

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів на основі визначення раціонального терміну з дослідженням функціональних залежностей параметрів робото здатності від віку автобусів категорії М

Виконав: студент 6 курсу, групи МАМ-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Іван ХОЛЯВА

(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 Холяві Івана Стефановича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів на основі визначення раціонального терміну з дослідженням функціональних залежностей параметрів роботи здатності від віку автобусів категорії М

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 № 4/7-972

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Експлуатаційні показники 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)

Алгоритм проведення досліджень – 1А1.

Показники оцінки рівня працездатності та статичного моделювання – 1А1.

Аналіз вікової структури парку – 1А1.

Оцінка рівня працездатності рухомого складу – 1А1.

Моделювання зміни накопичених пробігів автобусів – 1А1. Моделювання та оцінка витрати палива в залежності від інтенсивності експлуатації – 1А1.

Функціональні залежності параметрів роботоздатності від віку рухомого складу та алгоритм математичної моделі – 1А1. Дільниця для діагностування – 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)

Іван ХОЛЯВА

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Роман РОГАТИНСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів на основі визначення раціонального терміну з дослідженням функціональних залежностей параметрів роботи здатності від віку автобусів категорії М».

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 67 сторінок формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 2 сторінок додатків.

Ключові слова: технічне обслуговування, ремонт, витрати на експлуатацію, функціональні залежності, технічний стан.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Огляд науково-дослідних робіт у сфері визначення терміну експлуатації транспортних засобів.....	8
1.2 Аналіз наявних підходів до оцінювання вікової структури автобусного парку.....	10
1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1 Вплив тривалості експлуатації на показники ефективності функціонування парку рухомого складу.....	16
2.2 Підходи до оновлення рухомого складу на автотранспортному підприємстві.....	23
2.3 Формування показників для оцінювання рівня працездатності автобусів..	26
2.4 Визначення функціональних залежностей показників працездатності від віку рухомого складу та формування алгоритму оцінювання.....	31
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	37
3.1 Вікова структура автобусного парку та інтенсивність його експлуатації для заданих вибірок.....	37
3.2 Оцінювання рівня працездатності автобусів та моделювання їх накопичених пробігів.....	43
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	47
4.1 Визначення функціональних залежностей показників працездатності від віку автобусів.....	47
4.2 Моделювання та оцінювання витрати палива залежно від вікової структури автобусного парку.....	50
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ	

	6
СИТУАЦІЯХ.....	58
5.1 Пожежна безпека на підприємствах автомобільного транспорту.....	58
5.2 Інформування та оповіщення населення у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій.....	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	66
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Автомобільний транспорт відіграє ключову роль у забезпеченні сталого розвитку соціально-економічної інфраструктури, зокрема у сфері пасажирських перевезень. Автобуси категорії М є основним видом рухомого складу для організації міських, приміських та міжміських перевезень, що зумовлює підвищені вимоги до їх технічного стану, надійності, безпеки руху та економічної ефективності експлуатації. У сучасних умовах функціонування автотранспортних підприємств значна частина автобусного парку експлуатується з перевищенням нормативних строків служби, що призводить до зростання експлуатаційних витрат, підвищення ймовірності відмов та зниження загального рівня ефективності транспортного процесу.

Однією з актуальних науково-практичних проблем експлуатації транспортних засобів є обґрунтоване визначення раціонального терміну їх експлуатації, який забезпечує оптимальне співвідношення між технічною надійністю, витратами на технічне обслуговування і ремонт та економічною доцільністю подальшого використання рухомого складу. Традиційні підходи до встановлення строків служби автобусів здебільшого ґрунтуються на нормативних або календарних показниках і не повною мірою враховують зміну фактичних параметрів роботоздатності в процесі старіння транспортних засобів.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває дослідження функціональних залежностей параметрів роботоздатності автобусів від їх віку, що дозволяє кількісно оцінити вплив тривалості експлуатації на показники надійності, безвідмовності, ремонтпридатності та експлуатаційних витрат. Використання математичних і статистичних методів аналізу дає змогу визначити граничні та раціональні терміни експлуатації автобусів категорії М, за яких забезпечується максимальна ефективність їх використання без зниження рівня безпеки та якості пасажирських перевезень.

Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів шляхом визначення раціонального терміну експлуатації автобусів категорії М на основі дослідження функціональних залежностей параметрів їх роботоздатності від віку.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Огляд науково-дослідних робіт у сфері визначення терміну експлуатації транспортних засобів

Проблематика обґрунтування термінів експлуатації транспортних засобів протягом тривалого часу перебуває у фокусі наукових досліджень фахівців у галузі автомобільного транспорту. Значний внесок у розвиток теоретичних і прикладних підходів до оцінювання ресурсу автомобілів та визначення доцільності їх подальшої експлуатації зробили вітчизняні й зарубіжні науковці, зокрема Е. С. Кузнецов, Ю. В. Андріанов, Н. О. Блудян, В. О. Васильєв, Л. Л. Вегерь, А. Н. Іголкін, Р. М. Петухов, Б. Д. Прудовський, А. В. Старков, В. Б. Ухарський та інші дослідники.

У наукових працях зазначених авторів розглядаються питання формування ресурсу транспортних засобів, закономірності зміни показників надійності, технічного стану та економічної ефективності впродовж життєвого циклу автомобіля. Водночас більшість досліджень має узагальнений характер і не завжди враховує специфіку окремих видів автомобільного транспорту. Особливої уваги потребує сфера пасажирських перевезень, для якої характерні підвищені вимоги до регулярності руху, безпеки, надійності та стабільності експлуатаційних показників.

Результати досліджень, присвячених технічній експлуатації автобусів, свідчать про наявність стійкої тенденції до погіршення основних експлуатаційних характеристик у міру зростання віку транспортного засобу. Старіння автобусів супроводжується підвищенням інтенсивності відмов, зниженням коефіцієнта технічної готовності, збільшенням трудомісткості технічного обслуговування та ремонту, а також зростанням витрат на запасні частини й експлуатаційні матеріали. Зазначені процеси безпосередньо впливають не лише на ефективність використання окремого автобуса, а й на функціонування автобусного парку підприємства загалом.

Особливе значення у цьому контексті має аналіз вікової структури парку автобусів. Оцінювання змін співвідношення транспортних засобів різних

вікових груп дозволяє прогнозувати динаміку основних експлуатаційних показників у часі, зокрема середнього віку рухомого складу, чисельності парку, рівня надійності, коефіцієнта готовності, обсягів споживання запасних частин, паливно-мастильних матеріалів та інших ресурсів.

Подовження строків експлуатації автобусів до моменту їх списання за умов поступового зниження рівня надійності призводить до істотного погіршення інтегральних показників ефективності функціонування автобусного парку. Насамперед це проявляється у зменшенні середньої продуктивності рухомого складу, скороченні обсягів доходів від перевезень, зниженні коефіцієнта технічної готовності, а також у зростанні потреби в запасних частинах, матеріальних ресурсах і трудових витратах. Сукупність зазначених факторів негативно впливає на економічні результати діяльності автотранспортного підприємства.

У міру старіння автобусів відбуваються зміни не лише кількісних показників роботи підприємства, а й якісних характеристик організації виробничо-експлуатаційних процесів. Зокрема, спостерігається ускладнення номенклатури запасних частин і витратних матеріалів, виникає необхідність виконання додаткових, раніше не характерних для підприємства, видів ремонтних і регламентних робіт. Це, у свою чергу, потребує впровадження нового технологічного обладнання, коригування структури виробничих підрозділів та залучення додаткового або більш кваліфікованого персоналу.

Поряд із погіршенням показників надійності з віком автобусів знижуються й інші експлуатаційні властивості рухомого складу, які безпосередньо не характеризують його технічну справність, проте суттєво впливають на рівень конкурентоспроможності перевізника в умовах ринку. До таких властивостей належать естетичний стан транспортних засобів, рівень комфорту для пасажирів, паливна економічність, екологічні показники та загальна привабливість послуг перевезення.

Раціональне планування процесу оновлення автобусного парку та своєчасна заміна морально і фізично застарілих транспортних засобів на сучасні моделі можливі лише за умови встановлення економічно обґрунтованого ресурсу експлуатації рухомого складу. Визначальним чинником ефективної діяльності

автотранспортного підприємства є ідентифікація моменту, після якого подальша експлуатація автобусів стає менш доцільною з економічної точки зору, ніж їх заміна новими або більш технічно досконалими аналогами.

У більшості сучасних наукових досліджень, присвячених проблемам функціонування міського пасажирського транспорту, домінуюча увага зосереджувалася переважно на економічних чинниках. Такий однобічний підхід зумовив ситуацію, за якої рівень наукового опрацювання технічної складової, стану інфраструктури автобусного транспорту, а також питань організації та технології перевізного процесу не повною мірою узгоджується з динамікою розвитку сучасних економічних відносин і вимогами ринкового середовища.

1.2 Аналіз наявних підходів до оцінювання вікової структури автобусного парку

Початковим етапом дослідження у межах даного підрозділу є системний розгляд сукупності чинників, які формують тривалість експлуатації автобусів міського наземного пасажирського транспорту. На величину строку служби рухомого складу впливають технічні, експлуатаційні, організаційні та економічні умови, що визначають інтенсивність зношування елементів конструкції та швидкість втрати первинних експлуатаційних властивостей.

Під строком служби транспортного засобу доцільно розуміти календарний проміжок часу від моменту введення його в експлуатацію або відновлення працездатності після проведення ремонту встановленого рівня до настання граничного технічного стану. Для об'єктів пасажирського транспорту такий стан ідентифікується за досягненням критичних значень комплексу регламентованих параметрів, перевищенням допустимих меж з точки зору безпеки руху, суттєвим зниженням експлуатаційної ефективності або виникненням об'єктивної потреби у виконанні капітального ремонту.

Завдання підвищення ефективності функціонування міського пасажирського транспорту тісно пов'язані з обґрунтуванням оптимальної політики оновлення автобусного парку. Раціональне управління віковою структурою рухомого складу забезпечує стабільність перевізного процесу та

сприяє розвитку матеріально-технічної бази автотранспортних підприємств.

Темпи оновлення автобусів мають визначатися на основі встановлення економічно доцільних строків експлуатації, які враховують реальні умови використання транспортних засобів, рівень навантаження та специфіку міських маршрутів.

Визначення обґрунтованих термінів служби автобусів із застосуванням перевірених наукових підходів та з урахуванням місцевих експлуатаційних особливостей створює передумови для своєчасної заміни фізично і морально зношеного рухомого складу на сучасні транспортні засоби.

Однією з ключових науково-практичних задач, що постають перед системою міського наземного пасажирського транспорту, є забезпечення високого рівня експлуатаційної надійності рухомого складу за одночасного обмеження витрат на підтримання його працездатності протягом усього життєвого циклу. Це завдання є актуальним як для автобусів, так і для тролейбусів, експлуатація яких здійснюється в умовах інтенсивних навантажень, частих пуско-зупинкових режимів та підвищеного зношування основних агрегатів і систем.

Розв'язання зазначеної проблеми потребує розроблення узагальненої моделі формування експлуатаційних витрат у процесі функціонування міського пасажирського транспорту, яка враховує як витрати на забезпечення технічної справності рухомого складу, так і вимоги щодо підтримання необхідної перевізної спроможності автобусного парку. Така модель має відображати взаємозв'язок між технічним станом транспортних засобів, обсягами виконуваних перевезень та ресурсами, що витрачаються на технічне обслуговування і ремонт.

Встановлення функціональних залежностей між окремими складовими питомих експлуатаційних витрат, які у сукупності формують собівартість міських пасажирських перевезень, дає змогу на основі фактичних даних експлуатації визначити економічно доцільні строки служби об'єктів міського пасажирського транспорту. Застосування такого підходу дозволяє обґрунтовано оцінити момент, після якого подальша експлуатація транспортних засобів втрачає ефективність з економічної та технічної точок зору.

Інформаційною базою для аналізу діяльності технічної служби міського транспортного підприємства слугує система експлуатаційно-облікової документації. Зокрема, дані щодо пробігу та вікової структури рухомого складу містяться у формулярах автобусів, звітах про експлуатацію лінійних транспортних засобів, а також у зведених матеріалах щодо розподілу автобусів за календарним строком служби та сумарним накопиченим пробігом. Відомості про відмови і простої отримують з оперативно-змінних та добових планів роботи зон технічного обслуговування і поточного ремонту, звітів служб технічної допомоги, диспетчерських рапортів, заявок і журналів обліку ремонтних робіт. Дані щодо матеріальних витрат формуються на підставі карток складського обліку та документів на відпуск запасних частин і матеріалів.

За умови виконання регламентованих періодичних ремонтів, під час яких зношені агрегати та деталі замінюються новими або відновленими, фактична тривалість функціонування транспортного засобу може, з технічної точки зору, наближатися до необмеженої. Проте в реальних умовах експлуатації визначальним критерієм є не максимальна можлива довговічність автобуса, а економічна доцільність його подальшого використання, яка формується під впливом витрат на технічне обслуговування, ремонт, споживання ресурсів та рівня експлуатаційної ефективності.

Аналіз специфіки функціонування системи громадського транспорту міста, умов роботи автотранспортного підприємства, а також дослідження кількісних і якісних характеристик автобусного парку в поєднанні з узагальненням наукових публікацій і практичних розробок, присвячених оцінюванню експлуатаційних показників діяльності АТП, створили підґрунтя для формування основних напрямів теоретичних і експериментальних досліджень у межах даної роботи. Отримані результати дозволили визначити ключові параметри, що найбільш суттєво впливають на ефективність експлуатації автобусів у різні періоди їх життєвого циклу.

Для забезпечення можливості прогнозування зміни вікової структури автобусного парку необхідно сформувати систему взаємопов'язаних показників, яка дає змогу об'єктивно оцінювати рівень працездатності рухомого складу. Наявність такої системи показників дозволяє органам місцевого самоврядування

та управлінським структурам транспортних підприємств приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації якісного та кількісного складу парку автобусів у середньостроковій і довгостроковій перспективах.

Подальше використання зазначеного комплексу показників працездатності з урахуванням змодельованої динаміки накопиченого пробігу автобусів створює передумови для розроблення моделі оцінювання витрат палива залежно від вікової структури парку та заданої інтенсивності технічного використання рухомого складу.

У практиці управління рухомим складом міського пасажирського транспорту застосовуються різні підходи до формування вікової структури автобусного парку, які відрізняються періодичністю оновлення та характером розподілу транспортних засобів за віком.

Перший підхід передбачає поетапне та безперервне оновлення парку, яке зазвичай здійснюється на щорічній основі. За такої схеми нові автобуси вводяться в експлуатацію взамін транспортних засобів, що вибувають унаслідок списання, при збереженні сталої облікової чисельності парку. Даний варіант забезпечує відносно рівномірний розподіл автобусів за віковими групами та стабільність експлуатаційних показників у часі.

Другий підхід характеризується формуванням концентрованої вікової структури, за якої автобусний парк комплектується одноразово придбаною партією транспортних засобів. У подальшому ця партія експлуатується до досягнення граничного віку, після чого здійснюється її повна заміна на нову партію аналогічної чисельності. Такий спосіб оновлення має виражений циклічний характер і супроводжується різкими коливаннями вікової структури парку протягом усього життєвого циклу.

Третій підхід ґрунтується на періодичному поповненні автобусного парку окремими партіями однакового оптимального розміру протягом усього строку експлуатації транспортних засобів. Закупівля нових автобусів здійснюється через рівні часові інтервали, які можуть становити половину, третину або іншу частку від прийнятого терміну служби автобуса. Зміна інтервалів між закупівлями визначає ступінь дискретності такої вікової структури. У цьому

контексті одноразове комплектування парку може розглядатися як граничний випадок імпульсного підходу з мінімальною кількістю етапів оновлення.

