

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

«Забезпечення ресурсу вантажних шин шляхом безперервного контролю тиску»

Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Галузь знань 27 Транспорт
Спеціальність 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма Автомобільний транспорт


Шифр КвРАТ. 22114.02.01.00

Виконав студент 3 курсу група АТс-22-2


Підпис

Юрій БАБІЙ

Керівник к.т.н., доцент каф. ТАМ


Підпис

Сергій ПОСОНСЬКИЙ

Нормоконтролер к.т.н., доцент каф. ТАМ



Підпис

Олег БАБАК

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ

6.06 2025

Дата


Підпис

Олександр ДИХА

Хмельницький, 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства
Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Галузь знань 27 Транспорт
Спеціальність 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ


Диха О.В.
06.06 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Бабію Юрію Олеговичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: Забезпечення ресурсу вантажних шин шляхом безперервного контролю тиску.

керівник роботи: Посонський Сергій Феліксович, доцент каф. ТАМ.

Затверджено наказом університету від 07.02.2025 р. № 23 (Д 26)

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 16.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали курсових проектів, робіт, практики.

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

1) Аналіз факторів що впливають на ресурс автомобільних шин.

2) Системи контролю тиску в шинах.

3) Аналіз ефективності практичного застосування системи «TPMS».

4) Висновки, рекомендації.

5. Перелік графічного матеріалу (презентація):

Розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 21.04 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1	Аналіз факторів що впливають на ресурс автомобільних шин	4.05.25	вик
2	Системи контролю тиску в шинах	16.05.25	вик
3	Аналіз ефективності практичного застосування системи «TPMS»	26.05.25	вик
4	Висновки, рекомендації	10.06.25	вик
5	Оформлення пояснювальної записки	12.06.25	вик
6	Допуск до захисту	14.06.25	вик
7	Захист дипломної роботи	16.06.25	

Студент


Підпис

Юрій БАБІЙ

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Сергій ПОСОНСЬКИЙ

РЕФЕРАТ

Студент групи АТс-22-2 Бабій Ю.О.

Структура та обсяг пояснювальної записки. Дипломна робота на тему «Забезпечення ресурсу вантажних шин шляхом безперервного контролю тиску» складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 23 найменувань, розміщених на 3 сторінках, та 1 додатку розміщеного на 14 сторінках. Роботу викладено на 69 сторінках, з них 64 сторінок основного тексту, на яких розміщено 21 рисунок і 10 таблиць.

В умовах постійного зростання обсягів перевезень питання підвищення ефективності роботи автомобільного транспорту набуває особливої значущості. Рівень ефективності залежить від багатьох факторів, серед яких важливе місце займає технічний стан шин та тривалість їх служби. Шини — це одна з найдорожчих складових автомобіля, а витрати на їх обслуговування та відновлення поступаються лише витратам на паливо.

Складність забезпечення контролю тиску обумовлена відсутністю обов'язкових нормативних актів, що регламентують постійний моніторинг цього показника, а також браком методичних рекомендацій.

Мета роботи: зменшення експлуатаційних витрат шляхом створення системи управління ресурсом шин на основі використання засобів безперервного контролю тиску.

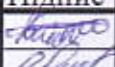



Актуальність роботи полягає в пошуку методів і обладнання, що дозволяють збільшити ресурс шин і знизити витрату палива.

Згідно з отриманими розрахунками, постійний контроль тиску в шинах дає змогу збільшити їхній ресурс у середньому на 9 %, що еквівалентно фінансовій економії в розмірі 118980 грн на один автобус протягом року.

Ключові слова: ШИНИ, ІНТЕНСИВНІСТЬ ЗНОСУ, ТИСК, ВАГОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ, СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТИСКУ, РЕСУРС.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РЕСУРС АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН	7
1.1 Класифікація груп факторів, що впливають на інтенсивність зношування автомобільних шин.	7
1.2 Вплив тиску повітря в шині.	11
1.3 Вплив навантаження на шину.	15
1.4 Вплив швидкості руху на ресурс шин.	17
1.5 Вплив технічного стану на ресурс шин.	18
1.6 Вплив неоднорідності коліс і дисбалансу на знос шин.	19
1.7 Вплив дорожніх і кліматичних умов на знос шин.	21
2 СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТИСКУ В ШИНАХ	24
2.1 Огляд існуючих систем контролю тиску в шинах на підприємствах.	24
2.2 Огляд систем контролю тиску в шинах на маршрутах.	25
2.3 Характеристики рухомого складу та його шин.	33
2.4 Аналіз методів оцінки ресурсу шин.	40
2.5 Система контролю тиску Сагах «TPMS».	46
3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ «TPMS»	50
3.1 Інтерпретація результатів обробки даних.	50
3.2 Прогнозування ресурсу шин.	
3.3 Економічний ефект від впровадження системи контролю тиску.	59
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТКИ	68

КвРАТ. 22114.02.01.00								
Зм	Арк	№ Докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Бабій			Забезпечення ресурсу вантажних шин шляхом безперервного контролю тиску	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Посонський				4	68	
Н.контр.		Бабак			ХНУ АТс-22-2			
Затвер.		Диха						

ВСТУП

Сучасні реалії підтверджують, що автомобільні перевезення залишаються найпопулярнішим способом доставки вантажів і пасажирів як в Україні, так і в усьому світі. Згідно зі статистикою Державної служби статистики України за 2024 рік [1], обсяги вантажоперевезень автомобільним транспортом зросли на 38 %, досягнувши 54,9 млн. тонн.

В умовах постійного зростання обсягів перевезень питання підвищення ефективності роботи автомобільного транспорту набуває особливої значущості. Рівень ефективності залежить від багатьох факторів, серед яких важливе місце займає технічний стан шин та тривалість їх служби. Шини — це одна з найдорожчих складових автомобіля, а витрати на їх обслуговування та відновлення поступаються лише витратам на паливо.

Оптимізація витрат на шини можлива завдяки підвищенню їх довговічності, на яку впливають численні чинники. Умовно їх поділяють на дві категорії: керовані та некеровані. До керованих належать: тиск у шинах, балансування, стан підвіски, навантаження, швидкісний режим та кваліфікація водія. Некеровані чинники включають дорожні умови, кліматичні особливості та режим руху. Хоча керовані фактори контролюються технічними службами автотранспортних підприємств, питання підтримки належного тиску в шинах часто залишається поза увагою. Дослідження свідчать, що в 60–90% випадків тиск у шинах не відповідає нормативам, що призводить до втрати 6–15% ресурсу шин і збільшення витрат пального на 1,5–6%.

Складність забезпечення контролю тиску обумовлена відсутністю обов'язкових нормативних актів, що регламентують постійний моніторинг цього показника, а також браком методичних рекомендацій. У розвинених країнах ця проблема вже вирішена. Так, у США ще в 2000 році було ухвалено закон The TREAD Act, що зобов'язав встановлювати системи

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

контролю тиску в шинах. Наразі в країні діє стандарт FMVSS №138, що передбачає обов'язкове оснащення транспортних засобів такими системами. На міжнародному рівні функціонує стандарт ISO/DFIS 21750 (з 2006 року), а в країнах Європи з 2012 року діють правила ЄЕК ООН №64, які вимагають наявності датчиків контролю тиску в нових автомобілях.

Крім економічних аспектів, ефективна експлуатація шин позитивно впливає на стан навколишнього середовища. Зниження витрати пального сприяє зменшенню викидів шкідливих газів, а зменшення зносу гуми скорочує кількість токсичного пилу, який накопичується на узбіччях доріг. Варто зазначити, що під час зношування шин у довкілля потрапляють канцерогенні речовини, які використовуються у виробництві для покращення властивостей гуми.

Враховуючи вищезазначене, тема дослідження, присвячена управлінню ресурсом шин із застосуванням систем моніторингу транспортних засобів, є надзвичайно актуальною.

Мета роботи: зменшення експлуатаційних витрат шляхом створення системи управління ресурсом шин на основі використання засобів безперервного контролю тиску.

