливи не є статистично значущим.

3. На основі пасивного експерименту були перевірені гіпотези про значимість впливу температури повітря, часу роботи двигуна і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи.

4. Перевірено гіпотези щодо типу математичних моделей впливу цих факторів на інтенсивність витрати моторної оливи.

5. Перевірено гіпотези щодо типу багатофакторної математичної моделі впливу температури повітря, часу роботи двигуна та середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи та визначено числові значення їх параметрів.

РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Методологічні питання використання результатів досліджень

4.1.1 Особливі випадки у формуванні цільової функції

При впровадженні розробленої методики, з одного боку, виключається перевищення стандартних термінів заміни оливи в двигунах, з іншого - запаси оливи знижуються до рівня, необхідного для безперебійного ТО і Р транспортних засобів.

Цільова функція передбачає мінімізацію витрат на придбання, транспортування, зберігання моторної оливи і втрат від вкладення в оборотні кошти. При цьому за обмеження береться умова про те, що поставка повинна бути безперебійною.

Розглянемо окремі випадки формування цільової функції.

Варіант 1.

Якщо витрати на придбання моторної оливи не залежать від обсягу партії, вартість транспортування також не залежить від обсягу партії, то цільова функція зводиться до більш простого вигляду в порівнянні з тією, що наведена в розділі 2:

$$Z_{\Sigma} = \min(Z_{зб.} + Z_{оф}) \text{ при } Q_{зап.} > 0, \quad (4.1)$$

де Z_{Σ} – загальні витрати, пов'язані з придбанням і зберіганням моторної оливи;

$Z_{зб.}$ – витрати на зберігання моторної оливи;

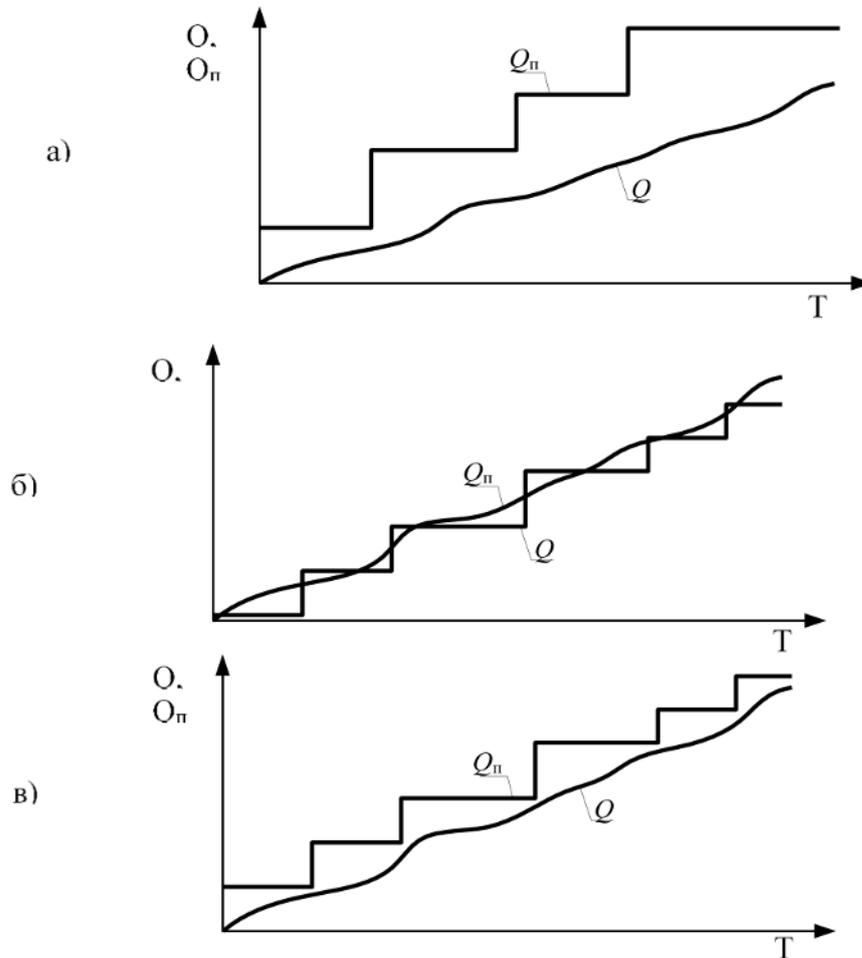
$Z_{оф}$ – втрати від інвестування в оборотній фонд.

Тобто мета полягає в тому, щоб підтримувати мінімальний запас оливи для

забезпечення безперебійного постачання:

$$\int_0^T Q_{\text{зап.}} dT = \int_0^T Q_{\text{п.}} dT - \int_0^T Q dT \rightarrow \min. \quad (4.2)$$

Графічна інтерпретація цільової функції представлена на рис. 4.1. Мета – мінімізувати площу, обмежену лініями $Q_{\text{п}} = f(T)$ і $Q = f(T)$ при дотриманні умови $Q_{\text{п}} > Q$.



$Q_{\text{п}}$ – обсяги поставок оливи; Q – потенційна витрата оливи в разі своєчасної заміни; *a* – надмірна поставка; *б* – недостатня поставка; *в* – оптимальна поставка

Рисунок 4.1 - Теоретично можливі стани системи подачі моторної оливи

Рішення в даному випадку зводиться до мінімізації розміру партій при поставках. При цьому частота поставок також зведена до мінімуму.

Такий варіант можливий, якщо склади постачальника моторної оливи знаходяться недалеко від підприємства. Для транспортної компанії, що входить до складу об'єднання, це, як правило, склад об'єднання. Крім того, консигнаційні

склади постачальників зазвичай створюються у великих містах. При значній відстані від підприємства до складу постачальника, вартість доставки залежить від обсягу партії. При цьому цільова функція має більш складну структуру.

Варіант 2.

Якщо відстань до складу значна (знаходиться в іншому населеному пункті), то вартість транспортування моторної оливи залежить від розміру партії. В цьому випадку можлива поставка транспортних засобів однієї марки і моделі, але з різним ступенем завантаження, або різних транспортних засобів, підібраних в залежності від обсягу партії. Наприклад, при поставці партії з п'яти барель (близько 1000 літрів) можна використовувати транспортний засіб типу ГАЗ-3307, а при поставці партії з 20 барель (близько 4000 літрів) - КамАЗ-45142. При цьому питомі витрати на транспортування можуть істотно відрізнятись. Якщо вартість одного літра оливи не залежить від розміру партії, то цільова функція буде записана наступним чином:

$$Z_{\text{тр.}} + Z_{\text{зб.}} + Z_{\text{ОФ}} \rightarrow \min. \quad (4.3)$$

В даному випадку оптимізація проводиться за рахунок управління двома параметрами - розміром партії і типом транспортного засобу для доставки оливи.

4.1.2 Розмір страхового запасу моторної оливи

Страховий запас (СЗ) – це частина виробничих і збутових запасів, призначених для мінімізації логістичних і фінансових ризиків, пов'язаних з непередбаченими коливаннями попиту, невиконанням договірних зобов'язань по поставках і іншими непередбаченими обставинами.

Існують різні методи розрахунку СЗ. Розмір СЗ розраховується з урахуванням специфіки системи постачання і становить, як правило, половину від поточного запасу. Згідно з тими ж даними, якщо джерело постачання

знаходиться на близькій відстані від підприємства, то розмір СЗ може становити третину від поточного запасу або менше.

В загальному вигляді можна представити розмір запасу у вигляді наступної суми:

$$Q_{\text{зап.}} = Q_{\text{ПЗ}} + Q_{\text{СЗ}}, \quad (4.4)$$

де $Q_{\text{ПЗ}}$ – поточний запас;

$Q_{\text{СЗ}}$ – страховий запас.

Поточний запас визначається за формулою:

$$Q_{\text{ПЗ}} = q_{\text{дн.}} \cdot T_{\text{пост.}}, \quad (4.5)$$

де $q_{\text{дн.}}$ – інтенсивність витрати моторної оливи, л/день;

$T_{\text{пост.}}$ – періодичність поставки, дні.

Страховий запас може бути визначений:

$$Q_{\text{СЗ}} = q_{\text{дн.}} \cdot (t_{\text{пост.}}^{(\text{факт.})} - t_{\text{пост.}}^{(\text{пл.})}) / 2, \quad (4.6)$$

де $t_{\text{пост.}}^{(\text{факт.})}$ – максимальний фактичний час, витрачений на доставку партії моторної оливи, дн.;

$t_{\text{пост.}}^{(\text{пл.})}$ – заплановані терміни поставки, дн.

На розглянутому підприємстві, поставка моторної оливи здійснюється зі складу. Відстань між містами становить близько 400 км, тому на доставку йде два дні. Затримка доставки може бути пов'язана як з постачальником (не більше ніж на один день), так і з відмовою від використовуваного для доставки автомобіля (не більше двох днів). Таким чином, максимальний фактичний час, витрачений на доставку партії моторної оливи, може становити п'ять днів. Для розглянутого випадку середньодобова витрата моторної оливи становить 64,37

літра. Відповідно $Q_{сз} = 64,37(5 - 2) = 193,11$ (л).

4.2 Методика нормалізації витрати моторної оливи з урахуванням варіації умов експлуатації автомобіля

Норми витрат моторної оливи необхідні для вирішення наступних завдань.

1. Планування потреб у моторних оливах.
2. Оперативний контроль витрати моторної оливи.
3. Оцінка технічного стану двигунів автомобілів.

Для вирішення першої проблеми необхідно знати інтенсивність і умови експлуатації автомобілів в майбутній період, а також відповідну інтенсивність витрати оливи.

При вирішенні другої проблеми порівнюється фактична і нормативна витрата моторної оливи в заданих умовах. Якщо фактичне споживання значно перевищує нормативне, то з'ясовуються причини такого перевищення, і вживаються заходи щодо зниження споживання.

Третє завдання також передбачає порівняння фактичної і нормативної витрати моторної оливи. Якщо в різних умовах фактична витрата значно перевищує норму, то автомобіль необхідно відправити на діагностику, щоб визначити причини підвищеної витрати і визначити необхідні технічні дії для відновлення справності.

При плануванні витрати оливи необхідно знати середню інтенсивність споживання в цих умовах. Їх можна розрахувати за допомогою отриманої в цих дослідженнях багатовимірної моделі. Для спрощення розрахунків можуть бути використані таблиці із середніми стандартними інтенсивностями (табл. 4.1) або номограмами (рис. 4.2).

Таблиця 4.1 - Стандартна середня інтенсивність витрати моторної оливи при $V_T = 15$ км/год

Температура повітря, °С	Інтенсивність витрати оливи (л/1000 км) при різному напрацюванні від початку роботи двигуна (тис. км)										
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
-25	2,21	2,06	1,94	1,85	1,81	1,81	1,86	1,97	2,14	2,39	2,73
-23	2,09	1,95	1,84	1,77	1,74	1,75	1,81	1,94	2,12	2,38	2,73
-21	1,97	1,84	1,75	1,69	1,67	1,70	1,78	1,91	2,11	2,38	2,75
-19	1,87	1,75	1,67	1,62	1,61	1,65	1,74	1,89	2,10	2,39	2,76
-17	1,76	1,66	1,59	1,56	1,56	1,62	1,72	1,88	2,10	2,40	2,79
-15	1,67	1,58	1,52	1,50	1,52	1,59	1,70	1,87	2,11	2,42	2,82
-13	1,58	1,51	1,46	1,45	1,49	1,56	1,69	1,88	2,12	2,45	2,86
-11	1,51	1,44	1,41	1,41	1,46	1,55	1,69	1,88	2,15	2,48	2,91
-9	1,43	1,38	1,36	1,38	1,44	1,54	1,69	1,90	2,18	2,53	2,97
-7	1,37	1,33	1,32	1,35	1,42	1,54	1,70	1,93	2,21	2,58	3,03
-5	1,31	1,28	1,29	1,33	1,42	1,54	1,72	1,96	2,26	2,63	3,10
-3	1,26	1,25	1,26	1,32	1,42	1,56	1,75	1,99	2,31	2,70	3,17
-1	1,22	1,21	1,25	1,31	1,42	1,58	1,78	2,04	2,37	2,77	3,26
1	1,18	1,19	1,24	1,32	1,44	1,60	1,82	2,09	2,43	2,84	3,35
3	1,15	1,17	1,23	1,33	1,46	1,64	1,87	2,15	2,50	2,93	3,44
5	1,13	1,17	1,24	1,34	1,49	1,68	1,92	2,22	2,58	3,02	3,55
7	1,12	1,16	1,25	1,36	1,52	1,73	1,98	2,29	2,67	3,12	3,66
9	1,11	1,17	1,26	1,40	1,57	1,78	2,05	2,37	2,76	3,23	3,78
11	1,11	1,18	1,29	1,43	1,62	1,85	2,13	2,46	2,86	3,34	3,91
13	1,12	1,20	1,32	1,48	1,68	1,92	2,21	2,56	2,97	3,46	4,04
15	1,13	1,23	1,36	1,53	1,74	2,00	2,30	2,66	3,09	3,59	4,18
17	1,15	1,26	1,41	1,59	1,81	2,08	2,40	2,77	3,21	3,73	4,33
19	1,18	1,30	1,46	1,66	1,89	2,17	2,50	2,89	3,34	3,87	4,49
21	1,22	1,35	1,52	1,73	1,98	2,27	2,61	3,01	3,48	4,02	4,65
23	1,26	1,41	1,59	1,81	2,07	2,38	2,73	3,15	3,62	4,18	4,82