1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

У технологічному розділі необхідно дослідити вплив тривалості експлуатації автобусів на ефективність функціонування парку рухомого складу автотранспортного підприємства. Слід проаналізувати, як календарний вік і накопичений пробіг транспортних засобів впливають на зміну техніко-експлуатаційних показників, зокрема на рівень працездатності, коефіцієнти технічного використання, безвідмовність та економічність експлуатації.

Потрібно розглянути закономірності зміни показників ефективності функціонування парку рухомого складу залежно від тривалості експлуатації, визначити основні негативні наслідки старіння автобусів та обґрунтувати доцільність оптимізації строків їх використання.

Слід проаналізувати існуючі підходи до оновлення рухомого складу на автотранспортних підприємствах, зокрема нормативні, економічні та ресурсні підходи, а також оцінити їх переваги і недоліки з позицій стабільності перевізного процесу та мінімізації експлуатаційних витрат.

Необхідно сформувати систему показників для оцінювання рівня працездатності автобусів, що включає коефіцієнти готовності, випуску, технічного використання, а також інші узагальнюючі експлуатаційні параметри. Слід обґрунтувати вибір зазначених показників і визначити їх роль у комплексній оцінці технічного стану рухомого складу.

Потрібно встановити функціональні залежності показників працездатності від віку рухомого складу та розробити алгоритм їх оцінювання. Алгоритм має забезпечувати можливість прогнозування зміни експлуатаційних показників у часі та використовуватися для прийняття рішень щодо раціональних строків експлуатації автобусів.

У конструкторському розділі слід виконати аналіз вікової структури автобусного парку та інтенсивності його експлуатації для заданих вибірок.

Необхідно сформувати вікові групи автобусів, визначити їх частки у загальному парку та проаналізувати інтенсивність використання рухомого складу з урахуванням календарного віку та накопичених пробігів.

Потрібно здійснити оцінювання рівня працездатності автобусів для сформованих вікових груп, а також виконати моделювання накопичених пробігів з використанням статистичних і аналітичних методів. Отримані результати мають слугувати основою для подальшого науково-дослідного аналізу.

У науково-дослідному розділі необхідно провести поглиблений аналіз встановлених закономірностей та виконати математичне моделювання процесів експлуатації автобусів.

Слід визначити та обґрунтувати функціональні залежності показників працездатності автобусів від їх віку та накопиченого пробігу, використовуючи результати експериментальних даних і методи регресійного аналізу.

Необхідно виконати моделювання та оцінювання витрати палива залежно від вікової структури автобусного парку, визначити характер її зміни у процесі старіння рухомого складу та оцінити вплив цього чинника на загальні експлуатаційні витрати підприємства.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вплив тривалості експлуатації на показники ефективності функціонування парку рухомого складу

Тривалість експлуатації автомобіля до моменту його виведення з обігу є одним із визначальних чинників, що формують вікову структуру автомобільного парку. Зміна прийнятого строку служби безпосередньо відображається на співвідношенні транспортних засобів різних вікових груп, що, у свою чергу, визначає техніко-економічні результати діяльності автотранспортного підприємства.

Вікова структура парку істотно впливає на сукупність показників ефективності його функціонування та обсяги необхідних ресурсів. Зокрема, зі зростанням середнього віку рухомого складу змінюються собівартість перевезень, рівень коефіцієнта технічної готовності, фактична продуктивність автомобілів, потреба в ремонтно-обслуговуючому персоналі, виробничих площах і матеріально-технічних ресурсах, включаючи запасні частини та експлуатаційні матеріали. Таким чином, вікова структура парку безпосередньо визначає навантаження на інженерно-технічну службу та впливає на загальну ефективність роботи автотранспортного підприємства.

Підвищення результативності транспортного процесу можливе лише за умови системного підходу до планування, прогнозування та оптимізації діяльності служб експлуатації, технічного обслуговування і ремонту. Рациональне управління життєвим циклом автомобілів дозволяє мінімізувати непродуктивні простої, зменшити витрати на підтримання працездатності та забезпечити стабільну якість перевезень.

У процесі експлуатації транспортного засобу, після досягнення ним граничного технічного стану або у разі невідповідності його параметрів чинним нормативним вимогам щодо конструктивної чи екологічної безпеки, автотранспортне підприємство може застосовувати різні стратегії подальших дій. Одним із можливих рішень є списання автомобіля за досягненням критичного значення одного або кількох показників. Альтернативним варіантом

є відновлення працездатності шляхом проведення поточного або капітального ремонту, що дозволяє підвищити знижені значення показників якості, зокрема коефіцієнта технічної готовності, однак супроводжується зростанням експлуатаційних витрат.

Для обґрунтування вибору оптимальної стратегії доцільно проаналізувати динаміку зміни коефіцієнта технічної готовності автомобіля залежно від накопиченого пробігу з моменту введення його в експлуатацію. Узагальнений характер цієї залежності, що відображає різні сценарії технічного стану рухомого складу протягом життєвого циклу, представлений на рисунку 2.1, який ілюструє зміну значень коефіцієнта технічної готовності залежно від пробігу автомобіля.

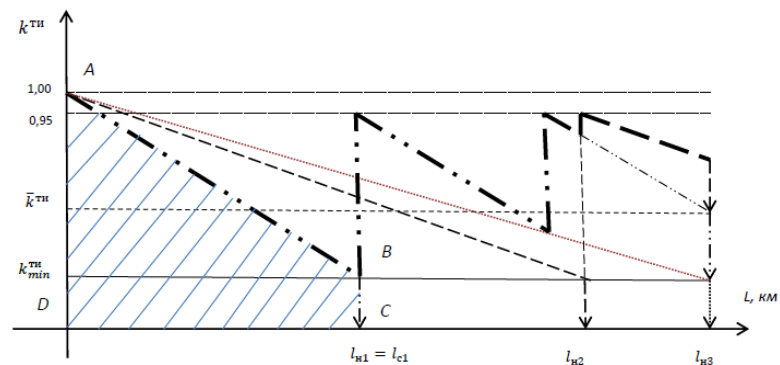


Рис. 2.1. Загальний випадок зміни значень КТВ в залежності від пробігу.

Система управління технічною експлуатацією на автотранспортному підприємстві є одним із ключових елементів, що визначають ефективність перевізного процесу та рівень задоволеності споживачів транспортних послуг. Організаційні рішення у сфері технічного обслуговування і ремонту безпосередньо впливають на стабільність роботи рухомого складу, регулярність виконання рейсів і загальну якість пасажирських перевезень.

Кінцеві показники надійності та безвідмовності автобусів значною мірою формуються під впливом кількості резервних транспортних засобів, оперативності та якості виконання технічного обслуговування і поточного ремонту, а також рівня дотримання експлуатаційної дисципліни. Сукупність зазначених чинників визначає фактичну готовність рухомого складу до виконання перевізних завдань і його здатність забезпечувати задані обсяги перевезень упродовж тривалого періоду часу.

Якість транспортного обслуговування може бути охарактеризована за допомогою кількісних показників, що відображають технічний стан, експлуатаційну ефективність і економічні результати використання автобусів. У зв'язку з цим, перед розв'язанням задачі визначення раціонального терміну служби рухомого складу доцільно здійснити комплексний аналіз динаміки технічних, техніко-експлуатаційних та економічних показників автобусів у процесі їх старіння.

Прогнозування вікової структури автобусного парку є необхідною умовою для оцінювання зміни інтегральних показників якості його функціонування.

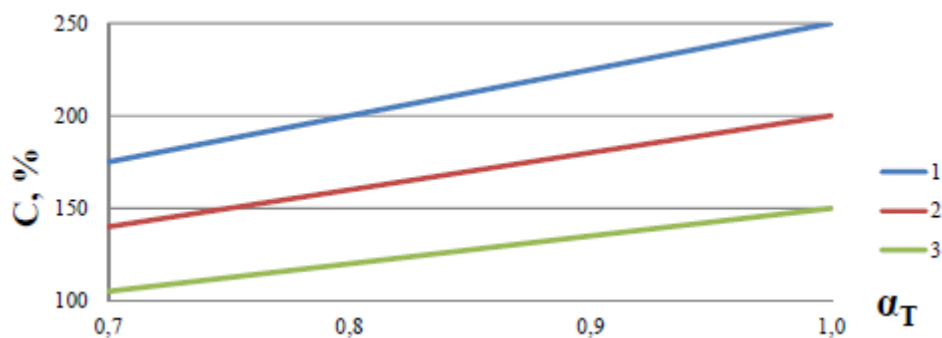


Рис. 2.2. Вплив коефіцієнта технічної готовності і рівня лінійної безвідмовності (1-3) на питомі витрати міських пасажирських перевезень автобусом 1-100%, 2-80%, 3 - 60%.

Підтримання стабільних або прогнозованих техніко-експлуатаційних показників роботи автотранспортного підприємства, зокрема коефіцієнта технічної готовності та рівня випуску рухомого складу на лінію, є значно простішим у разі використання нових автобусів. На початкових етапах експлуатації рухомий склад характеризується високою надійністю, мінімальними витратами на технічне обслуговування і ремонт, незначними простоями та низькою частотою зняття автобусів з лінії через технічні несправності.

У міру збільшення строку служби та накопичення пробігу відбувається поступове погіршення технічного стану автобусів, що проявляється у зниженні коефіцієнта технічної готовності. Це, у свою чергу, зумовлює зростання тривалості простоїв у зонах технічного обслуговування і ремонту, що негативно впливає на ритмічність перевізного процесу. Збільшення часу перебування

автобусів у ремонті спричиняє прямі фінансові втрати, пов'язані зі скороченням кількості рейсів та зменшенням доходів від надання транспортних послуг.

Аналіз експлуатаційних даних свідчить про наявність стійких закономірностей зміни окремих показників якості автобусів зі зростанням їх напрацювання. Зокрема, при досягненні пробігу порядку 350 тис. км спостерігаються такі тенденції.

Показники, значення яких зростають у процесі експлуатації:

питома трудомісткість операцій технічного обслуговування і поточного ремонту;

питомі витрати на запасні частини;

середня вартість комплекту запасних частин на одну заміну;

витрати на запасні частини в розрахунку на одну відмову;

розширення номенклатури використовуваних запасних частин;

кількість запасних частин, що припадає на один автобус;

питомий час простою в процесі ТО і ремонту;

витрати палива.

Показники, значення яких зменшуються зі зростанням напрацювання:

коефіцієнт технічної готовності;

дохід у розрахунку на 1000 км пробігу;

середньодобова виручка від експлуатації автобуса;

середній напрацювання між відмовами та несправностями.

Наведені залежності підтверджують доцільність урахування вікового фактора та напрацювання рухомого складу при оцінюванні ефективності експлуатації автобусного парку та обґрунтуванні раціональних строків служби транспортних засобів.

Для комплексного оцінювання технічного стану автомобіля в процесі його експлуатації доцільно застосовувати сукупність узагальнених критеріїв, які характеризують рівень його працездатності. До таких критеріїв належать, по-перше, здатність транспортного засобу виконувати задану транспортну роботу без виникнення технічних несправностей, що унеможливають або суттєво ускладнюють керування автомобілем водієм. По-друге, відповідність технічного

стану автомобіля чинним вимогам експлуатаційної безпеки, встановленим уповноваженими органами державного регулювання. По-третє, економічна доцільність подальшого використання транспортного засобу за призначенням, яка визначається співвідношенням між витратами на його утримання та досягнутим рівнем експлуатаційної ефективності.

Слід зауважити, що з наведених критеріїв лише порушення нормативних вимог безпеки має чітке юридичне закріплення як підстава для обмеження або заборони експлуатації транспортного засобу. Інші критерії, пов'язані з технічною справністю та економічною ефективністю, застосовуються в практиці технічної експлуатації автомобілів на основі інженерних рішень і досвіду фахівців, з урахуванням раціональних підходів до управління рухомим складом.

У разі невідповідності транспортного засобу хоча б одному із зазначених критеріїв він, як правило, тимчасово виводиться з експлуатації та направляється до виробничих підрозділів автотранспортного підприємства або на спеціалізовані сервісні станції для виконання необхідних ремонтно-відновлювальних робіт. Водночас, незалежно від поточного рівня відповідності наведеним критеріям, рухомий склад підлягає регламентованим технічним впливам у межах системи технічного обслуговування.

У випадках, коли застосування передбачених виробником технологій технічного обслуговування і ремонту не забезпечує відновлення необхідного рівня працездатності з урахуванням зазначених критеріїв, виникає потреба в обґрунтуванні доцільності проведення капітального ремонту або прийнятті рішення щодо списання транспортного засобу. При цьому слід відзначити, що чинна нормативно-правова база автомобільного транспорту не містить чітко визначених критеріїв припинення експлуатації автомобілів у зв'язку з повним виробленням ресурсу, досягненням граничного віку або неможливістю повного відновлення працездатності.

Управління віковою структурою автомобільного парку ґрунтується на реалізації комплексу взаємопов'язаних функцій, спрямованих на забезпечення ефективного використання рухомого складу протягом усього його життєвого циклу.

По-перше, важливою функцією є обґрунтування раціональних строків експлуатації транспортних засобів, які слугують основою для формування амортизаційної політики підприємства. Оптимізація термінів служби автомобілів дозволяє узгодити процес фізичного та морального зношування з фінансовими механізмами відшкодування вартості рухомого складу.

По-друге, управління віковою структурою передбачає планування та координацію процесів вибуття застарілих автомобілів і введення в експлуатацію нових транспортних засобів. Такий підхід забезпечує підтримання раціональних умов функціонування парку в цілому. Зміна прийнятих строків служби безпосередньо впливає на рівень експлуатаційних витрат і обсяги капіталовкладень, структуру витрат на технічне обслуговування і ремонт, потребу в інженерно-технічному персоналі, виробничо-технічній базі, а також у запасних частинах і матеріалах.

По-третє, суттєвою функцією є регулювання співвідношення між транспортними засобами різних вікових груп у межах парку. Оптимізація темпів списання та оновлення рухомого складу має здійснюватися з урахуванням необхідності гарантованого виконання заданого або договірної обсягу транспортної роботи за мінімально можливих сумарних витрат.

Комплексні та одиничні показники ефективності експлуатації рухомого складу доцільно класифікувати за інтенсивністю їх зміни у часі на три узагальнені групи, що відображають різний характер впливу процесів старіння автомобіля.

До першої групи належать показники, для яких характерна відносно повільна динаміка зміни в процесі експлуатації. До них відносяться витрати на експлуатаційні матеріали, коефіцієнт випуску рухомого складу на лінію, а також питомі простої в системі технічного обслуговування і ремонту. Саме ці показники формують базові параметри ефективності експлуатації автомобіля, зокрема рівень технічної готовності та стабільність роботи автотранспортного підприємства.

Друга група об'єднує показники, які характеризуються істотною швидкістю зміни в міру зростання напруження. До цієї групи належать, передусім, показники надійності, а також параметри, що визначають

продуктивність автомобіля. Вони відображають технічний стан основних вузлів і агрегатів транспортного засобу та безпосередньо впливають на його здатність забезпечувати задані обсяги перевезень і відповідати вимогам технічної безпеки.

Третю групу складають показники, динаміка яких призводить до змін, співмірних або навіть таких, що перевищують початкові значення. До них належать питома трудомісткість поточного ремонту, обсяги споживання запасних частин і сумарні витрати на їх придбання. Ця група показників відображає переважно якісні зміни, що супроводжують процес старіння транспортного засобу, зокрема ускладнення конструктивного стану та підвищення вимог до екологічної й конструктивної безпеки в умовах посилення нормативних обмежень.

З огляду на поставлені в роботі завдання, найбільш доцільним як узагальнений показник якості експлуатації автомобіля є використання показника, що базується на коефіцієнті технічної готовності. Це обумовлено тим, що період оцінювання технічної готовності не обов'язково збігається з напрацюванням автомобіля до моменту проведення капітального ремонту, що дозволяє більш гнучко аналізувати стан рухомого складу на різних етапах його життєвого циклу.

