

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комплексна методика керуванням моніторингу транспортних засобів на основі умов експлуатації з дослідження експлуатаційних факторів із застосуванням методу експертних оцінок

Виконав: студент 6 курсу, групи МАм-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Дмитро КОЗАК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Керівник

Роман
РОГАТИНСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Нормоконтроль

Михайло ЛЕВКОВИЧ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (ім'я та прізвище)
«14» листопада 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Козаку Дмитру Вірославовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комплексна методика керуванням моніторингу транспортних засобів на основі умов експлуатації з дослідження експлуатаційних факторів із застосуванням методу експертних оцінок.

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» листопада 2025 року № 4/7-970

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Умови експлуатації транспортних засобів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

Підйомник канавний електромеханічний – 1А1. Стенд для збирання передніх мостів – 1А1. Стенд для перевірки гальмівних систем – 1А1.

Логічна структура поняття технічної готовності – 1А1.

Результати опитування експертів – 1А1. Розподіл вагових коефіцієнтів факторів впливу експлуатаційних умов на технічний стан АТЗ – 1А1.

Критерії оцінки дорожніх факторів факторів по впливу на реалізацію досліджуваних властивостей АТЗ – 1А1.

Розподіл відмов АТЗ залежно від пробігу – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, ім'я та прізвище консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 14.11.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	20.11.25	
2	Технологічний розділ	27.11.25	
3	Конструкторський розділ	03.12.25	
4	Науково-дослідний розділ	11.12.25	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.12.25	
6	Оформлення графічної частини	19.12.25	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра		

Студент

(підпис)

Дмитро КОЗАК

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Роман РОГАТИНСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Комплексна методика керування моніторингу транспортних засобів на основі умов експлуатації з дослідження експлуатаційних факторів із застосуванням методу експертних оцінок.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім.. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н. професор Рогатинський Роман Михайлович.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 73 сторінок формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 3 сторінок додатків.

Ключові слова: система управління, метод експертних оцінок, експертне оцінювання, технічний стан, діагностування.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Аналіз існуючої системи експлуатації автотранспортних засобів.....	7
1.2 Формулювання завдань моніторингу експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів.....	14
1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	18
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	21
2.1 Визначення річного обсягу допоміжних робіт.....	21
2.2 Визначення чисельності виробничого персоналу та допоміжних робітників.....	22
2.3 Визначення необхідної кількості робочих постів.....	25
2.4 Визначення площ приміщень автотранспортного підприємства.....	28
2.5 Розроблення планувальних рішень автотранспортного підприємства.....	31
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	35
3.1 Вибір програмного забезпечення для виконання розрахунків на ЕОМ.....	35
3.2 Вибір і обґрунтування вихідних даних.....	35
3.3 Вибір та коригування нормативної періодичності технічного обслуговування і пробігу до капітального ремонту.....	36
3.4 Вибір та коригування нормативних трудомісткостей.....	37
3.5 Розрахунок виробничої програми з технічного обслуговування і ремонту рухомого складу.....	38
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	47
4.1 Методичні підходи до оцінювання впливу техніко-експлуатаційних характеристик на рівень технічної готовності автотранспортних засобів.....	47
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	65
5.1 Поняття гігієни праці та виробничої санітарії.....	68
5.2 Заходи з підвищення стійкості систем енергопостачання.....	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	72

ВСТУП

Сучасний розвиток автомобільного транспорту характеризується зростанням інтенсивності експлуатації транспортних засобів, ускладненням умов їх використання та підвищенням вимог до надійності, безпеки й економічної ефективності функціонування автотранспортних систем. За таких умов особливої актуальності набуває впровадження ефективних систем моніторингу транспортних засобів, які дозволяють своєчасно отримувати інформацію про технічний стан, режими роботи та вплив зовнішніх і внутрішніх експлуатаційних факторів.

Існуючі підходи до моніторингу транспортних засобів здебільшого орієнтовані на фіксацію окремих параметрів руху або технічного стану без комплексного врахування умов експлуатації, що обмежує можливості прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Водночас реальні умови експлуатації – дорожні, кліматичні, навантажувальні, організаційні та режимні – мають суттєвий вплив на зміну показників надійності, працездатності та ресурсу транспортних засобів, що потребує їх системного аналізу та формалізації.

У зв'язку з цим перспективним напрямом є розроблення комплексної методики керування моніторингом транспортних засобів, яка базується на врахуванні умов експлуатації та кількісній і якісній оцінці впливу експлуатаційних факторів. Особливу цінність у цьому контексті має застосування методу експертних оцінок, що дозволяє залучити професійний досвід фахівців для узагальнення інформації, формування вагових коефіцієнтів факторів і підвищення достовірності управлінських рішень в умовах обмежених або неповних статистичних даних.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз існуючої системи експлуатації автотранспортних засобів

Система технічної експлуатації автотранспортних засобів являє собою цілісну сукупність організаційних та інженерно-технічних рішень, спрямованих на забезпечення раціонального використання рухомого складу впродовж усього життєвого циклу. Її функціонування орієнтоване на досягнення стабільної працездатності автомобілів, підтримання високого рівня технічної готовності, зниження витрат палива й матеріальних ресурсів, а також гарантування належного рівня безпеки дорожнього руху та економічної доцільності процесів технічного обслуговування і ремонту.

У практичному вимірі технічна експлуатація автомобілів розглядається як багатокомпонентна діяльність, що поєднує технічні, економічні, організаційні та соціальні аспекти функціонування автотранспортного підприємства. Основним її призначенням є створення умов для безперервного та якісного надання транспортних послуг шляхом своєчасного забезпечення служби перевезень або зовнішніх споживачів справними автомобілями необхідного типу, у визначеній кількості та у встановлені терміни.

Важливою складовою системи технічної експлуатації є підтримання автомобільного парку у працездатному стані за умови оптимального використання трудових, матеріальних і фінансових ресурсів. При цьому процеси експлуатації повинні здійснюватися з дотриманням установлених нормативів дорожньої та екологічної безпеки, а також вимог до охорони праці й умов роботи обслуговуючого персоналу.

Реалізація цілей і завдань технічної експлуатації автотранспортних засобів покладається на інженерно-технічну службу підприємства, яка виконує функції планування, організації, контролю та аналізу процесів технічного обслуговування і ремонту. Саме ефективність роботи цієї служби значною мірою визначає рівень надійності рухомого складу, економічні показники діяльності автотранспортного підприємства та якість наданих транспортних послуг.

Таким чином, технічна експлуатація автомобілів виступає складовою елементом цілісної системи автомобільного транспорту та функціонує у тісному взаємозв'язку з іншими його підсистемами. Поряд із нею у структурі автомобільного транспорту виокремлюють підсистему комерційної експлуатації, що забезпечує організацію і виконання перевезень, а також підсистему управління, яка формує, координує та регулює діяльність усіх складових транспортного процесу.

Організаційно-економічна форма реалізації підсистеми технічної експлуатації автомобілів значною мірою визначається типом підприємства та характером його виробничої діяльності. У практиці функціонування автомобільного транспорту дана підсистема може реалізовуватися у вигляді внутрішньої виробничої структури окремого підприємства або об'єднання підприємств, таких як транспортні компанії, комерційні автотранспортні підприємства чи корпоративні холдинги, де поряд із наданням транспортних послуг здійснюється постійне підтримання рухомого складу в технічно справному стані.

Водночас технічна експлуатація автомобілів може функціонувати і як самостійний господарський суб'єкт, діяльність якого зосереджена на наданні платних сервісних послуг з технічного обслуговування, діагностування та ремонту транспортних засобів різного призначення та форм власності. Такий підхід дозволяє забезпечити гнучкість системи обслуговування автомобільного парку, розширити спектр послуг і підвищити ефективність використання спеціалізованої матеріально-технічної бази.

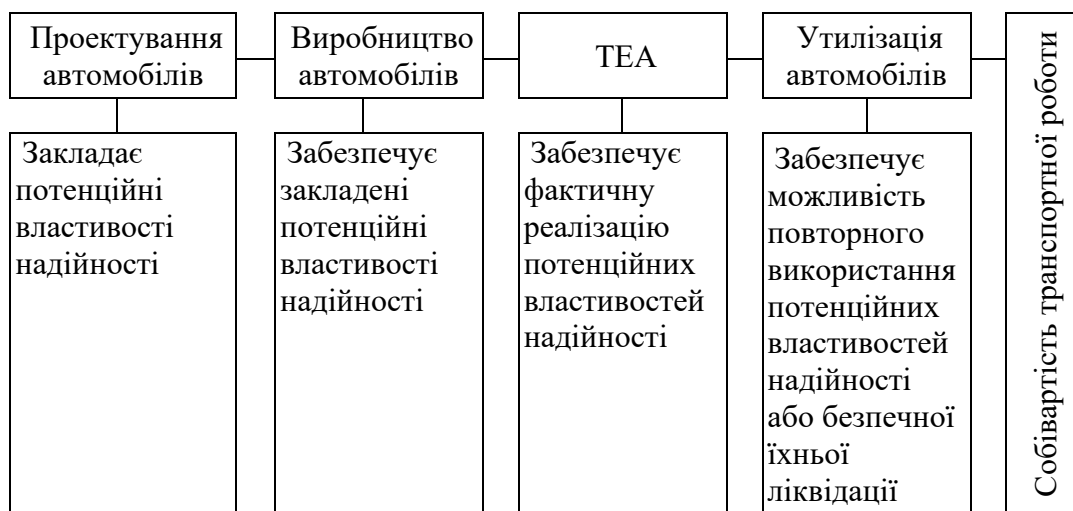


Рис. 1.1. Етапи «життєвого циклу» автомобілів.

У разі функціонування технічної експлуатації автомобілів у складі автотранспортного підприємства її ключова роль полягає у формуванні технічної основи транспортного процесу. Саме ця підсистема забезпечує службу перевезень справним та працездатним рухомим складом, без чого виконання транспортних завдань є неможливим. Водночас підсистеми комерційної експлуатації та управління орієнтовані на раціональне використання наданих у експлуатацію автомобілів, максимізацію економічного результату та формування фінансових потоків, у тому числі шляхом відшкодування витрат, пов'язаних із діяльністю системи технічної експлуатації, з урахуванням її реального внеску в кінцеві результати роботи підприємства.

За таких умов між структурними підрозділами підприємства або групи підприємств формуються стійкі організаційно-управлінські та виробничо-економічні взаємозв'язки, що регламентують порядок взаємодії, розподіл відповідальності та координацію процесів експлуатації, обслуговування і використання автотранспортних засобів.

В іншій організаційній формі, яка набула широкого поширення в умовах ринкової економіки, система технічної експлуатації набуває ознак самостійної сервісної структури та функціонує як автосервіс. У цьому випадку її діяльність спрямована на надання комплексу платних послуг власникам транспортних засобів незалежно від форми власності та сфери їх використання.

Сервісна система у сфері автомобільного транспорту являє собою сукупність технічних засобів, організаційних рішень і технологічних методів, призначених для забезпечення ефективної експлуатації транспортних засобів, підтримання їх працездатності та економічності, а також дотримання вимог дорожньої й екологічної безпеки протягом усього періоду служби автомобіля.

Розвиток сучасного автотранспортного комплексу обумовлює необхідність постійного вдосконалення системи технічної експлуатації автомобілів, що зумовлено сукупністю об'єктивних та організаційно-економічних чинників. Передусім це пов'язано зі стійким зростанням масштабів використання автомобільного транспорту та посиленням його ролі у забезпеченні функціонування транспортної інфраструктури держави й окремих регіонів.

Важливим мотивом розвитку системи технічної експлуатації є потреба у раціональному використанні трудових, матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів, що витрачаються в процесі утримання та обслуговування рухомого складу. Оптимізація зазначених витрат без зниження рівня надійності та безпеки перевезень є одним із ключових завдань сучасних автотранспортних підприємств. Не менш суттєвим чинником є необхідність гарантованого забезпечення транспортного процесу технічно справними автомобілями, здатними стабільно виконувати задані функції в умовах інтенсивної експлуатації.

Забезпечення належного рівня надійності транспортних засобів може досягатися за двома взаємодоповнюючими напрямками. Перший з них пов'язаний із підвищенням надійності автомобілів та їх складових елементів ще на стадіях проектування і виготовлення, що реалізується шляхом використання сучасних матеріалів із покращеними експлуатаційними характеристиками, упровадження високопродуктивних і наукоємних технологій обробки деталей, а також застосування прогресивних конструктивних і технологічних рішень.

Другий напрям орієнтований на розвиток і вдосконалення системи технічного обслуговування та ремонту, включаючи використання ефективних методів відновлення деталей і вузлів, а також створення оптимальних умов експлуатації автомобілів. Це передбачає науково обґрунтований вибір режимів роботи транспортних засобів з урахуванням параметрів змащення, температурних режимів, силових навантажень та інших факторів, що визначають інтенсивність зношування і довговічність елементів конструкції.

Зростання вимог до надійності автомобілів зумовлюється підвищенням швидкості та щільності дорожнього руху, збільшенням потужності силових агрегатів, вантажопідйомності й пасажиромісткості транспортних засобів, а також посиленням технологічної та організаційної взаємодії автомобільного транспорту з підприємствами обслуговування та іншими видами транспорту. За таких умов удосконалення системи технічної експлуатації набуває стратегічного значення для забезпечення стабільної та безпечної роботи автотранспортного комплексу.

Таблиця 1.1. Структура розподілу матеріально-технічних ресурсів і виробничих засобів за строками їх амортизації у процесах виготовлення, технічного обслуговування, поточного та капітального ремонту автомобіля, %.

Техніко-економічні показники	Виготовлення	ТО	ПР	КР
Розподіл розрахункових капітало-вкладень по окремих сферах (без врахування вартості рухомого складу)	11,4	84,4	-	4,2
Питомі співвідношення витрат на виготовлення автомобіля й подальша підтримка його працездатності за амортизаційний строк	13,0	25,0	50,0	12,0
Розподіл трудових ресурсів за термін служби автомобіля	1,4	45,4	46,0	7,2
Витрата металу за термін служби автомобіля	43,0	36,0	36,0	21,0

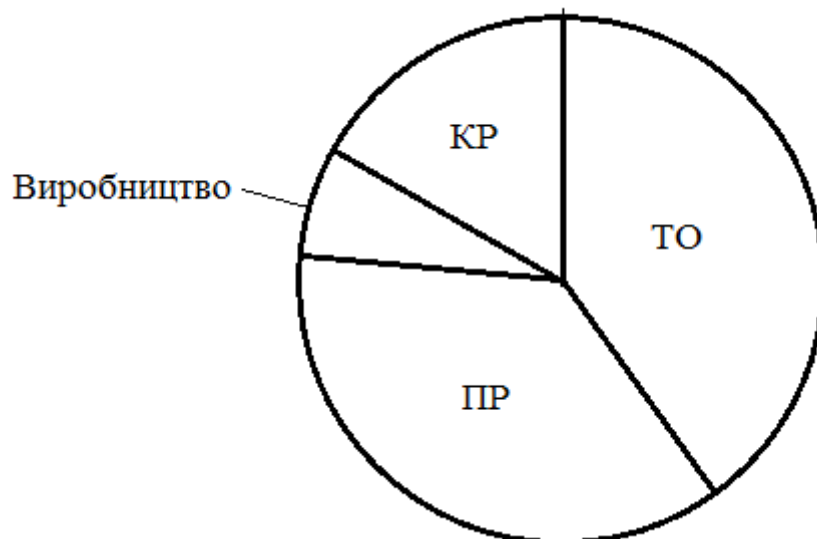


Рис. 1.2. Розподіл трудових витрат протягом життєвого циклу вантажного автомобіля.

Аналіз структури витрат свідчить, що переважна частка як матеріальних ресурсів, так і трудових затрат упродовж експлуатації транспортних засобів зосереджена в процесах технічного обслуговування та ремонту. У зв'язку з цим

підвищення ефективності зазначених процесів за умови збереження нормативного рівня експлуатаційних показників є одним із ключових завдань даного дослідження.

У сучасній практиці технічної експлуатації автомобілів застосовується декілька базових підходів до організації технічного обслуговування і ремонту. До них належать система обслуговування за напрацюванням (пробігом), система, орієнтована на фактичний технічний стан, а також комбінований підхід, який поєднує елементи обох зазначених систем.