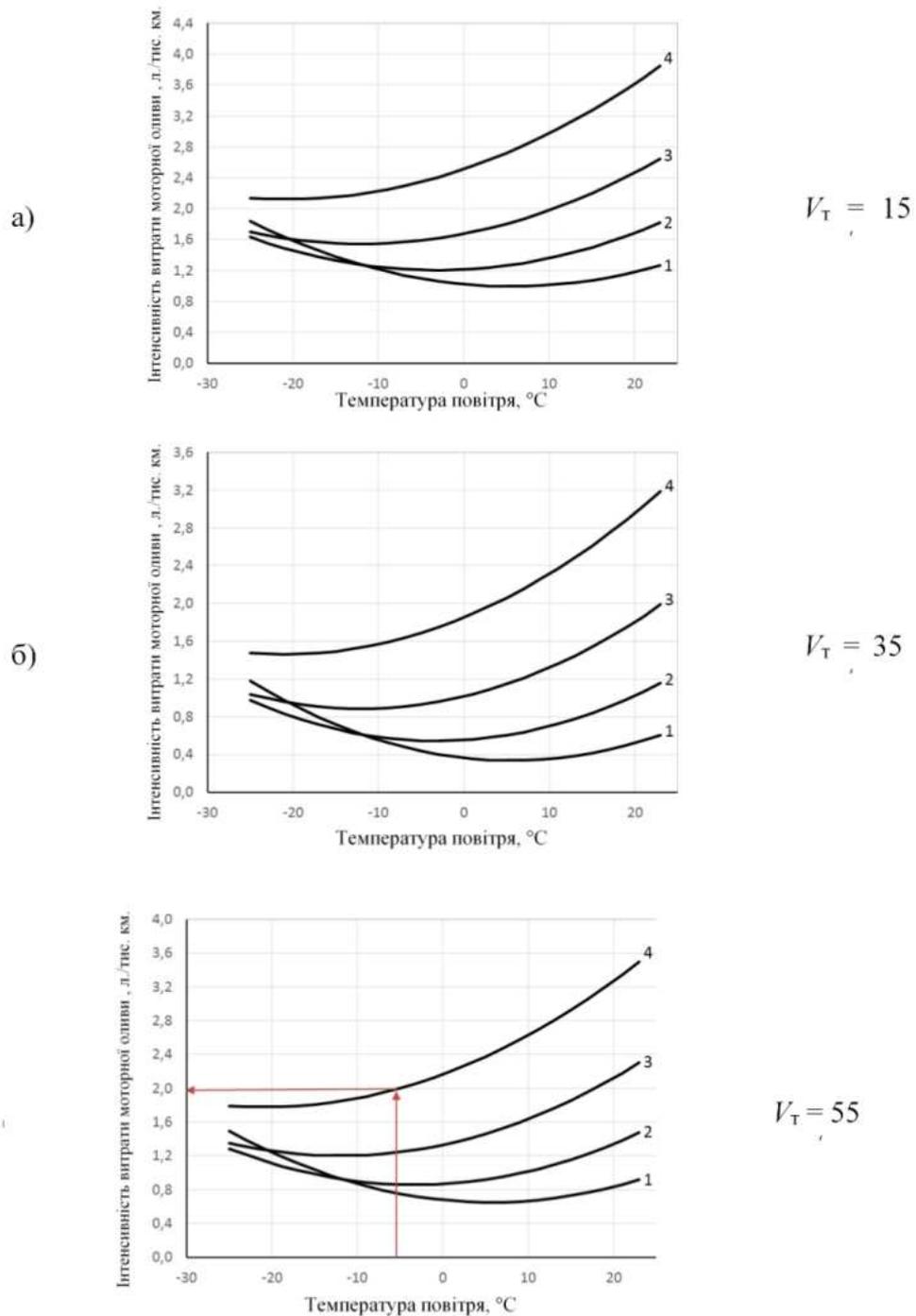


Рисунок 4.2 - Номограма для визначення інтенсивності витрати моторної оливи

При вирішенні другої і третьої задачі потрібні граничні значення інтенсивності витрати оливи, які відокремлюють значні (значні) від незначних (незначних) відхилень. Беручи до уваги випадковий характер процесу витрати моторної оливи, а також нормальний розподіл інтенсивності витрати моторної оливи (розділ 3.6.1) з коефіцієнтом варіації $V_q = 0,14$, визначимо граничне значення з виразу:

$$q_{\text{пр.}} = q_{\text{н}}(1 + V_q t_P), \quad (4.7)$$

де $q_{\text{н}}$ – нормативна середня інтенсивність витрати моторної оливи, л/1000 км;

t_P – статистика Стюдента для ймовірності P .

В табл. 4.2 показана гранична інтенсивність витрати моторної оливи, яка відповідає ймовірності 0,80 ($t_P = 1,28$).

Таблиця 4.2 - Нормативна максимальна інтенсивність витрати моторної оливи при $V_T = 15$ км/год

Температура повітря, °С	Інтенсивність витрати оливи (л/1000 км) при різних напрацюваннях від початку роботи двигуна (тис. км)										
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-25	2,61	2,43	2,29	2,18	2,13	2,13	2,19	2,32	2,52	2,82	3,22
-23	2,46	2,30	2,17	2,09	2,05	2,06	2,13	2,29	2,50	2,81	3,22
-21	2,32	2,17	2,06	1,99	1,97	2,00	2,10	2,25	2,49	2,81	3,24
-19	2,21	2,06	1,97	1,91	1,90	1,95	2,05	2,23	2,48	2,82	3,25
-17	2,08	1,96	1,87	1,84	1,84	1,91	2,03	2,22	2,48	2,83	3,29
-15	1,97	1,86	1,79	1,77	1,79	1,87	2,00	2,21	2,49	2,85	3,33
-13	1,86	1,78	1,72	1,71	1,76	1,84	1,99	2,22	2,50	2,89	3,37
-11	1,78	1,70	1,66	1,66	1,72	1,83	1,99	2,22	2,54	2,92	3,43
-9	1,69	1,63	1,60	1,63	1,70	1,82	1,99	2,24	2,57	2,98	3,50
-7	1,62	1,57	1,56	1,59	1,67	1,82	2,00	2,28	2,61	3,04	3,57
-5	1,54	1,51	1,52	1,57	1,67	1,82	2,03	2,31	2,66	3,10	3,66
-3	1,49	1,47	1,49	1,56	1,67	1,84	2,06	2,35	2,72	3,18	3,74
-1	1,44	1,43	1,47	1,54	1,67	1,86	2,10	2,41	2,79	3,27	3,84
1	1,39	1,40	1,46	1,56	1,70	1,89	2,15	2,46	2,87	3,35	3,95
3	1,36	1,38	1,45	1,57	1,72	1,93	2,21	2,54	2,95	3,46	4,06
5	1,33	1,38	1,46	1,58	1,76	1,98	2,26	2,62	3,04	3,56	4,19
7	1,32	1,37	1,47	1,60	1,79	2,04	2,33	2,70	3,15	3,68	4,32
9	1,31	1,38	1,49	1,65	1,85	2,10	2,42	2,79	3,25	3,81	4,46
11	1,31	1,39	1,52	1,69	1,91	2,18	2,51	2,90	3,37	3,94	4,61
13	1,32	1,42	1,56	1,75	1,98	2,26	2,61	3,02	3,50	4,08	4,76
15	1,33	1,45	1,60	1,80	2,05	2,36	2,71	3,14	3,64	4,23	4,93
17	1,36	1,49	1,66	1,87	2,13	2,45	2,83	3,27	3,79	4,40	5,11
19	1,39	1,53	1,72	1,96	2,23	2,56	2,95	3,41	3,94	4,56	5,29
21	1,44	1,59	1,79	2,04	2,33	2,68	3,08	3,55	4,10	4,74	5,48
23	1,49	1,66	1,87	2,13	2,44	2,81	3,22	3,71	4,27	4,93	5,68

Інтенсивність витрати оливи розраховується за формулою:

$$q_{i-1,i} = \frac{V_{i-1}-V_i}{L_i-L_{i-1}}, \left(\frac{\text{л.}}{\text{тис.км.}} \right) \quad (4.8)$$

де V_{i-1}, V_i – обсяг оливи в картері двигуна при вимірюванні попереднього і поточного рівня, л;

L_{i-1}, L_i – показання одометра автомобіля при попередньому і поточному вимірі рівня оливи в картері двигуна, тис. км.

Обсяг моторної оливи в двигуні визначається шляхом вимірювання рівня щодо нижньої позначки щупа за допомогою таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Обсяги моторної оливи в двигуні V на різній відстані h від нижньої позначки щупа до поточного рівня

h , мм	V , л								
1	18,27	8	19,90	15	21,31	22	22,50	29	23,48
2	18,52	9	20,11	16	21,49	23	22,65	30	23,60
3	18,76	10	20,32	17	21,67	24	22,80	31	23,72
4	18,99	11	20,53	18	21,84	25	22,95	32	23,83
5	19,23	12	20,73	19	22,01	26	23,08	33	23,94
6	19,45	13	20,92	20	22,18	27	23,22	34	24,04
7	19,68	14	21,12	21	22,34	28	23,35	35	24,15

4.3 Методика планування необхідності в моторній оливі з урахуванням варіації умов експлуатації автомобілів

При плануванні потреби в моторній оливі можуть використовуватися два підходи - детермінований і стохастичний.

В цілому процес витрати моторної оливи є стохастичним, що обумовлено випадковою зміною факторів, що визначають інтенсивність процесу. Тому найбільш точні результати дають стохастичні моделі, засновані на моделюванні реальних процесів. Такі моделі досить складні, і для їх створення та експлуатації потрібен певний рівень підготовки фахівців. Детерміновані методи, засновані на

середніх значеннях показників витрати моторної оливи, простіші в розробці і використанні.

Нижче наведена методика, заснована на детермінованому підході і передбачає щомісячне планування вимог.

1. Визначення кількості заміни оливи N_3 (од.):

$$N_3 = \frac{l \cdot T \cdot A_c}{L_{TO}}, \quad (4.9)$$

де l – інтенсивність експлуатації автомобілів, км/міс.;

T – тривалість періоду, на який визначається потреба в моторній оливі, міс.;

A_c – перелік транспортних засобів, для яких визначається потреба в оливі,

од.;

L_{TO} – періодичність заміни оливи, тис. км.

2. Визначення витрати оливи для заміни Q_3 (л):

$$Q_3 = V_3 N_3, \quad (4.10)$$

де V_3 – обсяг оливи, що підлягає заміні, л.

3. Визначення інтенсивності витрати оливи на доливання q (л/1000км):

$$q = 1,91 + 0,187e^{0,011L} - 0,0033t + 0,00088(t - 8,5 + 0,18L)^2 - 0,094V_T + 0,00122V_T^2. \quad (4.11)$$

У цій моделі використовуються середньомісячні значення t і V_T . Якщо автопарк автомобілів однорідний за віковою структурою, то в моделі використовується середнє значення L . Якщо віковий склад автопарку неоднорідний, то автомобілі діляться на групи по пробігу з початку експлуатації, і розрахунки проводяться окремо по кожній групі, а потім підсумовується витрата.