Завдання роботи:

- Провести огляд літературних джерел та комплексно проаналізувати вплив різних чинників на зношення шин;
- Виконати аналіз статистичних даних щодо тиску в шинах та їх ресурсу, виокремити ключові експлуатаційні фактори, що впливають на знос протектора;
- Оцінити ефект встановлення системи контролю тиску в шині на її ресурс.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РЕСУРС АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН.

1.1 Класифікація груп факторів, що впливають на інтенсивність зношування автомобільних шин.

Шини відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки дорожнього руху, впливають на витрати пального та рівень впливу транспорту на навколишнє середовище. Оскільки вони належать до найбільш вартісних складових автомобіля, питання продовження їхнього технічного ресурсу є важливою науково-прикладною задачею. Досягнення цієї мети дозволить не тільки підвищити безпеку експлуатації транспортних засобів і зменшити споживання палива, а й сприятиме зниженню негативного впливу автомобільного транспорту на екологію. Крім того, економія коштів за рахунок подовження терміну служби шин створює можливість для оновлення та розвитку матеріально-технічної бази автотранспортних підприємств.

У сфері технічної експлуатації шин накопичено значний обсяг досліджень, що спрямовані на вирішення проблеми продовження строку їх служби. Відмінності між науковими підходами полягають у використанні різних методів і засобів для досягнення цієї мети, однак усі вони мають спільну мету — підвищення технічного ресурсу шин.

Тривалість експлуатації шин безпосередньо залежить від інтенсивності їх зношування, яке є постійним процесом. На цей процес впливають різноманітні чинники, причому їхній вплив може змінюватися в залежності від умов експлуатації. Деякі фактори в певних ситуаціях можуть бути відсутніми, що зводить їхній вплив на зношування до нуля.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з класифікацією [2], всі фактори, що впливають на ресурс шин, можна поділити на три основні групи залежно від можливості їх контролю (рисунок 1.1):



Рисунок 1.1 – Класифікація факторів за групами

- Фактори керовані — це ті, на які може впливати технічна служба підприємства. До них належать організаційні та технічні заходи, а також технічний стан транспортних засобів.

- Фактори частково керовані — до цієї групи відносять рівень підготовки водія та особливості умов експлуатації.

- Фактори некеровані — це фактори, які не піддаються контролю з боку підприємства. До них належать дорожні умови, кліматичні особливості, конструктивні характеристики автомобіля та якість виготовлення шин.

Такий поділ дозволяє систематизувати вплив різних умов та факторів на процес зносу шин, що важливо для розробки заходів із підвищення їхнього ресурсу.

Автори [3], спираючись на результати експертного опитування фахівців у сфері технічної експлуатації автомобільних шин, провів ранжування основних факторів, що впливають на їхній ресурс. У ході аналізу було визначено, що найбільш суттєвий вплив на тривалість служби шин мають умови експлуатації, технічний стан транспортного засобу, а також організаційно-технічні заходи. Аналогічний підхід до класифікації факторів застосовано і в дослідженнях [4, 5].

У свою чергу, автори [6], виокремлюють перелік основних чинників, що визначають строк служби шин. Серед них виділяють стиль керування автомобілем та значення крутного моменту, стан дорожнього покриття та кліматичні умови, конструктивні особливості транспортного засобу, перевищення допустимого навантаження на шини, швидкість руху, рівень тиску повітря в шинах, параметри регулювання коліс та сили, що впливають на шину. Також до впливових факторів належать конструктивні невідповідності коліс, їх неоднорідність, відхилення осей та технічний стан підвіски автомобіля.

Такий комплексний підхід до оцінки факторів дозволяє врахувати всі ключові аспекти, що формують загальний ресурс шин в умовах реальної експлуатації.

Оцінка впливу кожної групи факторів базується на аналізі конкретних параметрів, перелік яких наведено в таблиці 1.1. Відхилення цих параметрів від оптимальних значень призводить до підвищення темпів зносу шин.

Фактори першої групи можуть бути повністю нейтралізовані за рахунок підвищення ефективності роботи технічної служби автопідприємства. Щодо другої групи факторів — можливе часткове або повне усунення їхнього впливу, однак це досягається не завжди і залежить

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від умов експлуатації. Третя група факторів є некерованою — їхній вплив неможливо усунути, проте ці чинники слід враховувати під час розрахунку або коригування нормативного пробігу шин.

Таблиця 1.1 – Перелік основних факторів, що мають вплив на тривалість експлуатації шин.

Експлуатаційні фактори	Організаційно-технологічні фактори
Режим роботи автомобіля, перевантаження шин. Швидкість і інтенсивність руху. Дія бокових зусиль. Дія крутного та гальмівного моментів.	Порушення правил експлуатації та зберігання шин. Прийнята схема контролю шин. Порушення правил монтажно-демонтажних робіт. Комплектування і переставляння коліс. Своєчасність виконання ТО і ремонту шин.
Технічний стан автомобіля	Кваліфікація водія
Розвал та сходження, кути нахилу шворня. Співвідношення кутів повороту. Технічний стан переднього мосту, перекіс осей. Кріплення коліс, дисбаланс та биття. Величина тиску повітря в шинах. Люфти в підшипниках. Нерівномірне зношування гальмівних барабанів. Нерівномірна дія гальм. Стан кузова, підвіски.	Стаж керування. Характер їзди.
	Якість шин
	Тип малюнку. Якість виготовлення шини. Конструкція та матеріал шин.
	Дорожньо-кліматичні умови
	Тип та стан дорожнього покриття. Температура навколишнього середовища. Кути нахилу дороги, радіуси закруглень.
Конструкція автомобіля	Інші фактори
Форми, розміри, жорсткість рульового керування. Жорсткість підвіски. Кінематична схема підвіски.	Термін перебування автомобіля в стані спокою. Їзда по гарячому асфальту.

У своїй науковій праці автори [7] виокремлюють низку факторів, які суттєво впливають на тривалість експлуатації шин легкових автомобілів і автобусів. Серед них важливу роль відіграють конструктивні особливості самих шин, наявність радіального та осьового биття, а також дисбаланс коліс. Крім того, значення має вік шини та якість дорожнього покриття.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Окремо підкреслюється вплив стилю керування транспортним засобом, підтримання оптимального тиску повітря в шинах, швидкісного режиму та навантаження на вісь автомобіля. Також до чинників, що сприяють підвищенню зношування шин, відносяться значення крутного моменту, кути розвалу і сходження коліс, параметри поздовжнього нахилу шворня та співвідношення кутів повороту. Додатково враховуються перекося переднього і заднього мостів, а також температура навколишнього середовища, яка створює умови для роботи шин.

Такий комплексний підхід до аналізу факторів дозволяє глибше зрозуміти природу зносу шин і розробити ефективні заходи для продовження їхнього терміну служби.

1.2 Вплив тиску повітря в шині.

Один із ключових факторів, що визначає тривалість служби шини, — це рівень тиску повітря всередині неї. Для кожної моделі шини виробником встановлюється оптимальне значення тиску, дотримання якого забезпечує максимально можливий ресурс роботи шини. Відхилення тиску від рекомендованих показників — як у бік підвищення, так і зниження — призводить до значного скорочення строку її експлуатації (рисунк 1.2) [8].