Коефіцієнт технічної готовності визначається як відношення математичного сподівання сумарного часу перебування автомобіля у працездатному стані за заданий період експлуатації до математичного сподівання загального часу, який включає як періоди працездатності, так і простої, зумовлені проведенням технічного обслуговування та ремонту протягом того ж періоду.

У процесі тривалої експлуатації рухомого складу спостерігається закономірне зростання трудомісткості ремонтних робіт і сукупних витрат, пов'язаних із підтриманням його працездатного стану. Одночасно з цим відбувається зниження ключових показників результативності використання транспортних засобів, зокрема коефіцієнта технічної готовності, рівня надійності та величини отримуваної виручки від виконання перевезень. На відміну від зазначених показників, витрати палива протягом життєвого циклу

автомобіля, як правило, зазнають незначних змін і мають відносно стабільний характер.

Коригування прийнятих строків служби транспортних засобів істотно впливає на структуру експлуатаційних витрат і обсяги капіталовкладень автотранспортного підприємства. Зокрема, скорочення нормативних термінів експлуатації сприяє зменшенню витрат на технічне обслуговування і ремонт, знижує потребу в інженерно-технічному персоналі та виробничо-технічній базі для виконання ремонтних робіт, а також обмежує обсяги і номенклатуру запасних частин. Разом із тим, реалізація такої стратегії супроводжується зростанням потреби у постачанні нових автомобілів, що, відповідно, призводить до збільшення витрат на їх придбання.

2.2 Підходи до оновлення рухомого складу на автотранспортному підприємстві

Тривалість корисної експлуатації автобусів, що перебувають у складі рухомого складу автотранспортного підприємства, може визначатися за різними критеріями, зокрема за величиною накопиченого пробігу або за календарним строком з моменту введення транспортного засобу в експлуатацію. Вибір конкретного підходу залежить від особливостей організації перевізного процесу, інтенсивності використання автобусів, а також від прийнятої системи технічного обліку та амортизації.

Контроль технічного стану та економічної доцільності подальшої експлуатації кожного лінійного автобуса здійснюється профільними технічними й економічними підрозділами підприємства. На основі результатів такого контролю, у виняткових випадках, можуть прийматися управлінські рішення щодо дострокового виведення окремих транспортних засобів з експлуатації або, навпаки, щодо продовження строку їх використання. Подібні рішення повинні супроводжуватися обґрунтованим техніко-економічним аналізом, який підтверджує доцільність обраного варіанту з урахуванням витрат, надійності та впливу на ефективність перевезень.

У практиці діяльності автотранспортних підприємств строк корисного використання автобусів зазвичай встановлюється в календарному вимірі та коливається у межах від 5 до 15 років. Конкретне значення визначається типом і класом автобуса, умовами його експлуатації, а також нормами амортизаційних відрахувань, прийнятими на підприємстві.

Рекомендовані строки експлуатації лінійних автобусів різних класів, що застосовуються при плануванні оновлення автобусного парку, наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Рекомендовані терміни служби автобусів різних класів.

Клас автобуса	Рекомендований термін служби, років
Автобуси особливо малі і малі довжиною до 7.5м включно	5...7
Автобуси середні і великі довжиною до 12м	7...10
Автобуси довжиною більше 16,5 до 24м	10...15

Техніко-економічний підхід до визначення ресурсу транспортного засобу, схема реалізації якого подана на рисунку 2.3, широко використовується також для обґрунтування раціонального строку експлуатації автобусів. Сутність цього підходу полягає у систематичному аналізі динаміки економічних показників роботи конкретного транспортного засобу протягом його життєвого циклу. На основі отриманих даних оцінюється доцільність подальшої експлуатації автобуса або приймається рішення щодо його виведення з парку.

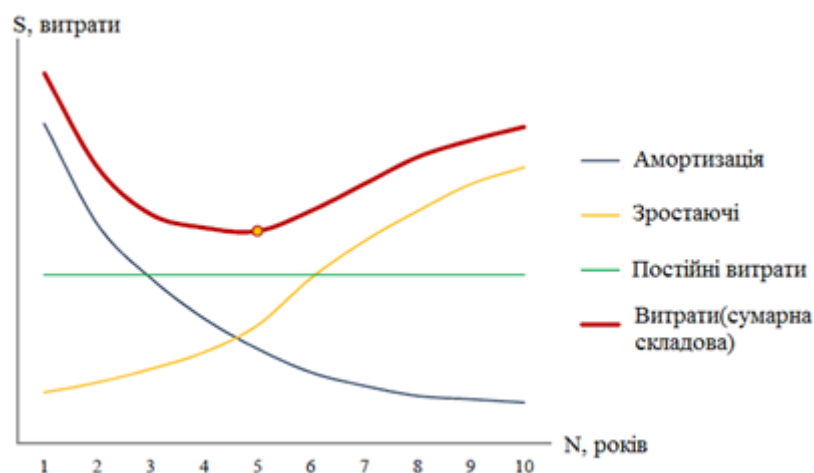


Рис. 2.3. Графічне представлення техніко-економічного методу.

Обґрунтування раціонального строку використання транспортного засобу базується на аналізі структури витрат, що виникають у процесі його експлуатації. З позицій техніко-економічного підходу всі експлуатаційні витрати доцільно групувати за характером їх зміни протягом життєвого циклу автомобіля.

До першої групи належать питомі витрати, величина яких має тенденцію до зростання зі збільшенням строку служби транспортного засобу. Це, як правило, витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням, поточним ремонтом, заміною зношених елементів та усуненням відмов, інтенсивність яких підвищується в міру старіння автомобіля.

Друга група включає питомі експлуатаційні витрати, що залишаються відносно стабільними протягом усього періоду використання транспортного засобу. До таких витрат зазвичай відносять окремі складові, слабо залежні від віку автомобіля та визначені переважно умовами експлуатації і режимами роботи.

Третю групу становлять питомі накопичені витрати, пов'язані з відшкодуванням вартості транспортного засобу, насамперед амортизаційні відрахування. Ці витрати формуються протягом усього строку експлуатації та мають довгостроковий характер.

Сукупність зазначених складових утворює загальні сумарні витрати, які використовуються для оцінювання економічної доцільності подальшого використання транспортного засобу. Водночас слід відзначити, що в межах такого підходу не повною мірою враховується зміна технічних і експлуатаційних характеристик автомобіля, зокрема показників надійності та працездатності.

При формуванні системи технічного обслуговування і ремонту рухомого складу за основу, як правило, приймаються не календарні строки служби автобусів, а показники надійності їх функціонування. Фактично ці показники відображають рівень витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт, що дозволяє більш гнучко реагувати на зміну технічного стану транспортних засобів у процесі експлуатації. Окрім цього, суттєвий вплив на вибір стратегії оновлення рухомого складу мають ринкові ціни на нові транспортні засоби, які визначають економічну доцільність заміни застарілих автобусів.

2.3 Формування показників для оцінювання рівня працездатності автобусів

Для обґрунтування раціональних строків експлуатації автобусів доцільно застосувати системний підхід до аналізу взаємозв'язків між технічними, експлуатаційними та економічними параметрами функціонування рухомого складу. У межах даного дослідження розглядаються два методологічні підходи до встановлення залежностей, необхідних для побудови математичної моделі, яка описує критерії оцінювання та шукану результуючу функцію. Основною метою створення такої моделі є визначення оптимальних термінів експлуатації автобусів з урахуванням впливу сукупності вхідних факторів.

Зазначені фактори формуються під дією вікової структури автобусного парку, прийнятої стратегії її підтримання, інтенсивності використання рухомого складу, а також особливостей експлуатаційної політики автотранспортного підприємства. Взаємодія цих чинників зумовлює зміну рівня працездатності автобусів у часі та визначає ефективність їх подальшого використання.

На початковому етапі дослідження основна увага зосереджується на аналізі фактичної структури досліджуваної системи та параметрів її функціонування. Такий підхід передбачає вивчення наявного стану автобусного парку, характеристик його вікового складу, а також динаміки ключових показників працездатності. Узагальнена схема реалізації зазначеного етапу дослідження та послідовність виконання аналітичних процедур наведені на рисунку 2.4.

З урахуванням вікової структури автобусів у виділених групах i та відповідних значень накопиченого пробігу, які через коефіцієнти технічного використання відображають рівень працездатності рухомого складу, формуються передумови для систематизованого збирання, аналізу та статистичної обробки експлуатаційної інформації. Це, у свою чергу, дозволяє встановити узагальнені закономірності зміни параметрів стану автобусів у часі.

Опис зазначених закономірностей здійснюється із застосуванням апарату диференціальних та інтегральних функцій розподілу, які характеризують вікову

структуру і накопичені пробіги транспортних засобів для кожної i -ї групи автобусів, сформованої з початкової сукупності обсягом n_{Σ} .

$$f(t_{ij}) = \frac{1}{\sigma(t_{ij})\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_{ij}-t_i)^2}{2\sigma^2(t_{ij})}}, \quad (2.1)$$

$$F(t_{ij}) = \frac{1}{\sigma(t_{ij})\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(t_{ij}-t_i)^2}{2\sigma^2(t_{ij})}} dt_{ij}, \quad (2.2)$$

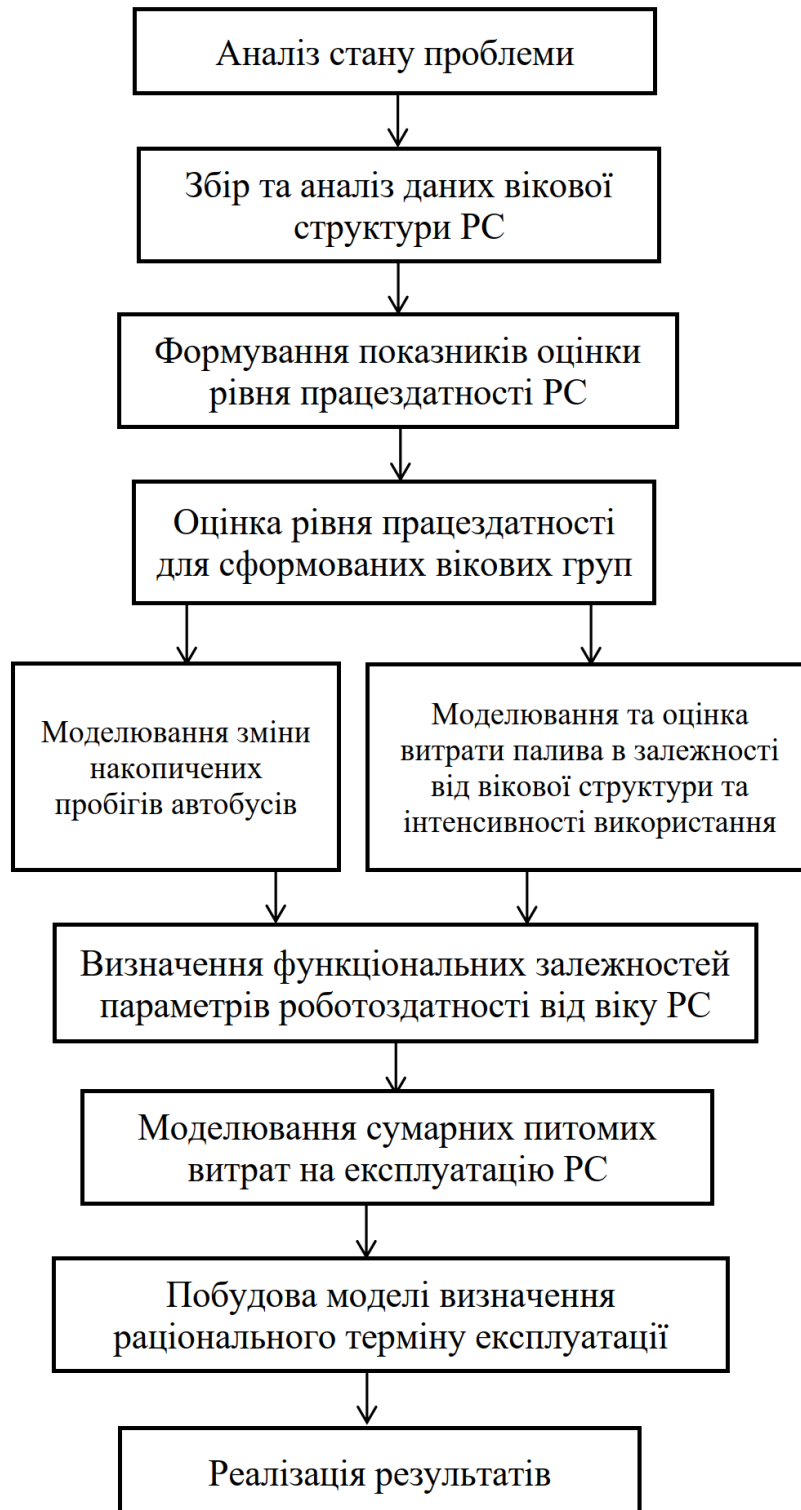


Рис. 2.4. Загальна схема проведення дослідження.

функцій щільності та кумулятивних функцій розподілу сумарного напруцювання автобусів i -ї групи:

$$f(L_{\Sigma ij}) = \frac{1}{\sigma(L_{\Sigma ij})\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(L_{\Sigma ij} - L_{\Sigma j})^2}{2\sigma^2(L_{\Sigma j})}}, \quad (2.3)$$

$$F(L_{\Sigma ij}) = \frac{1}{\sigma(L_{\Sigma ij})\sqrt{2\pi}} \int_0^\infty e^{-\frac{(L_{\Sigma ij} - L_{\Sigma j})^2}{2\sigma^2(L_{\Sigma j})}} dL_{\Sigma ij}, \quad (2.4)$$

При цьому верхні (в) та нижні (н) довірчі й толерантні межі визначаються з урахуванням статистичних закономірностей розподілу досліджуваних показників і використовуються для кількісної оцінки стабільності та надійності отриманих результатів:

$$t_{im}^{6H} = t_i \pm Z_y \sigma(t_i), \quad (2.5)$$

У наведених математичних залежностях індекс i відповідає номеру аналізованої вікової групи автобусів, тоді як $—$ це нормована випадкова величина, значення якої визначається заданим рівнем імовірності γ . За аналогічною методикою встановлюються верхні (в) і нижні (н) довірчі, а також толерантні межі для величин накопиченого пробігу рухомого складу.