4. Визначення витрати оливи для доливання Q_d (л):

$$Q_d = q \cdot l \cdot T \cdot A_c. \quad (4.12)$$

5. Визначення загальної витрати оливи Q (л):

$$Q = Q_z + Q_d. \quad (4.13)$$

Вихідні дані і результати розрахунків заносяться в таблицю. Приклад розрахунку наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Розрахунок потреби в моторній оливі за допомогою детермінованого методу

Місяці	Інтенсивність експлуатації, тис. км/міс.	Середня технічна швидкість, км/год	Середньомісячна температура повітря, °С	Кількість замін, од.	Витрата заміної оливи, л	Інтенсивність витрати оливи на доливання, л/1000 км	Витрата оливи на доливання, л	Загальна витрата оливи, л
Січень	6,65	39	-18,8	48	1 140	0,79	525	1 665
Лютий	6,37	33	-19,9	46	1 092	0,87	554	1 646
Березень	5,80	21	-11,0	41	994	1,07	621	1 615
Квітень	4,87	18	-4,2	35	835	1,21	589	1 424
Травень	4,10	20	5,6	29	703	1,25	513	1 215
Червень	3,74	29	13,0	27	641	1,17	438	1 079
Липень	3,61	32	14,5	26	619	1,19	430	1 048
Серпень	3,81	41	14,0	27	653	1,08	411	1 065
Вересень	4,29	33	6,7	31	735	0,91	390	1 126
Жовтень	4,87	28	-3,5	35	835	0,84	409	1 244
Листопад	5,55	26	-15,1	40	951	0,93	516	1 468
Грудень	6,35	34	-17,2	45	1 089	0,79	502	1 590
Сума:	60,01			375	10 287		5 898	16 185

4.4 Програмне забезпечення для моделювання витрати оливи

Для прогнозування витрати оливи розроблено програмне забезпечення, що

моделює процеси споживання моторної оливи автопарком транспортних засобів

Вхідні дані для моделювання вводяться за допомогою екранних форм. На головному екранному бланку вихідні дані розділені на дві групи. Перша група об'єднана лівим каркасом і включає в себе:

- кількість циклів моделювання – кількість модельованих років споживання моторної оливи (деякі цикли призначені для генерації початкового стану, вони є стабілізуючими і не враховуються в розрахунках витрати оливи);

- кількість автомобілів – середня кількість автомобілів в автопарку;

- частота заміни оливи - час роботи, після закінчення якого проводиться заміна моторної оливи; як правило, цей час роботи відповідає частоті ТО-2 (якщо це передбачено структурою системи ТО та Р) або ТО іншого типу;

- обсяг заміної оливи – обсяг оливи, що відповідає заповненню картера до рівня верхньої позначки щупа;

- обсяг оливи, що відповідає нижній позначці щупа – мінімально допустимий обсяг оливи в картері двигуна;

- перехідний оливний запас - запас моторної оливи на підприємстві, сформований до 00.00 годин на 1 січня року, що розглядається;

- страховий оливний запас – частина запасу моторної оливи на підприємстві, призначена для компенсації поточної витрати в разі непередбаченої затримки поставки;

- обсяг разової поставки оливи - це кількість оливи, що поставляється за один раз.

Друга група даних – це параметри моделі $q = f(L, t, V_T)$. Ці дані вводяться в поля форми головного екрану, об'єднані лівою рамкою.

Друга форма екрану (рис. 4.3) являє собою таблицю для введення середньомісячних значень інтенсивності експлуатації і середньої технічної швидкості, а також середньої температури повітря.

Місяці	Інтенсивність експлуатації, км/міс.	Середня технічна швидкість, км/ год	Середньомісячна температура повітря, °С
Січень	6650	39	-18,8
Лютий	6365	33	-19,9
Березень	5796	21	-11,0
Квітень	4866	18	-4,2
Травень	4098	20	5,6
Червень	3737	29	13,0
Липень	3609	32	14,5
Серпень	3807	41	14,0
Вересень	4289	33	6,7
Жовтень	4873	28	-3,5
Листопад	5552	26	-15,1
Грудень	6346	34	-17,2

Рисунок 4.3 - Форма для внесення даних про інтенсивність та умови експлуатації транспортних засобів

Для виконання розрахунків використовуйте кнопки "Розрахунок потоку" та "Розрахунок запасів" на екранній формі.

При виборі кнопки «Розрахунок споживання» розраховується кількість виконаних ТО-2 по місяцях, витрата оливи на заміну по місяцях, загальний пробіг авто за місяць, середній пробіг автомобіля за місяць, витрата оливи на доливання по місяцях і сумарна витрата оливи.

Результати розрахунків виводяться у вигляді графіків:

- процес формування потоку вимог по заміні оливи (рис. 4.4);
- процес формування потоку вимог до доливання оливи (рис. 4.5);
- зміни протягом року інтенсивності експлуатації автомобіля, середньомісячної температури повітря, середньої технічної швидкості, витрати моторної оливи по компонентах, кількості замін оливи, витрати оливи на заміну, числа доливання, обсягу оливи на доливання (рис. 4.6).

Результати розрахунку потреби в моторній оливі представлені в табличному вигляді (рис. 4.7). Крім того, процес витрати і поповнення запасу моторної оливи (рис. 4.8), зміна частоти подач моторної оливи (рис. 4.9) відображаються у вигляді графіків.

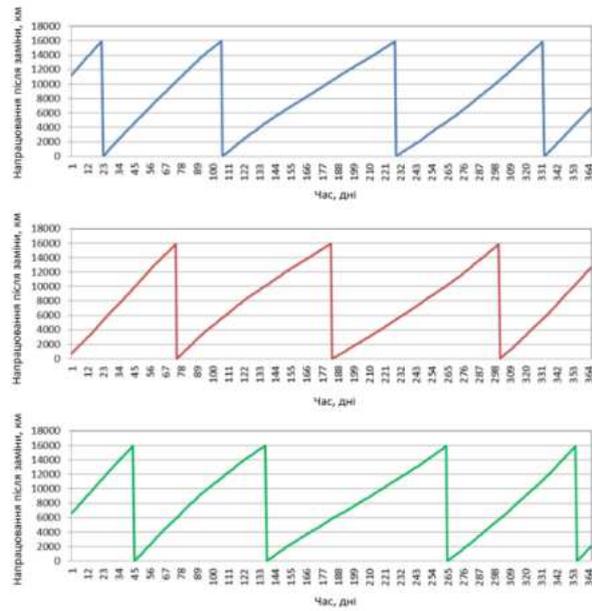


Рисунок 4.4 - Процес формування потоку вимог по заміні оливи (фрагмент на три автомобілі)

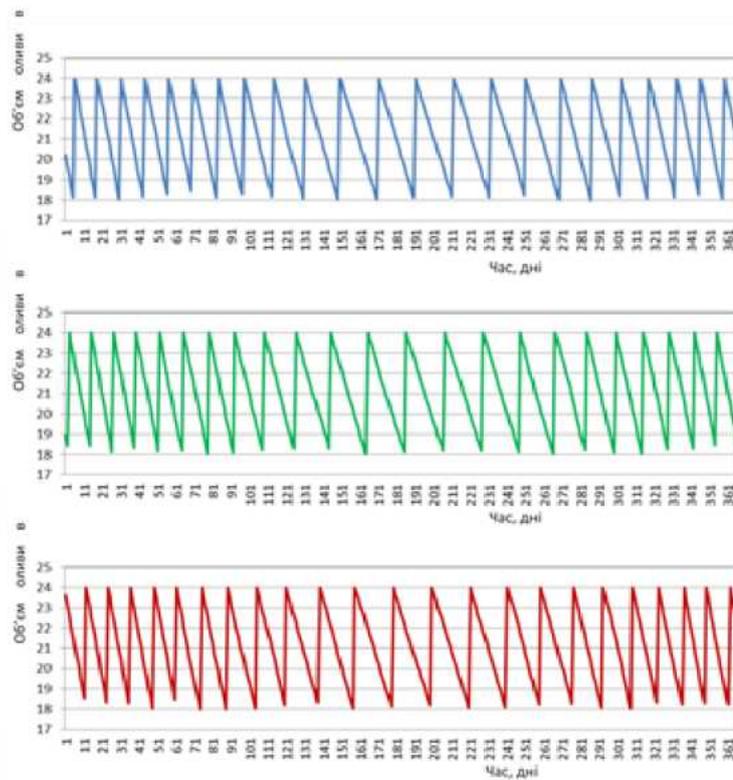
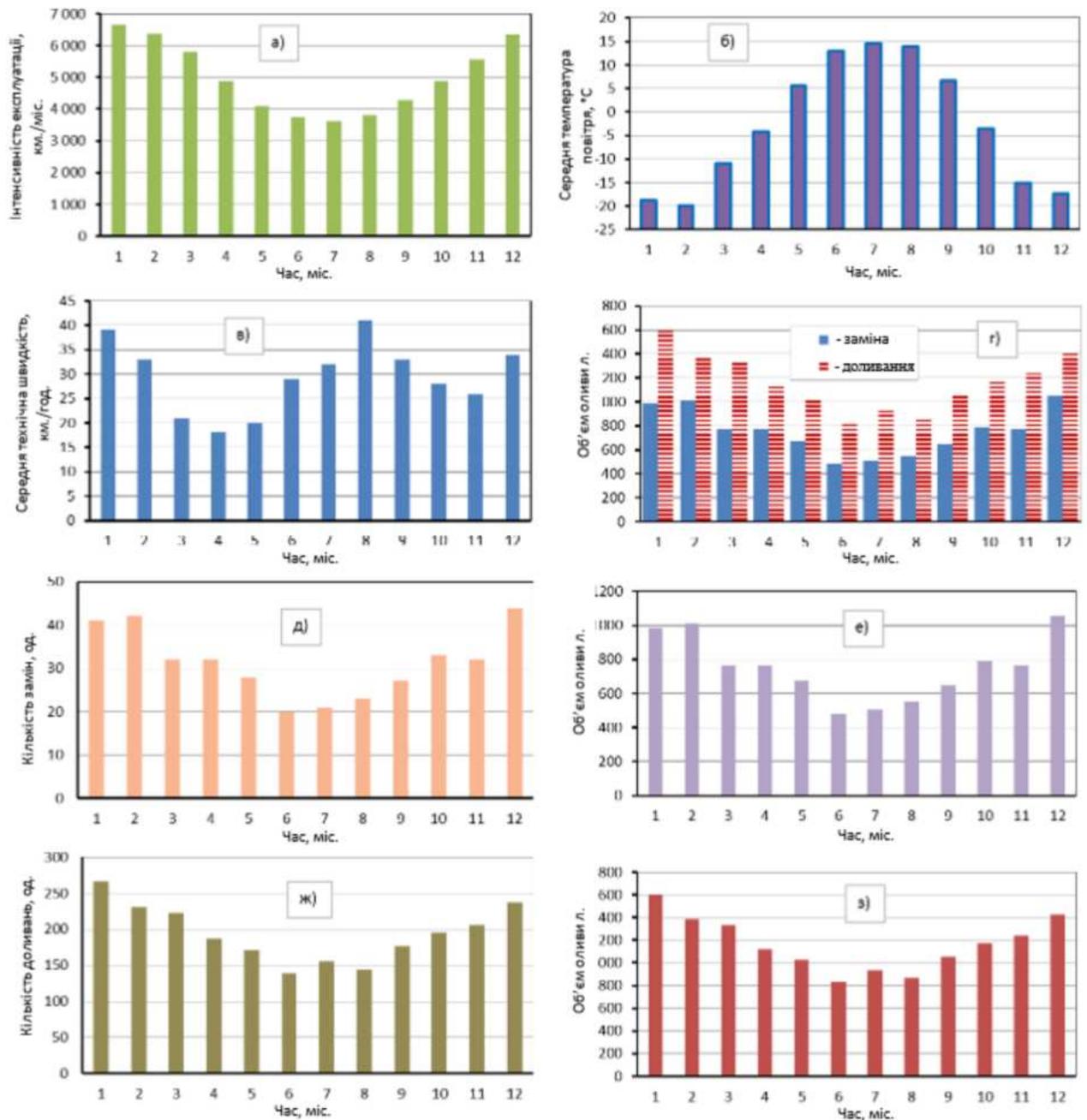


Рисунок 4.5 - Процес формування потоку вимог до доливання оливи (фрагмент для трьох автомобілів)



а – зміна інтенсивності експлуатації автомобілів протягом року; б – зміна середньомісячної температури повітря; в – зміна середньої технічної швидкості; г – зміна витрати моторної оливи по компонентах; д – зміна кількості замін оливи; е – зміна витрати оливи на заміну; ж – зміна кількості доливання оливи; з – зміна обсягу оливи для доливання

Рисунок 4.6 - Графічне зображення результатів розрахунку потреби в моторній оливі

Місяці	Інтенсивність експлуатації, км/мес.	Середня технічна швидкість, км/ч	Середньомісячна температура повітря, °С	Кількість замін, од.	Витрата оливи на заміну, л	Кількість доливання оливи, од.	Витрата оливи на доливання, л	Загальна витрата оливи, л
Січень	6 650	39	-18,8	41	984	266	1 596	2 580
Лютий	6 365	33	-19,9	42	1008	231	1 386	2 394
Березень	5 796	21	-11,0	32	768	222	1 332	2 100
Квітень	4 866	18	-4,2	32	768	187	1 122	1 890
Травень	4 098	20	5,6	28	672	171	1 026	1 698
Червень	3 737	29	13,0	20	480	139	834	1 314
Липень	3 609	32	14,5	21	504	155	930	1 434
Серпень	3 807	41	14,0	23	552	144	864	1 416
Вересень	4 289	33	6,7	27	648	176	1 056	1 704
Жовтень	4 873	28	-3,5	33	792	195	1 170	1 962
Листопад	5 552	26	-15,1	32	768	206	1 236	2 004
Грудень	6 346	34	-17,2	44	1056	237	1 422	2 478
Сума:	59 990			375		2 329		

Рисунок 4.7 - Представлення результатів розрахунку потреби в моторній оливі в табличному вигляді