Вплив внутрішнього тиску на тривалість служби шини пояснюється досить просто. При зниженому тиску шина зазнає значних деформацій, що призводить до підвищення температури та збільшення швидкості зношування в зоні контакту з дорожнім покриттям. У таких умовах площа контакту між протектором і дорогою зменшується: центральна частина протектора практично втрачає контакт із дорогою, а основне навантаження припадає на його бокові частини. Це стає причиною прискореного зносу плечових зон протектора (рис. 1.3, а). Крім того, надмірні деформації сприяють розвитку втомних пошкоджень.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

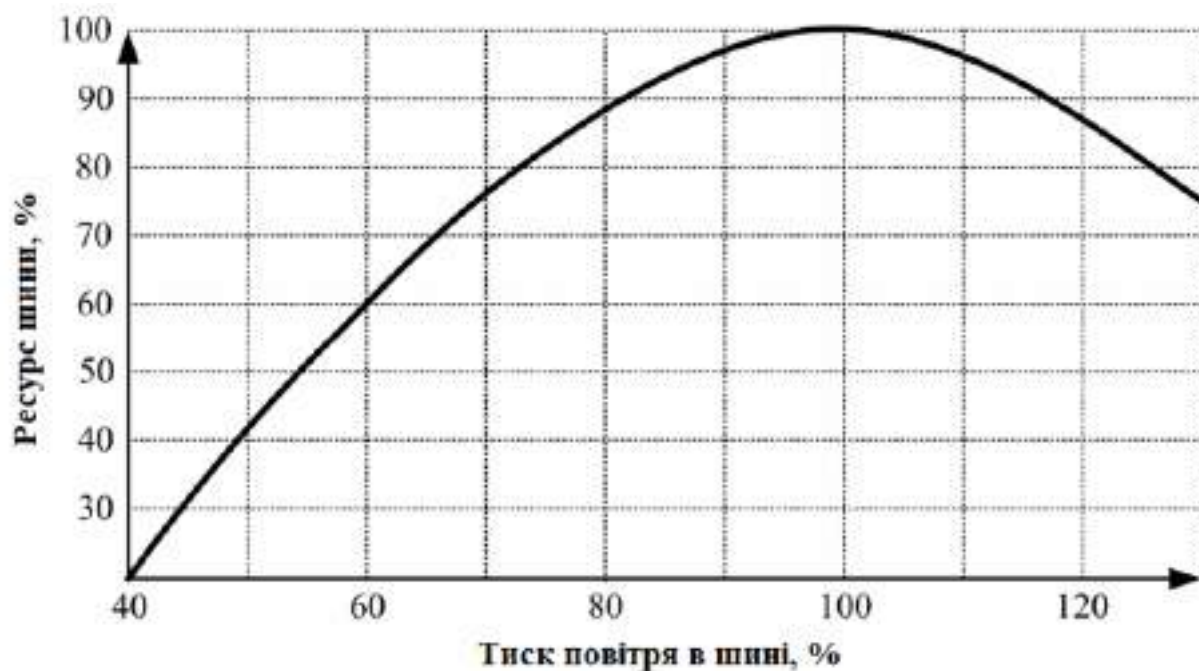


Рисунок 1.2 – Залежність ресурсу шини від тиску.

Оптимальний рівень тиску забезпечує рівномірний контакт протектора з дорогою по всій його ширині. Це дозволяє рівномірно розподіляти навантаження, що позитивно впливає на зносостійкість шини та сприяє продовженню терміну її служби (рис. 1.3, б).

У випадку перевищення рекомендованого тиску спостерігається протилежний ефект: протектор вигинається назовні, через що основне навантаження концентрується в центральній частині. Це провокує інтенсивний знос середньої частини протектора (рис. 1.3, в).

Як було зазначено раніше, відхилення тиску повітря в шині від оптимальних значень призводить до зменшення площі контакту з дорожнім покриттям, що негативно позначається на безпеці руху. При недостатньому тиску спостерігається подовження гальмівного шляху, погіршення курсової стійкості та зниження якості керування автомобілем. У випадку надмірного

тиску ситуація має схожі наслідки, хоча стійкість на прямолінійній траєкторії при цьому поліпшується.

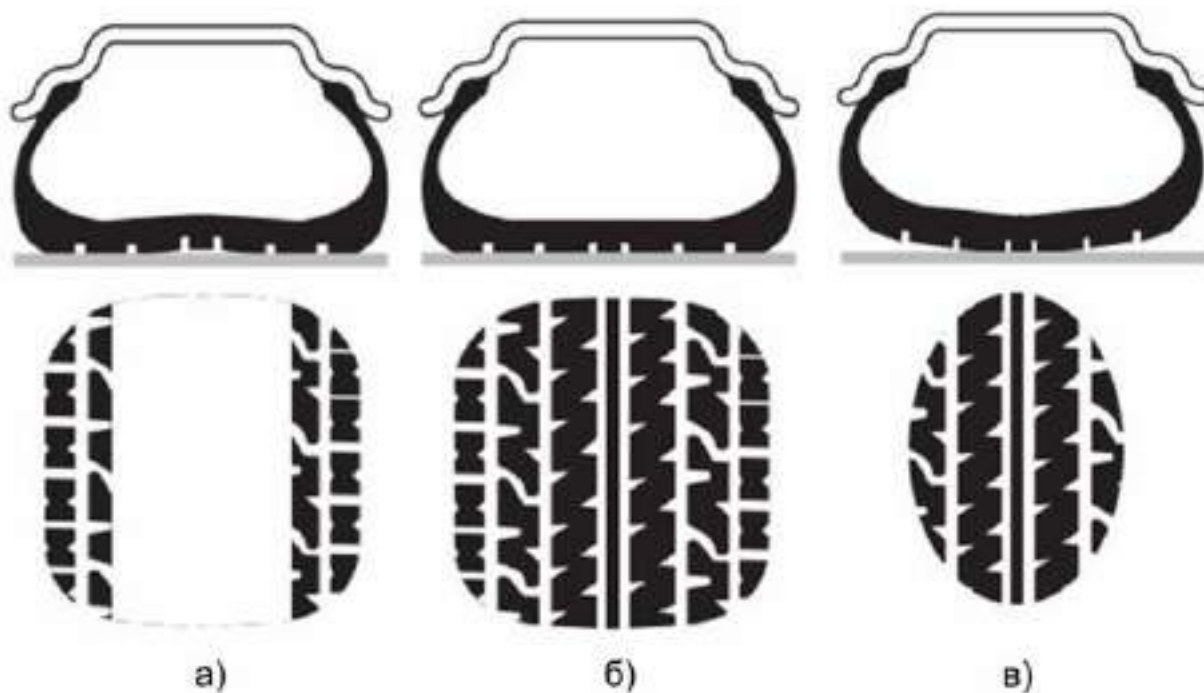


Рисунок 1.3 – Вплив рівня тиску в шині на її деформацію:
 а – тиск нижче рекомендованого; б – оптимальний тиск; в – тиск вище нормативного.

Однак вплив тиску не обмежується лише зносом шин і безпекою руху — він також суттєво впливає на витрати пального. При недостатньому тиску через деформації шини зростає опір коченню, що призводить до підвищення споживання пального. У протилежній ситуації, коли тиск перевищує норму, витрати пального зменшуються завдяки підвищеній жорсткості шини і, відповідно, зменшенню опору коченню.

За результатами аналізу проведених досліджень автор [9] визначив основні фактори, що спричиняють зміну тиску повітря в шинах під час експлуатації автотранспорту (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Основні причини відхилення тиску повітря в шинах під час експлуатації автомобіля

Рівень впливу кожної із зазначених причин на зміну тиску в шинах залежить від низки факторів.

Варіації температури обумовлені такими чинниками:

- температурними умовами експлуатації (зміна пори року, кліматичних зон, переїзд у регіони з іншими температурними показниками);
- коливаннями температур при в'їзді автомобіля у виробничі приміщення (зони технічного обслуговування, ремонту чи шиномонтажу), при цьому температурні зміни відбуваються поступово;
- ефектом гістерезисних втрат під час руху (поглинання енергії шиною призводить до її нагрівання. Це зменшує внутрішнє тертя в матеріалі, що позитивно позначається на рівні гістерезисних втрат у гумі, хоча в кордовому шарі вони можуть збільшуватись [8]).

Витік повітря дифузійний, залежить від наступних параметрів:

- рівня тиску — чим вище тиск усередині шини, тим інтенсивніший витік через різницю з атмосферним тиском;

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- конструкції шини (камерна або безкамерна), при цьому безкамерні шини демонструють меншу інтенсивність витоку;
- розміру шини — чим вона більша, тим більша площа для дифузії;
- складу гуми та її здатності пропускати газу;
- температурного режиму — зі зростанням температури збільшується швидкість дифузії повітря.