Довірчі границі (ДГ) накопиченого пробігу характеризують інтервал значень, у межах якого з наперед заданою імовірністю знаходиться істинне середнє значення досліджуваного показника для відповідної вікової групи автобусів

$$L_{\Sigma id}^{6H} = L_{\Sigma i} \pm Z_y \frac{\sigma(L_{\Sigma i})}{\sqrt{n_i}}, \quad (2.6)$$

Толерантні границі (ТГ) для накопиченого пробігу:

$$L_{\Sigma im}^{6H} = L_{\Sigma i} \pm Z_y \sigma(L_{\Sigma i}), \quad (2.6)$$

У випадках, коли для аналізованих вікових груп автобусів характерні підвищені значення коефіцієнта варіації накопиченого пробігу, доцільним є застосування спеціалізованих статистичних моделей. Зокрема, для побудови та подальшого дослідження диференціальних і інтегральних функцій розподілу таких пробігів використовують розподіл Вейбулла, який дає змогу адекватно описати асиметричні вибірки та врахувати неоднорідність експлуатаційних умов

рухомого складу. Застосування цього розподілу забезпечує підвищення точності статистичного аналізу та достовірність інтерпретації отриманих результатів:

$$F(L_{\Sigma i}) = 1 - e^{-\frac{L_{\Sigma i}^a}{\beta}}, \quad (2.7)$$

$$f(L_{\Sigma i}) = \frac{a}{\beta} \cdot L_{\Sigma i}^{a-1} \cdot e^{-\frac{L_{\Sigma i}^a}{\beta}}, \quad (2.8)$$

У виразах (2.7) і (2.8) α є параметром форми розподілу, що визначаються з виразу:

$$a = 1.042 \cdot v(L_{\Sigma i})^{-1.0473}, \quad (2.9)$$

або з таблиць, як функція від варіації.

$$a = \varphi[Var(L_{\Sigma i})] \quad (2.10)$$

У виразах (2.9), (2.10) β є наведене значення середнього накопиченого пробігу автобусів.

$$\beta = \left(\frac{L_{\Sigma i}}{\beta_a}\right)^a, \quad (2.11)$$

$$\beta_a = \Gamma\left(\frac{1}{a} + 1\right). \quad (2.12)$$

Для випадку сумарних накопичених пробігів, статистичний розподіл яких адекватно описується законом Вейбулла, характерним є перевищення коефіцієнта варіації значення $V(L_{\Sigma i}) > 0,4$, що свідчить про значну неоднорідність експлуатаційних умов рухомого складу:

$$L_{\Sigma i}^s = [-\beta \cdot \ln(1 - \gamma)]^{1/a}, \quad (2.13)$$

$$L_{\Sigma i}^n = [-\beta \cdot \ln \gamma]^{1/a}, \quad (2.14)$$

Під час оцінювання працездатності автобусів, їх фактичного технічного стану, а також результативності функціонування технічної служби автотранспортного підприємства, застосування комплексного підходу дає змогу об'єктивно відобразити рівень надійності рухомого складу та ефективність організації процесів технічного обслуговування і ремонту:

1. Коефіцієнт готовності:

$$a_{mz} = \frac{n_{\Sigma} - n_{moip}}{n_{\Sigma}}, \quad (2.15)$$

2. Коефіцієнт випуску:

$$a_{вин} = \frac{n_{вин}}{n_{\Sigma}} \quad (2.16)$$

3. Коефіцієнт технічного використання:

$$a_{mв} = \frac{n_{\Sigma} - (n_{нв} + n_{сл})}{n_{\Sigma}}, \quad (2.17)$$

4. Коефіцієнт випуску також може бути представлений у вигляді:

$$a_{вин} = a_{mз} (1 - a_{н}), \quad (2.18)$$

Коефіцієнт неробочих днів, то його значення може бути визначено з виразу виду:

$$a_{н} = 1 - \frac{a_{вин}}{a_{mз}}, \quad (2.19)$$

У такому випадку середні характеристики по парку в цілому можуть бути представлені у вигляді відповідних зважених залежностей, що відображають структуру вікового складу рухомого складу та інтенсивність його експлуатації, і, відповідно, можуть бути записані у вигляді таких виразів:

$$a_{вин} = \frac{\sum_{i=1}^n a_{винi} \cdot P_{винi}}{n}, \quad (2.20)$$

$$a_{mз} = \frac{\sum_{i=1}^n a_{mзи} \cdot P_{mзи}}{n}, \quad (2.21)$$

У формулах (2.20) та (2.21) величини і інтерпретуються як частотні показники реалізації подій, що відображають відповідно випуск автобусів на лінію ($a_{вин}$) та рівень їх технічного використання ($a_{mз}$) у межах кожної з аналізованих вікових груп i . Значення зазначених частот визначаються на основі статистичних даних експлуатації та обчислюються за відповідними аналітичними залежностями, наведеними нижче:

$$P_{вин} = \frac{n_{винi}}{n_{\Sigma}}, \quad (2.22)$$

$$P_{mз} = \frac{n_{mзи}}{n_{\Sigma}}, \quad (2.23)$$

Динаміка накопиченого пробігу автобусів у процесі експлуатації зі зростанням строку їх використання, тобто залежно від зміни віку рухомого складу, характеризується закономірною тенденцією зростання і може бути формалізована у вигляді відповідної аналітичної залежності, що описує взаємозв'язок між віковими параметрами автобусів та величиною їх сумарного пробігу:

$$L_{\Sigma}(t_i) = \frac{L_n}{\beta} [1 - a_{mz}(t_i)], \quad (2.24)$$

Пробіг нового автобуса L_n для заданих L_p і обчислених параметрах $a_{\min}$ і β може бути визначений з виразу виду:

$$L_n = \frac{L_p \beta}{1 - a_{mz}^{\min}}, \quad (2.25)$$

Параметр, що характеризує інтенсивність зміни накопиченого пробігу β , може бути визначений:

$$\beta = -\frac{\ln a_{mz}^{\min}}{t_p}, \quad (2.26)$$

Виконаний аналіз вікового складу автобусного парку з урахуванням строків надходження рухомого складу до автотранспортного підприємства та особливостей його подальшої експлуатації слугував підґрунтям для формування вихідної вибірки вікової структури автобусів, призначеної для проведення експериментальних досліджень. Зазначені дослідження охоплювали оцінювання інтенсивності використання автобусів, рівня їх технічної готовності, паливних витрат на маршрутах, а також витрат, пов'язаних із підтриманням належного рівня працездатності рухомого складу.

Результати аналізу обумовили доцільність виокремлення семи базових вікових груп автобусів, що відрізняються між собою часом введення в експлуатацію та відповідними частотними характеристиками їх використання, а саме:

$$P_1 = \frac{n_i}{n_{\Sigma}}, \quad (2.27)$$

У ході виконання досліджень було сформульовано та прийнято гіпотезу про статистичну неоднорідність паливних витрат автобусів, що експлуатуються в межах n різних вікових груп.

$$n_{\Sigma} = n_1 + n_2 \dots + n_i \quad (2.28)$$

Середньоквадратичне відхилення показника витрати палива, з урахуванням частотної участі окремих вікових груп автобусів у загальній сукупності, визначається на основі зваженого підходу:

$$\sigma(Q) = \sqrt{\sum (P_i \cdot (\sigma_i(Q))^2 + (Q - Q_i)^2) + \dots \sum (P_i \cdot (\sigma_i(Q))^2 + (Q - Q_i)^2)} \quad (2.30)$$

2.4 Визначення функціональних залежностей показників працездатності від віку рухомого складу та формування алгоритму оцінювання

Під час формування цільової функції як узагальнений показник обсягу виконаної роботи автобусами за період експлуатації, як окремої одиниці, так і автобусного парку в цілому, було прийнято накопичений сумарний пробіг. Такий вибір зумовлений тим, що величина транспортної роботи, виражена як у пасажиро-кілометрах, так і в кілометрах пробігу, не визначається безпосередньо віком списання автобуса, який підлягає оптимізації. Водночас основні техніко-економічні показники експлуатації автобусів перебувають у тісному функціональному зв'язку саме з величиною накопиченого пробігу.

Слід зазначити, що показники пробігу та транспортної роботи взаємопов'язані між собою через коефіцієнт пропорційності, який у межах стабільної маршрутної мережі, дотримання регулярності руху та виконання встановлених органами місцевого самоврядування завдань із перевезення пасажирів може вважатися сталим. Це дозволяє використовувати накопичений пробіг як базову змінну при моделюванні процесів експлуатації та старіння рухомого складу.

У якості цільової функції прийнято питомі витрати на одиницю пробігу, які визначаються як відношення сукупних повних витрат, накопичених за аналізований період експлуатації, до обсягу виконаної роботи. Зазначені витрати

є функцією граничного строку служби автобусів, кількості виділених вікових груп, а також прийнятої стратегії використання та оновлення рухомого складу.

Оптимальним вважається таке поєднання варіативних параметрів моделі, за якого значення цільової функції набуває мінімального значення, що відповідає економічно доцільному режиму експлуатації автобусів і забезпечує раціональний баланс між витратами та рівнем їх працездатності.

$$\sum C_{is}(T_p, n) + C_a(T_p, n) \rightarrow \min, \quad (2.31)$$

$$C_{is}(T_p, n) = \frac{\int_0^{T_p} C_i(L_s(t, T_p, n)) \cdot R(L_s(t, T_p, n)) \cdot Au_0(T_p, n) dt}{W(T_p, n)}, \quad (2.32)$$

$$C_{ca}(T_p, n) = \frac{C_s \cdot Au_0(T_p, n) \cdot (1 + \delta / 100)^{(T_p / n - 1)}}{W(T_p, n)}, \quad (2.33)$$

Для виконання розрахункових процедур відповідні функціональні залежності формуються на основі узагальнення та статистичної обробки експлуатаційних даних. Використання емпіричної інформації дозволяє адекватно відобразити реальні умови роботи рухомого складу та забезпечити достовірність отриманих результатів.

Накопичений пробіг автобуса до моменту часу t за умови досягнення ним граничного строку експлуатації може бути поданий у вигляді відповідної аналітичної залежності:

$$L_s(t, T_p, n) = \int_0^t l_s(x, T_p, n) dx, \quad (2.34)$$

де l_s - функція умовного річного пробігу, залежна від часу експлуатації та від граничного терміну експлуатації автобуса: $l_s(x, T_p, n) = l_{\max}(L_s(x, T_p, n)) \cdot \beta(L_s, n)$:

$$l_s(L(x, T_p, n)) = \frac{Q(T_p, C_1) \cdot T_p + n \cdot (Q(T_p \cdot n^{-1}, C_1) - Q(T_p, C_1)) \cdot x}{T_p \cdot R(L(x))}, \quad (2.35)$$

$$\text{де } Q(T_p, C_1) = U_s(U_I^{(-1)}(t + C_1), n) \cdot R(U_I^{(-1)}(t + C_1))$$

$$U_s(L, n) = l_{mx}(0) \cdot \frac{a_t(L)}{a_t(0)} \cdot \beta(L, n),$$

Чисельність автобусів, що підлягають придбанню для формування або поповнення відповідної вікової групи, визначається на основі прийнятої структури автобусного парку, заданого обсягу транспортної роботи та обраної

стратегії оновлення рухомого складу і може бути подана у вигляді наступної розрахункової залежності:

$$Au_0(T_p, n) = \frac{W}{l_{mx}(0) \cdot \sum R(L_i) \cdot \frac{a_i(L_i)}{a_i(0)} \cdot \beta(L_i, n)} , \quad (2.36)$$

Обсяг виконуваної роботи автобусним парком визначається як інтегральний показник інтенсивності його експлуатації та характеризує сумарний результат транспортної діяльності за розрахунковий період. Зазначений показник формується з урахуванням кількості задіяних автобусів, тривалості їх роботи на маршрутах, а також фактичних умов перевезення пасажирів і може бути представлений у вигляді відповідної аналітичної залежності:

$$W(T_p, n) = \frac{W}{l_{mx}(0) \cdot \sum R(L_i) \cdot \frac{a_i(L_i)}{a_i(0)}} \cdot \int_0^{L(T_p)} R(L) dL , \quad (2.37)$$

$$\text{де } L_i = \frac{T_p \cdot i}{n}$$

Блок-схему алгоритму виконання розрахунків наведено на рисунку 2.5. Функціональне призначення та послідовність дій окремих елементів алгоритму полягають у такому.

1. На початковому етапі здійснюється введення вихідних даних, сформованих за результатами оброблення та узагальнення статистичних матеріалів з експлуатації автобусів.

2. Далі реалізується побудова розрахункових модулів для визначення окремих функціональних залежностей ($R[L]$, $[L]$, $\beta[L]$, $I[L]$), які характеризують процеси експлуатації та старіння рухомого складу.

3. На наступному кроці виконуються розрахунки, спрямовані на формування залежності максимального накопиченого пробігу автобуса та початкового річного пробігу від граничного строку його експлуатації.

4. Після цього визначається взаємозв'язок середньорічного та накопиченого пробігу з календарним віком автобуса для різних значень граничного строку експлуатації.

5. На основі отриманих залежностей здійснюється розрахунок питомих витрат на паливо, паливно-мастильні матеріали, технічне обслуговування і поточний ремонт, а також амортизаційні відрахування. Розрахунки проводяться як для одного автобуса, що відпрацював повний граничний строк експлуатації, так і для всієї закупленої та введеної в експлуатацію підгрупи автобусів, з урахуванням необхідної кількості рухомого складу для одноразової закупівлі, віднесеної до одиниці виконаної транспортної роботи.

6. Далі формується узагальнена функція сумарних питомих витрат, пов'язаних з експлуатацією та підтриманням працездатності автобусів, як функція граничного строку експлуатації.

7. На підставі аналізу отриманої функції визначаються оптимальне розрахункове значення та раціональні межі граничного строку експлуатації автобуса, а також відповідне мінімальне значення сумарних питомих витрат.

8. Наступним етапом задається кількість вікових груп n , що використовуються для моделювання структури автобусного парку.

9. Для заданого числа вікових груп виконується розрахунок та побудова залежностей накопиченого сумарного пробігу і річного пробігу від календарного строку експлуатації та граничного строку експлуатації за умови рівномірного розподілу вікових груп у часі.

10. Далі визначаються функції зміни окремих складових питомих витрат, а також необхідної початкової кількості автобусів як в одній віковій групі, так і в сукупності всіх груп протягом усього граничного строку експлуатації, залежно від числа вікових груп та значення.

11. На цій основі будується функція сумарних питомих витрат на експлуатацію і підтримання працездатності автобусів як функція кількості вікових груп та граничного строку експлуатації.

12. За результатами аналізу визначаються оптимальні та допустимі значення граничного строку експлуатації автобуса і відповідні значення сумарних питомих витрат з урахуванням структури вікових груп.

13. Завершальним етапом є формування та виведення основних і допоміжних результатів розрахунків, що характеризують режими експлуатації

автобусного парку залежно від кількості вікових груп (або інтервалу між ними за рівномірного вікового розподілу) та граничного строку експлуатації.

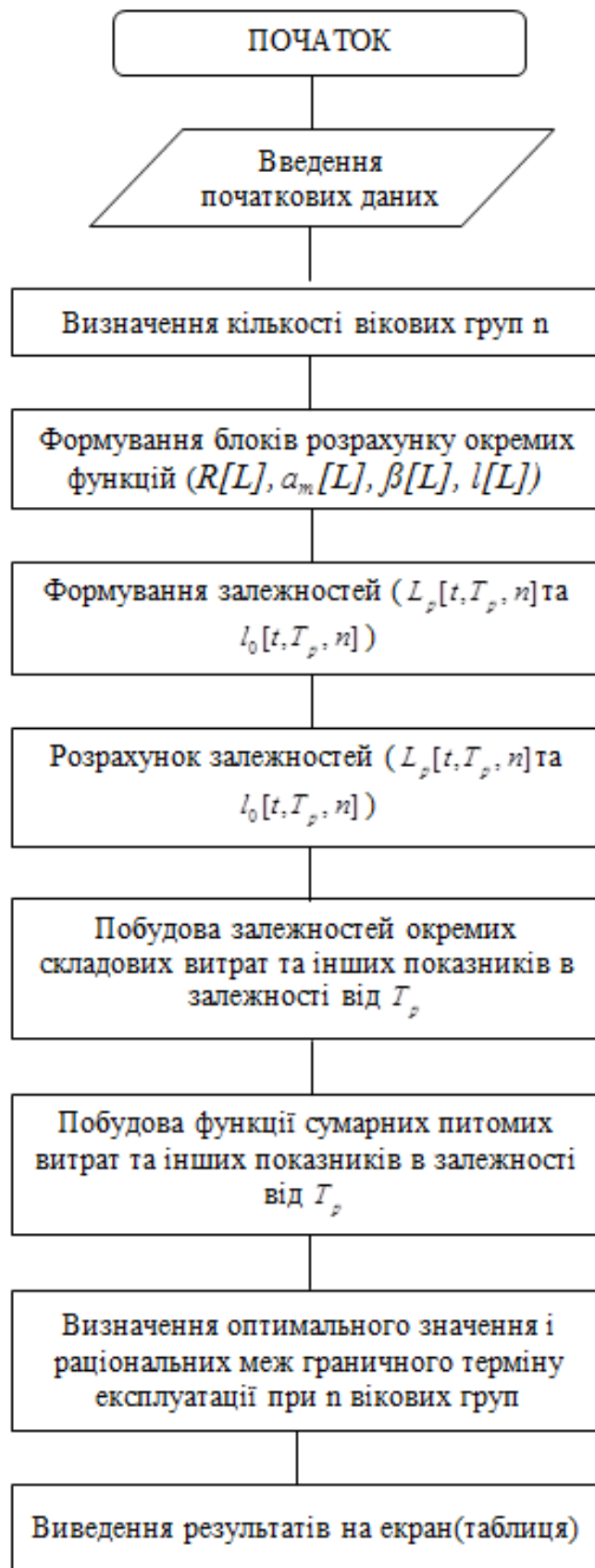


Рис.2.5. Алгоритм програми.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вікова структура автобусного парку та інтенсивність його експлуатації для заданих вибірок

У межах виконання експериментальних досліджень, спрямованих на розв’язання поставлених науково-практичних завдань, було здійснено збір, статистичне опрацювання та аналіз експлуатаційних даних, що характеризують інтенсивність використання автобусів приватного підприємства «АТП Кривешко». Аналіз проводився з урахуванням вікової структури рухомого складу, а також змін величин накопиченого пробігу, які безпосередньо впливають на рівень працездатності автобусів і можуть бути кількісно оцінені через показники технічного використання.