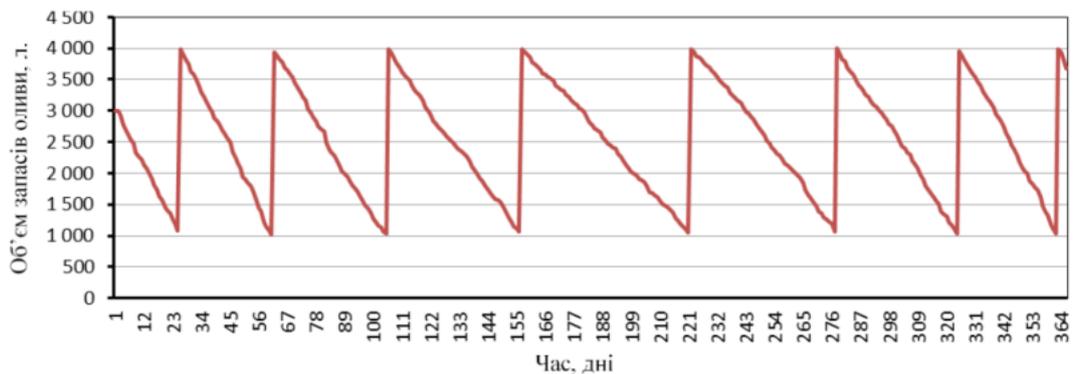


Рисунок 4.8 - Графічне зображення процесу витрати і поповнення моторної оливи

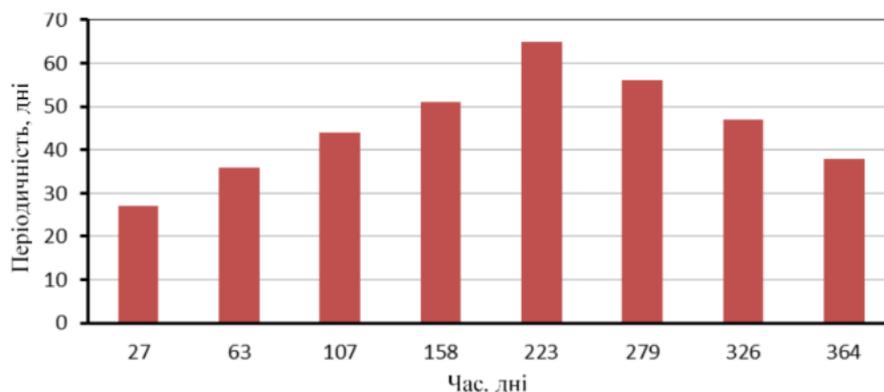


Рисунок 4.9 - Зміна частоти поставок моторної оливи в динаміці

На вкладці "Споживання запасів" можна побачити як змінюються в часі

графіки обсягу поставок, загального споживання, обсягу запасів, частоти поставок, а також результати оптимізації обсягу і періодичності поставок, результати розрахунку загальних витрат відповідно до цільової функцією (приклади наведені нижче в розділі 4.5).

4.5 Оцінка впливу використання результатів досліджень

Відповідно до цільової функції оцінка ефективності використання результатів досліджень проводиться шляхом розрахунку сумарних витрат на придбання, транспортування, зберігання моторної оливи і витрат від інвестування в оборотні кошти. Розрахунки проводяться для існуючої системи постачання, а також оптимізуються на підставі проведених досліджень. За різницею у витратах можна судити про рівень реалізації мети.

Складові витрат розраховуються за такими формулами.

$$Z_{\text{пр.}} = Q_{\text{п}} C_{\text{о}}, \quad (4.14)$$

де $Q_{\text{п}}$ – обсяг постачання моторної оливи, л;

$C_{\text{о}}$ – Вартість оливи, грн./л.

$$Z_{\text{тр.}} = Q_{\text{п}} l_{\text{п}} C_{\text{п}} / Q_{1\text{п}}, \quad (4.15)$$

де $l_{\text{п}}$ – пробіг автомобіля за одну поставку оливи, км;

$C_{\text{п}}$ – вартість перевезення, грн./км;

$Q_{1\text{п}}$ – обсяг одноразової поставки, л.

$$Z_{\text{зб.}} = K_{\text{зб.}} \bar{Q}_{\text{зб.}} C_{\text{м}}, \quad (4.16)$$

де $\bar{Q}_{\text{зб.}}$ – середній обсяг моторної оливи, що зберігається;

$K_{\text{зб.}}$ – коефіцієнт, що визначає вартість зберігання як частку від вартості

запасу, що зберігається (зазвичай приймається $K_{зб.} = 0,1$ [18]).

$$Z_{OF} = K_{OF} \bar{Q}_{зб.} C_M, \quad (4.17)$$

де K_{OF} – коефіцієнт, що визначає вартість оборотних фондів як частку від вартості запасу, що зберігається ($K_{OF} = C_{кр.}/100$, де $C_{кр.}$ – ставка по кредиту, %). Якщо взяти за основу кредитну ставку, що дорівнює 16,5%, то $K_{OF} = 16,5/100 = 0,165$.

Розрахунки проводилися щодо автомобілів «КамАЗ - 45142» товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів. Розмір однієї партії варіювався з поставками моторної оливи в діапазоні від 800, при цьому розглядалися варіанти транспортування автомобілями КамАЗ-45142 і ГАЗ-3307. Результати представлені на рис. 4.10. На рис. 4.11 показані залежності складових витрат від розміру партії моторної оливи.

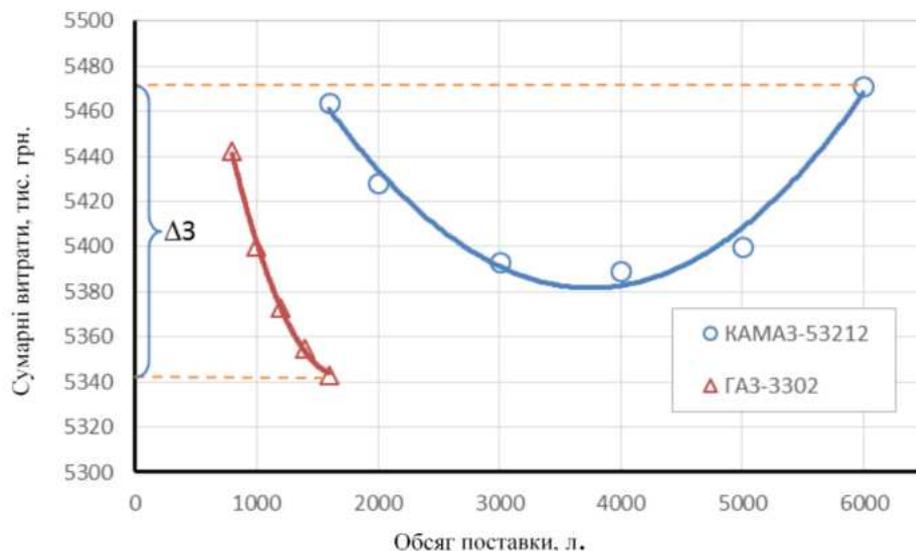


Рисунок 4.10 - Вплив обсягу партії в поставці моторної оливи на загальні витрати

В результаті проведених розрахунків було встановлено, що для розглянутих умов при поставці оливи автомобілями КамАЗ-45142 існує мінімум сумарних витрат при розмірі партії в 800 літрів. Аналогічні розрахунки для

автомобіля ГАЗ-3307 показали, що мінімум затрат спостерігається при максимальному навантаженні автомобіля – 8 бочок, що відповідає розміру партії 1600 л.

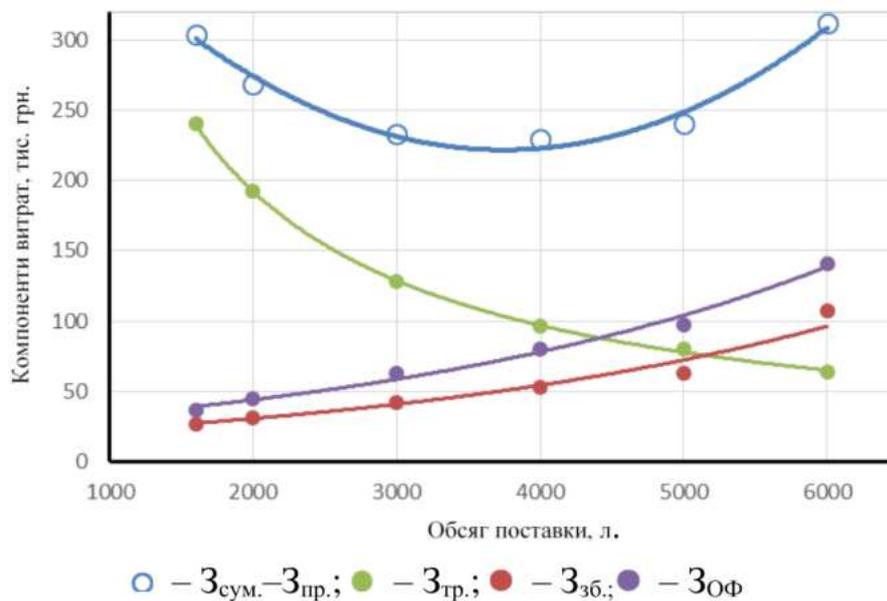


Рисунок 4.11 - Оптимізація розміру партії моторної оливи при транспортуванні автомобілем КамАЗ-45142 на відстань 400 км

Таким чином, оптимальний розмір партії – 1 600 літрів моторної оливи при поставці автомобілем ГАЗ-3302.

Далі порівнюються сумарні витрати при існуючій системі постачання, коли поставки здійснюються чотири рази на рік по 6000 літрів за допомогою автомобіля КамАЗ-45142, і наведений вище оптимальний варіант постачання (табл. 4.5).

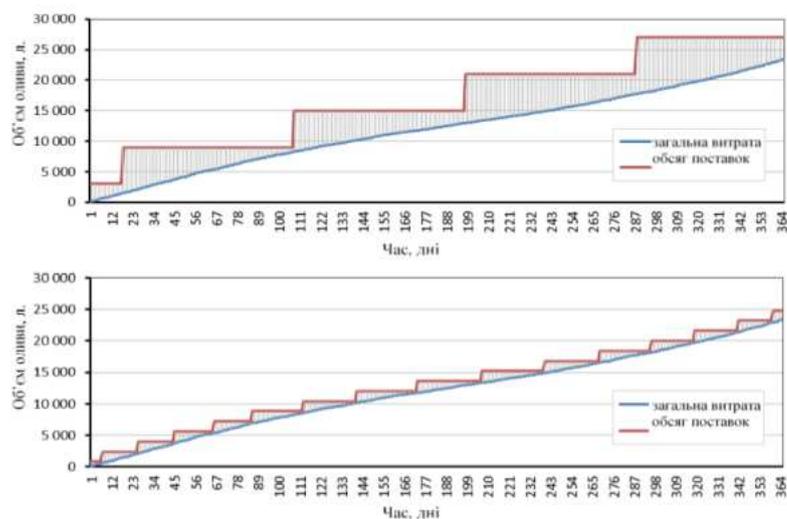
Таблиця 4.5 - Розрахунок ефекту оптимізації обсягу партії в поставці моторної оливи

Найменування показника	Значення	
	перед впровадженням	після впровадження
Перехідний залишок, л	3000	400
Обсяг поставки, л	6000	1600
Кількість поставок, од.	4	15
Страховий запас, л	1000	200
Середній поточний запас, л	3970	1038

Вартість оливи, грн./л	215	215
Витрати на придбання, грн.	5160000	5160000
Вартість за одну доставку, грн.	32400	8000
Вартість доставок, грн.	129600	120000
Витрати на зберігання, грн.	540200	135050
Ставка по кредиту, %	16,5	16,5
Збитки від інвестицій у оборотний фонд, грн.	140836	36838
Загальні витрати, грн.	5970636	5451888
Середня кількість автомобілів в автопарку, од.	100	100
Економічний ефект, грн. в рік:		
по парку		518748
на один автомобіль		5187

Розрахунки показали, що при розмірі партії в 1600 літрів на рік необхідно зробити 15 поставок, що значно вище, ніж при існуючій системі. При використанні моторної оливи ГАЗ-3307 для транспортування вартість однієї доставки вдвічі менше, ніж при використанні КамАЗ-45142, але річні витрати на транспортування на 56 тисяч грн. вище, але це дозволяє скоротити середній обсяг товарних запасів з 3970 літрів до 1038 літрів, відповідно, знижуються витрати на зберігання і втрати від вкладення в оборотні кошти. В результаті загальні витрати скорочуються на 518,7 тисяч грн. на рік або на 5,19 тисяч грн. на один автомобіль на рік.

На рисунку 4.13 показана зміна з плином часу параметрів системи подачі моторної оливи до і після виконання рекомендацій.



а – до виконання рекомендацій; б – після впровадження

Рисунок 4.13 - Зміна параметрів системи подачі моторної оливи в динаміці

З рисунка видно, що в другому випадку (графік б) розмір запасу значно менший, ніж в першому (діаграма а).