Система технічного обслуговування за напрацюванням передбачає виконання регламентованих технічних впливів після досягнення встановленого пробігу, незалежно від реального стану агрегатів і вузлів автомобіля. Такий підхід є найбільш простим у реалізації та широко застосовується як у сфері автомобільного транспорту, так і при експлуатації спеціальної техніки. Водночас його істотним недоліком є неповне використання фактичного ресурсу складових елементів, що призводить до зростання експлуатаційних витрат і зниження економічної ефективності. Найбільш доцільним застосування цієї системи є для елементів, працездатність яких безпосередньо впливає на безпеку дорожнього руху.

При реалізації обслуговування за напрацюванням усі вироби після досягнення нормативної періодичності виконання технічного обслуговування піддаються стандартному обсягу профілактичних робіт, таких як заміна експлуатаційних матеріалів, регулювання гальмівних механізмів та інші передбачені регламентом операції. У результаті основні параметри технічного стану або властивості робочих середовищ приводяться до номінальних або близьких до них значень, що забезпечує задану ймовірність безвідмовної роботи.

Разом з тим за умов природної неоднорідності технічного стану вузлів і агрегатів значна частина елементів має залишковий ресурс, який перевищує встановлену періодичність обслуговування. Для таких випадків регламентне виконання технічного обслуговування фактично є передчасним, що зумовлює додаткові витрати та знижує загальну ефективність системи технічної експлуатації.

Принцип функціонування системи технічного обслуговування, орієнтованої на фактичний стан транспортного засобу, полягає у виконанні технічного впливу лише за умови досягнення контрольованими параметрами гранично допустимих значень. За такого підходу рішення про проведення обслуговування або ремонту приймається на основі реального рівня зношування вузлів і агрегатів, що дає змогу уникнути передчасних ремонтних втручань у випадках, коли імовірність відмови є незначною. У результаті зазначена система характеризується вищою економічною доцільністю порівняно з регламентною, однак потребує організації постійного або періодичного контролю діагностичних показників.

Реалізація обслуговування за технічним станом передбачає застосування спеціалізованих засобів вимірювання, контролю та діагностування, що дозволяють об'єктивно оцінювати зміну параметрів працездатності транспортних засобів у процесі експлуатації. Це, у свою чергу, потребує наявності сучасного контрольно-діагностичного обладнання та відповідного рівня підготовки обслуговуючого персоналу.

Аналіз наявних підходів до визначення моменту проведення технічного обслуговування свідчить, що більшість з них орієнтовані на реалізацію системи обслуговування за напрацюванням і базуються на усереднених статистичних характеристиках автомобіля. Такий підхід не повною мірою враховує індивідуальні умови експлуатації та реальний технічний стан конкретного транспортного засобу.

У зв'язку з цим найбільш перспективним напрямом розвитку системи технічної експлуатації вважається поступовий перехід від традиційної планово-попереджувальної стратегії до моделі технічного обслуговування, що ґрунтується на фактичному стані автотransпортних засобів. Застосування такої стратегії дає змогу знизити витрати на обслуговування в умовах змінних і важкопрогнозованих режимів роботи та експлуатаційних навантажень. Водночас за зменшення інтенсивності використання автомобіля і неповного вичерпання його ресурсу регламентна система не забезпечує адекватного коригування періодичності обслуговування.

Разом із тим впровадження систем контролю технічного стану супроводжується значними початковими інвестиціями та потребує висококваліфікованого обслуговування діагностичних засобів, що в окремих випадках обмежує економічну ефективність їх практичного застосування.

1.2 Формулювання завдань моніторингу експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів

Оцінювання рівня технічної готовності будь-якого виробу має сенс лише у відносному вимірі, тобто шляхом зіставлення з іншими зразками, що належать до однієї технічної групи. Аналогічний підхід застосовується і до аналізу експлуатаційної готовності автомобілів, яка може використовуватися для коректного порівняння виключно між транспортними засобами однакового класу, функціонального призначення та вантажопідйомності. Порівняння експлуатаційних показників автомобілів різних типів, наприклад малотоннажного фургона і важкого самоскида, є методологічно некоректним через принципові відмінності в умовах їх використання та конструктивних особливостях.

Сукупність експлуатаційних властивостей автомобіля характеризується значною багатогранністю, при цьому окремі показники можуть розглядатися як самотійні об'єкти аналізу. У наукових дослідженнях традиційно виділяють низку базових експлуатаційних характеристик, серед яких особливе місце займають динамічні та економічні показники, надійність, прохідність, стійкість, керованість, плавність ходу, зручність технічного обслуговування, вантажомісткість, запас ходу, ефективність використання маси і габаритів, а також маневреність. Разом із цим до переліку значущих експлуатаційних властивостей доцільно відносити довговічність транспортного засобу, пристосованість до процесів навантаження і розвантаження, ергономічні показники для водія та пасажирів, рівень безпеки руху, інтервали між регламентними обслуговуваннями, трудомісткість виконання ремонтних робіт, а також показники комфорту і захищеності кабіни або кузова від впливу зовнішніх чинників.

Технічна готовність автомобіля, його агрегатів і окремих деталей, як і властивості експлуатаційних матеріалів, не є сталою величиною та зазнає змін у процесі експлуатації. Ці зміни зумовлені зношуванням конструктивних елементів, деградацією робочих характеристик матеріалів та впливом умов використання. Так, фактична паливна економічність автомобіля визначається не лише конструктивними параметрами і дорожньо-експлуатаційними умовами, але й поточним станом систем живлення та запалювання, ступенем зношування циліндро-поршневої групи, точністю кутів установлення коліс та іншими факторами, які змінюються впродовж життєвого циклу транспортного засобу. Саме це обумовлює необхідність системного моніторингу експлуатаційних властивостей автотransпортних засобів з метою обґрунтованого прийняття рішень у процесі їх технічної експлуатації.

У процесі технічної експлуатації автотransпортних засобів такі базові поняття, як якість, надійність і технічний стан, доцільно розглядати не ізольовано, а як взаємопов'язані складові єдиної системи. Лише комплексний підхід до оцінювання їх впливу дозволяє об'єктивно визначити ступінь відповідності транспортного засобу поставленим завданням і забезпечити досягнення цілей автомобільного транспорту. У цьому контексті взаємозалежність ключових характеристик може бути представлена у вигляді логічної послідовності: технічний стан визначає рівень працездатності, працездатність формує показники надійності, надійність забезпечує технічну готовність, а остання є передумовою досягнення експлуатаційних і виробничих цілей.

Під технічною готовністю розуміють інтегральну характеристику, що відображає сукупність властивостей автомобіля, його агрегатів, вузлів, технологічного обладнання та експлуатаційних матеріалів, які визначають здатність виконувати задані функції відповідно до свого призначення. Фактично технічна готовність характеризує реальну можливість ефективної та безпечної експлуатації транспортного засобу в конкретних умовах використання.

Структурно технічна готовність формується набором окремих властивостей, кожна з яких описується одним або кількома параметрами. У процесі експлуатації ці параметри зазнають змін і можуть набувати різних

кількісних значень, які використовуються як показники для оцінювання поточного стану та динаміки змін технічної готовності.

Під час аналізу або оцінювання якості виробів застосовують різні логічні підходи залежно від поставленої мети. Так, при випробуваннях і діагностуванні автомобілів та їх складових аналіз здійснюється шляхом переходу від вимірюваних параметрів до відповідних властивостей і подальшого узагальнення у вигляді показника технічної готовності. Натомість при формуванні вимог до транспортних засобів або їх елементів використовується зворотна послідовність, коли заданий рівень технічної готовності деталізується через необхідні властивості, параметри та їх нормативні показники. Такий підхід забезпечує системність і обґрунтованість управління процесами технічної експлуатації автомобілів.

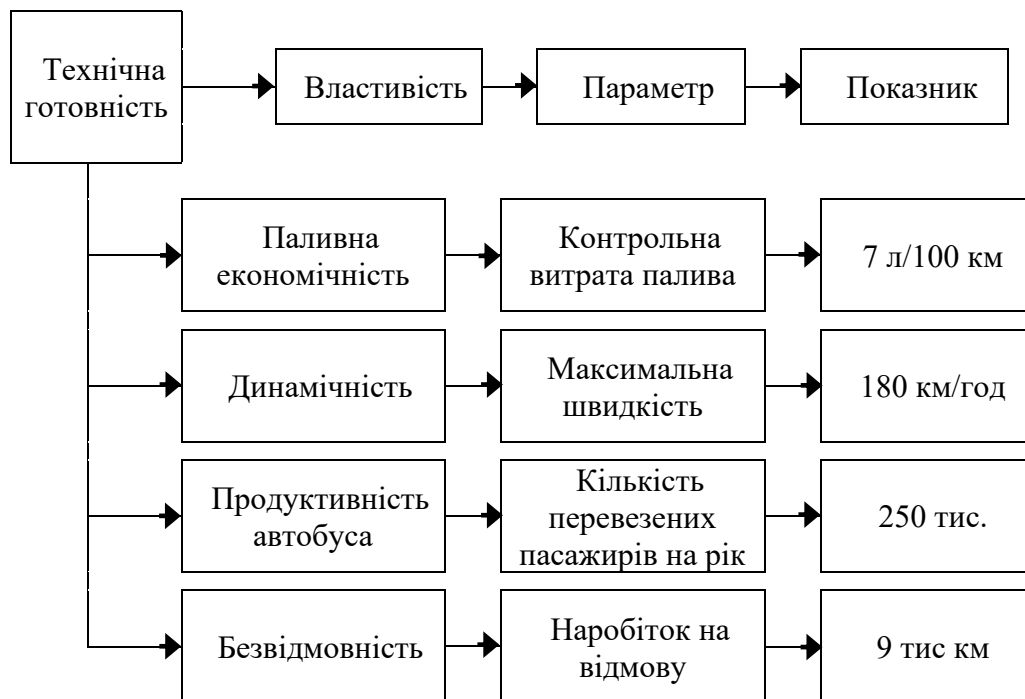


Рисунок 1.3. Логічна структура поняття технічної готовності.

Ілюстративні приклади деталізації показників окремих властивостей якості транспортних засобів наведені на рисунку 1.3. Зокрема, для такої експлуатаційної властивості, як паливна економічність, одним із визначальних параметрів є контрольна витрата пального. Її числове значення для конкретної моделі автомобіля виступає кількісним показником, наприклад 7 л на 100 км пробігу, який використовується для порівняльної та оціночної характеристики.

У практиці аналізу автомобілів зазвичай оперують сукупністю техніко-експлуатаційних властивостей, що комплексно відображають їх функціональні

можливості. До найбільш значущих з них належать вантажопідйомність, тягово-динамічні характеристики, маневреність у швидкісних режимах, експлуатаційна продуктивність, рівень безпеки та показники надійності. Саме ці властивості формують загальне уявлення про придатність автомобіля до виконання заданих транспортних завдань.

Слід зазначити, що техніко-експлуатаційні властивості транспортних засобів закладаються на етапах проєктування та виготовлення, однак ступінь їх реалізації значною мірою визначається умовами виробництва та подальшої експлуатації. У процесі використання автомобіля фактичні значення відповідних показників можуть істотно відрізнятися від номінальних, що обумовлює необхідність їх постійного контролю та аналізу.

У межах даної роботи об'єктом дослідження обрано такі експлуатаційні властивості автотранспортних засобів, як паливна економічність, динамічні показники, що характеризуються середньою швидкістю руху, продуктивність і безвідмовність. Моніторинг зазначених властивостей слугуватиме основою для формування системи оцінювання доцільності проведення технічних та експлуатаційних заходів, спрямованих на підвищення ефективності використання рухомого складу.

Аналіз наукових і прикладних підходів до планування періодичності технічного обслуговування агрегатів і вузлів автомобіля дозволяє згрупувати існуючі методи у три основні категорії. До першої належать найпростіші методи, що ґрунтуються на візуальній оцінці змін зовнішнього стану об'єкта та використанні принципів аналогії і порівняння. Друга група охоплює статистичні методи, які базуються на заданому рівні ймовірності безвідмовної роботи та включають техніко-економічні, економіко-ймовірнісні підходи і методи статистичних випробувань. Третю групу становлять методи, орієнтовані на досягнення гранично допустимих значень технічних параметрів і врахування закономірностей їх зміни в процесі експлуатації.

Аналіз наявних підходів до визначення інтервалів технічного обслуговування свідчить, що більшість з них орієнтована на застосування регламентної тактики виконання ТО та поточного ремонту за напрацюванням. Такі методи базуються на усереднених експлуатаційних показниках і фактично

розраховані на умовно «середній» автомобіль, що обмежує можливість урахування індивідуальних особливостей його використання.

Серед існуючих підходів найбільший науково-практичний інтерес становить метод статистичних випробувань, який потребує подальшого розвитку та адаптації до сучасних умов експлуатації автотранспортних засобів. Застосування цього методу створює передумови для використання обчислювальної техніки з метою визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування для кожного автомобіля з урахуванням реальних режимів роботи та умов експлуатації.

Окрім цього, використання методу статистичних випробувань дає змогу обґрунтовано встановлювати інтервали проведення діагностування технічного стану окремих вузлів і агрегатів автомобіля. Такий підхід сприяє зменшенню непродуктивних простоїв транспортних засобів під час виконання технічного обслуговування і ремонтних робіт, а також підвищує загальну ефективність функціонування системи технічної експлуатації.

1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

У технологічному розділі кваліфікаційної роботи необхідно виконати обґрунтування та розрахунок основних параметрів виробничо-технологічної діяльності автотранспортного підприємства з урахуванням прийнятої структури рухомого складу та умов його експлуатації.

Визначити річний обсяг допоміжних робіт, необхідних для забезпечення безперебійного функціонування основних процесів технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів. Розрахунок має виконуватися відповідно до чинних нормативних рекомендацій з урахуванням загальної трудомісткості робіт з ТО і ПР.

Визначити чисельність виробничого персоналу та допоміжних робітників автотранспортного підприємства. При цьому слід розмежувати технологічно необхідну (явочну) та штатну (облікову) чисельність працівників і обґрунтувати

прийняті значення з урахуванням фонду робочого часу та річної виробничої програми.

Розрахувати необхідну кількість робочих постів у зонах щоденного обслуговування, технічного обслуговування та поточного ремонту. Розрахунок слід виконувати на основі трудомісткості робіт, режиму роботи підприємства та пропускної здатності постів з метою забезпечення раціональної організації виробничого процесу.

Визначити площі приміщень автотранспортного підприємства за їх функціональним призначенням: виробничі, складські, допоміжні та зони зберігання рухомого складу. Площі слід розрахувати відповідно до нормативних вимог, чисельності персоналу та кількості транспортних засобів.

Розробити планувальні рішення автотранспортного підприємства, включаючи функціональну схему виробничого процесу, генеральний план та план виробничого корпусу. Планування має забезпечувати раціональні технологічні зв'язки між зонами, безпечну організацію руху транспортних засобів і відповідність санітарно-гігієнічним та протипожежним вимогам.

У конструкторському розділі кваліфікаційної роботи необхідно обґрунтувати вибір інструментів і методів, що забезпечують коректність та ефективність виконання інженерних розрахунків, а також сформулювати вихідну базу для подальшого планування процесів технічної експлуатації рухомого складу.

Здійснити вибір програмного забезпечення для виконання розрахунків на електронно-обчислювальній машині та обґрунтувати доцільність його застосування з точки зору функціональних можливостей, точності та зручності використання.

Виконати вибір і обґрунтування вихідних даних для розрахунків, зокрема складу та чисельності рухомого складу, умов експлуатації, режимів роботи та інших параметрів, що впливають на організацію технічного обслуговування і ремонту.

Здійснити вибір і коригування нормативної періодичності технічного обслуговування та пробігу до капітального ремонту з урахуванням фактичних умов експлуатації автомобілів.

Виконати вибір і коригування нормативних трудомісткостей робіт з технічного обслуговування та ремонту рухомого складу з урахуванням прийнятих експлуатаційних факторів.

Розрахувати виробничу програму з технічного обслуговування і ремонту рухомого складу, визначивши кількість впливів ТО і ПР та їх сумарну трудомісткість за плановий період.

У науково-дослідному розділі кваліфікаційної роботи необхідно зосередитися на вирішенні дослідницьких завдань, спрямованих на підвищення ефективності технічної експлуатації автотранспортних засобів.