Втрата тиску через пошкодження шини залежать від:

- типу диска та його технічного стану.
- технічного стану шини та камери (якщо вона передбачена конструкцією);

Втрата тиску через несправний вентиль можуть бути спричинені:

- впливом низьких температур, що призводять до затвердіння ущільнювача клапана та зниження герметичності.
- зношуванням або пошкодженням вентиля;

Похибки при вимірюванні та регулюванні тиску виникають через:

- помилки, допущені виконавцем під час перевірки та підкачування.
- неточність манометра;

1.3 Вплив навантаження на шину.

Одним із ключових факторів, що впливають на зношування та експлуатаційний ресурс шин, є навантаження. Недовантаження сприяє збільшенню терміну служби, тоді як перевищення допустимого навантаження призводить до його значного скорочення. Зокрема, перевантаження шини всього на 10% може зменшити її строк експлуатації на 20% [9].

При надмірному навантаженні спостерігаються процеси, аналогічні тим, що виникають при підвищеному тиску в шині, впливаючи на міцність каркаса. Водночас ступінь деформації боковин і характер їхнього руйнування

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нагадують ті, що відбуваються при експлуатації шини із недостатнім тиском, але проявляються ще інтенсивніше через збільшене навантаження [9].

Це явище пояснюється зростанням напруги в нитках корду, посиленням нагріванням через деформацію (особливо у плечовій зоні шини) і нерівномірним розподілом питомого тиску в зоні контакту з дорогою. Спроба компенсувати перевантаження підвищенням тиску в шині не дасть бажаного ефекту, оскільки це лише збільшить навантаження на всі її структурні елементи. Особливо небезпечним цей ефект стає при русі нерівними дорогами, що може призвести до суттєвого скорочення терміну служби шини.

Навантаження на шини залежить від загальної маси транспортного засобу, рівномірності розподілу вантажу або пасажирів по його платформі, а також від недостатнього тиску в одній із шин у здвоєному колесі.

Згідно з результатами стендових випробувань, проведених Р.М. Устаровим, масове навантаження має суттєвий вплив на інтенсивність зносу шин. Крім того, збільшення навантаження на шини спричиняє підвищення потужності, що передається на ведучі колеса, що, у свою чергу, впливає на середні значення силових реакцій у зоні контакту шини з дорожнім покриттям [5].

На рисунку 1.5 [10] представлено, як зміна вагового навантаження позначається на експлуатаційному ресурсі шин у реальних умовах використання.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

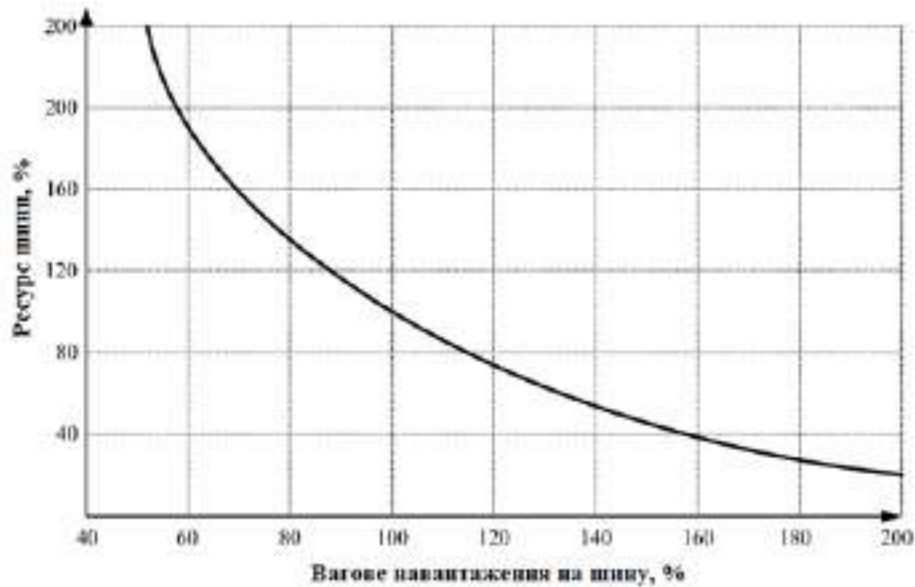


Рисунок 1.5 – Залежність ресурсу шини від навантаження в експлуатаційних умовах.

1.4 Вплив швидкості руху на ресурс шин.

Експлуатаційний ресурс шини значною мірою залежить від швидкості обертання колеса. Особливо різке скорочення терміну служби спостерігається при перевищенні граничних швидкостей, визначених виробником. Основною причиною цього явища є гістерезисні втрати, що виникають через збільшення кількості циклів навантаження на елементи шини за певний проміжок часу. Це призводить до підвищення робочої температури, що негативно позначається на міцності матеріалів шини. Додатково зростають динамічні навантаження при контакті з нерівностями, що може спричинити руйнування каркаса та вібрації окремих елементів профілю під час виходу шини із зони контакту [11].

Також варто зазначити, що рівень зносу шин на ведучих і ведених колесах змінюється нерівномірно зі збільшенням швидкості. Під час руху прямолінійною траєкторією знос ведучих коліс значно перевищує знос ведених. Це пояснюється зростанням тягового зусилля, яке діє на ведучі колеса під час прискорення [11].

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

1.5 Вплив технічного стану на ресурс шин.

Стан технічних елементів автомобіля часто стає основною причиною прискореного зносу шин. Серед ключових факторів, що впливають на цей процес, виділяють відхилення від нормативних значень кутів установки керованих коліс, а також перекис осей.

Невідповідність параметрів сходження і розвалу коліс призводить до підвищеного зносу протектора через виникнення додаткового прослизання елементів шини в зоні контакту з дорогою. Якщо передні колеса мають надмірне позитивне сходження, на зовнішніх частинах протектора формується односторонній пилкоподібний знос. У разі недостатнього сходження або розходження коліс аналогічний тип зносу спостерігається на внутрішніх доріжках протектора. Окрім негативного впливу на довговічність шин, такі відхилення сприяють збільшенню витрати пального в межах 0,5–1,5% [12].

Розвал коліс помітно впливає на інтенсивність зносу шин, особливо при значних відхиленнях від рекомендованих значень. В таких випадках на протекторі з'являється рівномірний односторонній знос без характерного пилкоподібного малюнка. Якщо кут розвалу налаштований неправильно, прискорене стирання спостерігається в плечовій зоні шини по всьому її периметру. Зокрема, надмірний знос внутрішньої плечової зони свідчить про наявність негативного розвалу [12].

Неправильне сходження передніх коліс спричиняє збільшення бічного ковзання, що призводить до інтенсивного стирання ґрунтозачепів протектора.

Крім цього, на знос шин впливає співвідношення кутів повороту. Це особливо актуально для транспортних засобів, які часто рухаються по закруглених ділянках доріг, наприклад у великих містах або в гірській

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

місцевості. Основною ознакою порушення цього параметра є вибірковий знос однієї з крайніх доріжок протектора, що найбільш помітно на шинах із дорожнім малюнком [13].

Перекус осей може виникати внаслідок деформації кузова або самих осей, зношування деталей, послаблення кріпильних елементів, пошкодження направляючого механізму підвіски чи поломки центрових болтів [10]. Через цей дефект автомобіль рухається під кутом до своєї передбачуваної траєкторії, що негативно впливає на стан шин.

У результаті перекосу на задніх колесах з'являється характерний пилкоподібний знос: на одній стороні автомобіля він формується у внутрішніх зонах протектора, тоді як на протилежній стороні – на зовнішніх [14].

1.6 Вплив неоднорідності коліс і дисбалансу на знос шин.

Однією з причин прискореного зносу шин, пов'язаних із технічним станом автомобіля, є нерівномірний розподіл маси. Це може бути наслідком конструктивних особливостей, виробничих допусків, похибок у виготовленні або неточностей під час монтажу окремих елементів. Виділяють три основні типи неоднорідності: геометричну, неоднорідність жорсткості та нерівномірність розподілу маси [14].