Зміна часу частоти подачі моторної оливи представлена на рис. 4.14. З графіка видно, що в зимовий період у зв'язку зі збільшенням інтенсивності споживання оливи поставки повинні здійснюватися частіше, ніж влітку. Мінімальна частота доставки становить 19 днів, а максимальна – 34 дні.

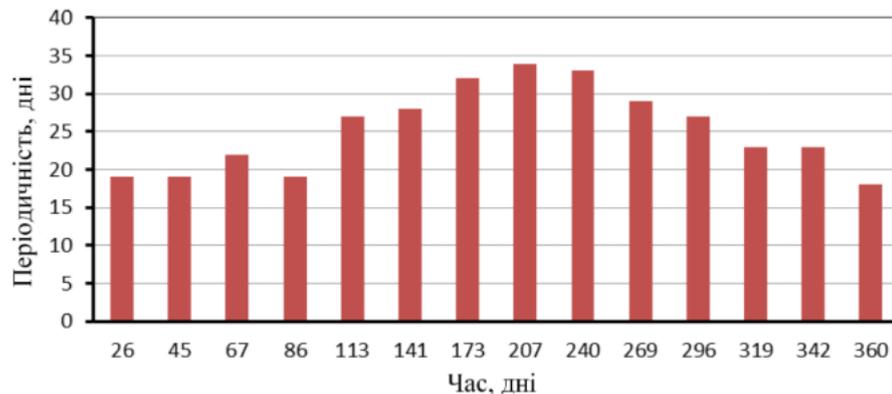


Рисунок 4.14 - Зміна часу періодичності подачі моторної оливи при обсязі партії 1600 літрів

Таким чином, на основі проведених досліджень розроблена методика планування потреби в моторній оливі з урахуванням варіації інтенсивності і умов експлуатації транспортних засобів, що дозволяє на підставі виявлених закономірностей формування компонентів витрати оптимізувати розмір партії і періодичність поставок, а також знизити загальні витрати, пов'язані з придбанням, транспортуванням і зберіганням моторної оливи.

4.6 Висновки до четвертого розділу

Розглянуто методологічні питання використання результатів дослідження, окремі випадки у формуванні цільової функції.

1. Обґрунтовано розмір страхового запасу моторної оливи.
2. Розроблена методика планування потреби автотранспортних підприємств в моторній оливі з урахуванням умов експлуатації автомобілів, яка,

на відміну від відомих раніше методів, дозволяє не тільки визначити сумарну витрату за певний період, але і врахувати його розподіл у часі. Запропоновано два варіанти методики: спрощений і більш точний, заснований на стохастичному підході.

3. Розроблено імітаційну модель формування витрати моторної оливи в процесі експлуатації автомобілів, реалізовану у вигляді комп'ютерної програми і дозволяє визначити частоту і обсяг подачі оливи при експлуатації автомобілів в змінних умовах експлуатації.

4. Методика планування потреби автотранспортних підприємств в моторній оліві з урахуванням умов експлуатації транспортних засобів впроваджена в товаристві з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів. Ефект від його використання склав 5,19 тисяч грн. на автомобіль на рік за рахунок більш точного планування потреби в оліві, зниження сумарних витрат, пов'язаних з його придбанням і зберіганням на цій основі.

ВИСНОВКИ

1. На основі проведених досліджень було вирішено актуальну науково-практичну проблему розробки методики планування потреби автотранспортних підприємств у моторній оливі з урахуванням варіативності умов експлуатації та зниження сумарних витрат, пов'язаних з його придбанням та зберіганням на цій основі.

2. На підставі аналізу попередніх досліджень і результатів апріорного ранжування було встановлено, що найбільш значущими факторами, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи, є час роботи двигуна, середня технічна швидкість автомобіля і температура навколишнього повітря. Пасивний польовий експеримент підтвердив ці результати: за всіма факторами t -статистика кореляційного зв'язку з інтенсивністю витрати моторної оливи перевищила граничне значення з ймовірністю 0,95.

3. Встановлено закономірності, що формують витрату моторної оливи в процесі експлуатації автомобілів. Періодичні зміни інтенсивності експлуатації автомобіля формують сезонну хвилю необхідності заміни оливи. Зміна інтенсивності та умов експлуатації формує відповідну сезонну хвилю потреб у доливанні оливи. Амплітуда зміни потреби в оливі для різних марок і моделей автомобілів протягом року становить: на заміну - від 42 до 108%; на доливання – від 58 до 144%.

4. Розроблено однофакторні математичні моделі впливу основних факторів на інтенсивність витрати моторної оливи: вплив часу роботи на інтенсивність витрати оливи описується експоненціальною моделлю, середня технічна швидкість - квадратичною моделлю, а температура повітря - квадратичною моделлю. Розроблено багатфакторну модель впливу цих факторів на інтенсивність споживання моторної оливи. Середня похибка наближення склала 1,92 ... 4,15 %. Експериментально визначено числові параметри математичних моделей для автомобілів КамАЗ-45142.

5. Розроблено імітаційну модель формування витрати моторної оливи в

процесі експлуатації транспортного засобу, що дозволяє визначати витрату оливи транспортних засобів при експлуатації в змінних умовах, а також планувати частоту і обсяг поставок.

6. Розроблена методика планування потреби автотранспортних підприємств в моторній оливі з урахуванням умов експлуатації автомобілів, яка, на відміну від відомих раніше методів, дозволяє не тільки визначити сумарну витрату за певний період, але і врахувати її розподіл у часі. Запропоновано два варіанти методики - спрощений і більш точний, заснований на розробленій імітаційній моделі, реалізованій у вигляді програми для комп'ютерів і дозволяє визначити частоту і обсяг подачі оливи при експлуатації автомобілів в змінних умовах експлуатації.

7. Результати досліджень впроваджено у відділі технологічного транспорту та спеціального обладнання товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група» м. Немирів. Ефект від використання методу склав 5,19 тисяч грн на один автомобіль на рік за рахунок більш точного планування потреби в оливі, зниження сумарних витрат, пов'язаних з її придбанням і зберіганням на цій основі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Братичак М.М. Бабяк Л.В. Моторні палива з альтернативної сировини: навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки – 2017. – 144с.
2. 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>.
3. Канарчук В. Є., Курніков І. П. Виробничі системи на транспорті. Київ : Вища школа, 1997. 359 с.
4. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.
5. Колосюк Д.С., Зеркалов Д.В. Експлуатаційні матеріали: Підручник. Київ: Арестей – 2006. – 260с.
6. Кукурудзяк Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Технологія ТО і ПР. Вінниця : ВНТУ, 2022. 225 с.
7. Кукурудзяк Ю.Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Технологія обслуговування. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 227 с.
8. Кукурудзяк Ю.Ю., Біліченко В.В. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР.: Навчальний посібник. –Вінниця: ВНТУ, 2010. – 198 с.
9. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів : технологія : підручник / Лудченко О. А. – К. : Вища шк., 2007. – 527 с
10. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. К.: "Знання-Прес", 2003 р. 388с.
11. Методи оцінювання якості технологічних процесів у системах автосервісу: Монографія / [Л.А. Тарандушка, В.П. Матейчик, І.В. Грицук, Н.Л. Костьян, О.Д. Марков, І.П. Тарандушка] - Черкаси. : ЧДТУ, 2021. – 212 с

12. Моторні палива: властивості та якість. Підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Казимир Лейда; за заг. редакцією проф. С. Бойченка. – К.: «Центр учбової літератури», 2017.-324с.

13. Слободяник С.А., Крещенецький В.Л., Огневий В.О. Алгоритм імітаційної моделі формування витрати моторної оливи при експлуатації автомобілів // XVIII міжнародна науково-технічна конференція “Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту”, Вінниця 2025 р.

14. Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник / В.М. Дембіцький, В.І. Павлюк, В.М. Придюк – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 473 с

15. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / [Форнальчик Є.Ю., Оліскевич і ін.]. Л., Афіша, 2004. – 492с.

16. Червінський Т.І., Топільницький П.І., Ярмола Т.І. Експлуатаційні матеріали для автотехніки. навч. посібник. Львів: Видавництво «Левада».2020.-326с.

17. Dyer, G. Automotive lubricates consumption under New Zeland condition [Text] // Soe-Austolusia. – 1969. – №1. – V. 29. – P. 9-13.

18. Engine Oil Consumption [Electronic resource] // AA1Car. – June 2015. http://www.aa1car.com/library/oil_consumption.htm.

19. Excessive oil consumption isn't normal. Automakers say adding oil between scheduled changes is acceptable. It's not [Electronic resource] // ConsumerReports. – June 30, 2015. – <http://www.consumerreports.org/cro/magazine/2015/06/excessive-oil-consumption/index.htm>.

20. Jääskeläinen, H. Lubricating Oil Consumption / H. Jääskeläinen, K. Froelund [Electronic resource] // DieselNet Technology Guide. http://dieselnet.com/tech/lube_cons.php#formulation/.

21. Saito, K. Analysis of oil consumption by observing oil behavior around piston ring using a glass cylinder engine [Text] / K. Saito, T. Igashira, M. Nakada // SAE Technical Paper. – 1989. – №892107. – С. 1-32.

22. Kamimoto T., Yokota H., Kobayashi H. Effect of High Pressure Injection Soot Formation in a Rapid Compression Machine to Stimulate Diesel Flames / SAE Technical Paper Series. – 1987. - №871610. – P. 9.

23. Lindgren M. Multiplexed vehicle electronics tutorial/M. Lindgren. -Mecel. 1995. -123 pp.

24. Needham J.R., Doyle D.M., Nicol A.J. The Low NO_x in the Truck Engine // SAE Technical Paper Series. - 1991. - №910731. - P.1-10.

25. Operating Instructions. Injection pump test bench EPS 807/815. Robert Bosch GmbH. Automotive Aftermarket. Test Equipment. 1 689 979 672 UBF 851/1 De,En,Fr,Sp,It (03.12.2003). Printed in Germany.

26. Operating Instructions. KMA 802/822. Description of unit. Robert Bosch GmbH. Automotive Aftermarket. Test Equipment. 1 689 979 674 UBF 851/3 De,En,Fr,Sp,It,Sv (2005-02-28). Printed in Germany.

ДОДАТКИ

Додаток А

Ілюстративна частина

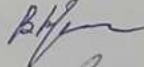
Підвищення ефективності використання автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група»» місто Немирів за рахунок удосконалення методики нормування витрати моторної оливи

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

Підвищення ефективності використання автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група»» місто Немирів за рахунок удосконалення методики нормування витрати моторної оливи

Ілюстративна частина

до магістерської кваліфікаційної роботи
 зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
 08-29.МКР.022.00.000

Керівник роботи к.т.н., доцент  Крещенецький В.Л.
 Розробив студент гр. 1АТ-24м  Слободяник С.А.

Вінниця ВНТУ 2025

2

Метою роботи є підвищення ефективності використання автомобілів за рахунок розробки методики коригування норм споживання моторної оливи та удосконалення планування потреби в ній автотранспортними підприємствами з урахуванням варіації інтенсивності та умов експлуатації.

Для досягнення зазначеної мети в роботі були поставлені наступні завдання:

1. Визначити фактори, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи;
2. Встановити закономірності, що формують витрату моторної оливи в процесі експлуатації автомобілів;
3. Розробляти математичні моделі впливу основних факторів на інтенсивність витрати моторної оливи;
4. Розробити імітаційну модель формування витрати моторної оливи в процесі експлуатації транспортних засобів;
5. Розробити методику планування потреби автотранспортних підприємств в моторній оливі з урахуванням умов експлуатації автомобілів та оцінити її ефективність.
6. Провести економічну оцінку запропонованих заходів.

Об'єктом дослідження є процес формування потреби автотранспортних підприємств у моторних оливах за змінних умов експлуатації.

Предметом дослідження є закономірності формування попиту автотранспортних підприємств на моторну оливу з урахуванням впливу температури повітря, середньої технічної швидкості автомобіля і часу роботи двигуна (на прикладі автомобілів марки КамАЗ).

Наукова новизна.

- виявлені фактори, що впливають на інтенсивність витрати моторної оливи, до яких відносяться не тільки час роботи двигуна від початку експлуатації, але і сезонно мінлива температура повітря, середня технічна швидкість руху транспортних засобів;
- встановлені закономірності, що формують витрату моторної оливи компонентами в процесі експлуатації транспортних засобів з урахуванням впливу нерівномірності інтенсивності експлуатації на варіацію потреби в замінах, а також зміни температури повітря і середньої технічної швидкості транспортних засобів на варіацію потреби в доливанні оливи;
- розроблені однофакторні математичні моделі впливу цих факторів на інтенсивність витрати моторної оливи, а також багатofакторна модель, що враховує їх комбінований вплив;
- розроблена імітаційна модель формування витрати моторної оливи в процесі експлуатації транспортних засобів, яка дозволяє визначити витрату оливи автотранспортом при експлуатації в змінних умовах, а також планувати частоту і обсяг поставок.