Інформаційною базою дослідження слугували статистичні дані вибірки обсягом 66 одиниць рухомого складу, що відповідають фактичній віковій структурі автобусного парку підприємства «АТП Кривешко» та були прийняті як вихідна сукупність для подальших розрахків і моделювання. Такий підхід забезпечив репрезентативність вибірки та достовірність отриманих результатів.

Для аналізу вікової структури та розподілу накопичених пробігів автобуси було згруповано за роками введення в експлуатацію з формуванням семи вікових груп автотранспортних засобів, а саме:

перша вікова група АТЗ (автобуси, введені в експлуатацію у 2008–2010 роках) – 7 одиниць;

друга вікова група АТЗ (поставки 2011 року) – 8 одиниць;

третья вікова група АТЗ (поставки 2012 року) – 8 одиниць;

четверта вікова група АТЗ (поставки 2013 року) – 5 одиниць;

п’ята вікова група АТЗ (поставки 2014 року) – 16 одиниць;

шоста вікова група АТЗ (поставки 2015 року) – 14 одиниць;

сьома вікова група АТЗ (поставки 2016–2017 років) – 8 одиниць.

Загальна кількість автобусів, охоплених аналізом у межах семи сформованих вибірок, становить 66 одиниць, що дозволяє комплексно оцінити

вплив віку та інтенсивності експлуатації на технічний стан і ефективність використання рухомого складу.

$$n_{\Sigma} = 6600.$$

Відносні частки (частоти) вікових груп автобусів у сформованих вибірках визначено на основі співвідношення кількості автобусів кожної вікової групи до загальної чисельності рухомого складу, що був охоплений дослідженням. Отримані значення відображають фактичну структуру автобусного парку та дозволяють кількісно оцінити внесок кожної вікової групи у загальні показники експлуатації.

Результати розрахунку часток вікових груп автобусів для заданих вибірок наведено в таблиці 3.1, яка слугує вихідною інформаційною базою для подальшого аналізу інтенсивності експлуатації, накопичених пробігів та оцінювання рівня технічного використання рухомого складу.

Таблиця 3.1. Частки вікових груп автобусів у заданих вибірках.

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
0.10	0.12	0.12	0.07	0.24	0.21	0.12

Результати розрахунку середнього віку автобусів для кожної з n вікових груп наведено в таблиці 3.2, що дозволяє наочно простежити закономірності зміни експлуатаційних показників залежно від календарного віку рухомого складу.

Таблиця 3.2. Середній вік автобусів у n вікових групах.

$t_{\Sigma 1}$	$t_{\Sigma 2}$	$t_{\Sigma 3}$	$t_{\Sigma 4}$	$t_{\Sigma 5}$	$t_{\Sigma 6}$	$t_{\Sigma 7}$
11	9	8	7	6	5	3.5

З урахуванням установлених частотних характеристик вікових груп середній календарний вік автобусів та відповідне середньоквадратичне відхилення $\sigma(t_{\Sigma})$ для двох аналізованих вікових груп, виражені у роках, визначаються на основі зваженого статистичного підходу. Зазначені показники розраховуються за аналітичними залежностями, що враховують внесок кожної вікової групи у загальну структуру автобусного парку, і можуть бути подані у вигляді наступних виразів:

$$t_{\Sigma} = \frac{t_{\Sigma 1} \cdot P_1 + \dots + t_{\Sigma i} \cdot P_i}{P_1 + \dots + P_i}, \quad (3.1)$$

$$\sigma(t_{\Sigma}) = \sqrt{P_1 \cdot (\sigma^2(t_{\Sigma 1}) + (t_{\Sigma} + t_{\Sigma 2})^2) + \dots + P_i \cdot (\sigma^2(t_{\Sigma i}) + (t_{\Sigma} + t_{\Sigma i})^2)}, \quad (3.2)$$

Застосування зважених оцінок середнього календарного віку автобусів та відповідного середньоквадратичного відхилення, отриманих з урахуванням частотної представленості окремих вікових груп, дає змогу визначити узагальнені статистичні характеристики вікового складу автобусного парку. На цій основі обчислюються середній вік автобусів та його середньоквадратичне відхилення для всієї сукупності, що включає сім вікових груп, за відповідними аналітичними залежностями:

$$t_{\Sigma} = 6.67, \sigma(t_{\Sigma}) = 2.83$$

Верхні та нижні довірчі, а також толерантні межі вікового складу автобусів, виражені у роках, для сукупності семи розглянутих вікових груп визначаються з урахуванням заданого рівня ймовірності $\gamma = 0,9$. Зазначені інтервальні оцінки дозволяють кількісно охарактеризувати варіацію календарного віку автобусів у межах вибірки та встановити межі, в яких з наперед заданою надійністю знаходяться середні та допустимі значення вікових параметрів рухомого складу.

Таким чином, для заданого рівня ймовірності $\gamma = 0,9$ нижні та верхні довірчі межі (t_{io}^n, t_{io}^e) , а також толерантні межі (t_{im}^n, t_{im}^e) вікового складу автобусів для семи вікових груп можуть бути визначені за відповідними статистичними залежностями і подані у вигляді наступних виразів:

$$t_{io}^e = 6.67 + 1.28 \frac{2.83}{\sqrt{66}} = 7.11.$$

$$t_{io}^n = 6.67 - 1.28 \frac{2.83}{\sqrt{66}} = 6.22.$$

$$t_{im}^n = 6.67 + 1.28 \cdot 2.83 = 10.29.$$

$$t_{im}^e = 6.67 - 1.28 \cdot 2.83 = 3.04.$$

У результаті виконаних статистичних розрахунків довірчі та толерантні межі календарного віку автобусів для сукупності семи вікових груп, виражені у роках, набувають конкретних числових значень. Зазначені інтервальні оцінки відображають допустимий діапазон варіації віку рухомого складу та використовуються для кількісної оцінки стабільності вікової структури автобусного парку.

Отримані верхні (в) і нижні (н) довірчі межі, а також відповідні толерантні межі для семи вікових груп автобусів наведено в таблиці 3.3, яка узагальнює результати розрахунків та слугує підґрунтям для подальшого аналізу впливу віку на експлуатаційні та техніко-економічні показники.

Таблиця 3.3. Довірчі та толерантні межі для семи вікових груп автобусів.

№	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_5	t_7
t	11	9	8	7	6	5	3.5
P	0.1	0.12	0.12	0.07	0.24	0.21	0.12
t_{io}^e	11.0483	9.0543	8.054	7.0400	6.0768	5.0718	3.5543
t_{io}^H	10.9516	8.9456	7.945	6.9599	5.9232	4.9281	3.4456
t_m^e	11.128	9.1536	8.1536	7.0896	6.3072	5.2688	3.6536
t_m^H	10.872	8.8464	7.8464	6.9104	5.6928	4.7312	3.3464

Таблиця 3.4. Оцінка інтенсивності експлуатації автобусів.

Показник	Група						
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_5	t_7
t, роки	11	9	8	7	6	5	3.5
$L_i^{\min}$ тис.км	192.442	331.37	198.900	250.613	206.672	123.64	86.65
$L_i^{\max}$ тис.км	444.614	496.66	440.107	358.248	340.508	301.78	150.74
$v(t)$ тис.км	352.646	420.68	335.559	308.888	280.504	261.15	115.58
$\sigma(L_i)$	91.7	48.5	85.71	34.3	38.8	49.8	22.5
$v(L_i)$	0.2600	0.1152	0.2554	0.1110	0.1383	0.190	0.19

Як ілюстративний приклад розглянемо першу вікову групу автобусів. Для цієї групи середній календарний вік рухомого складу становить 11 років, при цьому значення середньоквадратичного відхилення віку дорівнює $\sigma(t) = 2,83$ року.

Аналіз експлуатаційних даних показав, що накопичений пробіг автобусів цієї вікової групи змінюється в широкому діапазоні – від мінімального значення

192 тис. км до максимального 444 тис. км. Середній накопичений пробіг для даної групи становить $v(t) = 352$ тис. км.

Розсіювання значень накопиченого пробігу характеризується середньоквадратичним відхиленням 91,7 тис. км, а відповідний коефіцієнт варіації дорівнює 0,26, що свідчить про помірний рівень неоднорідності умов експлуатації автобусів у межах групи.

У межах проведених експериментальних досліджень із застосуванням аналітичних залежностей (3.7) та (3.8) було виконано оцінювання довірчих і толерантних меж накопичених пробігів для всіх семи вікових груп автобусів, включених до вихідної вибірки. Розрахунки здійснювалися для заданого рівня довірчої ймовірності $\gamma = 0,9$.

Для зазначеного рівня ймовірності нормована випадкова величина приймає значення $Z\gamma = 1,28$. Відповідно, верхні («в») та нижні («н») довірчі межі накопиченого пробігу, виражені в тисячах кілометрів, визначалися згідно з формулою (3.7). Аналогічно, толерантні межі накопичених пробігів для розглянутих вікових груп обчислювалися за формулою (3.8).

Узагальнені результати розрахунку довірчих і толерантних меж накопичених пробігів для семи вікових груп автобусів наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Довірчі та толерантні межі накопичених пробігів автобусів.

Пок.	Вікова група						
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_5	t_7
L_o^e	397.0105	442.6348	374.3471	328.5227	292.9207	278.1923	125.7705
L_o^H	308.282	398.7377	296.7713	289.2537	268.0887	244.1203	105.4058
L_m^e	470.022	482.7663	445.2680	352.7922	330.1687	324.9006	144.3881
L_m^H	235.270	358.6063	225.8504	264.9842	230.8407	197.4126	86.78813

Паралельно з виконанням основних етапів дослідження було здійснено узагальнене оцінювання накопичених пробігів автобусів, що входять до семи сформованих вікових груп і загалом налічують 66 одиниць рухомого складу. На підставі статистичного опрацювання експлуатаційних даних отримано комплекс кількісних характеристик, які відображають загальний стан вибірки.

Зокрема, середній накопичений пробіг автобусів для всієї сукупності становить
 $= 289,87$ тис. км. Розсіювання значень накопиченого пробігу характеризується середньоквадратичним відхиленням, яке дорівнює $53,04$ тис. км. Відповідний коефіцієнт варіації складає $0,1829$, що свідчить про помірний рівень неоднорідності експлуатаційних умов у межах досліджуваної вибірки.

Аналіз отриманих статистичних показників дозволяє зробити висновок, що розподіл накопиченого пробігу автобусів для розглянутої сукупності семи вікових груп може бути адекватно апроксимований законом Вейбулла. Такий вибір розподілу зумовлений його здатністю коректно описувати асиметричні емпіричні дані та враховувати особливості процесів експлуатаційного старіння рухомого складу.

У загальному вигляді розподіл Вейбулла для накопиченого пробігу характеризується наступними параметрами, зокрема параметром форми розподілу:

$$a = 1.042 \cdot 0.1829^{-1.0473} = 6.17$$

значення гамма-функції Ейлера:)

$$b_a = \Gamma(1 + \frac{1}{6.17}) = 0.696$$

наведене середнє:

$$\beta = (\frac{289.87}{0.696})^{6.17} = 1.46009E+16$$

За результатами проведених розрахунків було визначено верхні та нижні толерантні межі накопиченого пробігу автобусів для сукупності семи вікових груп. Оцінювання виконувалося для заданого рівня ймовірності $\gamma = 0,9$, що відповідає прийнятому рівню надійності статистичних висновків.

Розрахунок толерантних меж здійснювався відповідно до аналітичних залежностей (3.16) та (3.17), які дозволяють встановити інтервал значень накопиченого пробігу, у межах якого з заданою ймовірністю перебуває визначена частка генеральної сукупності автобусів. Отримані нижні («н») та верхні («в») толерантні межі відображають допустимий діапазон варіації пробігів і можуть бути подані у вигляді таких виразів:

$$L_{\Sigma m}^e = [-1.46009E + 16 \cdot \ln(1 - 0.9)]^{1/6.17} = 476.76$$

$$L_{\Sigma m}^u = [-1.46009E + 16 \cdot \ln 0.9]^{1/6.17} = 289.19$$

3.2 Оцінювання рівня працездатності автобусів та моделювання їх накопичених пробігів

Для комплексного аналізу працездатності автобусів, оцінювання їх фактичного технічного стану та визначення ефективності роботи технічної служби у межах даного дослідження було використано систему узагальнених експлуатаційних показників. До складу цієї системи увійшли: коефіцієнт готовності, коефіцієнт випуску на лінію та коефіцієнт технічного використання, які у сукупності дозволяють всебічно охарактеризувати рівень працездатності рухомого складу.

Зазначені показники визначалися на основі статистичних даних експлуатації автобусів, отриманих у процесі функціонування семи вікових груп рухомого складу. Середній календарний вік автобусів у досліджуваній сукупності становить 6,67 року, що дозволяє розглядати вибірку як репрезентативну для оцінювання закономірностей експлуатаційного старіння.

Результати статистичного опрацювання даних та розрахунків показників, які характеризують рівень працездатності автобусів у межах кожної вікової групи, узагальнено та наведено в таблиці 3.6. Отримані значення слугують вихідною інформаційною базою для подальшого моделювання накопичених пробігів і аналізу ефективності технічного обслуговування та ремонту.

Як зазначалося раніше, для умов експлуатації автобусів у місті Вінниця прийнято нормативний ресурс рухомого складу 500 тис. км, а також середній строк служби, що становить 6,67 року. При цьому в розрахунках додатково враховуються коригувальні коефіцієнти, які відображають вплив дорожніх, кліматичних та організаційних факторів на інтенсивність зношування та зміну експлуатаційних показників автобусів.

$$K_1 = 0.8$$

$$K_{\Sigma} = K_2 = 1.0$$

$$K_3 = 1.0$$

Скоригований ресурс L_p складе:

$$L_p = 500 \cdot 0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 400 \text{ тис.км}$$

Таблиця 3.6. Показники технічного стану автобусів та ефективності функціонування технічної служби підприємства для окремих вікових груп.