Розглянути та проаналізувати методичні підходи до оцінювання впливу техніко-експлуатаційних характеристик на рівень технічної готовності автотранспортних засобів. Необхідно обґрунтувати вибір показників, визначити їх значущість та встановити взаємозв'язок між умовами експлуатації, технічним станом і рівнем готовності рухомого складу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Визначення річного обсягу допоміжних робіт

У процесі функціонування автотранспортного підприємства, поряд з основними роботами з технічного обслуговування та поточного ремонту рухомого складу, виконуються також допоміжні виробничі операції, необхідні для забезпечення безперервності та ефективності технологічного процесу. Відповідно до методичних положень, сумарна трудомісткість допоміжних робіт $T_{\text{рдоп}}$ приймається в межах 25–30 % від загального річного обсягу робіт з ТО і ПР автомобілів.

До допоміжних робіт належать операції, пов'язані з обслуговуванням виробничого обладнання, інженерних мереж, внутрішньоцехового транспорту, а також із забезпеченням належного технічного та санітарного стану виробничих приміщень. Розподіл трудомісткості допоміжних робіт між окремими їх видами здійснюється згідно з нормативними рекомендаціями з урахуванням структури АТП та прийнятої організації виробництва.

Результати розрахунку і розподілу трудомісткості допоміжних робіт за основними видами подано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Розподіл трудомісткості допоміжних робіт за видами.

Види робіт	%	Трудомісткість, люд.год
По самообслуговуванню	40.00	2608.56
Транспортні роботи	10.00	652.14
Прийом, зберігання і видача матеріальних цінностей	15.00	978.21
Перегон рухомого складу	15.00	978.21
Прибирання виробничих приміщень	10.00	652.14
Прибирання території	10.00	652.14
Разом:	100	6521.40
Розподіл обсягу робіт по самообслуговуванню АТП		

Електротехнічні	25.00	1630.35
Механічні	10.00	652.14
Слюсарні	16.00	1043.42
Ковальські	2.00	130.43
Зварювальні	4.00	260.86
Жерстяницькі	4.00	260.86
Мідницькі	1.00	65.21
Трубопровідні	22.00	1434.71
Ремонтно-будівель та деревообробні	16.00	1043.42
Разом:	100	2608.56

2.2 Визначення чисельності виробничого персоналу та допоміжних робітників

До складу виробничого персоналу автотранспортного підприємства належать працівники виробничих зон і спеціалізованих дільниць, які безпосередньо задіяні у виконанні операцій з технічного обслуговування та поточного ремонту рухомого складу. Саме ця категорія персоналу формує основний трудовий потенціал підприємства та визначає можливість виконання встановлених виробничих програм.

У практиці розрахунків чисельності персоналу розрізняють технологічно необхідну (явочну) та штатну (облікову) кількість робітників. Технологічно необхідна чисельність характеризує мінімальну кількість працівників, що повинні бути присутні на робочих місцях для забезпечення виконання добового обсягу робіт з ТО і ПР. Штатна чисельність, у свою чергу, враховує плановий річний фонд робочого часу, можливі неявки, відпустки та інші організаційні чинники і забезпечує виконання річної виробничої програми підприємства.

Розрахунок технологічно необхідної кількості виробничих робітників здійснюється на основі співвідношення між загальною трудомісткістю робіт з ТО і ПР та ефективним фондом робочого часу одного працівника і визначається за відповідною розрахунковою залежністю

$$P_T = \frac{T_i^P}{\Phi_M}, \quad (2.1)$$

Розрахунок штатної кількості робітників здійснюється на основі співвідношення між сумарною річною трудомісткістю робіт з ТО і ПР та ефективним річним фондом робочого часу одного працівника, що дозволяє забезпечити стабільне виконання виробничої програми автотранспортного підприємства впродовж планового періоду:

$$P_T = \frac{T_i^P}{\Phi_{III}}, \quad (2.2)$$

Отримані в ході розрахунків значення необхідної чисельності ремонтного персоналу, задіяного у зонах технічного обслуговування та поточного ремонту, а також працівників допоміжних підрозділів, систематизовано та узагальнено у відповідних таблицях. Зокрема, узагальнені дані щодо кількості ремонтних робітників подано в таблиці 2.2, тоді як показники чисельності допоміжного персоналу наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2. Чисельність ремонтних робітників.

Види робіт	Фонд часу	Чисельність робітників
1	2	3
Зона ЩО	1728	4.37
ТО-1		
Діагностика загальна (Д-1)	1728	0.15
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	1728	1.31
ТО-2		
Діагностика поглиблена (Д-2)	1728	0.15
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	1728	1.38
ПР - Постові роботи		
Діагностика загальна (Д-1)	1728	0.05
Діагностика поглиблена (Д-2)	1728	0.05
Регулювальні і розбірно-складальні роботи	1728	1.67

Зварювальні роботи	1727	0.19
Бляхарські роботи	1728	0.14
Фарбувальні роботи	1502	0.33
Деревообробні роботи	1728	0.45
ПР - Дільничі роботи		
Агрегатні роботи	1728	0.86
Слюсарно-механічні роботи	1728	1.20
Електротехнічні роботи	1728	0.98
Акумуляторні роботи	1727	0.13
Ремонт приладів системи живлення	1727	0.23
Шиномонтажні роботи	1728	0.09
Роботи вулканізації (ремонт камер)	1727	0.05
Ковальсько-ресорні роботи	1727	0.20
Мідницькі роботи	1727	0.43
Зварювальні роботи	1727	0.16
Бляхарські роботи	1728	0.47
Арматурні роботи	1728	0.05
Оббивні роботи	1728	0.05
За видами допоміжних робіт		
Транспортні роботи	1728	0.28
Прийом, зберігання і видача матеріальних цінностей	1728	0.42
Перегон рухомого складу	1728	0.42
Прибирання виробничих приміщень	1728	0.28
Прибирання території	1728	0.28

Таблиця 2.3. Об'єднання робочих дільниць

Дільничі роботи	Чисельність робітників
Агрегатна і слюсарно-механічна	2
Ремонту електрообладнання	1
Шиномонтажна, шиноремонтна	1

Ремонту приладів системи живлення Мідницько-радіаторна	1
Оббивна Бляхарська Арматурна	1
Ковальсько-ресорна Зварювальна	1

2.3 Визначення необхідної кількості робочих постів

Кількість робочих постів у виробничих зонах автотранспортного підприємства встановлюється з урахуванням обсягу та структури робіт з технічного обслуговування і поточного ремонту рухомого складу. Особливу увагу при цьому приділяють роботам щоденного обслуговування, оскільки вони виконуються з високою періодичністю та безпосередньо впливають на пропускну здатність виробничих зон.

Мінімально необхідну кількість робочих постів для виконання операцій щоденного обслуговування, за винятком механізованих мийних процесів, доцільно визначати на основі розрахункової залежності

$$П_C = \frac{T_{\text{ЩО}}^P \cdot K_P}{D_{\text{РОБ}} \cdot C \cdot \sigma \cdot P \cdot K_{\text{ВИК}}} \quad (2.3)$$

Мінімально необхідну кількість робочих постів для виконання операцій технічного обслуговування першого і другого рівнів (ТО-1 та ТО-2), робіт із загального та поглибленого діагностування, розбірно-складальних і регулювальних операцій поточного ремонту, а також зварювально-жестяних, деревообробних і фарбувальних процесів доцільно встановлювати на основі розрахункової залежності. Зазначена формула враховує річну або добову програму робіт, їх нормативну трудомісткість, режим роботи виробничих зон і ефективний фонд часу одного поста, що забезпечує обґрунтований вибір кількості постів та раціональну організацію виробничого процесу:

$$P_{cj} = \frac{T_j^p \cdot K_p}{D_{роб} \cdot C \cdot \sigma \cdot P \cdot K_{вик}} \quad (2.4)$$

Усі прийняті для розрахунків значення вихідних параметрів підлягають попередньому узгодженню з керівником дипломного проекту та консультантами відповідного розділу. Після затвердження ці дані систематизуються й заносяться до таблиці 2.4. Узагальнені результати виконаних розрахунків, отримані на основі зазначених вихідних параметрів, подано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4. Вихідні дані для розрахунку кількості робочих постів.

Типи робочих постів	Коефіцієнт резервування постів для компенсації нерівномірного	Кількість робочих змін за добу	Тривалість робочої зміни, годин	Чисельність робітників, які одночасно працюють	Коефіцієнт використання
Шоденне обслуговування:					
прибиральні	1,8	1	8	2	0,96
мийні	1,8	1	8	1	0,9
заправочні	1,8	1	8	1,25	0,9
контрольно-діагностичні	1,8	1	8	1,25	0,98
ремонтні	1,8	1	8	1,25	0,98
Технічне обслуговування №1:					
діагностичні	1,4	1	8	2	0,9
кріпильні, регулювальні, змащувальні та інші	1,4	1	8	1,5	0,98
Технічне обслуговування №2:					
діагностичні	1,4	1	8	2	0,9
кріпильні, регулювальні, змащувальні та інші	1,4	1	8	1,5	0,98
Поточний ремонт:					
діагностичні	1,4	1	8	2	0,9
регулювальні і розбирально-складальні	1,8	1	8	1,5	0,98

зварювально-жерстянецькі	1,4	1	8	1,5	0,9
фарбувальні	1,8	1	8	2	0,9
деревообробні	1,4	1	8	1	0,9

Таблиця 2.5 Результати розрахунку кількості робочих постів.

Типи робочих постів	Кількість
ЩО	
Прибиральні	0.43
Мийні	0.13
Заправні	0.28
Контрольно-діагностичні	0.29
Ремонтні	0.86
Разом	1.99
ТО-1	
Діагностичні	0.10
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та інші	1.06
Разом	1.16
ТО-2	
Діагностичні	0.10
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та інші	1.11
Разом	1.21
ПР	
Діагностичні	0.06
Регулювальні і розбирально-складальні	1.73
Зварювально-жерстянецькі	0.00
Фарбувальні	0.24
Деревообробні	0.59
Разом	2.63

За підсумками виконаних розрахунків для організації виробничого процесу прийнято до оснащення один робочий пост щоденного обслуговування, один пост технічного обслуговування та два пости поточного ремонту, що

забезпечує виконання запланованої програми робіт за прийнятого режиму роботи підприємства.

2.4 Визначення площ приміщень автотранспортного підприємства

Площі автотранспортного підприємства за своїм функціональним призначенням умовно поділяються на три основні категорії: виробничо-складські, площі для розміщення та зберігання рухомого складу, а також допоміжні приміщення. Такий поділ дозволяє раціонально організувати виробничі процеси та забезпечити відповідність підприємства технологічним і санітарно-гігієнічним вимогам.

До виробничо-складської групи належать зони технічного обслуговування і поточного ремонту, спеціалізовані виробничі ділянки ПР, складські приміщення, а також приміщення технічного призначення, що обслуговують інженерні системи підприємства (компресорні, трансформаторні підстанції, насосні, вентиляційні камери тощо). Для автотранспортних підприємств невеликої потужності, за умови обмеженого обсягу виробничої програми, допускається поєднання окремих ділянок з однотипним характером робіт та укрупнення складських приміщень.

Площі, призначені для зберігання рухомого складу, включають зони стоянок автомобілів відкритого або закритого типу з урахуванням простору, необхідного для розміщення обладнання підігріву транспортних засобів на відкритих майданчиках, а також площ рамп і додаткових внутрішніх проїздів у багатоповерхових критих стоянках.

До допоміжних площ підприємства, відповідно до вимог будівельних норм, належать санітарно-побутові приміщення, заклади громадського харчування, медичні пункти, приміщення культурно-побутового та адміністративного призначення, а також аудиторії для навчання персоналу і приміщення громадських організацій.

Розрахунок площі зони зберігання (стоянки) автомобілів здійснюється з використанням розрахункової залежності, яка враховує кількість транспортних засобів, їх габаритні розміри та нормативні коефіцієнти ущільнення і проїздів:

$$F_{ст} = f_A \cdot A_{сп} \cdot K_{щ} \quad (2.6)$$

Площу виробничих зон, призначених для виконання операцій щоденного обслуговування, технічного обслуговування та поточного ремонту рухомого складу, доцільно визначати на основі розрахункової залежності:

$$F_{ст} = f_A \cdot \Pi_{сг} \cdot K_{щ} \quad (2.7)$$

Отримані за результатами виконаних розрахунків значення площ виробничих і допоміжних зон узагальнено та подано в таблиці 2.6. Слід зазначити, що розрахункова площа зони зберігання транспортних засобів є меншою порівняно з фактично наявною.

Таблиця 2.6. Результати розрахунків площ зон.

Зона	Площа, м ²
Зберігання автомобілів	1060
Щоденного обслуговування	84
Технічного обслуговування	150
Поточного ремонту	150

Площі виробничих ділянок доцільно визначати виходячи з нормативної площі, що припадає на одного працівника у найбільш завантаженій зміні:

$$F_d = f_p^I + f_p^{II} \cdot (P - 1), \quad (2.8)$$

Підсумкові значення площ виробничих приміщень, отримані за результатами виконаних розрахунків, систематизовано та подано в таблиці 2.7, яка відображає розподіл площ за окремими виробничими ділянками та приміщеннями підприємства.

Таблиця 2.7. Результати розрахунків площ виробничих приміщень.

Найменування ділянки	Чисел. Роб.	Площа, м ²
Агрегатна і слюсарно-механічна	2	68,2
Ремонту електрообладнання	1	20
Шиномонтажна, шиноремонтна	1	22,5
Ремонту приладів системи живлення	1	20
Оббивна, Бляхарська, Арматурна	1	27
Ковальсько-ресорна, Зварювальна	1	20

Площі складських приміщень і відповідних споруд автотранспортного підприємства визначаються на основі нормативних питомих показників, регламентованих з урахуванням кількості рухомого складу, що обслуговується. Отримані базові значення коригуються системою поправкових коефіцієнтів, які відображають реальні умови експлуатації та організації роботи підприємства. Зокрема, коефіцієнт K_{C1} враховує величину середньодобового пробігу транспортних засобів, K_{C2} – чисельність технологічно сумісного рухомого складу, K_{C3} – тип і конструктивні особливості автомобілів, K_{C4} – прийняту висоту складування матеріальних цінностей, а K_{C5} – категорію умов експлуатації.

Вихідні параметри, необхідні для виконання розрахунків площ складських приміщень, систематизуються та заносяться до таблиці 2.8. Узагальнені результати розрахунків із урахуванням наведених коригувальних коефіцієнтів подано в таблиці 2.9.

Таблиця 2.8. Вихідні дані для визначення площ складських приміщень.

	Scania LB80/110	MAN G90	Mercedes- benz sprinter	Volkswagen passat
Питома площа приміщень на 10 одиниць рухомого складу, м ² :				
Запасних частин, деталей, експлуатаційних матеріалів	4,00	4,00	4,00	4,00
Двигунів, агрегатів і вузлів	2,50	2,50	2,50	2,50
Мастильних матеріалів	1,60	1,60	1,60	1,60
Фарбувальних матеріалів	0,50	0,50	0,50	0,50
Інструменту	0,15	0,15	0,15	0,15
Кисню, азоту і ацетилену	0,15	0,15	0,15	0,15
Пиломатеріалів	0,30	0,30	0,30	0,30
Металу, металобрухту	0,25	0,25	0,25	0,25
Автомобільних шин	2,40	2,40	2,40	2,40
Автомобілів і агрегатів(списаних)	6,00	6,00	6,00	6,00
Проміжного зберігання	0,80	0,80	0,80	0,80
Дегазованих балонів	0,25	0,25	0,25	0,25

Таблиця 2.9 Результати розрахунків площ складських приміщень

Найменування приміщення	Площі, м ²
Запасних частин, деталей, експлуатаційних матеріалів	18.78
Двигунів, агрегатів і вузлів	11.73
Мастильних матеріалів	7.51
Фарбувальних матеріалів	2.35
Інструменту	0.70
Кисню, азоту і ацетилену	0.70
Пиломатеріалів	1.41
Металу, металобрухту	1.17
Автомобільних шин	11.27
Автомобілів і агрегатів(списаних)	28.16
Проміжного зберігання запасних частин і матеріалів	3.76
Дегазованих балонів	1.17

2.5 Розроблення планувальних рішень автотранспортного підприємства

Технологічною основою формування планувальних рішень автотранспортного підприємства є функціональна схема та графік виробничого процесу технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів. Функціональна схема відображає логічну послідовність і можливі варіанти переміщення транспортних засобів між окремими стадіями виробничого циклу, починаючи від зони зберігання і завершуючи виконанням робіт з ТО та ПР (рис. 2.1).