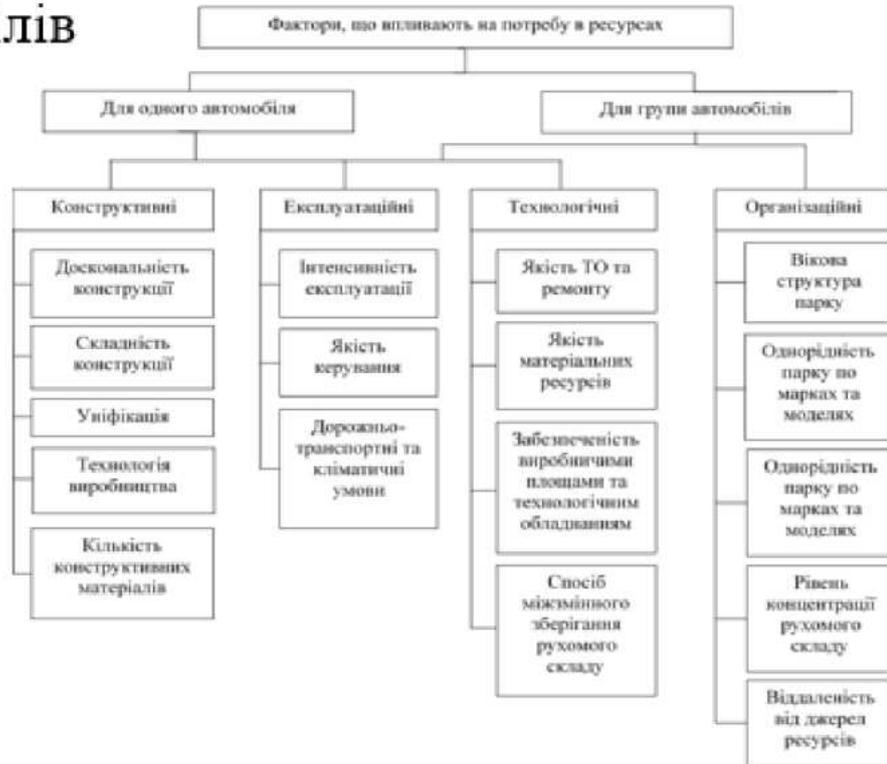
Практичне значення отриманих результатів

полягає в розробці методики планування потреби автотранспортних підприємств в моторній оливі з урахуванням варіації умов експлуатації і зниження витрат на оборотні кошти на цій основі.

Система матеріально-технічного постачання як система масового обслуговування



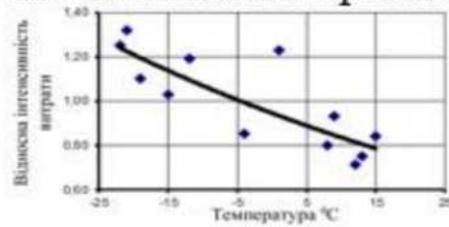
Класифікація факторів, що впливають на потребу в ресурсах при експлуатації автомобілів



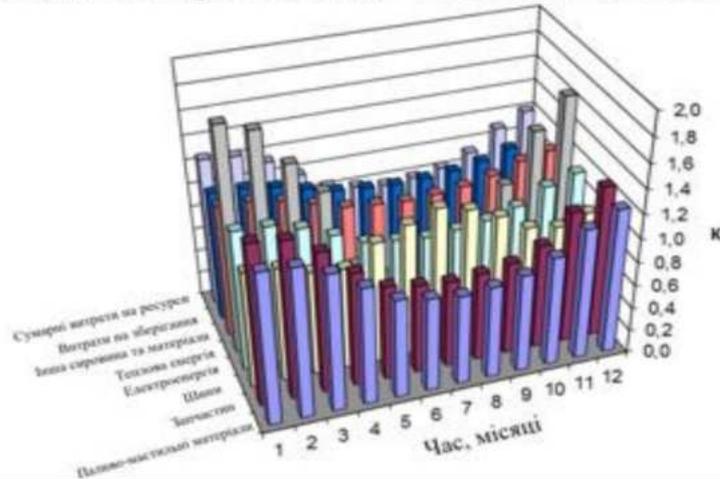
Класифікація основних факторів, що визначають експлуатаційну витрату палива



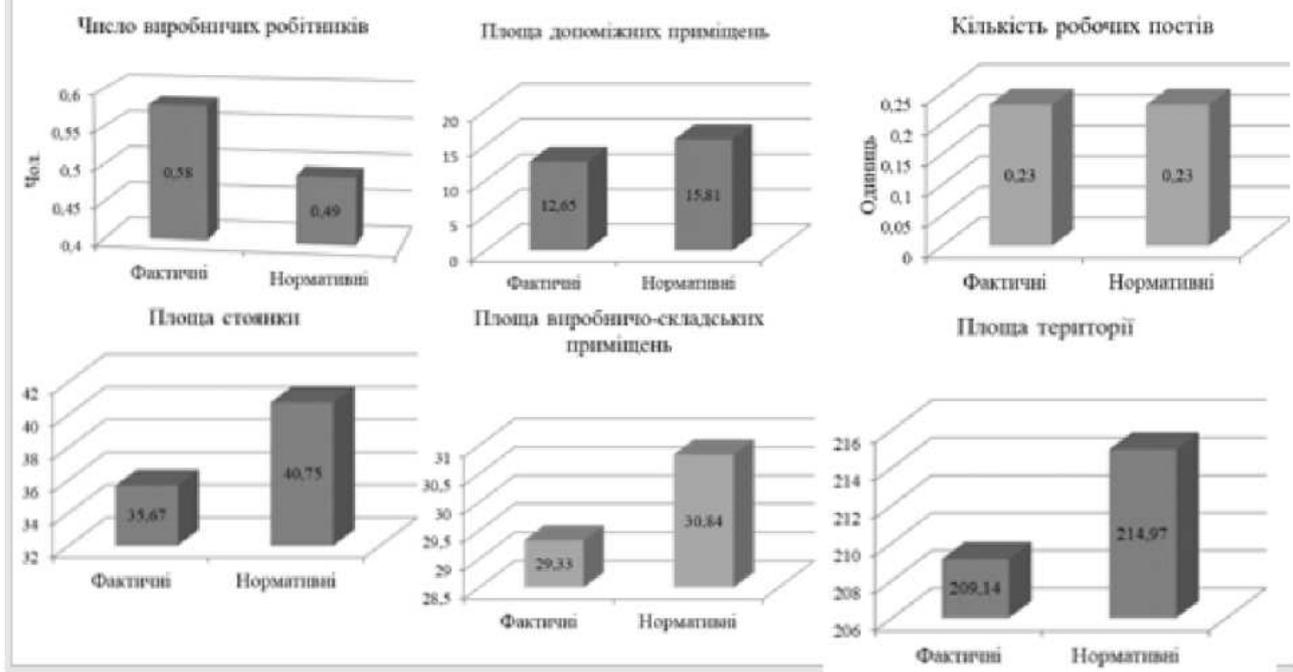
Вплив температури повітря на інтенсивність витрати паливо-мастильних матеріалів 7



Щомісячні зміни значень коефіцієнта сезонної нерегулярності потреби в ресурсах при експлуатації автомобілів КамаЗ



Техніко-економічні показники товариства з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова компанія «Вінницька промислова група»» 8

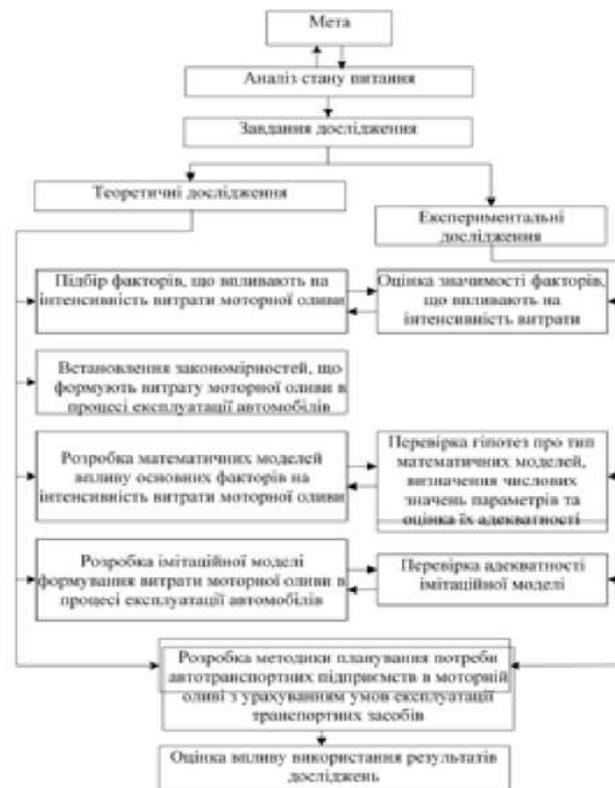


Укрупнена дослідження

схема

загальної

методики

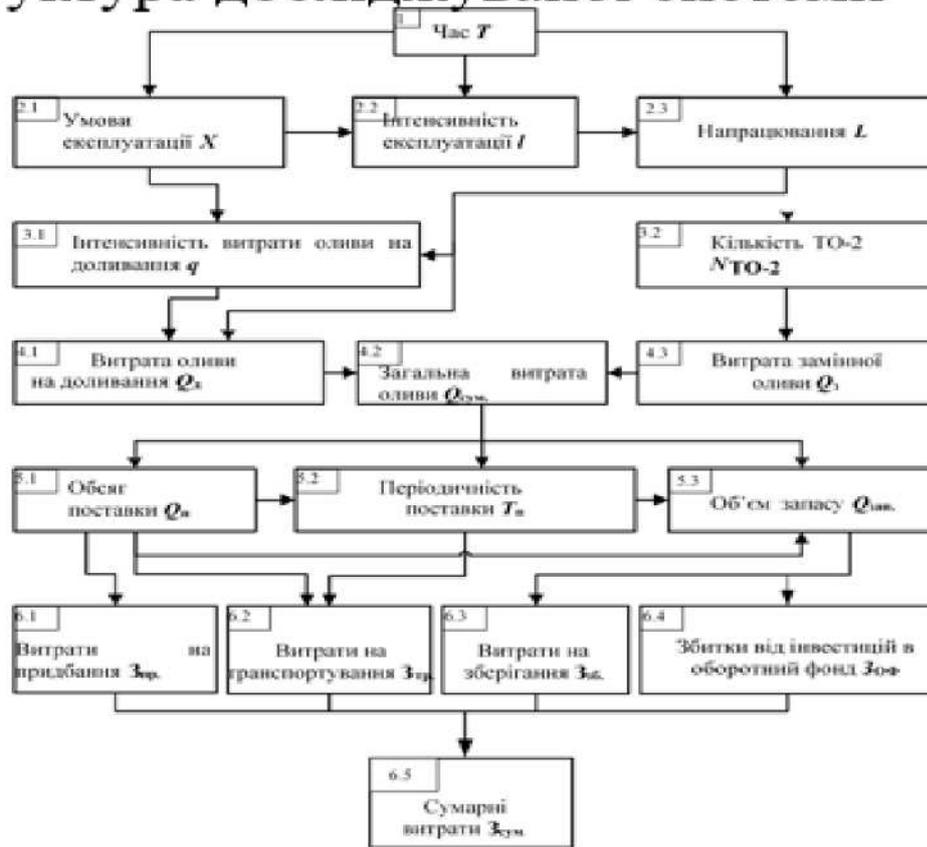


Дерево цілей при розробці методики нормування витрати і планування потреби в моторній оливі з урахуванням варіацій інтенсивності і умов експлуатації транспортних засобів