Коефіцієнти	Середні накопичені пробіги $L_{\Sigma i}$ (тис.км)							Сер. знач.
	Група 1	Група 2	Група 3	Група 4	Група 5	Група 6	Група 7	
	352.64	420.68	335.55	308.88	280.50	261.15	115.58	296.43
Коефіцієнт готовності	0.82	0.83	0.83	0.86	0.88	0.91	0.95	0.86
Коефіцієнт технічного використання	0.71	0.75	0.75	0.8	0.81	0.82	0.87	0.78
Коефіцієнт неробочих днів	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.0336	0.04

Параметр β , який відображає інтенсивність зміни накопиченого пробігу автобусів у процесі експлуатації, за результатами проведених розрахунків та статистичного опрацювання експлуатаційних даних набуває наступного числового значення:

$$\beta = -\frac{\ln 0.71}{6.67} = 0.0484$$

При цьому за результатами виконаних розрахунків початковий пробіг нового автобуса, а також величина його накопиченого пробігу визначаються відповідно до прийнятої моделі експлуатації та параметрів інтенсивності використання рухомого складу:

$$L_n = \frac{400 \cdot 0.0484}{1 - 0.71} = 18.66 \text{ тис.км}$$

$$L_{\Sigma}(t_i) = \frac{18.66}{0.484} = 385.33 \text{ тис.км}$$

У таблиці 3.7, а також на рисунках 3.1 і 3.2 наведено результати аналізу, що відображають зміну величин накопиченого пробігу та коефіцієнта технічного

використання залежно від календарного віку автобусів приватного підприємства. Представлені матеріали наочно демонструють характер впливу процесів експлуатаційного старіння на інтенсивність використання рухомого складу та рівень його працездатності впродовж усього строку служби.

Таблиця 3.7. Значення коефіцієнтів технічної готовності a_{me} і накопичених пробігів $L_{\Sigma}(t_i)$ в залежності від зміни віку автобусів t_i .

Група	t_i , років	$(t_i - t_0)$	a_{me}	Δa_{mei}	$L_{\Sigma}(t_i)$ тис.км
1	11	0	0.73	0.00	352.64
2	9	2	0.74	0.01	420.68
3	8	3	0.74	0.00	335.55
4	7	4	0.77	0.03	308.88
5	6	5	0.79	0.02	280.50
6	5	6	0.81	0.02	261.15
7	3.5	7.5	0.85	0.04	115.58

При цьому коефіцієнт a , який кількісно описує характер зміни показника відповідно до аналітичної залежності, заданої виразом (3.17), за результатами виконаних розрахунків набуває наступного числового значення:

$$a = \frac{\ln(0.71/0.95)}{11 - 3.5} = -0.040$$

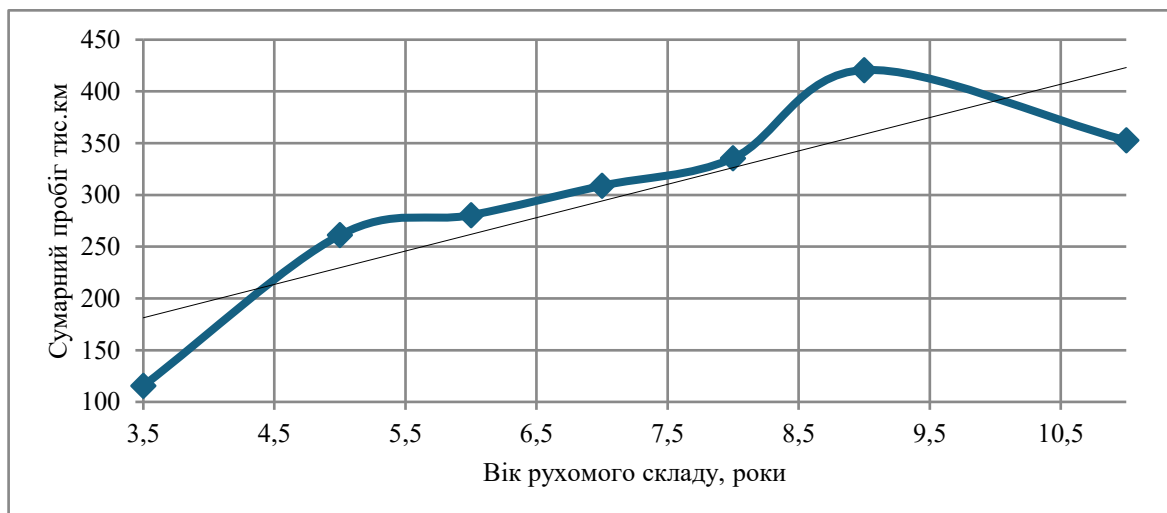


Рис. 3.1. Залежність сумарного пробігу від віку рухомого складу.

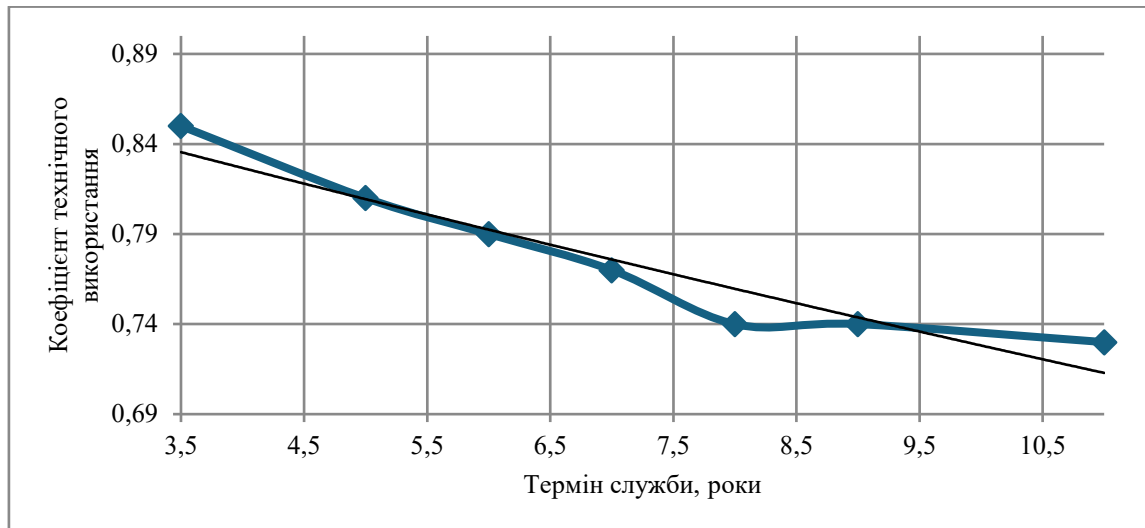


Рис. 3.2. Залежність коефіцієнту технічного використання від віку рухомого складу.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Визначення функціональних залежностей показників працездатності від віку автобусів

Як зазначалося у попередніх розділах, формування математичних моделей, призначених для опису зміни показників працездатності автобусів залежно від їх календарного віку, здійснювалося на основі системного підходу до вибору функціональних залежностей. При цьому як базу для моделювання було використано сукупність можливих аналітичних функцій, які раніше отримали теоретичне та практичне обґрунтування в наукових працях вітчизняних і зарубіжних дослідників.

Вибір конкретних видів функцій здійснювався з урахуванням фізичної сутності процесів експлуатаційного старіння рухомого складу, статистичних властивостей експериментальних даних, а також можливості адекватного відображення закономірностей зміни технічного стану автобусів у часі.

На поданих графічних залежностях (рисунки 4.1 – 4.2.) по осі абсцис L відкладено сумарний накопичений пробіг автобуса, виражений у тисячах кілометрів, тоді як по осі ординат наведено досліджуваний експлуатаційний параметр.

У заголовках графіків структуровано подано основну інформацію щодо виконаного моделювання. Зокрема, у першому рядку зазначено тип математичної моделі, прийнятої в кожному конкретному випадку для апроксимації експериментальних даних. У другому рядку наведено аналітичний вигляд встановленої функціональної залежності з відповідними числовими значеннями отриманих коефіцієнтів. Третій рядок містить значення квадратного кореня з коефіцієнта детермінації R^2 (або коефіцієнта кореляції між емпіричними значеннями та розрахунковими даними у відповідних точках осі L), яке використовується як кількісна міра достовірності та якості апроксимації встановленої залежності.

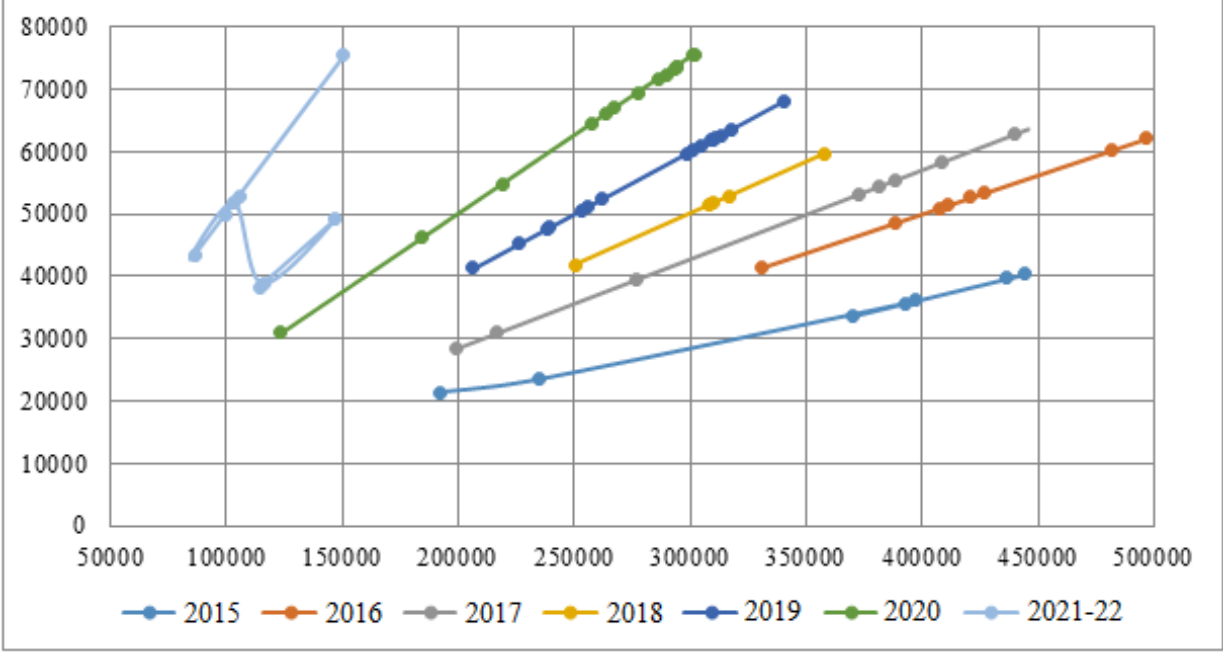


Рис. 4.1. Залежність середньорічного пробігу від накопиченого сумарного пробігу за даними приватного підприємства.

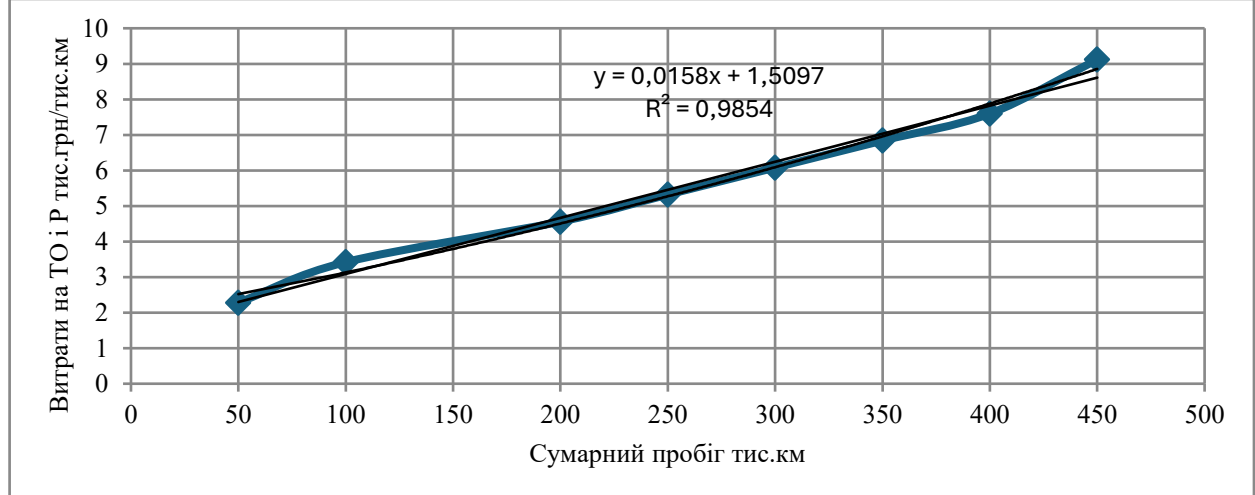


Рис. 4.2. Питомі витрати на ТО і РР за даними приватного підприємства.

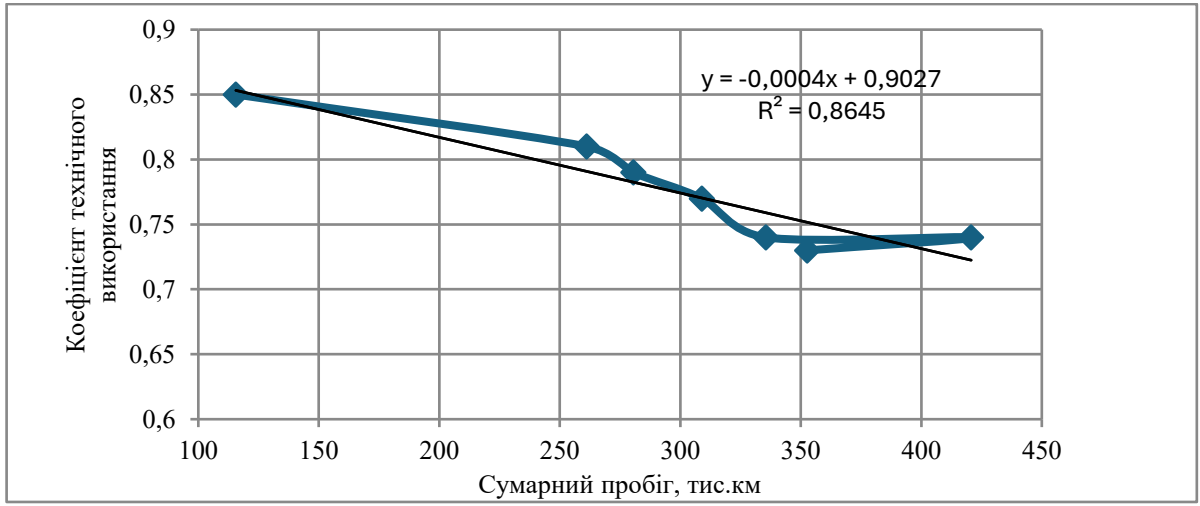


Рис. 4.3. Залежність коефіцієнта технічної готовності α_t від сумарного накопиченого пробігу приватного підприємства.

Як було прийнято у попередніх розділах, накладні питомі витрати, так само як і витрати на оплату праці водіїв, приведені до одиниці корисно виконаної транспортної роботи, розглядаються як такі, що не залежать безпосередньо від величини пробігу автобуса. У зв'язку з цим зазначені складові не чинять визначального впливу на процедуру пошуку оптимального строку експлуатації рухомого складу і в межах даної моделі не враховуються як змінні параметри оптимізації. Водночас слід зауважити, що саме ці елементи формують суттєву частку собівартості перевезень і відіграють важливу роль під час встановлення тарифів на проїзд пасажирів.

Разом із тим питомі витрати, пов'язані з добовими простоями автобусів та їх вимушеним зняттям з лінії, можуть набувати значних значень і, як правило, зростають зі збільшенням сумарного накопиченого пробігу. Особливо відчутним цей вплив стає у випадках, коли раціональний рівень резерву рухомого складу не забезпечений, або ж унаслідок фізичного та морального старіння автобусного парку резерв виявляється недостатнім для компенсації відмов.