Кількісну оцінку виробничого процесу характеризує графік його реалізації, який показує інтенсивність добових потоків автомобілів, що проходять відповідні етапи обслуговування і ремонту, у натуральних одиницях рухомого складу. Поєднане використання функціональної схеми та графіка виробничого процесу створює передумови для обґрунтованого розміщення основних виробничих зон — зберігання, щоденного обслуговування, технічного

обслуговування і поточного ремонту — а також для раціональної організації внутрішніх транспортних потоків і руху автомобілів на території підприємства.

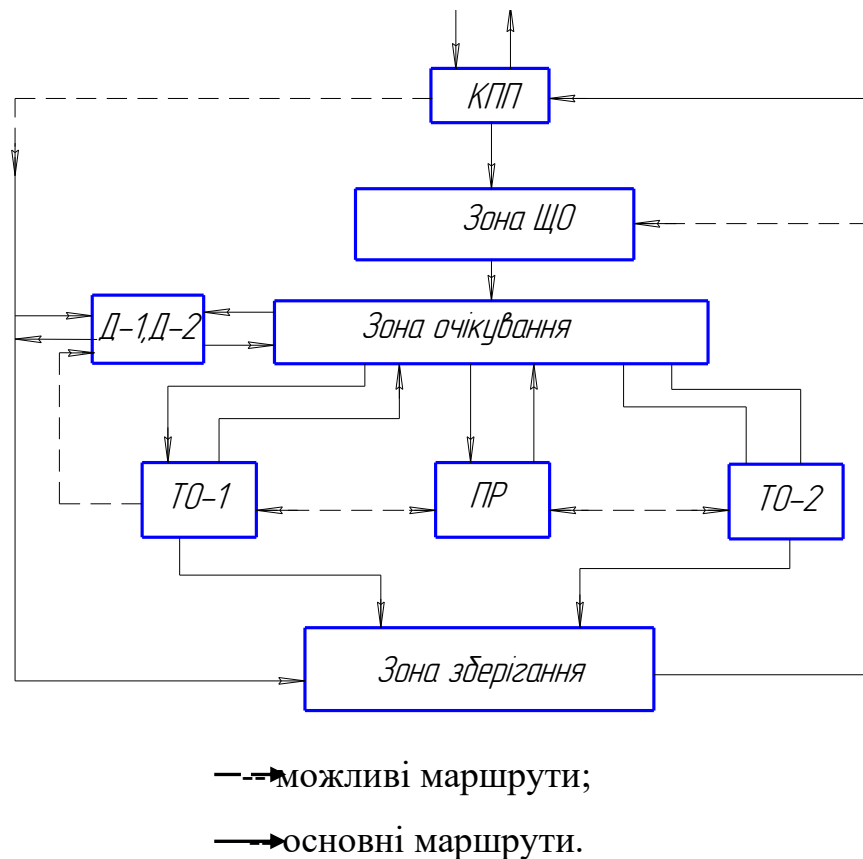


Рис. 2.1. Схема виробничого процесу АТП.

Як впливає з функціональної схеми, наведеної на рис. 2.1, після завершення роботи на лінії транспортні засоби послідовно проходять контрольньо-пропускний пункт та зону щоденного обслуговування. У подальшому автомобілі, технічний стан яких вимагає виконання операцій технічного обслуговування або поточного ремонту, спрямовуються до відповідних виробничих зон, тоді як справні транспортні засоби розміщуються у зоні зберігання.

У разі, коли інтенсивність надходження автомобілів з лінії перевищує пропускну спроможність зони щоденного обслуговування, частина з них тимчасово спрямовується до зони зберігання або спеціально передбаченої зони очікування. Такі автомобілі проходять операції ЩО по мірі вивільнення робочих постів. Аналогічна ситуація може виникати і в зонах ТО-1, ТО-2 та поточного ремонту, пропускну здатність яких, як правило, не забезпечує одночасного приймання всіх автомобілів одразу після їх повернення з лінії. У зв'язку з цим

частина рухомого складу очікує виконання необхідних робіт у зоні зберігання або в зоні очікування.

Після завершення технічного обслуговування або за умови підтвердження справного технічного стану автомобілі з зони зберігання через контрольно-пропускний пункт випускаються для подальшої експлуатації на лінії.

Формування генерального плану автотранспортного підприємства здійснюється з урахуванням комплексу нормативних вимог і обмежень, що регламентують умови безпечної та ефективної експлуатації виробничих об'єктів. Під час планування враховуються вимоги з охорони праці та техніки безпеки, функціональне призначення окремих будівель і споруд, характер виробничих зв'язків між підрозділами, технологічна однорідність виконуваних робіт, а також чинні будівельні й протипожежні норми.

Особлива увага приділяється забезпеченню раціональних транспортних і пішохідних потоків, мінімізації перехрещень маршрутів руху та створенню умов для подальшого розвитку підприємства. Загальну площу території підприємства за заданих вихідних умов визначають на основі розрахункової залежності, яка враховує склад і потужність виробничих зон, площі забудови, проїзди, інженерні мережі та санітарно-захисні розриви.

$$F_d = (F_{з.вир.} + F_{доп.} + F_{з.зб.}) / K_3, \quad (2.9)$$

$$K_3 = 0,22.$$

$$F_d = (202,1 + 70,2 + 100) / 0,22 = 3229 \text{ (м}^2\text{)} \approx 0,32 \text{ (га)}.$$

Виконані розрахунки свідчать, що для забезпечення стабільного та безперервного функціонування автотранспортного підприємства достатньою є територія площею близько 0,32 га. Фактична ж площа підприємства становить 0,5 га, що створює резерв для раціонального розміщення об'єктів інфраструктури та можливого подальшого розвитку виробничої бази.

За функціональним призначенням виробничі приміщення підприємства поділяються на основні та допоміжні. Основні виробничі приміщення використовуються для розміщення робочих постів технічного обслуговування і поточного ремонту, виконання ремонтно-відновлювальних операцій, а також для стоянки та зберігання рухомого складу. Допоміжні приміщення призначені для

виконання підготовчих, обслуговуючих і ремонтних робіт, а також для зберігання інструменту, матеріалів і технічного оснащення.

Будівельна структура підприємства представлена одноповерховими спорудами, що спрощує організацію виробничих потоків і внутрішньоцехового транспорту. У межах ремонтної зони зосереджено комплекс основних і допоміжних приміщень, при цьому виробничі ділянки, зони та цехи скомпоновані з урахуванням послідовності технологічного процесу та забезпечення зручних і логічних виробничих зв'язків.

Заїзд транспортних засобів на територію стоянки та до ремонтної зони організовано через центральні в'їзні ворота, розташовані з боку вулиці з незначною інтенсивністю руху, що підвищує рівень безпеки та зручність маневрування. Безпосередньо поблизу в'їзду розміщено адміністративний корпус, що забезпечує оперативний контроль за переміщенням рухомого складу та доступом на територію підприємства. Схема внутрішнього руху транспорту прийнята односторонньою з кільцевою організацією, що дозволяє уникнути зустрічних потоків і перехрещень маршрутів.

Покриття території підприємства виконане з асфальтобетону, що відповідає вимогам до експлуатаційної надійності та зручності обслуговування, а периметр об'єкта огорожений металевою огорожею, яка забезпечує необхідний рівень безпеки та контролю доступу.

Основні виробничі приміщення підприємства призначені для розміщення постів технічного обслуговування і поточного ремонту, спеціалізованих ділянок, а також для виконання профілактичних і відновлювальних робіт. Планувальні рішення виробничого корпусу формуються з урахуванням раціонального взаємного розташування виробничих зон, ділянок і складських приміщень та повинні відповідати чинним санітарно-гігієнічним і протипожежним вимогам. Виробничий корпус запроектовано з габаритними розмірами 12×30 м. Конструктивна схема будівлі передбачає застосування колонної сітки з кроком 6×12 м. У межах корпусу розміщено зони технічного обслуговування та поточного ремонту з загальною кількістю трьох робочих постів, які виконані за тупиковою схемою.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір програмного забезпечення для виконання розрахунків на ЕОМ

Розрахункові процедури, необхідні для визначення основних параметрів технологічного проєкту підприємства, здійснюються з використанням персонального комп'ютера в інтерактивному режимі. Для цього застосовується спеціалізоване програмне забезпечення «ВТБ», призначене для автоматизації інженерних розрахунків у сфері організації та проєктування виробничо-технічної бази автотранспортних підприємств.

Програмний продукт реалізований мовою програмування C++, що забезпечує достатню швидкодію, надійність обчислень і зручність модифікації алгоритмів.

3.2 Вибір і обґрунтування вихідних даних

Для забезпечення коректності подальших розрахунків та адекватного відображення реальних умов експлуатації рухомого складу було визначено та обґрунтовано такий набір вихідних даних.

До складу автопарку прийнято автомобілі моделей Scania LB80/110, MAN G90, MERCEDES-BENZ SPRINTER та VOLKSWAGEN PASSAT. Згідно з рекомендаціями, зазначені транспортні засоби можуть бути згруповані у чотири технологічно сумісні групи, що дозволяє уніфікувати підходи до організації технічного обслуговування та ремонту.

Загальна чисельність транспортних засобів по кожній групі визначена в першому розділі дипломного проєкту на основі аналізу виробничої програми та умов експлуатації підприємства.

Середні значення добового пробігу рухомого складу за групами прийнято такими: для Scania LB80/110 – 220 км, MAN G90 – 215 км, MERCEDES-BENZ SPRINTER – 180 км, VOLKSWAGEN PASSAT – 185 км. Наведені показники

відображають фактичні режими використання автомобілів і враховуються при розрахунку періодичності технічного обслуговування.

З урахуванням типу дорожнього покриття, особливостей рельєфу місцевості та характеру виконуваних робіт, відповідно до вимог, умови експлуатації рухомого складу віднесено до III категорії.

Відповідно до класифікації, район експлуатації автотранспортних засобів належить до помірно-теплого вологого кліматичного поясу, що впливає на вибір нормативів технічного обслуговування та коригувальних коефіцієнтів.

Згідно з рекомендаціями, річна кількість робочих днів прийнята рівною 255, а тривалість перебування автомобілів у наряді протягом доби становить 10,5 години.

Система організації технічного обслуговування та поточного ремонту рухомого складу обрана відповідно до нормативних рекомендацій, що забезпечує узгодженість розрахунків з чинною практикою експлуатації автотранспортних підприємств.

Обґрунтований вибір зазначених вихідних даних створює передумови для достовірного розрахунку виробничої програми та подальшого проектування виробничо-технічної бази підприємства.

3.3 Вибір та коригування нормативної періодичності технічного обслуговування і пробігу до капітального ремонту

Нормативні значення міжремонтних пробігів рухомого складу та періодичності виконання технічного обслуговування приймаються відповідно до чинних нормативно-методичних джерел. Зазначені документи встановлюють базові значення, які відповідають типовим умовам експлуатації автотранспортних засобів.

Разом з тим реальні умови функціонування автотранспортних підприємств, як правило, істотно відрізняються від нормативно прийнятих. Це зумовлено специфікою дорожніх умов, кліматичних факторів, режимів навантаження та організації роботи рухомого складу. У зв'язку з цим виникає

необхідність коригування нормативних значень пробігу до капітального ремонту з метою приведення їх у відповідність до фактичних умов експлуатації.

Скоригований пробіг автомобілів до капітального ремонту L_K визначається із застосуванням системи коригувальних коефіцієнтів, які враховують вплив основних експлуатаційних факторів. Розрахунок зазначеного показника виконується за відповідною аналітичною залежністю, що дозволяє адаптувати нормативні значення до умов роботи конкретного автотранспортного підприємства.

$$L_K = L_K^H \cdot K_{1K} \cdot K_{2K} \cdot K_{3K}, \quad (3.1)$$

Скориговані значення періодичності технічного обслуговування ТО-1 і ТО-2 для прийнятих умов експлуатації автотранспортного підприємства обчислюються за такими розрахунковими залежностями:

$$L_{TO-1} = L_{TO-1}^H \cdot K_1 \cdot K_3, \quad (3.2)$$

$$L_{TO-2} = L_{TO-2}^H \cdot K_1 \cdot K_3, \quad (3.3)$$

3.4 Вибір та коригування нормативних трудомісткостей

Базові значення нормативної трудомісткості виконання технічного обслуговування першого та другого рівнів – ТО-1 $[t_{н\ TO-1}]$ і ТО-2 $[t_{н\ TO-2}]$ – приймаються відповідно до чинних нормативних документів [27]. Зазначені величини встановлені для типових умов експлуатації та не повною мірою відображають специфіку роботи конкретного автотранспортного підприємства.

Оскільки фактичні умови функціонування рухомого складу можуть істотно відрізнятися від нормативних, виникає необхідність коригування прийнятих значень трудомісткості. Таке коригування здійснюється з урахуванням категорії умов експлуатації, природно-кліматичних особливостей, технічного стану автомобілів, рівня механізації робіт та організації виробничого процесу на підприємстві.

Скориговані значення трудомісткості виконання робіт ТО-1 і ТО-2 для умов даного АТП визначаються за відповідними розрахунковими залежностями, які передбачають застосування системи коригувальних коефіцієнтів і

дозволяють адаптувати нормативні показники до реальних умов експлуатації рухомого складу

$$t_{TO-1} = t_{TO-1}^H \cdot K_2 \cdot K_4, \quad (3.4)$$

$$t_{TO-2} = t_{TO-2}^H \cdot K_2 \cdot K_4, \quad (3.5)$$

Нормативна трудомісткість щоденного обслуговування ($t_{\text{щО}}^H$) вибирається, і визначається за формулою:

$$t_{\text{щО}} = t_{\text{щО}}^H \cdot K_2 \cdot K_M, \quad (3.6)$$

Нормативні значення трудомісткості ПР ($t_{\text{ПР}}^H$) вибираються з і для умов даного АТП визначаються за формулою:

$$t_{\text{ПР}} = t_{\text{ПР}}^H \cdot K_{1\text{ПР}} \cdot K_{2\text{ПР}} \cdot K_{3\text{ПР}} \cdot K_{4\text{ПР}} \cdot K_{5\text{ПР}}, \quad (3.7)$$

3.5 Розрахунок виробничої програми з технічного обслуговування і ремонту рухомого складу

Виробнича програма з технічного обслуговування і ремонту рухомого складу формується з урахуванням фактичної працездатності автомобілів та рівня їх готовності до виконання транспортних завдань. Одним із ключових показників, що характеризує ефективність технічної експлуатації автотранспортних засобів, є коефіцієнт технічної готовності.

$$\alpha_T = \frac{L_K}{L_K + L_{\text{СД}} \cdot (D'_{\text{КР}} \cdot K_{\text{КР}} + (D_{\text{ТОіПР}} \cdot L_K \cdot K_{\text{АК}} / 1000))}, \quad (3.8)$$

$K_{\text{КР}} = 0,1-0,15$; $D_{\text{ТО,ПР}}$ РС в ТО і ПР на 1000 км, днів;

$$\alpha_B = \frac{\alpha_T \cdot D_{\text{РОБ}}}{D_K}, \quad (3.9)$$

$D_K = 365$ днів.

$$L_{\text{ПІЧ}} = D_{\text{РОБ}} \cdot \alpha_B \cdot L_{\text{СД}} \cdot A_{\text{СП}}, \quad (3.10)$$

Формули для визначення кількості впливів (N_i^P) за рік по всьому парку автомобілів наведені нижче:

$$N_{\text{КР}}^P = \frac{L_{\text{ПІЧ}}}{L_K}, \quad (3.11)$$

$$N_{TO-2}^P = \frac{L_{PIЧ}}{L_{TO-2}} - N_{KP}^P, \quad (3.12)$$

$$N_{TO-1}^P = \frac{L_{PIЧ}}{L_{TO-1}} - N_{TO-2}^P - N_{KP}^P, \quad (3.13)$$

$$N_{ЩО}^P = A_{СП} \cdot D_{РОБ} \cdot \alpha_T, \quad (3.14)$$

Формули для визначення кількості впливів за добу (N_i^D) по всьому парку автомобілів:

$$N_{TO-2}^D = N_{TO-2}^P / D_{РОБ}, \quad (3.15)$$

$$N_{TO-1}^D = N_{TO-1}^P / D_{РОБ}, \quad (3.16)$$

$$N_{ЩО}^D = N_{ЩО}^P / D_{РОБ}, \quad (3.17)$$

Для визначення річного обсягу робіт з технічного обслуговування і ремонту рухомого складу використовується показник трудомісткості T_{di} , який виражається в людино-годинах. Розрахунок зазначеного показника виконується окремо для кожного i -го виду робіт – щоденного обслуговування (ЩО), ТО-1, ТО-2 та поточного ремонту (ПР) – як для кожного типу рухомого складу, так і в цілому по автопарку підприємства

$$T_{ЩО}^P = N_{ЩО}^P \cdot t_{ЩО}, \quad (3.18)$$

$$T_{TO-1}^P = N_{TO-1}^P \cdot t_{TO-1}, \quad (3.19)$$

$$T_{TO-2}^P = N_{TO-2}^P \cdot t_{TO-2}, \quad (3.20)$$

$$T_{ПР}^P = N_{ПР}^P \cdot t_{ПР}, \quad (3.21)$$

Усі прийняті значення вихідних параметрів підлягають обов'язковому погодженню з керівником дипломного проєкту та консультантами відповідного розділу. Після узгодження ці дані систематизуються та заносяться до таблиць 3.1–3.4, що забезпечує прозорість і відтворюваність подальших розрахунків. Підсумкові результати визначення показників виробничої програми з технічного обслуговування і ремонту рухомого складу наведені в таблицях 3.5–3.6.