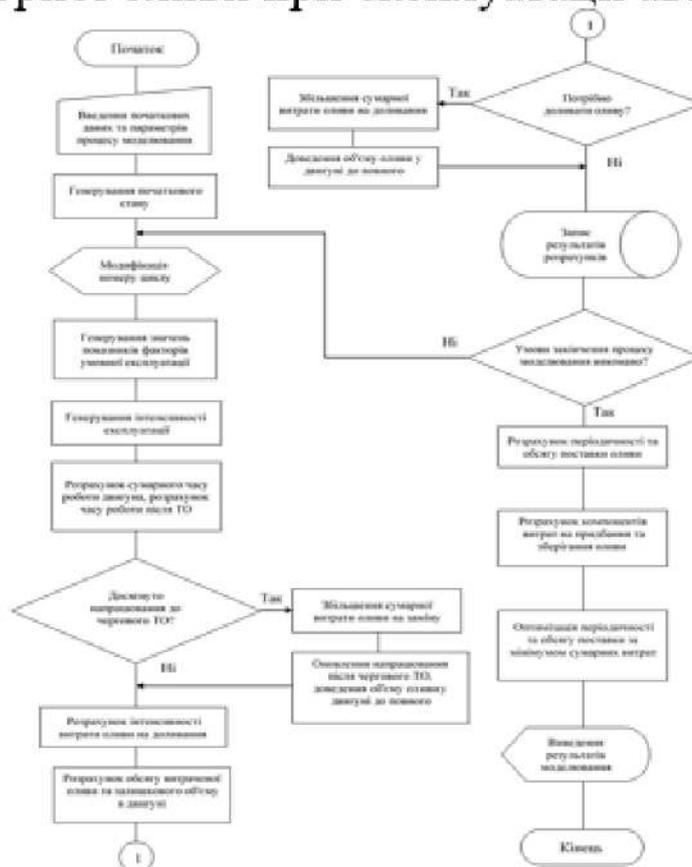
10



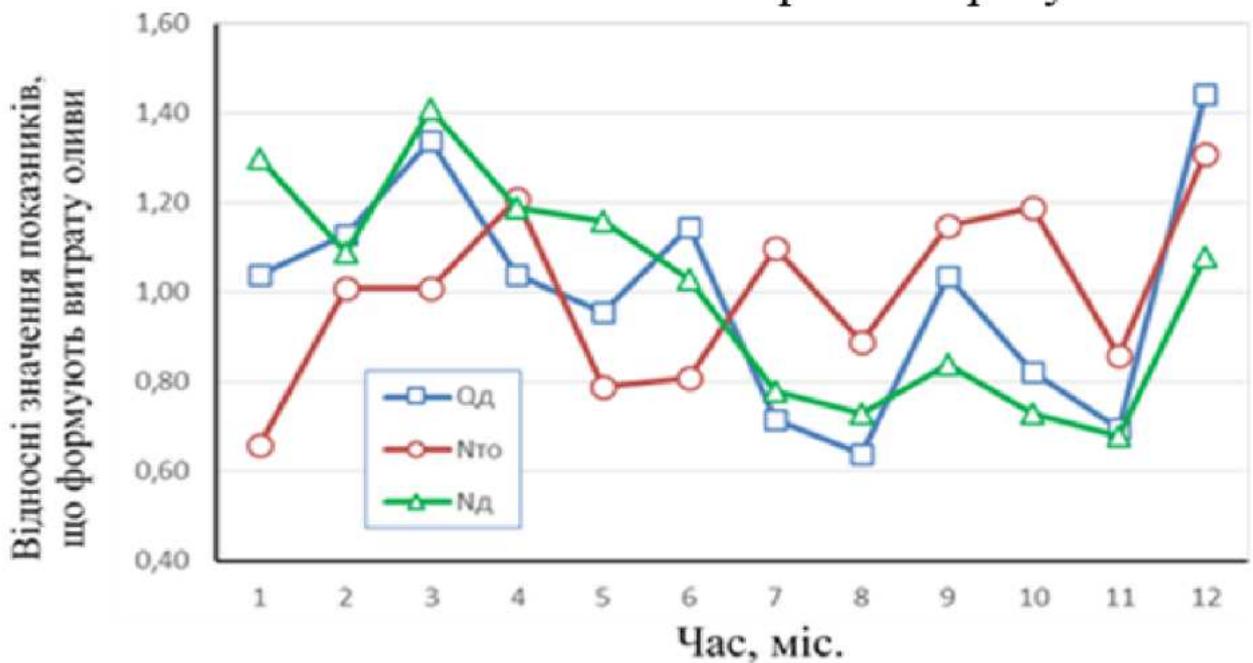
Структура досліджуваної системи



Укрупнений алгоритм імітаційної моделі формування витрати моторної оливи при експлуатації автомобілів

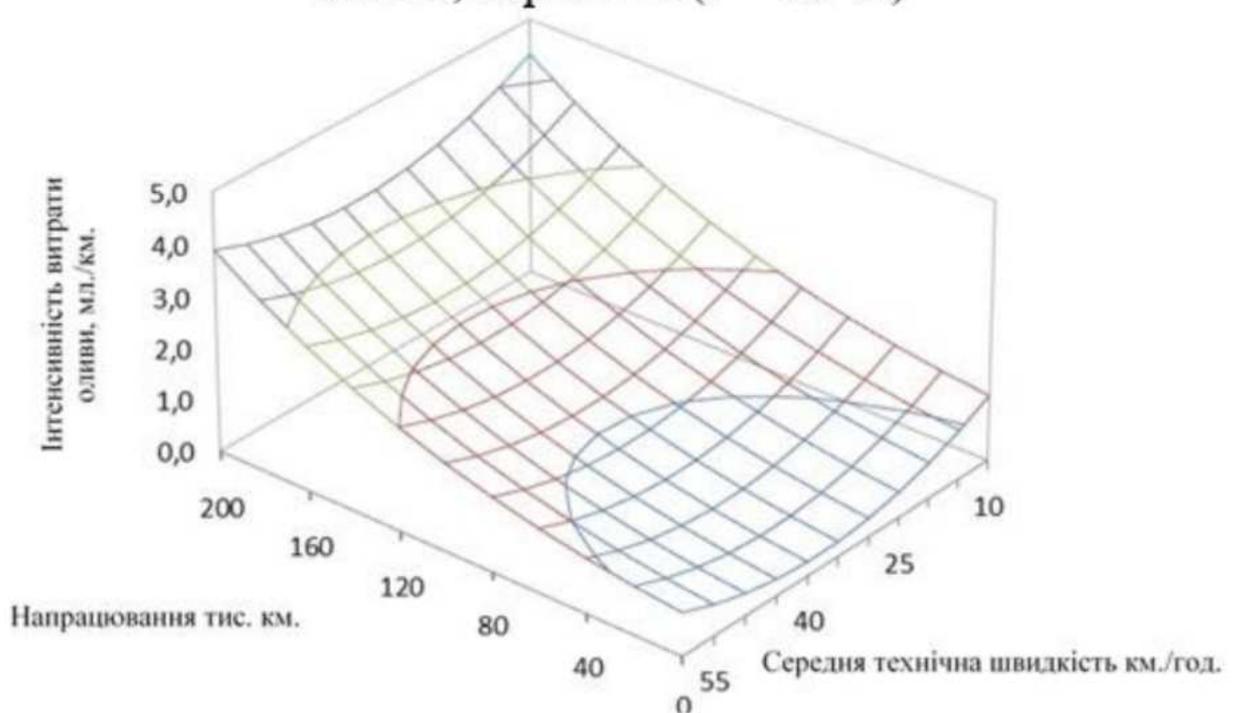


Зміни показників, що формують витрату оливи автомобілів КамАЗ-45142 протягом року

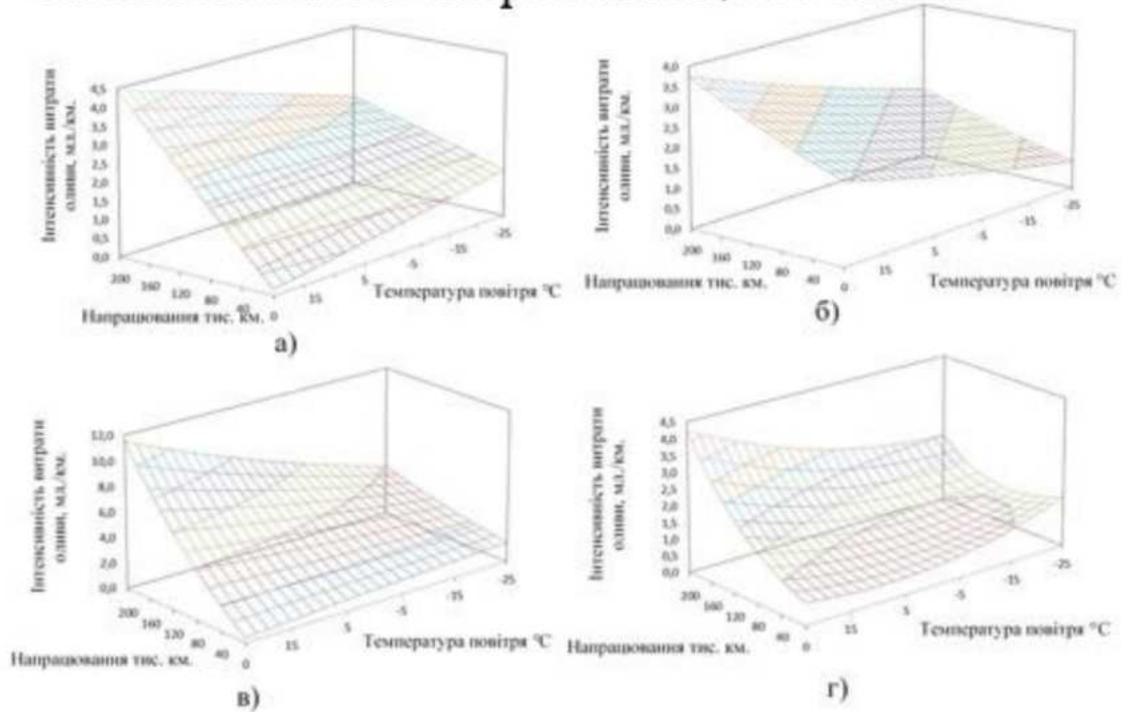


Nto – обсяг технічного обслуговування; Nd - кількість виконаних операцій по додаванню оливи в двигун; Qd - обсяг доданої оливи

Багатофакторна математична модель впливу температури повітря, часу роботи двигуна і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи, варіант 4 ($t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$)

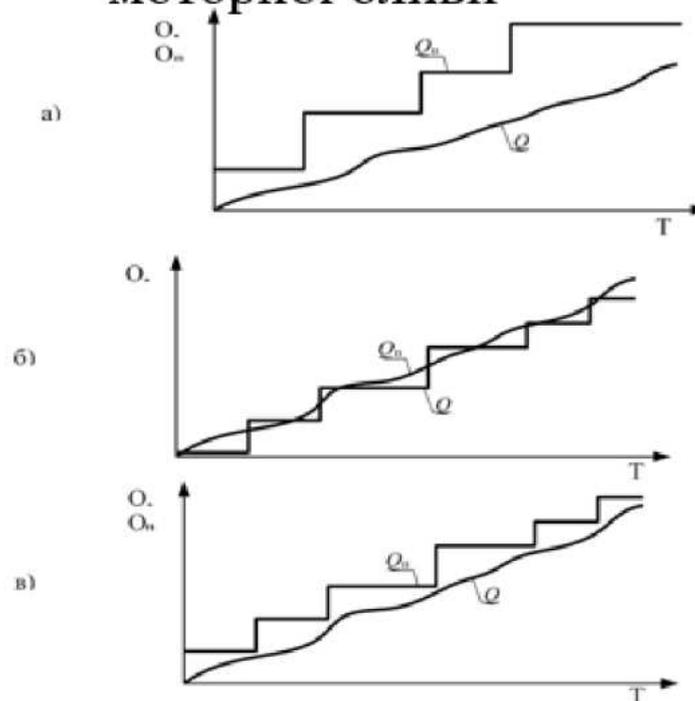


Графічне представлення варіантів багатфакторної математичної моделі впливу температури повітря, часу роботи двигуна і середньої технічної швидкості на інтенсивність витрати моторної оливи



а – модель 1; б – модель 2; в – модель 3; д – модель 4

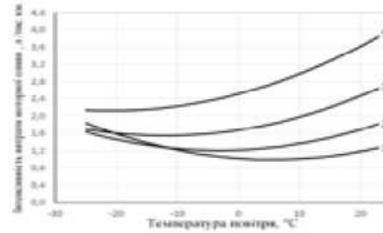
Теоретично можливі стани системи подачі моторної оливи



Q_0 – обсяги поставок оливи, Q – потенційна витрата оливи в разі своєчасної заміни; α – надмірна поставка; β – недостатня поставка; ϵ – оптимальна поставка

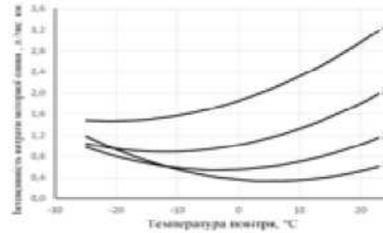
Номограма для визначення інтенсивності витрати моторної оливи

а)

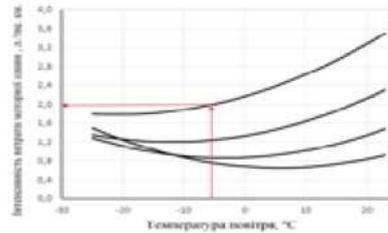


$V_n = 15$

б)