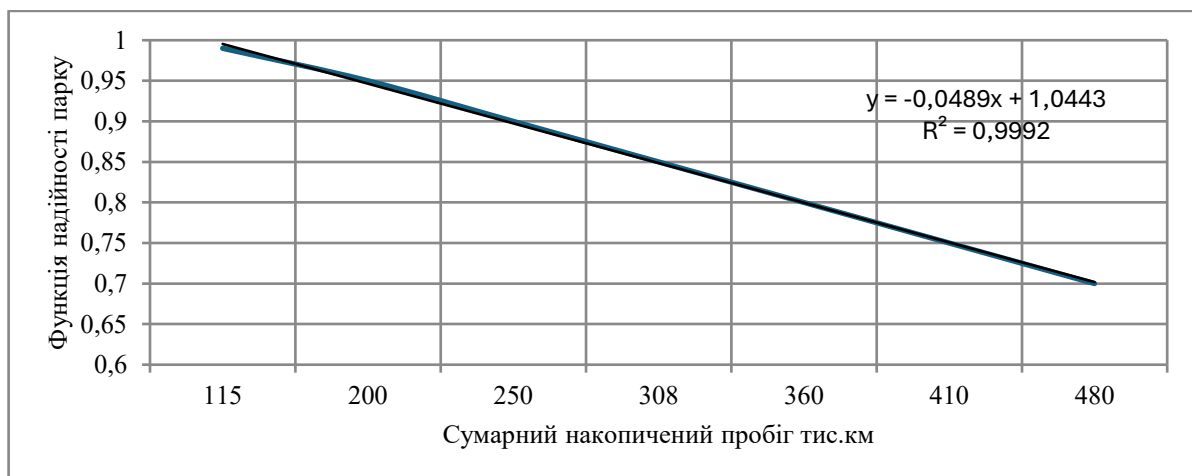


Рис. 4.4. Підбір функції безвідмовності автобуса $R(L)$, що представляє функцію надійності автобусного парку як об'єкта, що складається з 'n' рівноцінних елементів.

У межах даного дослідження розрахунки виконуються за умови дотримання обґрунтованого підходу до формування резерву автобусів, який забезпечує безперервне виконання основної функції автобусного парку – перевезення пасажирів відповідно до завдань міських органів управління. При цьому передбачається обов'язкове оперативне заміщення автобусів, знятих з

лінії внаслідок відмов або технічних несправностей, що дозволяє підтримувати заданий рівень транспортного обслуговування.

Для цілей економічного аналізу в роботі прийнято, що вартість нового автобуса на сучасному етапі становить 4,2 млн грн, що використовується як вихідний параметр при оцінюванні доцільності оновлення рухомого складу та визначенні раціональних строків його експлуатації.

4.2 Моделювання та оцінювання витрати палива залежно від вікової структури автобусного парку

У ході виконання експериментальних досліджень, спираючись на статистичні дані експлуатації автобусів, що входять до семи виділених вікових груп приватного підприємства, було проведено кількісну оцінку витрати палива, приведеної до 100 км пробігу. Аналіз здійснювався для вихідної вибірки обсягом 66 одиниць рухомого складу, що забезпечує репрезентативність отриманих результатів.

За результатами статистичного опрацювання експлуатаційної інформації визначено основні параметри розподілу витрати палива, зокрема математичне сподівання, середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт варіації. Розрахунки виконувалися з урахуванням частот появи автобусів відповідних вікових груп, де $i = 1 \dots 7$, що відображають структуру автобусного парку та різну інтенсивність його використання.

Отримані статистичні характеристики дозволяють кількісно оцінити вплив віку та умов експлуатації автобусів на рівень паливної економічності, а також слугують вихідною базою для подальшого моделювання залежності витрати палива від вікової структури рухомого складу.

Узагальнені результати оцінювання витрати палива для розглянутих вікових груп автобусів наведено в таблиці 4.1.

У результаті статистичного узагальнення експлуатаційних даних, отриманих для семи вікових груп автобусів, було визначено інтегральні показники, що характеризують рівень витрати палива для всієї досліджуваної сукупності. Зокрема, встановлено середнє значення витрати палива, а також

відповідні значення середньоквадратичного відхилення та коефіцієнта варіації, які відображають ступінь неоднорідності паливної економічності автобусів у межах парку:

$$Q_{\Sigma \text{сеп}} = 44.2 \text{ л} / 100 \text{ км}$$

$$\sigma(Q_{\Sigma \text{сеп}}) = 5.045$$

$$\nu(Q_{\Sigma \text{сеп}}) = 0.112$$

Таблиця 4.1. Статистична оцінка витрати палива залежно від інтенсивності експлуатації автобусів.

Пок.	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7
P_i	0.10	0.12	0.12	0.07	0.24	0.21	0.12
Q_i	45.17	46.57	46.89	44.6	40.94	41.35	27.29
$\sigma(Q_i)$	9.93	2.85	1.51	1.62	3.081	11.12	2.21
$\nu(Q_i)$	0.2565	0.07992	0.0321	0.0363	0.07415	0.26887	0.0809

При цьому аналітичне подання диференціальної функції розподілу витрати палива автобусів для всієї досліджуваної вибірки може бути сформульоване у вигляді відповідної математичної залежності. Зазначена функція описує щільність імовірності значень витрати палива та дозволяє кількісно оцінити характер розсіювання цього показника в межах сукупності автобусів різних вікових груп, враховуючи вплив експлуатаційних і технічних факторів:

$$f(Q_i) = \frac{0.112}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(Q_i - 44.22)^2}{289.87}},$$

Графічну інтерпретацію розподілу витрати палива автобусів для всієї досліджуваної вибірки наведено на рисунку 4.5. Подане зображення наочно відображає характер розсіювання значень витрати палива та дозволяє візуально оцінити форму розподілу, його симетрію або асиметрію, а також ступінь концентрації даних відносно середнього значення. Зазначений графік використовується для підтвердження адекватності прийнятої аналітичної моделі та подальшого аналізу впливу вікової структури автобусного парку на показники паливної економічності.

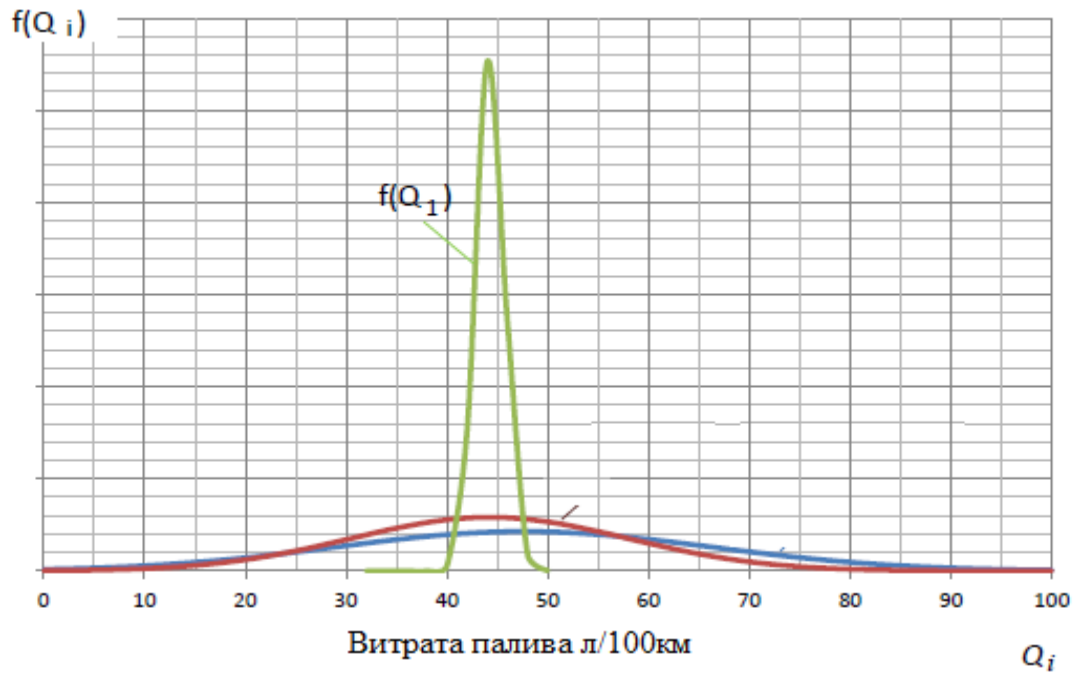


Рис. 4.5. Розподіл витрати палива автобусами по всій вибірці.

Аналіз графічних даних свідчить, що для досліджуваного автобусного парку характерний відносно стабільний рівень витрати палива, який супроводжується незначним розсіюванням значень. Зокрема, коливання показника витрати палива зосереджені у вузькому діапазоні 41–48 л/100 км пробігу, що вказує на помірну варіативність та відсутність різко виражених відхилень, зумовлених експлуатаційними чинниками.

Результати експериментальних досліджень зміни витрати палива залежно від віку автобусів наведено в таблиці 4.2. У таблиці подано значення витрати палива для поточного календарного віку автобусів, а також відповідні приведені значення показника, визначені для автобусів n -ої вікової групи за умов фіксованого значення.

Отримані дані використовуються для подальшого аналізу впливу віку рухомого складу на паливну економічність та для побудови узагальнених функціональних залежностей:

$$\Delta Q_i = Q_i - Q_{i-1}, \quad (3.1)$$

Аналіз отриманих у ході дослідження результатів свідчить, що для розглянутої сукупності автобусів можуть бути визначені узагальнені середні показники, які характеризують експлуатаційний стан рухомого складу. Зокрема, встановлено середні значення календарного віку автобусів, коефіцієнта готовності, а також витрати палива, які відображають типовий рівень

працездатності та паливної економічності автобусного парку за прийнятих умов експлуатації:

$$t = 6.67 \text{ років}$$

$$a_{me} = 0.78$$

$$Q = 44.2 \text{ л / 100 км}$$

Таблиця 4.2. Результати моделювання витрати палива автобусів залежно від віку та коефіцієнта технічного використання.

Група	t_i , років	$(t_i - t_0)$	Q_{ie} , л/100км	ΔQ_{ie}	a_{me}
1	11	0	45.17	-	0.71
2	9	-2	46.57	1.665	0.75
3	8	2.5	46.89	0.325	0.75
4	7	3.5	44.6	2.295	0.8
5	6	4.5	40.94	3.66	0.81
6	5	5.5	41.35	0.41692	0.82

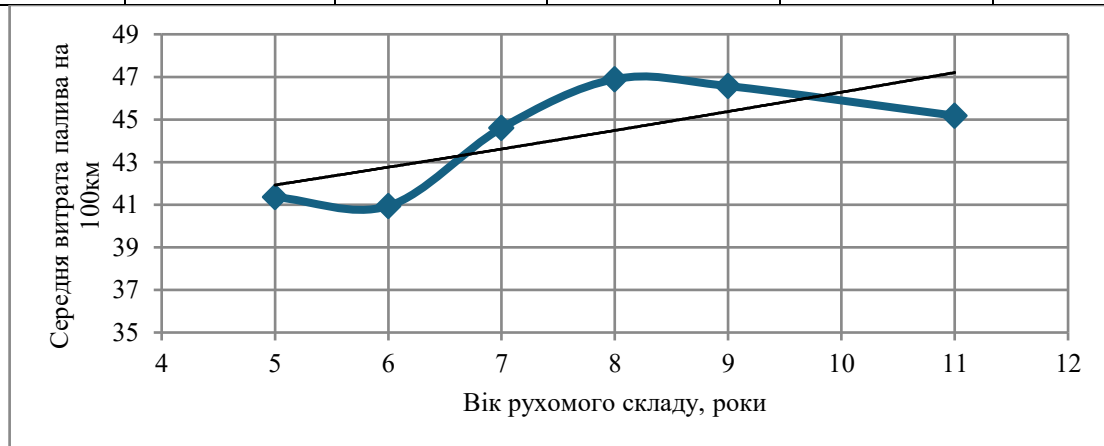


Рис. 4.5. Залежність середньої витрати палива від віку рухомого складу.



Рис. 4.6. Залежність середньої витрати палива від коефіцієнту технічного використання.

Практичне використання запропонованого методичного підходу дає змогу шляхом цілеспрямованого керування віковою структурою автобусного парку здійснювати кількісне оцінювання його вихідних експлуатаційних характеристик. Зокрема, це стосується показників технічного використання рухомого складу, які відображаються через коефіцієнт готовності, а також рівня паливної економічності. Застосування такого підходу створює передумови для прийняття обґрунтованих управлінських рішень, спрямованих на підвищення продуктивності роботи автобусів і одночасне зменшення сумарних експлуатаційних витрат.

На рисунку 4.5 наведено характер зміни початкового річного пробігу одного автобуса для заданої вікової структури парку залежно від прийнятого граничного строку експлуатації автобусів. Аналіз графічної залежності показує, що зі збільшенням значення відбувається зниження річного пробігу автобуса навіть на початковому етапі його експлуатації. Це пояснюється тим, що до завершального року життєвого циклу весь наявний рухомий склад має забезпечувати виконання обов'язкового муніципального завдання з перевезення пасажирів за умов поступового зменшення кількості справних автобусів, що описується функцією надійності $R(L)$, а також зниження коефіцієнта технічної готовності. Останній, у свою чергу, визначає граничну частку часу, протягом якої автобус може перебувати на лінії та виконувати корисну транспортну роботу.

Відповідно до результатів розрахунків, оптимальний граничний строк експлуатації автобусів у межах розглянутої моделі становить 9,5 року, при якому сумарні питомі експлуатаційні витрати досягають мінімального значення і дорівнюють 21,49 грн/км. Зазначене значення може розглядатися як економічно доцільний орієнтир при формуванні політики оновлення автобусного парку.

У таблиці 4.3 наведено узагальнені розрахункові значення оптимізаційних рішень, отриманих для автобусного парку в цілому, які відображають вплив прийнятої вікової структури та строків експлуатації на основні техніко-економічні показники.

Таблиця 4.3. Розрахункові значення оптимізаційних рішень для автобусного парку.

№ вікових груп, од	Ліва границя, роки	Центральне рішення, роки	Права границя	Питомі витрати грн./км
1	5.7342	7.0322	8.1533	26.2745
2	6.7708	8.5767	10.4232	23.1754
3	6.9452	8.9231	10.9657	21.3712
4	7.0656	9.0222	11.0324	21.9912
5	7.0834	9.1919	11.1564	21.7532
6	7.1333	9.3213	11.2456	21.6188
7	7.3698	9.5178	11.4563	21.4972
8	7.5389	9.7475	11.6772	21.3984
9	7.7678	9.9383	11.9737	21.3148
10	7.9158	10.0412	12.0011	21.2388

З урахуванням результатів виконаного дослідження та на основі розрахункових даних, наведених у таблиці 2.3, можна зробити обґрунтований висновок про доцільність встановлення граничного строку експлуатації автобусів на рівні до 12 років. Реалізація такого строку є можливою за умови формування та підтримання збалансованої вікової структури автобусного парку, у якій різниця календарного віку між суміжними віковими групами не перевищує двох років. Зазначений підхід забезпечує рівномірний розподіл навантаження на рухомий склад, стабільність експлуатаційних показників і контрольований рівень сумарних витрат упродовж усього життєвого циклу автобусів.

Для кількісного порівняння ефективності прийнятих рішень у роботі виконано розрахунок сумарних питомих інтегральних витрат для ключових точок оптимізації, а також для базових варіантів, що використовуються як еталонні. Узагальнені результати такого порівняльного аналізу наведено в таблиці 2.4, яка дозволяє оцінити економічні наслідки зміни граничного строку експлуатації та параметрів вікової структури автобусного парку.

Таблиця 2.4. Розрахункові значення сумарних питомих інтегральних витрат у характерних точках оптимальних рішень та базових варіантах порівняння.

Кількість вікових груп, од	Термін експлуатації, років	Питомі витрати, грн./км
1	7-8	26.2745
2	8-10	23.1754
3	9-11	21.3712
4	9-11	21.9912
5	9-11	21.7532
6	9-11	21.6188
7	9-11	21.4972
8	9-12	21.3984
9	10-12	21.3148
10	10-12	21.2388

У таблиці 4.4 узагальнено розрахункові значення питомих експлуатаційних витрат, отримані як для оптимізаційних варіантів, сформованих на основі даних таблиці 4.3, так і для фактичного стану автобусного парку, а також для низки проміжних комбінацій факторів і відповідних їм рішень. Проведений порівняльний аналіз показує, що у співставленні з поточною ситуацією, яка відповідає першому рядку таблиці 4.3, реалізація обґрунтованого оптимального рішення забезпечує зниження питомих витрат приблизно на 3 грн/км, що еквівалентно близько 16,7 % від існуючого рівня витрат. Водночас у порівнянні з варіантом експлуатації автобусного парку, сформованого з однієї вікової групи, навіть за умови раціонального строку служби автобусів, економічний ефект перевищує 20 %.