Геометрична неоднорідність проявляється у вигляді биття, тобто зміни відстані між певною точкою на ободі колеса та його віссю обертання. Виділяють два типи биття:

- радіальне, яке спостерігається у напрямку, перпендикулярному осі обертання;
- бічне, що виникає у паралельному напрямку.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Наявність таких відхилень може стати причиною локального зносу шини. Крім того, подібний ефект може спричинити биття гальмівного барабана.

Силова неоднорідність негативно впливає на довговічність шин, спричиняючи їх передчасне зношування. Зокрема, локальне стирання бігової доріжки може бути наслідком як конструктивної неоднорідності самої шини, так і биття гальмівного барабана.

Оцінювання нерівномірного розподілу маси колеса здійснюється шляхом визначення його неврівноваженості. Основним параметром, що характеризує цей показник, є дисбаланс — векторна величина, яка визначається як добуток неврівноваженої маси на її ексцентриситет.

Дисбаланс колеса може бути двох типів: статичний і динамічний.

Статичний дисбаланс являє собою суму всіх векторів неврівноважених мас, розташованих у площинах, перпендикулярних осі обертання колеса. Його фізичний сенс полягає в тому, що одна з радіальних відцентрових сил, які виникають під час обертання, не компенсується загальною сумою інших відцентрових сил. У процесі руху автомобіля ця сила змінює як напрямок, так і величину. При дії вгору вона сприяє підйому колеса над дорогою, а при дії вниз — додатково притискає його до покриття. Це призводить до нерівномірного зносу шин і підшипників. Інтенсивність цього ефекту зростає зі збільшенням швидкості руху. Причинами виникнення статичного дисбалансу можуть бути похибки під час виробництва шини, неточності при її встановленні, а також місцевий ремонт, що порушує рівномірність маси.

Динамічний дисбаланс визначається як момент, що дорівнює геометричній сумі моментів усіх дисбалансів колеса відносно його центру мас. Простіше кажучи, через несиметричне розташування відцентрових сил відносно осі обертання утворюється момент, який змушує колесо відхилятися від своєї початкової площини обертання [10–11].

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Динамічний дисбаланс спричиняє прискорений знос підшипників коліс, шарнірів рульового механізму та самих шин. Під час динамічного балансування усувається як статична, так і динамічна неврівноваженість колеса одночасно.

У правильно відбалансованих колесах дисбаланс починає поступово збільшуватися після пробігу приблизно 10 тис. км, проте згодом цей процес стабілізується завдяки наявності негативного зворотного зв'язку [15].

1.7 Вплив дорожніх і кліматичних умов на знос шин.

Стан дорожнього покриття відіграє важливу роль у формуванні терміну служби шин. На швидкість їх зносу впливають тип і якість дорожнього полотна, характеристики поздовжнього та поперечного профілю дороги, а також радіуси поворотів і частота їхнього проходження.

Наявність нерівностей на дорозі створює додаткові динамічні навантаження на каркас шин, що може призводити до їх перегріву та структурних пошкоджень. Збільшення опуклості дорожнього полотна викликає перерозподіл ваги в поперечному напрямку, що також впливає на рівномірність зношування.

Підйоми, спуски та звивисті ділянки дороги сприяють підвищеному зносу шин через зміну навантаження на осі, дію бічних сил у поворотах, а також часті прискорення та гальмування, які супроводжують такі умови руху [15].

Збільшення шорсткості дорожнього покриття призводить до прискореного зношування шин. Також підвищена опуклість дороги спричиняє нерівномірний розподіл навантаження, що негативно впливає на рівномірність зносу. При русі гірськими маршрутами термін експлуатації шин скорочується на 15–20%, а наявність вибоїн і пошкоджень дорожнього полотна зменшує їх ресурс на 10–15% [14].

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умови дорожнього покриття також значно впливають на довговічність шин. Порівняно з асфальтобетонними дорогами, на гравійно-щебених поверхнях термін служби шин зменшується приблизно на 25%, а на кам'янистих або сильно пошкоджених дорогах цей показник може знижуватися до 50% [11].

Дорожні умови можуть суттєво відрізнятися залежно від регіону, зокрема за характеристиками поздовжнього профілю, станом покриття та іншими параметрами. Однак для конкретного автотранспортного підприємства умови експлуатації транспортних засобів зазвичай змінюються в досить обмежених межах.

З огляду на це, дорожні умови доцільно розглядати як фонові фактори, а їхні характеристики не включати безпосередньо до моделі. Водночас їхній вплив на зносостійкість шин враховується у математичних моделях разом з іншими фоновими параметрами через вільний член рівняння [14].

Кліматичні умови відіграють важливу роль у процесі зношування шин. До основних факторів, що впливають на їхній ресурс, належать температура навколишнього середовища, атмосферний тиск, рівень вологості повітря тощо.

Збільшення температури зовнішнього повітря спричиняє зміну нагріву шин, що, у свою чергу, впливає на еластичність гумових матеріалів. Підвищення температури також знижує герметичність шин через посилення дифузії повітря крізь стінки камери. В літній період процес зношування шин відбувається значно швидше, ніж узимку. Так, на твердому дорожньому покритті в холодну пору року інтенсивність зносу шин зменшується приблизно на 25–30% порівняно з літнім сезоном. Однак низькі температури можуть спричинити передчасне пошкодження шин через втрату еластичності гуми та появу її крихкості [10, 16].

Оптимальним температурним режимом для експлуатації шин вважається діапазон 70–75 °С [16]. Якщо температура підвищується до 100 °С,

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

міцність зчеплення гуми з кордом і її зносостійкість зменшуються у 1,5–2 рази. Температура 120 °С вже є небезпечною, а перевищення цього порога вважається критичним. У морозних умовах, коли температура опускається нижче –40 °С, непрогріті шини, виготовлені з неморозостійкої гуми, можуть тріскатися при різких маневрах або ударах.

Підвищена вологість повітря прискорює процес старіння матеріалів, з яких виготовлені шини, аналогічно до інших гумотехнічних виробів. У результаті цього гума втрачає еластичність і пружність, а на її поверхні можуть з'являтися тріщини.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТИСКУ В ШИНАХ

2.1 Огляд існуючих систем контролю тиску в шинах на підприємствах.

Як уже зазначалося, тиск у шинах є одним із ключових факторів, що впливають на їхній знос, проте йому часто не приділяється належної уваги. Це пояснюється відсутністю обов'язкових нормативних вимог щодо регулярного контролю цього параметра.

На сьогодні впроваджено різні системи моніторингу тиску повітря в шинах, які дозволяють своєчасно виявляти відхилення від норми. У таблиці 2.1 наведено перелік таких систем із їхніми характеристиками [4].

Таблиця 2.1 – Перелік систем контролю тиску в шинах.

Термін виконання	Працівник	Інструмент	Документ контролю
ТО-1	Слюсар	Манометр повітря-розподільчої колонки	Положення про ремонт і технічне обслуговування
Кожен день	Механік	Візуально	
Кожен день	Водій	Візуально	
Раз в тиждень	Водій	Манометр ручний	Правила технічної експлуатації
Раз в місяць	Механік	Манометр ручний	

На більшості підприємств контроль тиску в шинах здійснюється в спрощеному форматі — переважно шляхом візуального огляду. Використання ручного манометра також має свої недоліки, зокрема ризик «залипання» золотника, що може призвести до неконтрольованого стравлювання повітря. Особливо ця проблема актуальна в холодну пору

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

року, коли повернути золотник у робочий стан без його демонтажу практично неможливо. У зв'язку з цим перевірка тиску здебільшого обмежується візуальним контролем, а підкачування шин проводиться не частіше одного разу на місяць.