Таблиця 3.1. Вихідні дані для розрахунку виробничої програми технічного обслуговування і ремонту автомобіля Scania LB80/110.

Показник	Scania LB80/110
Спискова кількість автомобілів, одиниць	3
Нормативний пробіг до капітального ремонту, км	300000
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для КР	0.80
Коефіцієнт, що враховує модифікацію РС для КР	1.00
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для КР	1.10
Нормативний пробіг автомобіля до ТО-1, км	4000
Нормативний пробіг автомобіля до ТО-2, км	15000
Кількість днів простою РС в капітальному ремонті	22
Кількість днів простою РС в ТО і ПР на 1000 км	0.43
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для ТО	0.80
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для ТО	1.00
Дні роботи РС за рік	255
Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу, км	220.00
Нормативна трудомісткість ЩОд, люд.год	0.40
Нормативна трудомісткість ЩОт, люд.год	0.20
Нормативна трудомісткість ТО-1, люд.год	5.70
Нормативна трудомісткість ТО-2, люд.год	24.00
Нормативна трудомісткість ПР, люд.год	5.00
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для ПР	1.20
Коефіцієнт, що враховує модифікацію РС для ЩО,ТО та ПР	1.00
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для ПР	0.90
Коефіцієнт, що враховує кількість технологічно-сумісних груп РС для ПР	1.55
Коефіцієнт, який враховує умови зберігання РС для ПР	1.00
Коефіцієнт, який враховує частку допоміжних робіт	0.30
Площа, яку займає один автомобіль, м ²	18.50
Коефіцієнт щільності розміщення для зони зберігання	2.50

Коефіцієнт щільності розміщення для зони ЩО	2.30
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ТО	4.50
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ПР	4.50

Таблиця 3.2 Вихідні дані для розрахунку програми для автомобіля MAN G90.

Показник	MAN G90
1	2
Спискова кількість автомобілів, одиниць	3
Нормативний пробіг до капітального ремонту, км	300000.00
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для КР	0.80
Коефіцієнт, що враховує модифікацію РС для КР	0.85
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для КР	1.10
Нормативний пробіг автомобіля до ТО-1, км	4000.00
Нормативний пробіг автомобіля до ТО-2, км	15000.00
Кількість днів простою РС в капітальному ремонті	20.00
Кількість днів простою РС в ТО і ПР на 1000 км	0.38
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для ТО	0.80
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для ТО	1.00
Дні роботи РС за рік	255
Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу, км	215.00
Нормативна трудомісткість ЩОд, люд.год	0.35
Нормативна трудомісткість ЩОт, люд.год	0.17
Нормативна трудомісткість ТО-1, люд.год	3.60
Нормативна трудомісткість ТО-2, люд.год	14.40
Нормативна трудомісткість ПР, люд.год	3.40
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для ПР	1.20
Коефіцієнт, що враховує модифікацію РС для ЩО,ТО та ПР	1.15
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для ПР	0.90
Коефіцієнт, що враховує кількість технологічно-сумісних груп РС для ПР	1.55
Коефіцієнт, який враховує умови зберігання РС для ПР	1.00

Коефіцієнт, який враховує частку допоміжних робіт	0.30
Площа, яку займає один автомобіль, м ²	16.67
Коефіцієнт щільності розміщення для зони зберігання	2.50
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ЩО	2.30
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ТО	4.50
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ПР	4.50

Таблиця 3.3 - Вихідні дані для розрахунку програми для автомобіля
MERCEDES-BENZ SPRINTER.

Показник	Mercedes- benz sprinter
1	2
Спискова кількість автомобілів, одиниць	18
Нормативний пробіг до капітального ремонту, км	300000.00
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для КР	0.80
Коефіцієнт, що враховує модифікацію РС для КР	0.85
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для КР	1.10
Нормативний пробіг автомобіля до ТО-1, км	4000.00
Нормативний пробіг автомобіля до ТО-2, км	15000.00
Кількість днів простою РС в капітальному ремонті	15.00
Кількість днів простою РС в ТО і ПР на 1000 км	0.35
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для ТО	0.80
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для ТО	1.00
Дні роботи РС за рік	255
Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу, км	180.00
Нормативна трудомісткість ЩОд, люд.год	0.30
Нормативна трудомісткість ЩОт, люд.год	0.15
Нормативна трудомісткість ТО-1, люд.год	3.20
Нормативна трудомісткість ТО-2, люд.год	12.20
Нормативна трудомісткість ПР, люд.год	3.00
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для ПР	1.20

Коефіцієнт, що враховує модифікацію РС для ЩО,ТО та ПР	1.15
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для ПР	0.90
Коефіцієнт, що враховує кількість технологічно-сумісних груп РС для ПР	1.55
Коефіцієнт, який враховує умови зберігання РС для ПР	1.00
Коефіцієнт, який враховує частку допоміжних робіт	0.30
Площа, яку займає один автомобіль, м ²	15.30
Коефіцієнт щільності розміщення для зони зберігання	2.50
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ЩО	2.30
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ТО	4.50
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ПР	4.50

Таблиця 3.4. Вихідні дані для розрахунку програми для автомобіля
VOLKSWAGEN PASSAT.

Показник	Volkswagen passat
Спискова кількість автомобілів, одиниць	6
Нормативний пробіг до капітального ремонту, км	125000.00
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для КР	0.80
Коефіцієнт, що враховує модифікацію РС для КР	1.00
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для КР	1.10
Нормативний пробіг автомобіля до ТО-1, км	5000.00
Нормативний пробіг автомобіля до ТО-2, км	20000.00
Кількість днів простою РС в капітальному ремонті	12.00
Кількість днів простою РС в ТО і ПР на 1000 км	0.25
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для ТО	0.80
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для ТО	1.00
Дні роботи РС за рік	255
Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу, км	185.00
Нормативна трудомісткість ЩОд, люд.год	0.20
Нормативна трудомісткість Щот, люд.год	0.10

Нормативна трудомісткість ТО-1, люд.год	2.00
Нормативна трудомісткість ТО-2, люд.год	7.20
Нормативна трудомісткість ПР, люд.год	2.40
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для ПР	1.20
Коефіцієнт, що враховує модифікацію РС для ЩО,ТО та ПР	1.00
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для ПР	0.90
Коефіцієнт, що враховує кількість технологічно-сумісних груп РС для ПР	1.55
Коефіцієнт, який враховує умови зберігання РС для ПР	1.00
Коефіцієнт, який враховує частку допоміжних робіт	0.30
Площа, яку займає один автомобіль, м ²	8.28
Коефіцієнт щільності розміщення для зони зберігання	2.50
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ЩО	2.30
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ТО	4.50
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ПР	4.50

Таблиця 3.5 - Виробнича програма по ТО і ПР рухомого складу.

Показник	Scania LB80/ 110	MAN G90	Merced es-benz sprinter	Volks wagen passat
1	2	3	4	5
Пробіг рухомого складу до КР, км	300000	300000	300000	125000
Пробіг рухомого складу до ТО-1, км	4000.0	4000.0	4000.0	5000.0
Пробіг рухомого складу до ТО-2, км	15000	15000	15000	20000
Коефіцієнт технічної готовності	0.91	0.92	0.94	0.94
Коефіцієнт випуску	0.64	0.64	0.65	0.66
Річний пробіг групи РС, км	339150	459000	734400	283050
Коригований пробіг рух. складу до ТО-1, км	3200	3200	3200	4000
Коригований пробіг рух. складу до ТО-2, км	12000	12000	12000	16000
Коригований пробіг рух. складу до КР, км	264000	224400	224400	110000
Річна кількість ТО-1	104.70	141.39	226.23	68.19

Річна кількість ТО-2	26.98	36.20	57.93	15.12
Річна кількість КР	1.28	2.05	3.27	2.57
Річна кількість ЩОд	1785	2550	4590	1530
Річна кількість ЩОт	210.68	284.15	454.65	133.29
Річна кількість Д-1	142.15	191.74	306.78	90.13
Річна кількість Д-2	32.37	43.45	69.51	18.14
Річна кількість СО	14.0	20.0	36.0	12.0
Округлена річна кількість ТО-1	104.7	141.4	226.2	68.2
Округлена річна кількість ТО-2	27.0	36.2	57.9	15.1
Округлена річна кількість КР	1.0	2.0	3.0	2.0
Добова кількість ТО-1	0.41	0.55	0.89	0.27
Добова кількість ТО-2	0.11	0.14	0.23	0.06
Добова кількість КР	0.01	0.01	0.01	0.01
Добова кількість ЩОд	7.00	10.00	18.00	6.00
Добова кількість ЩОт	0.83	1.11	1.78	0.52
Добова кількість Д-1	0.56	0.75	1.20	0.35
Добова кількість Д-2	0.13	0.17	0.27	0.07
Коригована трудомісткість ЩОд, люд.год	0.40	0.40	0.34	0.20
Коригована трудомісткість ЩОт, люд.год	0.20	0.20	0.17	0.10
Коригована трудомісткість ТО-1, люд.год	8.84	6.42	5.70	3.10
Коригована трудомісткість ТО-2, люд.год	37.20	25.67	21.75	11.16
Коригована трудомісткість ПР, люд.год	8.37	6.55	5.78	4.02
Річна трудомісткість ЩОд, люд.год	714.00	1026.4	1583.6	306.00
Річна трудомісткість ЩОт, люд.год	42.14	57.19	78.43	13.33
Річна трудомісткість ТО-1, люд.год	925.02	907.31	1290.4	211.39
Річна трудомісткість ТО-2, люд.год	1003.6	929.30	1259.7	168.71
Річна трудомісткість ПР, люд.год	2838.6	3004.3	4241.3	1137.1
Річна трудомісткість допоміжних робіт, люд.год	1657.0	1777.3	2536.0	550.98

Таблиця 3.6. Виробнича програма по парку

Показник	Значення
Річний пробіг парку, км	1815600.00
Кількість КР	9.18
Кількість ЩОд	10455.00
Кількість ЩОт	1082.78
Кількість ТО-1	540.51
Кількість ТО-2	136.23
Кількість Д-1	730.79
Кількість Д-2	163.47
Кількість СО	82.00
Трудовісткість ЩОд, люд.год	3629.93
Трудовісткість ЩОт, люд.год	191.08
Трудовісткість ТО-1, люд.год	3334.12
*Трудовісткість ТО-2, люд.год	3361.30
Трудовісткість ПР, люд.год	11221.56
Трудовісткість допоміжних робіт, люд.год	6521.40

При цьому частина трудових витрат, пов'язаних із виконанням поточного ремонту, враховується шляхом перерозподілу загальної трудовісткості робіт ТО-2. Зокрема, 10 % від сумарної трудовісткості ТО-2, що становить 336,13 люд.-год, відноситься до обсягу дільничних робіт поточного ремонту. Такий підхід відповідає прийнятій методиці розрахунку та дозволяє більш точно відобразити реальну структуру трудових витрат у виробничій програмі підприємства.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Методичні підходи до оцінювання впливу техніко-експлуатаційних характеристик на рівень технічної готовності автотранспортних засобів

У сучасних умовах функціонування автотранспортних систем доцільно виходити з того, що на транспортні засоби діють не фіксовані розрахункові навантаження, а змінні за величиною та тривалістю режими, які можуть бути описані ймовірнісними розподілами. За експлуатації автомобілів у різних дорожніх, кліматичних та навантажувальних умовах спостерігається суттєва варіативність параметрів, що характеризують напрацювання до відмови, що проявляється у значному розсіюванні відповідних статистичних характеристик.

Оскільки закономірності виникнення відмов визначаються одночасно рівнем реалізації техніко-експлуатаційних властивостей транспортного засобу та конкретними умовами його використання, підвищення ефективності управління витратами на експлуатацію і ремонт можливе лише за умови організації систематичного контролю за зміною параметрів імовірнісних моделей відмов. Такий підхід дозволяє своєчасно коригувати експлуатаційні рішення з урахуванням реального стану автомобіля та характеру навантажень.

Процеси експлуатації та відновлення експлуатаційних показників є складовими єдиного життєвого циклу автотранспортного засобу. Фактичний ресурс автомобіля формується як результат взаємодії конструктивних характеристик, закладених на етапі проєктування, та умов його подальшого використання. Відповідні функціональні залежності, що описують вплив конструктивних і експлуатаційних чинників на ресурс і надійність автотранспортних засобів, достатньо повно формалізовані в наукових дослідженнях і можуть бути використані як методична основа для оцінювання технічної готовності в процесі експлуатації.

$$\begin{cases} H_B = \Psi_B(E_B, O_P); H_E = \Psi_E(H_B, O_E, \Lambda_P); \\ E_E + E_P = \Psi_P(H_B, X_E, \Lambda_P), \end{cases} \quad (4.1)$$

Як випливає з аналітичної залежності (4.1), рівень витрат, пов'язаних з експлуатацією та відновленням працездатності автотранспортних засобів,

визначається не лише умовами їх використання, а й початковим рівнем надійності конструктивних елементів, сформованим на етапі виготовлення. Саме поєднання цих чинників обумовлює характер зміни експлуатаційних витрат упродовж життєвого циклу автомобіля.

Постановка задачі скорочення витрат на організацію контролю умов експлуатації зумовлює необхідність виокремлення тих експлуатаційних факторів, які мають найбільш відчутний вплив на нерівномірність навантажень, що діють на автотранспортні засоби. Концентрація уваги на таких факторах дозволяє підвищити ефективність системи моніторингу без надмірного ускладнення її структури.

Для кількісної та якісної оцінки значущості впливу експлуатаційних чинників на технічний стан автомобілів автотранспортної колони у даній роботі використано метод експертних оцінок. Зазначений підхід ґрунтується на залученні фахівців відповідного профілю з метою узагальнення їх професійного досвіду та практичних знань.

Методика передбачає проведення анкетування експертів, у ході якого здійснюється ідентифікація факторів, що найбільше впливають на інтенсивність зношування автотранспортних засобів, та встановлення їх відносної важливості шляхом ранжування. Експерти оцінюють ступінь впливу кожного фактора на загальний рівень зношування, розташовуючи їх у порядку спадання значущості. Подальша обробка результатів анкетування виконується з використанням методів математичної статистики, що дозволяє отримати узагальнені та обґрунтовані висновки.

Застосування методу експертних оцінок забезпечує можливість аналізу широкого спектра експлуатаційних факторів і визначення їх пріоритетності з точки зору впливу на технічний стан автотранспортних засобів. При цьому найвищий ранг присвоюється фактору з максимальним впливом на процеси зношування, тоді як наступні ранги відповідають факторам із поступово меншою значущістю. Такий підхід створює методичну основу для подальшої оптимізації системи моніторингу та управління технічною експлуатацією автотранспортних засобів.

У межах дослідження з використанням методу ранжування було опрацьовано експертні оцінки двадцяти одного фахівця, що дало змогу встановити відносну значущість семи експлуатаційних факторів, які мають найбільший вплив на технічний стан автотransпортних засобів. Узагальнені результати експертного опитування подано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Узагальнені результати експертного опитування.