Разом із тим аналіз теоретично змодельованих вікових структур показує, що подальше зменшення інтервалу між суміжними віковими групами – починаючи з двох років і менше, аж до одного року або навіть півріччя – супроводжується суттєвим зниженням граничної ефективності такого підходу. Інакше кажучи, виграш у питомих витратах на одиницю виконаної транспортної

роботи при скороченні так званого «часового кроку» стає значно меншим, ніж ефект, який досягається при його пропорційному збільшенні.

Зокрема, збільшення кількості вікових груп з шести до восьми забезпечує зменшення питомих витрат лише на 1,8 %, а подальше збільшення з восьми до десяти – лише на 0,8 %. Водночас перехід від двох до чотирьох вікових груп призводить до істотнішого скорочення питомих витрат – приблизно на 5,3 %, і це за умови збереження оптимального центрального значення граничного строку експлуатації автобусів. Отримані результати свідчать про наявність раціональної області параметрів вікової структури, за межами якої подальше ускладнення структури парку не забезпечує пропорційного економічного ефекту.

У зв'язку з отриманими результатами доцільним є формування практичних рекомендацій щодо побудови раціональної вікової структури автобусного парку. Зокрема, на етапі перехідного періоду до оптимальної структури доцільно орієнтуватися на інтервал між суміжними віковими групами, що не перевищує двох років, із подальшим поступовим переходом до стабілізованої вікової схеми, яка передбачає рівномірне щорічне оновлення рухомого складу. Такий підхід дозволяє забезпечити керованість процесів старіння автобусів і знизити різкі коливання експлуатаційних витрат.

У межах розробленої моделі, а також на основі побудованих графічних залежностей, додатково виконано розрахунок потреби в постачанні нових автобусів для забезпечення заданого обсягу перевезень. Зокрема, за прийнятих умов експлуатації та необхідного рівня транспортної роботи, для варіанта з сімома віковими групами і граничним строком експлуатації автобусів 9 років, розрахункова кількість автобусів, що підлягають закупівлі, становить вісім одиниць на рік у масштабі всього автотранспортного підприємства. Зазначене значення може бути використане як орієнтир при плануванні програм оновлення автобусного парку.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Пожежна безпека на підприємствах автомобільного транспорту

Підприємства транспортної галузі належать до об'єктів підвищеної пожежної небезпеки, що зумовлено наявністю значної кількості горючих матеріалів, паливно-мастильних речовин, складних електричних систем та високотемпературних елементів силових агрегатів. Аналіз умов експлуатації автотранспортних засобів дозволяє виокремити низку типових чинників, які найчастіше призводять до виникнення пожеж.

До основних причин займання на автотранспорті належать:

Порушення герметичності інженерних комунікацій та несправності паливної системи, внаслідок чого паливо або його пари можуть займатися при контакті з елементами, що працюють за підвищених температур (вихлопний колектор, глушник, елементи системи обігріву тощо), а також з електропроводкою.

Запалювання палива під час дорожньо-транспортних пригод, спричинене виникненням іскри внаслідок ударної взаємодії металевих деталей пошкодженого кузова або агрегатів автомобіля.

Займання паливно-мастильних матеріалів унаслідок електростатичного розряду, який може виникати під час заправлення, транспортування палива або за певних умов експлуатації.

Пожежі, зумовлені несправностями електрообладнання, зокрема короткими замиканнями, перевантаженням електричних кіл, ослабленням або окисленням контактів, що призводить до локального перегріву та займання горючих матеріалів.

Виникнення пожеж внаслідок дії відкритого полум'я, зокрема під час проведення зварювальних і ремонтних робіт, розігрівання вузлів автомобіля в холодний період, необережної перевірки рівня палива з використанням відкритого вогню, а також унаслідок паління в заборонених місцях.

Згідно з нормативним визначенням, пожежа – це некерований процес горіння, що виникає поза спеціально призначеним осередком і здатний

поширюватися в просторі та часі, створюючи загрозу життю і здоров'ю людей, а також матеріальним цінностям.

За масштабами матеріальних збитків пожежі класифікуються на особливо великі, коли сума збитків перевищує 10 000 мінімальних заробітних плат, та великі, якщо втрати становлять від 1 000 до 10 000 мінімальних заробітних плат. Водночас наслідки пожеж не обмежуються виключно економічними втратами, пов'язаними зі знищенням або пошкодженням основних фондів, матеріальних ресурсів і майна, а також витратами на ліквідацію пожежі та компенсацію завданої шкоди.

Найбільш суттєвими є соціальні наслідки пожеж, які проявляються у загибелі та травмуванні людей, погіршенні їх фізичного й психоемоційного стану, зростанні рівня захворюваності населення, втраті житла та робочих місць, що, у свою чергу, спричиняє підвищення соціальної напруги в суспільстві.

Пожежна безпека об'єкта визначається як такий стан, за якого з нормативно встановленою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвитку пожежі, обмежується вплив її небезпечних факторів на людей і забезпечується належний рівень захисту матеріальних цінностей. Досягнення цього стану передбачає комплекс організаційних, технічних і профілактичних заходів, спрямованих на зниження пожежних ризиків у процесі експлуатації автотранспортних засобів і виробничих об'єктів.

Ключовими напрямками формування пожежної безпеки є, з одного боку, усунення або зниження ймовірності виникнення пожежі, а з іншого – обмеження масштабів її розвитку та мінімізація негативних наслідків. З цією метою об'єкти транспортної інфраструктури повинні бути оснащені системами пожежної безпеки, функціонування яких спрямоване на запобігання займанням, зменшення впливу небезпечних факторів пожежі на людей і матеріальні цінності, а також на локалізацію вторинних проявів пожежної небезпеки.

До небезпечних факторів пожежі, належать:

відкрите полум'я та іскроутворення;

підвищена температура навколишнього повітря і конструкцій;

токсичні продукти горіння та термічного розкладу речовин і матеріалів;

задимлення приміщень і відкритих зон;

зменшення концентрації кисню у повітрі.

Окрім основних, у процесі розвитку пожежі можуть виникати вторинні небезпечні прояви, до яких відносять:

уламки та фрагменти зруйнованих машин, агрегатів, технологічного обладнання і будівельних конструкцій;

радіоактивні або токсичні речовини, що вивільняються з пошкоджених апаратів і установок;

ураження електричним струмом унаслідок переходу напруги на струмопровідні елементи конструкцій через пошкодження ізоляції під дією високих температур;

небезпечні фактори вибухів, що супроводжують або ускладнюють перебіг пожежі;

вплив вогнегасних речовин за умов їх неконтрольованого або нераціонального застосування.

Система пожежної безпеки розглядається як сукупність організаційних рішень і технічних засобів, спрямованих на попередження пожеж, обмеження їх розвитку та зменшення матеріальних і соціальних збитків. Пожежна безпека об'єкта забезпечується шляхом поєднання системи запобігання пожежі, системи протипожежного захисту та комплексу організаційно-технічних заходів.

Основною метою пожежної безпеки об'єкта є підтримання допустимого рівня пожежного ризику, встановленого чинними нормативними документами. У разі виникнення пожежі першочерговими завданнями є обмеження її поширення, своєчасне виявлення, ефективне гасіння, а також забезпечення захисту людей і збереження матеріальних цінностей.

З фізико-хімічної точки зору горіння являє собою екзотермічний процес окиснення, що супроводжується виділенням теплової енергії, диму та появою полум'я або світіння. Для ініціювання і підтримання горіння необхідна одночасна наявність трьох складових: горючої речовини, окисника та джерела запалювання. Горюча речовина й окисник повинні перебувати у певному співвідношенні, утворюючи так зване горюче середовище, здатне підтримувати процес горіння навіть після усунення джерела займання.

Повне згоряння матеріалів у повітряному середовищі можливе лише за умови достатньої кількості кисню, що забезпечує утворення насичених оксидів. У разі дефіциту окисника відбувається неповне горіння, за якого лише частина горючої речовини окиснюється, а решта розкладається з інтенсивним виділенням диму та токсичних продуктів. Найбільш небезпечним із них є оксид вуглецю (CO), який становить серйозну загрозу для життя і здоров'я людей. На практиці пожежі часто розвиваються саме за умов нестачі кисню, що істотно ускладнює процес пожежогасіння через погіршення видимості та підвищену токсичність повітряного середовища.

5.2 Інформування та оповіщення населення у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій

Інформування та оповіщення у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій (НС) є складовою системи цивільного захисту та полягає у своєчасному доведенні достовірної інформації до органів управління цивільного захисту, сил реагування, суб'єктів господарювання і населення. Ефективність оповіщення безпосередньо впливає на зменшення людських втрат і матеріальних збитків, а також на організованість дій у кризових умовах.

Забезпечення оповіщення здійснюється шляхом функціонування ієрархічно поєднаної системи оповіщення, що включає загальнодержавні, територіальні, місцеві, спеціальні, локальні (об'єктові) та відомчі системи. Для передачі сигналів і повідомлень використовуються телекомунікаційні мережі загального користування, зокрема мобільний зв'язок, відомчі канали зв'язку, мережі суб'єктів господарювання, а також засоби загальнонаціонального, регіонального й місцевого радіомовлення та телебачення і інші технічні засоби відображення інформації.

Автоматизована система централізованого оповіщення являє собою інтегрований комплекс організаційно та технічно узгоджених програмно-апаратних засобів, телекомунікаційних мереж і телемереж, призначених для оперативного передавання сигналів та інформаційних повідомлень з питань цивільного захисту органам виконавчої влади, органам місцевого

самоврядування, керівникам і силам реагування, підприємствам, установам, організаціям та населенню. Така система забезпечує як циркулярне, так і вибіркоче оповіщення адресатів залежно від характеру загрози та території її поширення.

На об'єктах підвищеної небезпеки, де можливі наслідки аварій можуть виходити за межі підприємства і поширюватися на населені пункти або суміжні об'єкти, створюються локальні (об'єктові) системи оповіщення. Вони призначені для оперативного інформування керівництва і персоналу підприємства, працівників сусідніх організацій, населення в зоні можливого ураження, а також чергових аварійно-рятувальних служб. Проектування, створення або модернізація таких систем здійснюється за рішенням керівника об'єкта з обов'язковою інтеграцією до відповідних місцевих і територіальних автоматизованих систем централізованого оповіщення.

До складу локальних систем оповіщення входять засоби звукового та візуального інформування і спеціалізоване обладнання, зокрема абонентські радіоточки, сигнально-гучномовні пристрої, вуличні гучномовці, електросирени та пристрої їх дистанційного запуску, системи автоматизованого виклику, а також інші технічні рішення, що забезпечують надійне доведення сигналів у різних умовах.

Повідомлення про НС повинні містити ідентифікаційні дані джерела інформації, характеристику можливого або наявного ризику, опис потенційного впливу на людей і довкілля, порядок інформування населення та чіткі рекомендації щодо безпечної поведінки. Такий зміст забезпечує зрозумілість і практичну корисність повідомлень для різних категорій адресатів.

Для приймання повідомлень органів цивільного захисту у населених пунктах, на підприємствах, в установах та організаціях використовуються сигнально-гучномовні пристрої, підключені до міських або районних радіотрансляційних мереж. У житлових будинках радіоприймачі (репродуктори) рекомендується утримувати у постійному робочому режимі для безперешкодного отримання екстреної інформації.

Оповіщення керівного складу об'єктів може здійснюватися з використанням стаціонарного і мобільного телефонного зв'язку відповідно до

затверджених списків, а також за допомогою кур'єрів — із залученням транспортних засобів або пішого сповіщення. Безпосереднє інформування населення організовується оперативними черговими відповідних територіальних органів управління з питань цивільного захисту; за необхідності до цих заходів можуть залучатися сили і засоби правоохоронних органів.

У разі будь-якої надзвичайної ситуації оповіщення населення здійснюється за єдиним попереджувальним сигналом «УВАГА ВСІМ», який подається переривчастим звучанням електросирен, гудків підприємств і транспортних засобів. Після подачі сигналу населення повинно негайно увімкнути доступні засоби приймання інформації для отримання подальших вказівок і офіційних повідомлень.

Після подачі загального попереджувального сигналу населення зобов'язане негайно задіяти доступні засоби радіо- та телевізійного мовлення з метою отримання офіційної інформації. Передані повідомлення формуються та поширюються територіальними органами управління у сфері цивільного захисту, а також суб'єктами господарювання підвищеної небезпеки і містять відомості про характер загрози, можливі наслідки та порядок подальших дій.

На пунктах управління, з яких здійснюється оповіщення, завчасно розробляються та інтегруються в систему оповіщення типові інформаційні повідомлення, адаптовані до різних сценаріїв розвитку подій. Такі тексти передбачені для використання як у повсякденних умовах мирного часу, так і в особливий період, що забезпечує оперативність, узгодженість і однозначність доведення інформації до населення у разі виникнення або загрози надзвичайних ситуацій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра виконано комплексне науково-практичне дослідження, спрямоване на підвищення ефективності експлуатації автобусів категорії М шляхом обґрунтування раціонального строку їх використання з урахуванням вікового чинника та функціональних залежностей параметрів роботоздатності. Аналіз структури та змісту пояснювальної записки дозволяє зробити такі узагальнені висновки:

Підтверджено актуальність теми дослідження, що зумовлена високим рівнем зношеності автобусних парків, зростанням експлуатаційних витрат і необхідністю прийняття технічно та економічно обґрунтованих управлінських рішень щодо строків експлуатації рухомого складу. Робота логічно пов'язує технічні, експлуатаційні та економічні аспекти функціонування автобусного транспорту.

У загально-технічному розділі здійснено ґрунтовний аналіз наукових джерел та сучасних підходів до оцінювання строків служби транспортних засобів. Встановлено, що традиційні нормативні методи не повною мірою враховують реальну динаміку зміни показників роботоздатності автобусів у процесі старіння, що обґрунтовує необхідність застосування функціонально-статистичних методів аналізу.

Технологічний розділ довів істотний вплив віку та накопиченого пробігу автобусів на ключові показники ефективності експлуатації, зокрема коефіцієнт технічної готовності, рівень безвідмовності, витрати на технічне обслуговування і ремонт, а також собівартість перевезень. Показано, що зі зростанням строку експлуатації відбувається системне погіршення техніко-експлуатаційних характеристик рухомого складу.

У науково-дослідному розділі розроблено методику формування вікових груп автобусів та встановлено функціональні залежності між параметрами роботоздатності, витратами палива і віком транспортних засобів. Застосування статистичних методів, зокрема розподілу Вейбулла, забезпечило адекватність моделювання та достовірність отриманих результатів.

На основі експериментальних даних сформовано алгоритм оцінювання ефективності експлуатації автобусного парку, який дозволяє визначати раціональний граничний строк служби автобусів залежно від кількості вікових груп, інтенсивності використання та обсягу транспортної роботи. Доведено, що рівномірна вікова структура з невеликим інтервалом між групами забезпечує мінімізацію питомих експлуатаційних витрат.

Встановлено, що витрати палива автобусів мають відносно стабільний характер у межах вибірки, тоді як основний вплив на зростання собівартості перевезень з віком обумовлений підвищенням трудомісткості ТО і ремонту та зниженням коефіцієнта технічної готовності.

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. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
3. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
4. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.

11. 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.
12. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. — 400 с.
13. Кисликов В.Ф. Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. — К.: Либідь, 2016. — 400 с. 5. Ю.А.
14. 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.
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.