Основний недолік такого підходу полягає у неможливості точно оцінити фактичний тиск у шині. Згідно з дослідженнями компанії Michelin щодо шин легкових автомобілів [4], зниження тиску на 0,5 бар практично не помітне візуально. При падінні тиску на 1 бар стає видно незначну деформацію боковини, а при зниженні на 1,5–2 бари деформація стає значною і легко помітною.

Тиск у шинах змінюється під впливом кількох факторів, серед яких дифузія повітря, температурні коливання, зміни атмосферного тиску та механічні пошкодження як самої шини, так і диска.

Згідно з даними [15], у легкових автомобілях протягом 30 днів тиск у шинах може знизитися з 2 до 1,5 бар, а за 60 днів – до 1 бар. Для вантажного транспорту цей показник дещо вищий: за місяць тиск може впасти на 1,5–2 бар через більшу площу дифузії та вищий початковий рівень тиску.

Коливання температури та зміни атмосферного тиску впливають на внутрішній тиск у шинах у короткостроковій перспективі та залежать від умов експлуатації. Однак механічні пошкодження, які залишаються непомітними під час руху, становлять серйозну небезпеку, оскільки можуть призвести до аварійних ситуацій.

2.2 Огляд систем контролю тиску в шинах на маршрутах.

Небезпечні фактори, що впливають на безпеку руху та економічність експлуатації транспорту, можуть бути ефективно усунені завдяки використанню систем моніторингу тиску в шинах (англ. Tire Pressure Monitoring System, «TPMS»).

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця технологія дозволяє віддалено контролювати тиск і температуру повітря в шинах у режимі реального часу. Завдяки оперативному вимірюванню та сповіщенню водія про критичні зміни параметрів система допомагає запобігти аваріям, спричиненим пошкодженням шин, надмірному зносу через відхилення від нормативного тиску, а також зменшити перевитрату пального, викликану недостатнім тиском у шинах [17].

Масове впровадження систем «TPMS» у легкових автомобілях розпочалося після ухвалення законодавчого акта TREAD (Transportation Recall Enhancement, Accountability, and Documentation), затвердженого Конгресом США в листопаді 2000 року. Відповідно до цього акта, автомобілі повинні бути оснащені системою, яка контролює тиск у шинах і повідомляє водія у разі значного зниження тиску в одній або декількох шинах [17].

На сьогодні в США діє федеральний стандарт Federal Motor Vehicle Safety Standard (FMVSS) №138, розроблений *Національною адміністрацією безпеки дорожнього руху «NHTSA», який зобов'язує виробників оснащувати нові автомобілі системами «TPMS» [17].

Перша редакція правил «NHTSA Final Rule», ухвалена 5 липня 2002 року, регламентувала моніторинг стану шин, зокрема виявлення зниження тиску більш ніж на 25% у всіх шинах або понад 30% в одній шині. У таких випадках система повинна була попереджати водія про проблему протягом 10 хвилин. Автовиробникам дозволялося використовувати як прямі, так і непрямі методи контролю тиску в шинах. Впровадження цих норм відбувалося поетапно з 31 жовтня 2003 року до 1 листопада 2006 року.

У квітні 2004 року правила «NHTSA Final Rule» були переглянуті, і нова редакція передбачала обов'язковий моніторинг тиску в будь-якій шині при його зниженні більш ніж на 25%. Водій мав отримувати попереджувальний сигнал протягом 20 хвилин, а система повинна була містити індикатор стану з додатковим аварійним сигналом. Крім того, вимагалось використання виключно прямого методу вимірювання тиску.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Контроль тиску здійснюється на швидкостях у діапазоні 50–100 км/год. Впровадження нових вимог відбувалося поступово: починаючи з 5 жовтня 2005 року та завершуючись 31 серпня 2007 року. Таким чином, усі автомобілі, вироблені в США після серпня 2007 року, повинні бути оснащені системою «TPMS» [17].

Паралельно з розробкою американських стандартів було створено документ SAE J2567, первинна версія якого вийшла в грудні 2004 року. Пізніше, у березні 2006 року, був опублікований міжнародний стандарт ISO/FDIS 21750. Обидва ці документи базуються на основних вимогах FMVSS №138, але мають розширені специфікації щодо «TPMS». Наприклад, вони дозволяють використовувати як прямі, так і непрямі системи контролю тиску в шинах.

Стандарт SAE J2567 в загальному відповідає вимогам FMVSS №138, однак у ньому не встановлено конкретного відсоткового порога зниження тиску, при якому шина вважається недостатньо накачаною. Пристрій має подавати сигнал попередження протягом 10 хвилин після виявлення проблеми, а мінімальна швидкість роботи системи визначена на рівні 24 км/год [17].

Стандарт ISO/FDIS 21750 є найбільш детальним щодо специфікацій «TPMS». Він передбачає точність вимірювання на рівні 2% від повної шкали в температурному діапазоні від 0 до 70 °С. Також встановлені вимоги до мінімального терміну служби системи — щонайменше 6 років або 100 000 км пробігу. Додатково допускається можливість моніторингу запасного колеса. На відміну від інших стандартів, ISO/FDIS 21750 не містить вимог до виявлення обертання колеса, однак передбачає тестування на швидкостях понад 25 км/год. Попереджувальний сигнал про недостатній тиск має подаватися протягом 3 хвилин, а повідомлення про можливий збій — протягом 10 хвилин [17].

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Системи «TPMS» також повинні відповідати вимогам *Федеральної комісії зі зв'язку «FCC» у США та Європейського інституту телекомунікаційних стандартів «ETSI» в Європі.

Для роботи «TPMS» і систем дистанційного безключового доступу (RKE – Remote Keyless Entry) використовуються неліцензовані радіочастотні діапазони ISM у межах 315–434 МГц та 868–930 МГц. Якщо система «TPMS» поєднується з приймачем RKE, у США вона зазвичай працює на частоті ISM 315 МГц, а в Європі – на ISM 434 МГц [17].

На сьогоднішній день використовуються два основних типи систем моніторингу тиску в шинах: прямого (Direct measured) та непрямого (Indirect) вимірювання.

Система прямого контролю здійснює безпосереднє вимірювання тиску та температури в шинах за допомогою спеціальних датчиків, які передають отримані дані на приймач.

Система непрямого контролю визначає відхилення тиску на основі аналізу швидкості обертання коліс: якщо одне з коліс обертається швидше за інші, це може свідчити про зниження тиску в шині.

Різновиди систем моніторингу тиску представлені на рисунку 2.1.

Принцип роботи будь-якої системи моніторингу тиску в шинах доволі простий. Датчики періодично вимірюють тиск у шинах, після чого отримані дані передаються до блоку управління через радіоканал. У блоці управління інформація аналізується шляхом порівняння з нормативними показниками. У разі проколу або різкого зниження тиску частота вимірювань автоматично збільшується, а система сповіщає водія про проблему.

Стандартна комплектація системи «TPMS». Типова система моніторингу тиску в шинах (TPMS) включає такі основні компоненти:

- 1) Чотири колісні модулі, які виконують вимірювання тиску та містять:
 - датчик температури;
 - датчик тиску;

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- блок формування сигналу та ідентифікації шин;
- антену;
- передавач радіосигналу;
- батарею живлення.
- кварцовий резонатор;

2) Приймач (ресивер), розташований на приладовій панелі.

3) Блок обробки сигналу, який аналізує отримані дані та відображає їх на панелі приладів.