Експерти Фактори	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Пробіг (інтенсивність використання)	1	1	1	2	2	2,5	1	2	2	1	2,5	1,5	3	2	1	1	2,5	1	1	3	1,5
Завантаженість АТЗ перевезена вага)	3	3	2	3	1	2,5	5	1	4	2	2,5	4	2	3	4	2	2,5	3,5	3	2	3
Швидкість руху	2	2	3	1	4	8	7	4	1	5	4	1,5	5	8	7	5	4	3,5	5,5	1	1,5
Якість дорожнього покриття	4	4	5	4	3	1	2	3	3	3	1	5	1	1	2	3	1	2	2	4	5
Кваліфікація експлуатую- чого персоналу	5	7	6	7	7	6	6	6	8	7	7	8	7	6	6	7	7	7	7	7	7
Кваліфікація обслуговую- чого персоналу	6	6	7	6	6	5	3	7	6	6	6	6	8	5	3	6	6	6	4	8	8
Характерис- тика маршруту (кількість зупинок)	7	5	4	5	5	4	4	5	5	4	5	3	4	4	5	4	5	5	5,5	5	4

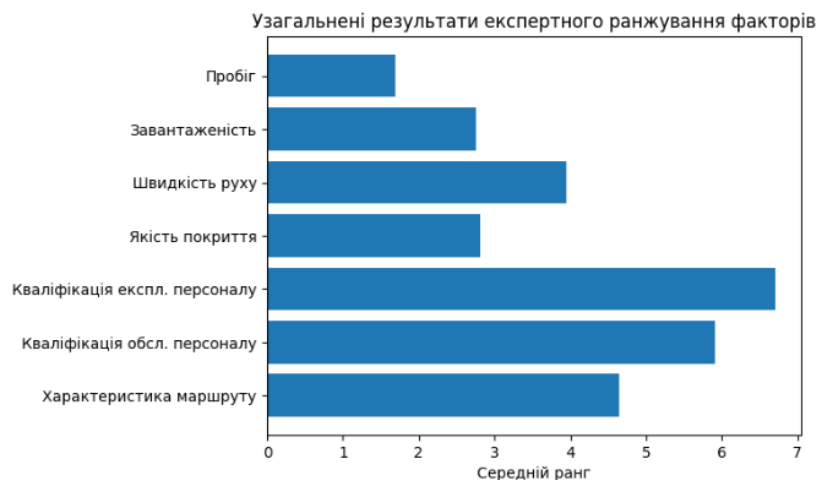


Рис. 4.1. Графік узагальнених результатів експертного ранжування факторів.

У процесі обробки отриманих анкетних даних здійснювалося коригування індивідуальних відповідей експертів з урахуванням специфіки методу

ранжування. Зокрема, враховувалися випадки, коли одному й тому самому рангу було надано декілька факторів, що потребувало відповідного перерозподілу рангів для забезпечення коректності подальших розрахунків.

Сумарна оцінка значущості кожного фактора визначалася шляхом обчислення суми присвоєних йому рангів за результатами опитування всіх експертів. Розрахунок суми рангів для окремого фактора впливу, виділеного в ході анкетування, здійснюється відповідно до наступного виразу:

$$\Omega_{\tau} = \sum_{\text{д}}^{\Theta} \zeta_{i\tau}, \quad (4.2)$$

У результаті виконаних розрахунків було визначено числове значення коефіцієнта конкордації, яке становить 1,26, що свідчить про наявність узгодженості в судженнях залучених експертів

$$\chi^2 = \Theta \cdot (\tau_{\max} - 1) \cdot W, \quad (4.3)$$

$$\tau_{\max} = 7.$$

Значення статистики, обчислене за формулою (4.3), становить $\chi^2 = 177,5$. Отриманий результат було зіставлено з табличним критичним значенням для рівня значущості 0,05 та шести ступенів свободи, яке дорівнює $\chi^2_{0.05} = 12,59$. Оскільки розрахункове значення істотно перевищує критичне ($177,5 > 12,59$), це свідчить про те, що узгодженість думок експертів є статистично значущою та не має випадкового характеру.

Таким чином, результати експертного опитування характеризуються високим рівнем взаємної відповідності оцінок, що підтверджує надійність отриманих даних і доцільність їх подальшого використання в дослідженні. З метою практичної інтерпретації результатів на наступному етапі доцільно визначити коефіцієнти важливості для кожного з розглянутих факторів та виконати їх порівняльний аналіз з метою виокремлення найбільш впливових чинників.

Для визначення відносної вагомості експлуатаційних факторів доцільно застосувати підхід до розрахунку вагових коефіцієнтів, який базується на використанні інформації, що міститься у сумарних рангах факторів впливу. В основу цього підходу покладено припущення, згідно з яким фактори, що мають найбільший вплив на технічний стан автотранспортних засобів, отримують від

експертів вищі пріоритети, тобто менші числові значення рангів. Відповідно, чим нижчим є значення сумарного рангу, обчисленого за виразом (4.2), тим більш істотним вважається вплив відповідного фактора:

$$\beta_{\tau} = \frac{\Theta(\tau+1) - \Omega_{\tau}}{0,5 \cdot \Theta \cdot \tau \cdot (\tau+1)}, \quad (4.4)$$

За підсумками використання методу експертних оцінок було ідентифіковано ключові експлуатаційні чинники, які мають визначальний вплив на формування технічного стану автотранспортних засобів. Застосування кількісної обробки результатів анкетування дало змогу перейти від суб'єктивних суджень експертів до формалізованих показників важливості окремих факторів.

Розраховані за виразом (4.4) вагові коефіцієнти свідчать, що домінуючим фактором впливу на технічний стан автотранспортних засобів є їх фактичний пробіг. За рівнем значущості до нього наближаються параметри, пов'язані з характеристиками дорожнього покриття, а також масою вантажу, який перевозиться автомобілями. При цьому слід зауважити, що за всієї важливості зазначених чинників чинна система технічного обслуговування і ремонту автотранспортних засобів у переважній більшості випадків оперує лише показником пробігу як основним критерієм планування. Наступним за ступенем впливу фактором визначено середню швидкість руху автотранспортних засобів, що наочно відображено на рисунку 4.2.

Для підвищення наочності отриманих результатів доцільно подати їх у вигляді відносних показників впливу. Якщо умовно прийняти інтенсивність впливу найбільш значущого експлуатаційного чинника – пробігу автотранспортного засобу – за одиницю, що відповідає максимальному рівню впливу ($\beta_{\max} = 1$), то відносну значущість інших факторів можна визначити за відповідною залежністю, яка дозволяє зіставити їхній внесок у зміну технічного стану автомобілів.

$$\xi_{\tau} = \frac{\beta_{\tau}}{\beta_{\max}} \quad (4.5)$$

Підсумкові значення, отримані в результаті розрахунків за залежністю (4.5), систематизовано та наведено у табличній формі (табл. 4.2), що дозволяє виконати порівняльний аналіз відносної значущості окремих факторів.



Рис. 4.2. Структура розподілу вагомості експлуатаційних чинників, що визначають вплив умов використання на технічний стан автотransпортних засобів.

Таблиця 4.2. Значення вагових коефіцієнтів експлуатаційних факторів, визначених за результатами експертного оцінювання.

Фактори	Вагові коефіцієнти, β_{τ}	Відносна величина впливу,
Пробіг АТС	0,2139	1,000
Завантаженість АТС	0,1798	0,833
Швидкість руху	0,1476	0,675
Якість дорожнього покриття	0,1837	0,848
Кваліфікація експлуатуючого персоналу	0,0669	0,330
Кваліфікація обслуговуючого персоналу	0,0896	0,439
Характеристика маршруту (кількість зупинок)	0,1185	0,579

Під час інтерпретації отриманих результатів необхідно враховувати, що перелік факторів впливу сформовано експертами з урахуванням їх найбільшої ролі у формуванні технічного стану автотransпортних засобів. З огляду на це не слід повністю ігнорувати вплив людського чинника та інших супутніх умов експлуатації на процеси зношування, однак їх відносна значущість за результатами оцінювання є суттєво меншою порівняно з визначеними ключовими факторами.

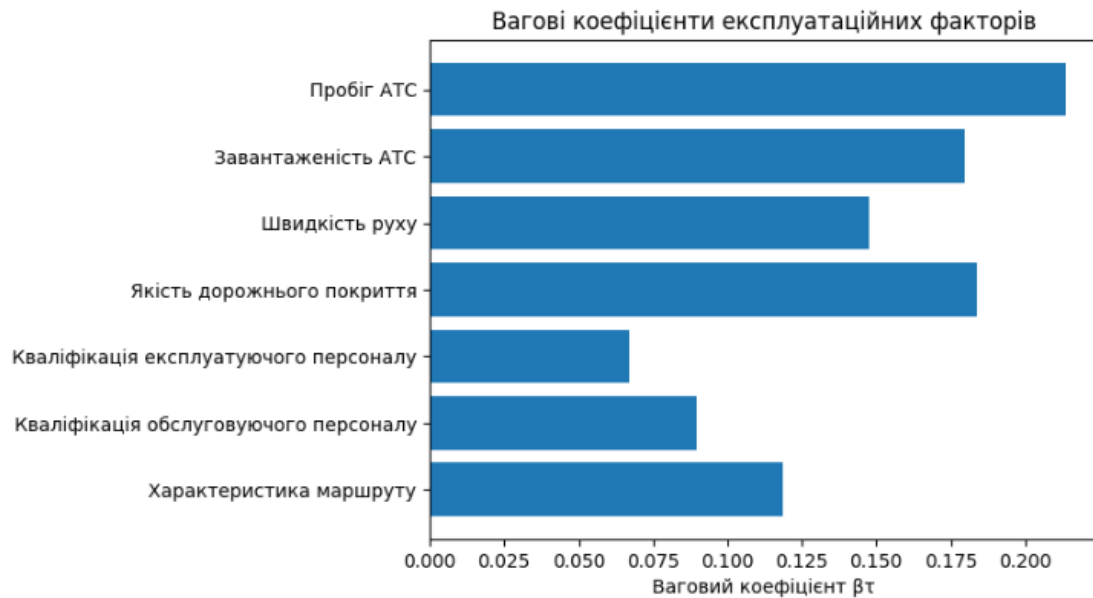


Рис. 4.3. Графік вагових коефіцієнтів експлуатаційних факторів.

Із використанням методу експертних оцінок виконано кількісну характеристику ступеня впливу експлуатаційних чинників на технічний стан автомобілів. Для подальшого математичного моделювання впливу цих факторів на показники відмов автотранспортних засобів необхідним є формування масиву вихідної інформації щодо параметрів відібраних факторів, а також статистичних даних про випадки позапланових ремонтних втручань.

У процесі експлуатації автотранспортних засобів, як правило, здійснюється систематичний облік основних техніко-економічних показників їх функціонування. Аналіз такої інформації дозволяє на початковому етапі дослідження виявити наявність кореляційних зв'язків та оцінити ступінь впливу експлуатаційних характеристик на зміну технічного стану автомобілів.

При цьому передбачається, що варіація експлуатаційних параметрів за незмінної системи організації технічного обслуговування і ремонту призводитиме до зміни статистичних характеристик відмов автотранспортних засобів. На основі узагальнення результатів експертного оцінювання як основні експлуатаційні фактори для подальшого аналізу було відібрано пробіг автомобіля, стан і якість дорожнього покриття, середню швидкість руху, а також рівень завантаженості, що характеризується обсягом перевезених вантажів.

Збір вихідної інформації для подальшого аналізу здійснювався шляхом опрацювання первинної та зведеної документації, що формується різними структурними підрозділами підприємства. У випадках відсутності

безпосередньо зафіксованих значень окремих показників виконувалося обчислення узагальнених коефіцієнтів, які дозволяють кількісно відобразити рівень та динаміку відповідних експлуатаційних факторів.

Аналіз наявної облікової документації дав змогу сформувати перелік параметрів, які на даний момент реєструються службами автотранспортного підприємства та з достатнім ступенем достовірності характеризують реальні режими роботи й умови експлуатації автотранспортних засобів. Саме ці дані було прийнято за основу для подальших розрахунків і аналітичних узагальнень.

На початковому етапі дослідження передбачається визначення узагальненого кількісного показника, що комплексно характеризує дорожні умови експлуатації. Такий показник дозволяє врахувати неоднорідність дорожнього середовища та його вплив на роботу транспортних засобів упродовж аналізованого періоду.

З урахуванням агрегатно-системного підходу як об'єкт дослідження обрано функціональну систему силового приводу автомобіля, до складу якої входять двигун та елементи трансмісії. Особливістю цієї системи є тісний взаємозв'язок режимів роботи її складових, що обумовлює необхідність їх спільного аналізу.

Відповідно до рівняння енергетичного балансу автомобіля, режими функціонування силових агрегатів визначаються не лише величиною опору руху, який формується дорожніми умовами, але й швидкістю руху транспортного засобу. Остання, у свою чергу, також залежить від стану дорожнього покриття та загальних умов руху, що зумовлює складний характер взаємодії експлуатаційних факторів.

З огляду на це до числа досліджуваних експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів віднесено технічну швидкість руху, параметри режимів роботи двигуна та рівень їх нестаціонарності. Вибір найбільш значущих дорожніх факторів здійснюється з урахуванням їх впливу на реалізацію зазначених властивостей і, відповідно, на формування технічного стану транспортних засобів.

Застосування методичних підходів, викладених у роботі [47], у поєднанні з узагальненням результатів аналізу науково-технічних джерел дало змогу

виокремити ключові чинники дорожніх умов, які суттєво впливають на реалізацію експлуатаційних властивостей, що розглядаються в даному дослідженні. З метою систематизації зазначених чинників доцільно об'єднати їх у групи за ознакою подібності фізичної природи та механізму впливу на роботу автотранспортних засобів. До таких груп віднесено технічну категорію автомобільної дороги, особливості рельєфу місцевості, фактичний стан дорожнього покриття, а також умови руху транспортних засобів.

Сукупність показників, що використовуються для кількісної оцінки впливу зазначених груп дорожніх чинників, наведено в таблиці 4.3. Представлені критерії дозволяють встановити взаємозв'язок між характеристиками дорожнього середовища та експлуатаційними параметрами автотранспортних засобів.

Аналіз даних таблиці 4.3 свідчить, що такі групи дорожніх факторів, як технічна категорія дороги, рельєф місцевості та стан дорожнього покриття, характеризуються спільними критеріями впливу на реалізацію досліджуваних властивостей автотранспортних засобів. Основними з них є величина опору руху та характер його змін, що проявляється у варіації за частотою та амплітудою. Узагальненим показником, який інтегрує зазначені критерії, є коефіцієнт сумарного опору дороги.

Середньозважене значення коефіцієнта сумарного опору визначає рівень середніх параметрів режимів роботи двигуна внутрішнього згоряння, тоді як коливання цього показника за частотою й амплітудою зумовлюють зміну технічної швидкості руху, ефективної потужності та частоти обертання колінчастого вала. Таким чином, облік зазначених дорожніх факторів є необхідною умовою адекватного аналізу впливу умов експлуатації на технічний стан автотранспортних засобів.

Умови руху доцільно оцінювати з позицій їх впливу на реалізацію експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів через характер режимів руху, рівень насиченості маршруту перешкодами та зміну цих параметрів у часі протягом поїздки.

Таблиця 4.3. Критерії оцінювання значущих дорожніх чинників за впливом на реалізацію досліджуваних експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів.

Найменування груп значущих факторів	Критерії оцінки значущих факторів по впливу на реалізацію експлуатаційних властивостей АТС		
	Технічна швидкість	Параметри режимів роботи двигунів	Ступінь нестационарності режимів роботи двигунів
Технічна категорія дороги	1. Опір руху 2. Обмеження за умовами безпеки	1. Опір руху	1. Частота і амплітуда зміни опору руху
Рельєф місцевості	1. Опір руху 2. Обмеження за умовами безпеки	1. Опір руху	1. Частота і амплітуда зміни опору руху
Стан покриття дороги	1. Опір руху 2. Обмеження за умовами безпеки 3. Обмеження по плавності ходу	1. Опір руху	1. Частота і амплітуда зміни опору руху
Умови руху	1. Режим руху 2. Перешкодонасиченість	1. Режим руху	1. Нестационарність режиму руху

Саме поєднання динаміки руху й зовнішніх обмежень визначає навантажувальні та швидкісні режими роботи основних агрегатів автомобіля:

$$\Pi = \frac{v}{v_{\Pi}}, \quad (4.6)$$

Отже, умови руху не мають єдиного кількісного показника, спільного з іншими виділеними групами значущих дорожніх чинників, а відносно них виступають своєрідним обмежувальним елементом, що визначає рівень реалізації досліджуваних експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів. У зв'язку з цим умови руху потребують самостійного аналізу та окремої процедури оцінювання, особливо на етапі планування та постановки факторних експериментів.