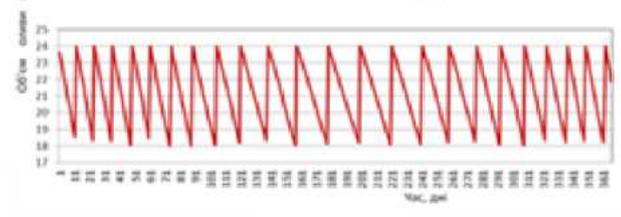
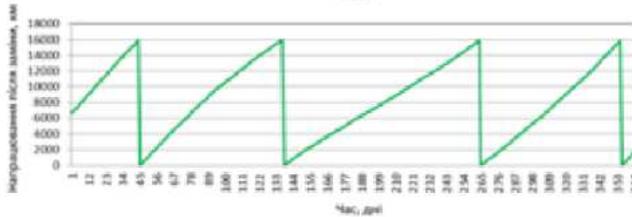
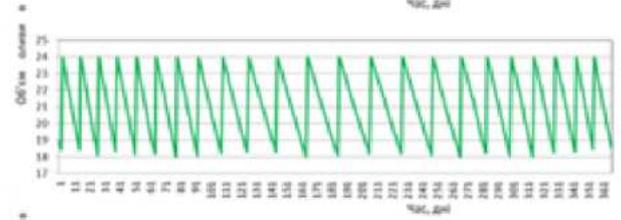
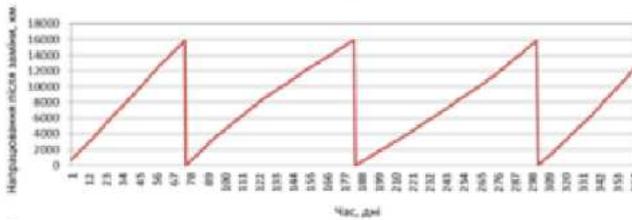
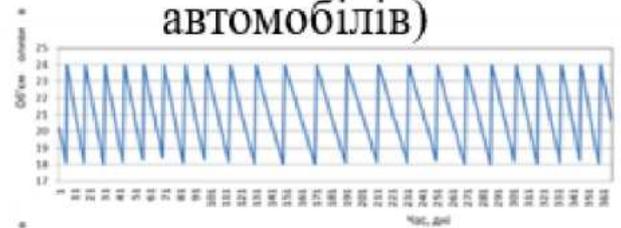
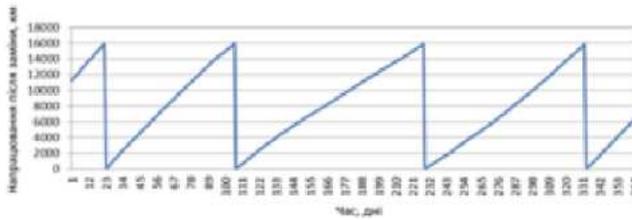
$V_n = 35$



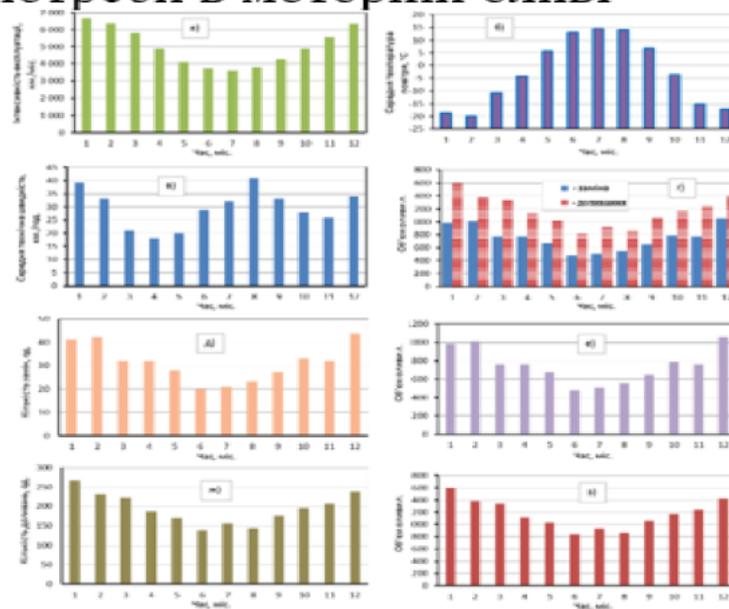
$V_n = 55$

Процес формування потоку вимог по заміні оливи (фрагмент на три автомобілі)

Процес формування потоку вимог до доливання оливи (фрагмент для трьох автомобілів)

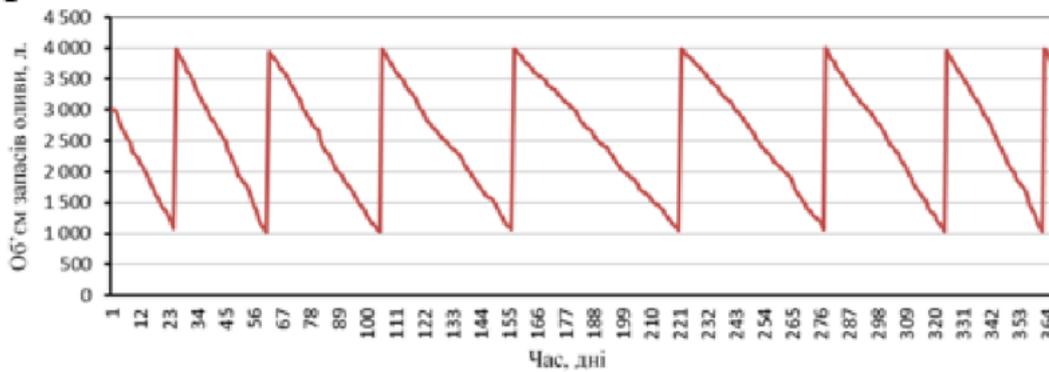


Графічне зображення результатів розрахунку потреби в моторній оливі

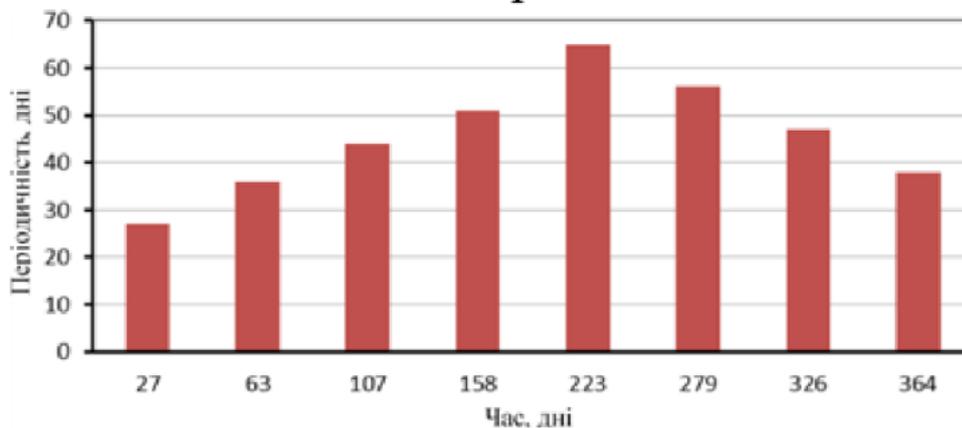


а – зміна інтенсивності експлуатації автомобілів протягом року; б – зміна середньомісячної температури повітря; в – зміна середньої технічної швидкості; г – зміна витрати моторної оливи по компонентах; д – зміна кількості заміни оливи; е – зміна витрати оливи на заміну; з – зміна обсягу оливи для доливання

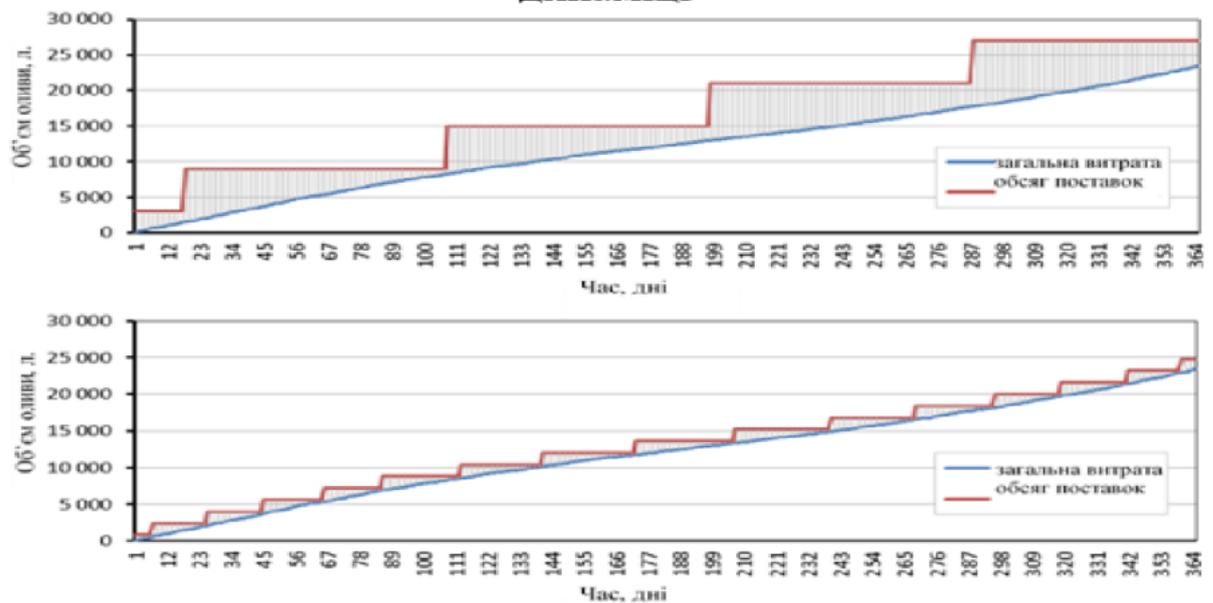
Графічне зображення процесу витрати і поповнення моторної оливи



Зміна частоти поставок моторної оливи в динаміці

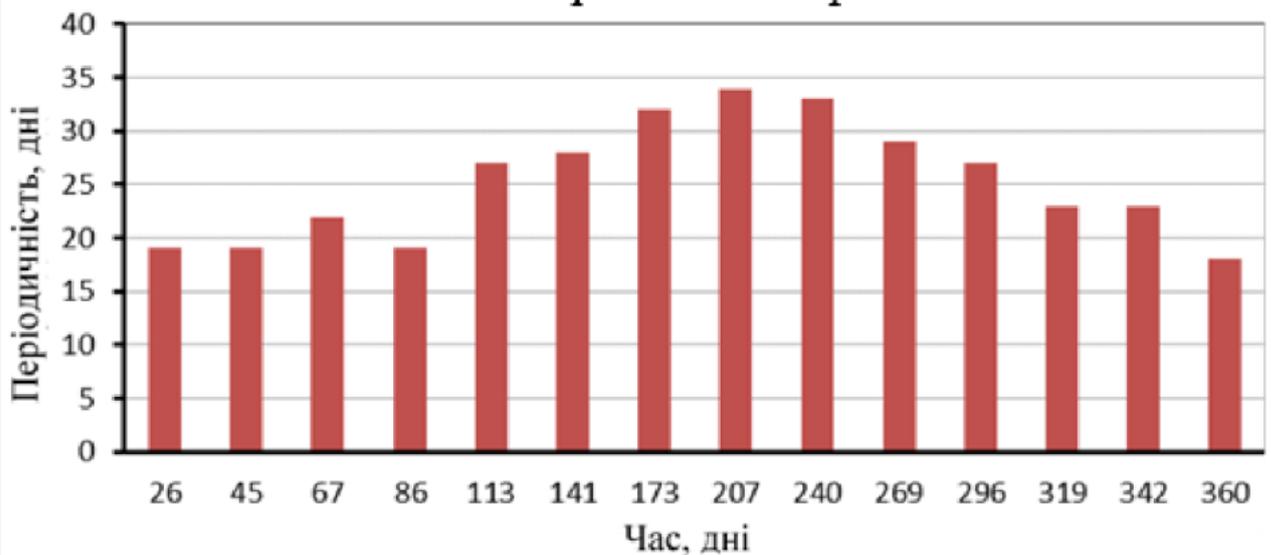


Зміна параметрів системи подачі моторної оливи в динаміці



а – до виконання рекомендацій; б – після впровадження

Зміна часу періодичності подачі моторної оливи при обсязі партії 1600 літрів



Ефект від використання методу склав 5,19 тисяч грн на один автомобіль на рік за рахунок більш точного планування потреби в оливі, зниження сумарних витрат, пов'язаних з її придбанням і зберіганням на цій основі.

Додаток Б

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Підвищення ефективності використання автомобілів
паркування з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарська холдингова
компанія «Вінницька промислова група»» місто Немирів за рахунок
досконалення методики нормування витрати моторної оливи

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
 Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
 системою StrikePlagiarism (КП1) 10,4 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

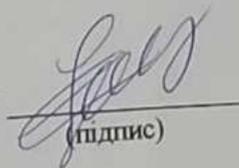
- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Цимбал С.В., завідувач кафедри АТМ
 (прізвище, ініціали, посада)

Кужель В.П., доцент кафедри АТМ
 (прізвище, ініціали, посада)

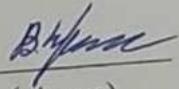
Особа, відповідальна за перевірку


 (підпис)

Цимбал О.В.
 (прізвище, ініціали)

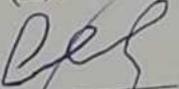
З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник


 (підпис)

Крещенецький В.Л., доцент кафедри АТМ
 (прізвище, ініціали, посада)

Здобувач


 (підпис)

Слободяник С.А.
 (прізвище, ініціали)