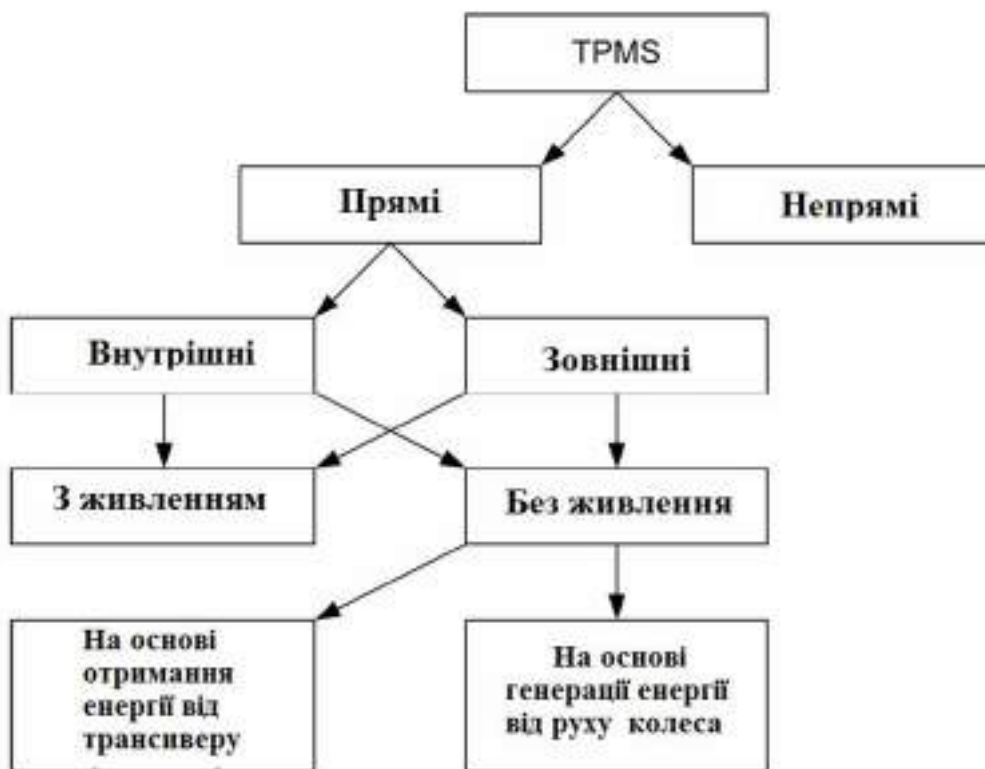


Рисунок 2.1 – Різновиди систем моніторингу тиску

Системи з прямим вимірюванням оснащені датчиками, встановленими всередині шин, які фіксують тиск і температуру газу. Передача даних здійснюється через високочастотний радіосигнал, що надходить у приймач. Ресивер може бути інтегрований у блок обробки сигналу на приладовій панелі або розташовуватися окремо. Аналізуючи отриману інформацію, система повідомляє водія про поточний стан тиску в шинах.

Непряма система контролю тиску визначає рівень накачування шин, використовуючи дані системи ABS, зокрема сигнали від датчиків швидкості обертання коліс і акселерометрів. Принцип її роботи полягає в тому, що при зниженні тиску в шині її радіус зменшується, через що колесо починає обертатися швидше за інші. Відстежуючи ці відмінності у швидкості, система фіксує відхилення і передає сигнал попередження водієві. Однак цей метод є складним у реалізації та вимагає періодичного калібрування.

Основною перевагою непрямої системи є її низька вартість, оскільки вона не потребує використання батарейних датчиків та радіопередавачів. Водночас вона має суттєві обмеження:

- не здатна визначати тиск у шинах перед початком руху;
- неефективна для спарених коліс;
- має обмеження щодо швидкості та траєкторії руху;
- не забезпечує точність абсолютних вимірювань;
- не може ідентифікувати конкретне колесо зі зниженим тиском;
- неспроможна виявляти поступове падіння тиску;
- фіксує лише значне зниження тиску (понад 30%) [4, 5].

Прямі системи моніторингу поділяються на два типи: зовнішні і внутрішні. Внутрішні модулі закріплюються на ободі або всередині шини (рис. 2.2), тоді як зовнішні встановлюються шляхом нагвинчування на ніпель колеса (рис. 2.3).

Внутрішні датчики замінують стандартні ніпелі, розташовуючись безпосередньо всередині шини. Це забезпечує їхній захист від впливу навколишнього середовища та можливих механічних пошкоджень. Однак такий тип датчиків потребує шиномонтажу під час встановлення, що може бути незручним. Зважаючи на те, що ресурс елемента живлення таких пристроїв становить 5–10 років, після початкового монтажу подальшу заміну батареї можна здійснювати під час заміни шин.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Внутрішні датчики



Рисунок 2.2– Система контролю тиску з використанням внутрішніх датчиків.

На відміну від внутрішніх, зовнішні датчики встановлюються безпосередньо на стандартний ніпель колеса, що усуває потребу в додатковому шиномонтажі. Це значно спрощує процес встановлення та дає змогу швидко переустановлювати систему на різні транспортні засоби.

Такий підхід дозволяє, наприклад, знімати датчики з автомобіля, який перебуває в простой, та використовувати їх на іншому, що виходить на маршрут. Проте головний недолік зовнішніх датчиків полягає у їхній вразливості до впливу навколишнього середовища, що може зменшувати їхню довговічність [17].

Використання датчиків тиску в шинах на вантажному транспорті та автобусах може ускладнюватися через значну довжину таких транспортних засобів. У подібних випадках сигнал від датчиків може бути частково втрачений або не досягати приймача.

Для вирішення цієї проблеми застосовують ретранслятори-підсилювачі сигналу (репітери), які виконують роль проміжної ланки між датчиками та

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймальним блоком. Це дозволяє мінімізувати ризик втрати сигналу та забезпечити стабільність передачі даних.



Рисунок 2.3 – Система контролю тиску з використанням зовнішніх датчиків.

Ефективне енергозбереження є важливим аспектом роботи «TPMS», оскільки стандартні батареї в колісних модулях не передбачають заміни протягом 5–10 років. Для продовження терміну служби елемента живлення система використовує спеціальні механізми економії енергії.

Принцип роботи такої системи полягає в тому, що датчики переходять у режим очікування при відсутності руху та активуються під час руху транспортного засобу. Крім того, передбачені різні інтервали вимірювання тиску: під час звичайного руху зчитування даних може здійснюватися раз на 45 секунд (залежно від виробника), тоді як при різкому падінні тиску інтервал скорочується до 15 секунд.

Однак ресурс батареї все ж обмежений, тому розглядається концепція безбатарейних колісних модулів «TPMS». Вона передбачає два основних підходи:

- отримання енергії від руху самого колеса.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- живлення датчика за допомогою зовнішнього джерела енергії;

Попри свою перспективність, такі технології поки що є дорожчими у виробництві порівняно з традиційними батарейними модулями. Водночас безбатарейні пристрої мають менші розміри та вагу, що теоретично може покращити їхню довговічність і надійність [17].

2.3 Характеристики рухомого складу та його шин.

Автотранспортні підприємства України експлуатують рухомий склад різних марок, причому для кожної моделі автобуса підбирається не тільки відповідний розмір шин, а й певний їх виробник. Первинне постачання шин здійснюється разом із транспортним засобом, коли він ще не відпрацював свій ресурс. Надалі закупівля шин, як правило, орієнтується на одну найбільш поширену марку, що використовується на підприємстві.

Зважаючи на це, доцільно проводити дослідження, зосереджуючись на найбільш численній групі автобусів і шин одного виробника. Наразі найпоширенішими моделями автобусів є Hyundai USL і BH-120 Daewoo, а серед шин найбільш популярні Continental HSR2 (всесезонні) розміром 295/80 R22.5 152M.

У межах цієї дипломної роботи розглядаються автобуси, які експлуатуються з шинами Continental HSR2. Інформація про пробіг, рік випуску та склад рухомого парку наведена в таблицях 2.1 і 2.2, а основні технічні характеристики – у таблиці 2.3.

Аналіз даних із таблиці 2.3 показує, що маса автобусів та навантаження на осі у досліджуваних моделях мають незначні відмінності. Зважаючи на те, що BH-120 Daewoo має меншу пасажиромісткість, при повному завантаженні різниця у загальній масі між цими автобусами стає ще менш суттєвою.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Інформація по автобусам Hyundai.