Подальшим етапом, спрямованим на зменшення розмірності факторного простору, є проведення типологічного аналізу параметрів, що характеризують групи значущих дорожніх чинників. Метою такого аналізу є формування

обмеженої кількості типів, які б адекватно відображали різноманіття умов експлуатації та водночас забезпечували зручність їх урахування в аналітичних і експериментальних дослідженнях.

Кількість виділених типів значущих факторів або їх груп повинна бути мінімальною, але достатньою для чіткого розрізнення між ними. Збільшення кількості типів призводить до підвищення однорідності їх станів і зменшення внутрішньогрупової варіації вимірників потенційних властивостей, однак одночасно ускладнює процедуру ідентифікації типів та знижує однозначність віднесення конкретних умов експлуатації до певної категорії. У протилежному випадку, надмірне укрупнення типів спричиняє зростання похибок оцінювання, оскільки кожен тип описується усередненими значеннями параметрів, що не відображають реальної різноманітності умов.

Під час виконання типологізації необхідно також враховувати об'єктивність виділених типів дорожніх чинників, тобто їх відповідність чинним нормам проектування та будівництва автомобільних доріг. Це забезпечує узгодженість отриманих типів з існуючими методиками випробувань і практикою експлуатації автотransпортних засобів, а також підвищує достовірність і прикладну цінність результатів дослідження.

Відібрані типи груп найбільш значущих дорожніх чинників систематизовано та наведено в таблиці 4.4, що дозволяє структуровано відобразити різноманіття умов експлуатації та забезпечити зручність їх подальшого аналізу в межах дослідження.

Як узагальнений показник, що відображає частотні та амплітудні характеристики зміни опору руху на дорогах різних типів, доцільно використовувати умовну частоту варіації кутів поздовжнього профілю дороги, тобто ухилів. Зазначений показник дозволяє кількісно описати інтенсивність зміни геометричних параметрів дорожнього полотна, які безпосередньо впливають на навантажувальні та швидкісні режими руху автотransпортних засобів.

$$n_{\text{чi}} = f + \frac{i_{\text{max}}}{1000} ; \quad (4.7)$$

Таблиця 4.4. Класифікація типів груп істотних дорожніх факторів за умовами експлуатації автотранспортних засобів.

Групи значимих дорожніх факторів	Типи факторів				
	I	II	III	IV	V
Технічна категорія дороги	I ТКД	II ТКД	III ТКД	IV ТКД	V ТКД
Рельєф місцевості	Рівнинний	Слабогорб-куватий	Горбкуватий	Гористий	Гірський
Стан покриття: - по рівності - за погодною ознакою	Рівне Сухе	Малови- боїсте Мокре	Середньо- вибоїсте Покрите снігом	Вибоїсте -	- -

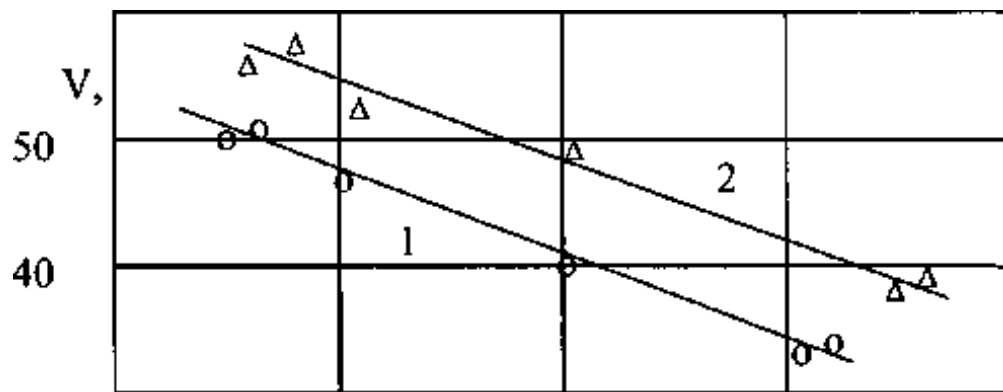


Рисунок 4.3. Залежність середньої технічної швидкості руху автотранспортних засобів від сумарного коефіцієнта опору коченню та показника рівності дорожнього покриття:

1 – автобуси та вантажні автомобілі; 2 – легкові автомобілі

Наявність кількісних значень вимірників потенційних властивостей автомобільних доріг створює передумови для переходу до кодування комбінацій істотних факторів дорожніх умов, наведених у систематизації, а також до формування відповідних коефіцієнтів приведення:

$$K_d = \prod_{j=1}^m K_{npi} = K_\psi K_n K_\Pi, \quad (4.8)$$

Розглянемо етапи формування коефіцієнта приведення за умовами руху K_Π . На початковій стадії цього процесу ключовим завданням є виконання типологічного поділу умов руху, що дозволяє систематизувати різноманіття експлуатаційних ситуацій та забезпечити коректність подальших аналітичних узагальнень.

У сучасній практиці досліджень технічної експлуатації автотранспортних засобів застосовується типізація умов руху, запропонована в роботі. Для їх кількісного опису використовується коефіцієнт перешкодонасиченості, який дає змогу інтегрально врахувати вплив світлофорного регулювання, перехресть, зупинок, пішохідних переходів та інших елементів, що зумовлюють зміну режимів руху транспортних засобів.

Запропонована типізація умов руху автотранспортних засобів, яка базується на значеннях коефіцієнта перешкодонасиченості та характері режимів руху, наведена в таблиці 4.5. Вона слугує методичною основою для подальшого визначення коефіцієнта приведення K_{Π} і забезпечує узгоджене врахування умов руху при комплексній оцінці дорожніх умов експлуатації.

Таблиця 4.5. Класифікація типів умов руху автотранспортних засобів.

Номер типу	Найменування типів
1	У великих містах (з населенням більш 100000 людей)
2	У малих містах і приміській зоні
3	За межами міст і приміської зони (міжміські дороги)

Швидкість руху автотранспортного засобу, яка використовується як базовий параметр під час визначення коефіцієнта перешкодонасиченості маршруту, формується під впливом широкого спектра чинників зовнішнього середовища. Визначальну роль у реалізації швидкісних характеристик автомобілів відіграють дорожні умови, зокрема тип та стан дорожнього покриття, кількість смуг руху, ширина проїзної частини, елементи плану і поздовжнього профілю дороги, особливості рельєфу місцевості, рівність покриття, а також погодні умови, що впливають на зчіпні властивості та видимість.

Окрім дорожніх характеристик, на швидкість руху істотно впливають масово-габаритний стан транспортного засобу та низка кліматичних факторів, серед яких особливе значення має метеорологічна видимість. Сукупний вплив зазначених чинників зумовлює змінність режимів руху автомобіля в реальних умовах експлуатації.

Під час формування вимірника потенційних властивостей умов руху необхідно обрати таку функціональну характеристику автотранспортного засобу, яка однозначно реагує на зміну рівня перешкодонасиченості маршруту.

До перешкод у цьому випадку доцільно відносити елементи, розташовані безпосередньо на проїзній частині або в зоні її впливу, які спричиняють різкі зміни режимів роботи агрегатів і систем автомобіля. До таких елементів належать засоби організації та регулювання дорожнього руху, потоки суміжних транспортних засобів і пішоходів, перехрестя, примикання доріг та інші подібні об'єкти.

Водночас при комплексному оцінюванні умов випробувань і експлуатації автотранспортних засобів необхідно дотримуватися принципу однозначності врахування факторів зовнішнього середовища. З огляду на це, при оцінці умов руху недоцільно повторно використовувати ті зовнішні чинники, які вже відображені у коефіцієнтах приведення дорожніх умов K_ψ та K_π , зокрема технічну категорію дороги, тип дорожнього покриття, характеристики рельєфу місцевості, ступінь рівності та погодний стан покриття. Аналогічно не слід дублювати вплив факторів, що враховані в інтегральних показниках транспортних і кліматичних умов, таких як масовий стан автотранспортного засобу, температура, атмосферний тиск і вологість повітря.

З метою оцінювання ступеня впливу пробігу на технічний стан автомобілів було виконано аналіз закономірностей розподілу відмов залежно від величини напрацювання. Зіставлення та приведення показників до єдиної бази за кількістю відмов є методично обґрунтованим, оскільки умови експлуатації транспортних засобів упродовж аналізованого періоду (2024–2025 рр.) можна вважати порівнянними за основними параметрами.

Графічне подання цієї залежності наведено на рисунку 4.4 та слугує основою для подальшого аналізу впливу напрацювання на рівень технічної готовності автотранспортних засобів.

Крива потоку відмов являє собою не що інше, як розподіл імовірності відмови АТЗ за період експлуатації. Запишемо у вигляді виразу:

$$\omega(l) = \omega_v(l) + \omega_n(l) \quad (4.9)$$

З метою поглибленого аналізу характеру відмов доцільно розмежувати їх на дві основні групи – випадкові та поступові, що дозволяє більш коректно описати процеси деградації технічного стану автомобілів. Для кожної з виділених груп було виконано апроксимацію експериментальних даних методом

найменших квадратів із підбором аналітичних залежностей, які з максимальною точністю відтворюють закономірності розподілу відмов у заданому інтервалі напрацювання.

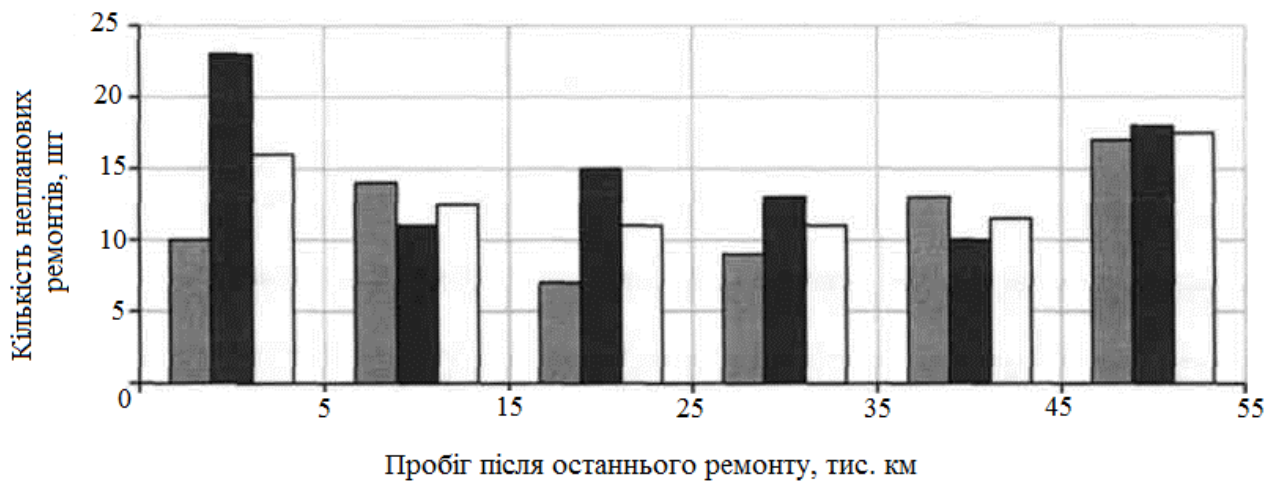


Рис. 4.4. Розподіл відмов АТС залежно від пробігу:

1 – розподіл відмов в 2024 році; 2 – розподіл відмов в 2025 році; 3 – середнє значення розподілу відмов.

Процедура підбору апроксимуючих функцій здійснювалася з використанням програмного комплексу STATISTICA у модулі Multiple Regression (множинна регресія). Порівняльний аналіз отриманих моделей показав, що найвищий рівень статистичної достовірності та найкраще узгодження з експериментальними даними забезпечує залежність експоненціального типу, яка найбільш адекватно описує розподіл відмов у досліджуваному діапазоні напрацювання.

$$y = c + \exp(b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots), \quad (4.10)$$

У результаті апроксимації експериментальних даних за залежністю (4.10) було отримано аналітичний вираз, який описує функцію розподілу випадкових відмов у заданому діапазоні напрацювання

$$\omega_B(l) = -9,9774 + e^{(3,76238 - l \cdot 0,02887)} \quad (4.11)$$

Отриманий вираз для функції розподілу поступових відмов набув вигляд:

$$\omega_n(l) = -32,464 + e^{(3,32326 + l \cdot 0,014379)} \quad (4.12)$$

Значення скоригованого коефіцієнта детермінації R , отримані для аналітичних залежностей (4.11) та (4.12), становлять відповідно 0,84027 і 0,99886. Такі величини свідчать про високий ступінь узгодженості побудованих

моделей з експериментальними даними та підтверджують достовірність результатів апроксимації.

Графічні залежності потоків відмов, визначені на основі виразу (4.9), наведені на рисунку 4.5, що дозволяє наочно проілюструвати характер зміни інтенсивності відмов у процесі напрацювання автотранспортних засобів.

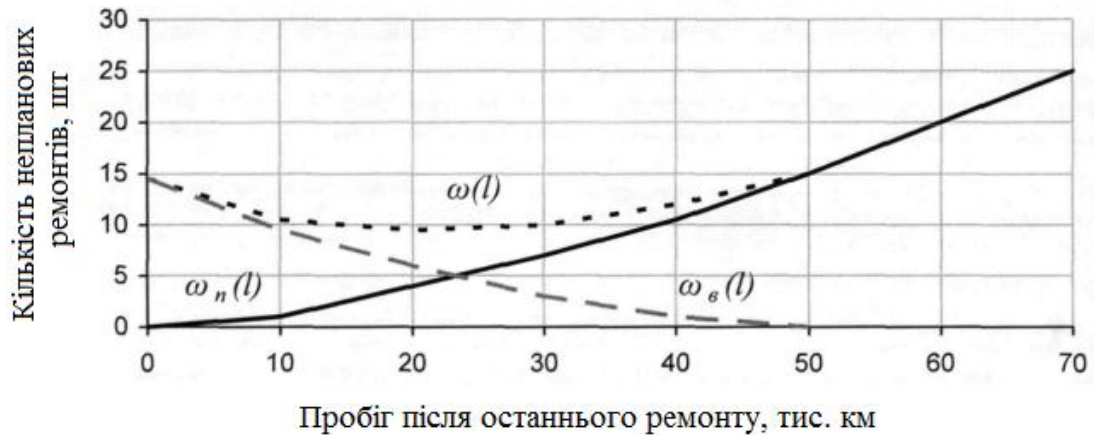


Рис. 4.5. Теоретичні криві потоків відмов.

З огляду на те, що в чинній системі технічної експлуатації інтервали між окремими видами обслуговування та ремонту є взаємопов'язаними та кратними між собою, доцільно виконувати приведення моделі до базового періоду проведення ремонтних робіт певного обсягу. Зміна цього опорного періоду автоматично зумовлює відповідне зміщення строків виконання інших регламентних операцій технічного обслуговування.

Відповідно до Положення про технічне обслуговування автотранспортних засобів, за базовий (опорний) приймається інтервал виконання відновлювальних робіт у обсязі ПР-1, який для найбільш поширених моделей автомобілів становить, як правило, близько 60 000 км пробігу. Саме цей період доцільно використовувати як розрахункову одиницю при аналізі та прогнозуванні технічного стану. Для кількісного відображення статистики відмов автотранспортних засобів у межах обраного інтервалу доцільно ввести узагальнений показник, що характеризує кількість позапланових ремонтних втручань, які припадають на один цикл виконання відновлювальних операцій у обсязі ПР-1. Використання такого показника дозволяє пов'язати результати статистичного аналізу відмов із практичними рішеннями щодо оптимізації системи технічного обслуговування і ремонту АТЗ.

$$P_{\text{HPt}} = \frac{\Phi_{\text{в}}}{L_{\text{зар}}/L_{\text{р}}} \quad (4.13)$$

$$L_{\text{р}} = 60000 \text{ км.}$$

Під час визначення величини $F_{\text{в}}$ у виразі (2.13) під відмовою автотранспортного засобу доцільно розуміти такий випадок порушення працездатності, який безпосередньо зумовлений зношуванням основних вузлів і агрегатів автобуса та об'єктивно відображає зниження рівня його технічного стану. Як правило, до цієї категорії належать відмови, усунення яких не передбачене регламентними операціями планового технічного обслуговування, що, у свою чергу, обумовлює необхідність виконання позапланових ремонтних робіт у виробничих підрозділах підприємства:

$$P_{\text{HPt}} = \int_0^{L_{\text{р}}} \omega(l) dl, \quad (4.14)$$

З метою встановлення найбільш характерних причин відмов автобусів було виконано аналіз річної звітної документації автотранспортного підприємства [56]. На підставі узагальнення статистичних даних виділено основні групи відмов, що найчастіше призводять до порушення працездатності рухомого складу. До них належать: X1 – заміна силового агрегату; X2 – відновлення працездатності електрообладнання; X3 – заміна коробки передач; X4 – виконання ремонтних робіт двигуна; X5 – ремонт паливної апаратури; X6 – заміна зчеплення; X7 – заміна карданної передачі; X8 – заміна головної передачі середнього та заднього мостів; X9 – заміна лобового скла; X10 – ремонт системи рульового керування.

З позицій оцінювання впливу експлуатаційних характеристик доцільно розглядати відмови типів X1, X3, X4 та X6, оскільки вони безпосередньо пов'язані з роботою силового агрегату та елементів ходової частини автотранспортних засобів і чутливо реагують на режими навантаження та умови використання. Водночас відмови X2, X7, X8 та X10 характеризуються порівняно низькою частотою виникнення, у зв'язку з чим у межах даного дослідження їх вплив може вважатися умовно сталим.

З урахуванням зазначеного для подальшого аналізу виділено узагальнені типи відмов, інтенсивність появи яких істотно залежить від експлуатаційних

умов: T1 – статистика відмов трансмісії; T2 – статистика відмов двигуна; T3 – статистика відмов електрообладнання.

Аналіз результатів спостережень за період чотирьох років (2013–2022 рр.) показав, що зазначені типи відмов формують основну частину причин позапланових ремонтів. Зокрема, на відмови трансмісії припадає 21,8% загальної кількості випадків, на відмови двигуна – 55,6%, на відмови електрообладнання – 12,2%, на порушення працездатності паливної системи – 4,1%, тоді як частка інших видів відмов становить близько 6,3%. Таке співвідношення підтверджує визначальну роль силового агрегату та трансмісії у формуванні технічного стану автобусів в умовах реальної експлуатації.

На сучасному етапі організації технічної експлуатації автотранспортних засобів єдиним експлуатаційним показником, який фактично використовується при визначенні періодичності проведення технічного обслуговування, залишається напрацювання у вигляді пробігу. У зв'язку з цим під час аналізу відмов елементів автотранспортних засобів, зокрема на прикладі вантажних автомобілів, доцільно розглядати кількість відмов у прив'язці саме до величини пробігу, оскільки вплив цього фактора вже формалізовано в існуючій системі технічного обслуговування.

За умови сталості інших експлуатаційних чинників інтенсивність потоку відмов елементів автотранспортних засобів мала б залишатися практично незмінною впродовж експлуатації. Однак у реальних умовах експлуатації відбувається зміна статистики відмов у відповідь на варіацію контрольованих експлуатаційних параметрів, що свідчить про їх суттєвий вплив на технічний стан автомобілів.

Фіксація та аналіз таких змін створює можливість застосування апарату математичного аналізу з метою кількісного визначення сили та характеру впливу окремих експлуатаційних факторів на статистику відмов інших елементів. Такий підхід дозволяє перейти від суто регламентної системи обслуговування до більш гнучкої моделі управління технічним станом автотранспортних засобів з урахуванням реальних умов їх використання.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Поняття гігієни праці та виробничої санітарії

У широкому науковому розумінні гігієна є розділом медичної науки, що досліджує вплив умов життєдіяльності людини на стан її здоров'я, тоді як санітарія охоплює комплекс практичних заходів, спрямованих на поліпшення та оздоровлення навколишнього середовища. В межах цих напрямів особливе місце посідають гігієна праці та виробнича санітарія, які безпосередньо пов'язані з умовами трудової діяльності людини.

Гігієна праці зосереджена на вивченні впливу факторів виробничого середовища та характеру трудового процесу на організм працівника, функціональний стан його органів і систем, а також на оцінюванні можливих змін працездатності та здоров'я. Виробнича санітарія, у свою чергу, являє собою систему організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів та засобів, спрямованих на попередження або зменшення шкідливого впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників на персонал.

Упродовж тривалого періоду розвитку людство формувалося в умовах природного середовища, для якого характерні відносно стабільні кліматичні параметри, певний склад атмосферного повітря, природні рівні електромагнітного, радіаційного й акустичного фону, а також визначений світловий режим. Натомість умови праці у виробничих приміщеннях часто істотно відрізняються від природних, що може спричиняти тимчасові або стійкі порушення функціонування окремих систем організму чи організму людини в цілому.

Дослідження механізмів впливу факторів виробничого середовища на здоров'я працівників, оцінювання можливих негативних наслідків такого впливу, а також розроблення й упровадження ефективних заходів і засобів захисту є основним завданням гігієни праці та виробничої санітарії.

Людський організм безперервно адаптується до змін зовнішнього середовища завдяки механізмам гомеостазу — універсальній здатності підтримувати відносну сталість внутрішніх параметрів і узгоджену роботу

функціональних систем у відповідь на дії, що порушують цю рівновагу. Саме гомеостатичні процеси забезпечують збереження життєздатності організму в умовах мінливих зовнішніх впливів.

Різноманітні чинники фізіологічної, фізичної, хімічної або емоційної природи, зокрема коливання температури повітря, зміни атмосферного тиску, шумове навантаження чи психоемоційні стани, здатні вивести організм зі стану динамічної рівноваги. У відповідь на такі подразники автоматично активуються взаємопов'язані механізми регуляції, які забезпечують саморегуляцію фізіологічних функцій і підтримання основних життєвих процесів на стабільному рівні. За незначної інтенсивності впливів людина переважно сприймає навколишнє середовище як джерело інформації — через зір, слух, нюх і дотик. Натомість за зростання рівня дії чинників можуть виникати небажані біологічні ефекти, що потребують залучення адаптаційних резервів організму.

Компенсація змін параметрів довкілля стає можливою завдяки активації систем, відповідальних за адаптацію. Захисно-приспосувальні реакції організму реалізуються послідовно та проходять кілька стадій: підтримання фізіологічної норми (гомеостаз), розвиток функціональних адаптаційних змін, а у разі тривалої або надмірної дії чинників — формування патофізіологічних адаптацій з залученням анатомо-морфологічних структур на клітинному й тканинному рівнях. Таким чином, гомеостаз і адаптація є взаємопов'язаними результатами, що визначають характер функціонування біологічної системи.

Одним із ключових завдань гігієни праці є встановлення таких гранично допустимих відхилень параметрів виробничого середовища від природних фізіологічних норм і таких рівнів навантаження на організм людини, які не спричиняють порушень функціонального стану в поточному періоді та не зумовлюють негативних віддалених наслідків, зокрема генетичних змін у майбутніх поколіннях. Для окремих чинників виробничого середовища науково обґрунтовано визначені гранично допустимі концентрації, рівні та інші нормативи.

З метою комплексного оцінювання умов праці розроблено гігієнічну класифікацію, яка ґрунтується на диференціації виробничих умов залежно від фактичних рівнів дії факторів виробничого середовища і трудового процесу

порівняно з установленими санітарними нормами та правилами, а також з урахуванням їх можливого впливу на здоров'я працівників. Відповідно до цієї класифікації клас умов праці визначається тим чинником або показником напруженості чи важкості праці, відхилення якого від нормативних значень є найбільшим.

Фактори, що формують умови праці, умовно поділяють на чотири основні групи: санітарно-гігієнічні, психофізіологічні, естетичні та соціально-психологічні. При цьому санітарно-гігієнічні й окремі психофізіологічні чинники підлягають кількісному оцінюванню та нормуванню, тоді як естетичні й соціально-психологічні фактори, як правило, не можуть бути виражені у кількісній формі та оцінюються якісно.

Фактичні умови праці на підприємстві повинні бути організовані таким чином, щоб унеможливити виникнення виробничого травматизму та розвитку професійних захворювань. З цією метою на основі гігієнічної класифікації умов праці та встановлених нормативних показників здійснюється систематичний контроль параметрів виробничого середовища на відповідність вимогам чинної нормативно-правової бази у сфері охорони праці та санітарного законодавства.

Ключовим призначенням виробничої санітарії є попередження або мінімізація негативного впливу небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища на організм працівників. Дія таких чинників, як електромагнітні та іонізуючі випромінювання, підвищені рівні шуму й вібрації, хімічні речовини, несприятливі мікрокліматичні умови, зокрема знижені температури, може призводити до розвитку професійних і професійно зумовлених захворювань, а в окремих випадках — до тяжких або летальних наслідків.

Відповідно до положень Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», підприємства, установи та організації зобов'язані розробляти й реалізовувати комплекс санітарно-гігієнічних і протиепідемічних заходів. До їх обов'язків належить забезпечення лабораторного контролю за дотриманням санітарних норм щодо рівнів шкідливих факторів виробничого середовища, своєчасне інформування органів державного санітарно-епідеміологічного нагляду про аварійні ситуації та інші

події, що можуть становити загрозу для здоров'я населення, а також відшкодування у встановленому законодавством порядку шкоди, заподіяної здоров'ю працівників і громадян унаслідок порушення санітарних вимог.

5.2 Заходи з підвищення стійкості систем енергопостачання

До найбільш уразливих складових систем енергопостачання належать повітряні лінії електропередачі, а також будівлі та інженерні споруди трансформаторних підстанцій і розподільчих пунктів. У разі пошкодження або руйнування будівель можливе порушення цілісності внутрішніх електричних мереж, зокрема обриви провідників у приміщеннях. За умови збереження кабельних трас це може спричинити виникнення коротких замикань, які, у свою чергу, створюють підвищену пожежну небезпеку.

З метою забезпечення надійного та безперебійного електропостачання в умовах надзвичайних ситуацій під час проєктування і спорудження об'єктів електроенергетики необхідно враховувати вимоги інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони). Такі вимоги спрямовані на підвищення живучості енергетичних об'єктів та зменшення ймовірності повної втрати електропостачання в разі аварійних впливів.

Система електропостачання повинна формуватися на базі енергосистем, до складу яких входять електростанції, що використовують різні види палива, що підвищує її надійність і стійкість до зовнішніх загроз. Потужні електростанції доцільно розміщувати на значних відстанях одна від одної та поза межами великих населених пунктів і зон можливих масових руйнувань. Районні понижувальні підстанції, диспетчерські центри та лінії електропередачі необхідно розташовувати з урахуванням принципу розосередження, а також забезпечувати їх належний рівень захисту від можливих аварійних і надзвичайних впливів.

Електрозабезпечення промислових об'єктів, які повинні функціонувати під час надзвичайних ситуацій мирного часу та в особливий період, доцільно передбачати від щонайменше двох незалежних і територіально відокремлених джерел живлення. У разі підключення споживачів до одного джерела

електроенергії необхідно забезпечувати наявність не менше двох вводів, прокладених з різних напрямків. Такий підхід істотно підвищує надійність системи електропостачання, оскільки ймовірність одночасного пошкодження двох живильних ліній, особливо за кільцевої схеми мережі, є мінімальною. Додатковим заходом підвищення стійкості є поступова заміна повітряних ліній електропередачі на підземні кабельні траси.

Трансформаторні підстанції повинні мати підвищений рівень інженерного захисту, а їх стійкість до зовнішніх впливів має відповідати або перевищувати рівень стійкості об'єкта, який вони забезпечують електроенергією. Подавання електричної енергії безпосередньо до виробничих ділянок слід здійснювати за допомогою незалежних кабельних ліній, прокладених у ґрунті на нормативній глибині 0,8–1,2 м, що зменшує ризик їх пошкодження.

Для гарантування безперервного енергозабезпечення в аварійних умовах необхідно передбачати створення автономних резервних джерел електропостачання, зокрема пересувних дизельних електростанцій, розміщених на автомобільних або залізничних платформах. Особливу увагу при цьому слід приділяти об'єктам із безперервним технологічним циклом, системам водопостачання і водовідведення, котельням, медичним закладам та іншим критично важливим установам.

Крім того, система електропостачання повинна бути обладнана комплексом технічних засобів захисту від атмосферних перенапруг, зокрема ударів блискавки, а також від дії електромагнітного імпульсу, що може виникати під час надзвичайних техногенних або воєнних впливів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра на тему «Комплексна методика керування моніторингом транспортних засобів на основі умов експлуатації з дослідженням експлуатаційних факторів із застосуванням методу експертних оцінок» виконано комплексне науково-практичне дослідження, спрямоване на підвищення ефективності технічної експлуатації автотранспортних засобів шляхом удосконалення підходів до моніторингу їх експлуатаційного стану

Проаналізовано сучасний стан системи технічної експлуатації автомобілів та встановлено, що переважна частина витрат матеріальних, трудових і енергетичних ресурсів протягом життєвого циклу транспортних засобів припадає на процеси технічного обслуговування і ремонту. Обґрунтовано доцільність переходу від традиційних регламентних стратегій обслуговування до більш гнучких підходів, орієнтованих на фактичний технічний стан та реальні умови експлуатації.

Сформульовано науково обґрунтовані завдання моніторингу експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів, з урахуванням їх багатофакторного характеру. Показано, що технічна готовність автомобіля є інтегральною характеристикою, яка формується сукупністю експлуатаційних властивостей і змінюється під впливом умов використання, режимів навантаження та рівня технічного обслуговування.

Запропоновано комплексну методику керування моніторингом транспортних засобів, що базується на врахуванні експлуатаційних факторів та застосуванні методу експертних оцінок. Використання експертного підходу дозволяє формалізувати якісні фактори, зменшити вплив неповноти статистичної інформації та підвищити обґрунтованість управлінських рішень у сфері технічної експлуатації.

У технологічному розділі виконано розрахунки виробничої програми автотранспортного підприємства, визначено річні обсяги робіт, чисельність виробничого і допоміжного персоналу, кількість робочих постів, а також площі виробничих, складських і допоміжних приміщень. Отримані результати

підтверджують відповідність запропонованих рішень чинним нормативним вимогам і забезпечують виконання запланованих обсягів робіт з ТО і ПР.

Розроблено планувальні рішення автотранспортного підприємства, включаючи генеральний план та план виробничого корпусу, які забезпечують раціональну організацію технологічних потоків, мінімізацію непродуктивних простоїв рухомого складу та безпечні умови праці персоналу. Показано, що наявний резерв території створює передумови для подальшого розвитку виробничо-технічної бази.

У конструкторському та науково-дослідному розділах обґрунтовано доцільність використання програмних засобів і аналітичних методів для підтримки процесів прийняття рішень у системі моніторингу технічного стану транспортних засобів. Отримані результати підтверджують можливість практичного застосування запропонованої методики в умовах реального автотранспортного підприємства.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт». – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Барілович Л.П. та інші. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах. – К.: Логос, 1996.-348с.
3. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах / Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Барілович Л. П., Бойко Г. Ф. та ін. – К.: Логос, 1996. – 348 с.
4. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
5. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
6. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.
7. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1 :теоретичні основи. Технологія: підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К. : "Вища школа", 1994. – 342 с.
8. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: організація, планування і управління : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К.: "Вища школа", 1994. – 383 с.
9. Курніков І. П. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник / І. П. Курніков, М. К. Корольов, В. М. Токаренко. – К. : Вища школа, 1993. – 191 с.

10. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
11. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. — 400 с.
12. Кисликов В.Ф. Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. — К.: Либідь, 2016. — 400 с. 5. Ю.А.
13. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.
14. Ляшук, О., Гевко, І., Гупка, А., Слободян, Л., Гевко, Б., & Хорошун, Р. (2023). Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 2(21), 135-144.
15. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. — Львів: Афіша, 2000. — 352 с.
16. Стручок В.С. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»: навчальний посібник / В.С. Стручок.— Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. — 156 с.
17. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108.
18. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
19. Дикань С.А., Зима О.Є. Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях. Університетський курс [Текст]: підручник для студ. вищ. навч. закл. С.А. Дикань, О.Є. Зима. — Полтава: ТОВ «АСМІ», 2015. — 273 с.: табл., іл.