№	Рік виробництва	Пробіг, км	№	Рік виробництва	Пробіг, км
1	2012	108359	11	2011	683312
2		121524	12	2009	739138
3		118201	13		699987
4		175041	14	2008	767882
5		123398	15	2009	756910
6		228569	16		835724
7		181189	17		800806
8		481077	18		951737
9		249605	19		916885
10		234145	20	2012	861964

Таблиця 2.2 – Інформація по автобусам ВН-120 Daewoo.

№	Рік виробництва	Пробіг, км	№	Рік виробництва	Пробіг, км
1	2013	200 288	6	2011	436 493
2		158 270	7	2012	388 138
3		186 031	8	2011	428 567
4		180 217	9		396 694
5		162 846	10		388 979

У рамках дипломної роботи було обрано шини Continental HSR2, основні технічні параметри яких наведені в таблиці 2.4, а зовнішній вигляд на рисунку 2.4.

Таблиця 2.3 – Вагові характеристики автобусів

Характеристика	BH-120 Daewoo	Hyundai USL
Вага на задній міст, кг	7300	7718
Вага на передній міст, кг	4870	4227
Повна вага, кг	12170	11975
Кількість місць	44	45

Таблиця 2.4 – Характеристики шин Continental HSR2

№	Параметр	Величина
1	Тип шини	Радіальна все сезонна
2	Ширина	295 мм
3	Діаметр	R22,5
4	Профіль	80%
5	Індекс навантаження	152 (3550 кг)
6	Індекс швидкості	M (130 км/год)
7	Вага	63,2 кг
8	Нормативний тиск, бар	8,5



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд шини Continental HSR2

					КВРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Аналіз звітних даних щодо експлуатації 621 шин цього виробника [19] показав, що значна частина має нерівномірний знос (різниця у зносі плечових зон та центральної частини протектора). Така проблема була зафіксована у 57% випадків (рисунок 2.5).

Лише 30% шин зносилися рівномірно, тоді як інші пошкодження та дефекти розподілилися наступним чином [19]:

- знос до корду – 0,3%;
- бічна грижа – 0,6%;
- відшарування протектора від корду – 7,2% - бічний порив – 0,6%;
- бічний знос – 0,6%;

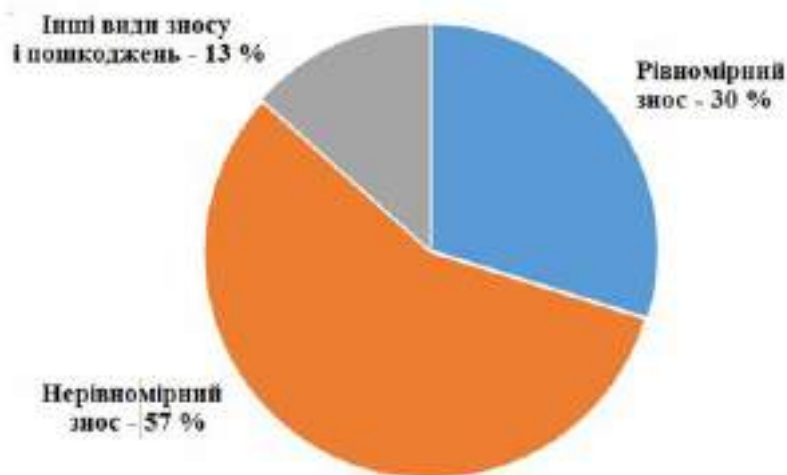


Рисунок 2.5 – Розподіл зносу в шинах в кінці експлуатації

На рисунку 2.6 наведено гістограму емпіричного розподілу ресурсу шин серед досліджуваної вибірки (621 шина). Для аналізу загальна сукупність була поділена на 11 інтервалів, кожен із яких має довжину 15127 км.

Як показує рисунок 2.6, найбільша кількість відмов шин спостерігається в інтервалі із середнім пробігом 145000 км, тоді як середнє значення ресурсу для всієї вибірки становить 153387 км.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

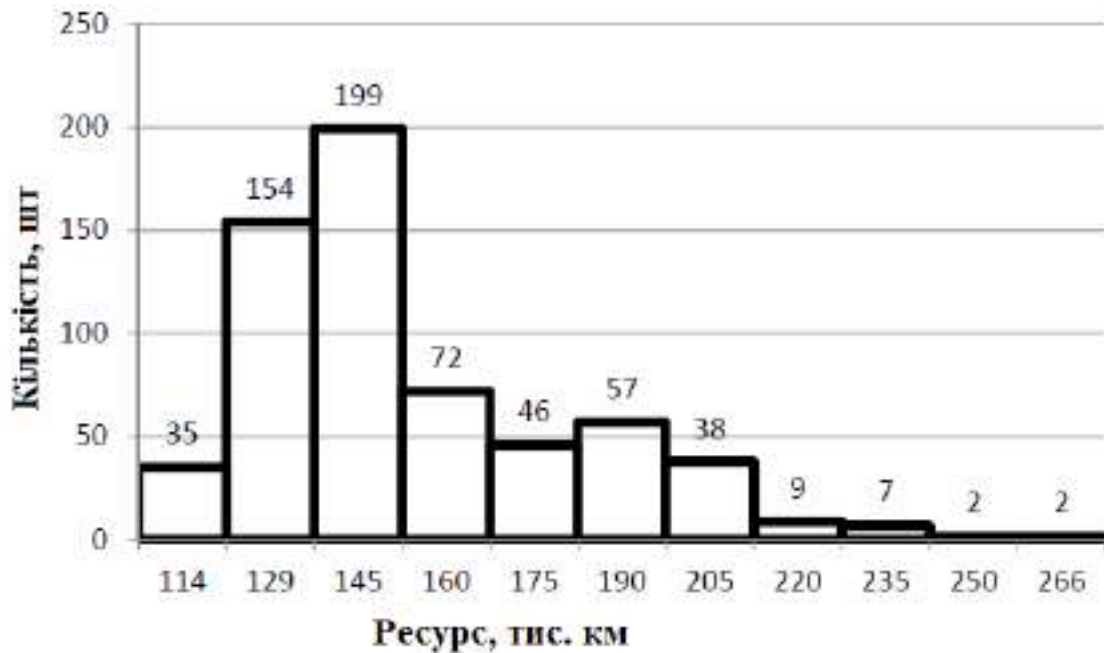


Рисунок 2.6 – Емпіричний розподіл ресурсу дослідних шин.

Виконання статистичної оцінки 621 шини є досить складним процесом, тому скористаємось визначенням вибірки за непараметричним методом:

$$N = \frac{\ln(1-\gamma)}{\ln(P(L))} = \frac{\ln(1-0,9)}{0,9} \approx 27, \quad (2.1)$$

де $P(L)$ - необхідна величина ймовірності безвідмовної роботи на протязі деякого напрацювання, γ - ймовірність довірча.

Використовуючи параметричний метод для визначення обсягу вибірки та припускаючи, що відмови шин підпорядковуються закону розподілу «Вейбулла-Гнеденко», із заданими параметрами:

- критерій Пірсона – 43,188,
- коефіцієнт варіації – 0,088,
- допустима відносна похибка – 0,027,
- параметр форми – 12,1537,
- довірча ймовірність – 0,9,

отримуємо наступний результат:

$$N = \frac{\chi^2[\delta + 1]^b}{2} = \frac{43,188[0,027 + 1]^{12,1537}}{2} = 30.$$

Таким чином, для оцінки характеристик генеральної сукупності мінімальний необхідний обсяг вибірки становить 30 автобусів.

Для аналізу закономірностей розподілу випадкових величин і надійності шин була проведена статистична обробка ряду варіаційного, що відображає напрацювання шин до моменту відмови. У процесі аналізу було підтверджено, що розподіл випадкових величин підпорядковується закону «Вейбулла-Гнеденко», оскільки $\chi_{rozr}^2 = 8,5 < \chi_{tabl}^2 = 9,4$ значення 8,5 менше за 9,4, при ступенях свободи = 3 та рівні значущості 0,05.

На рисунку 2.7 представлено отриману теоретичну ймовірність безвідмовної роботи шини, що відповідає закону «Вейбулла-Гнеденко».

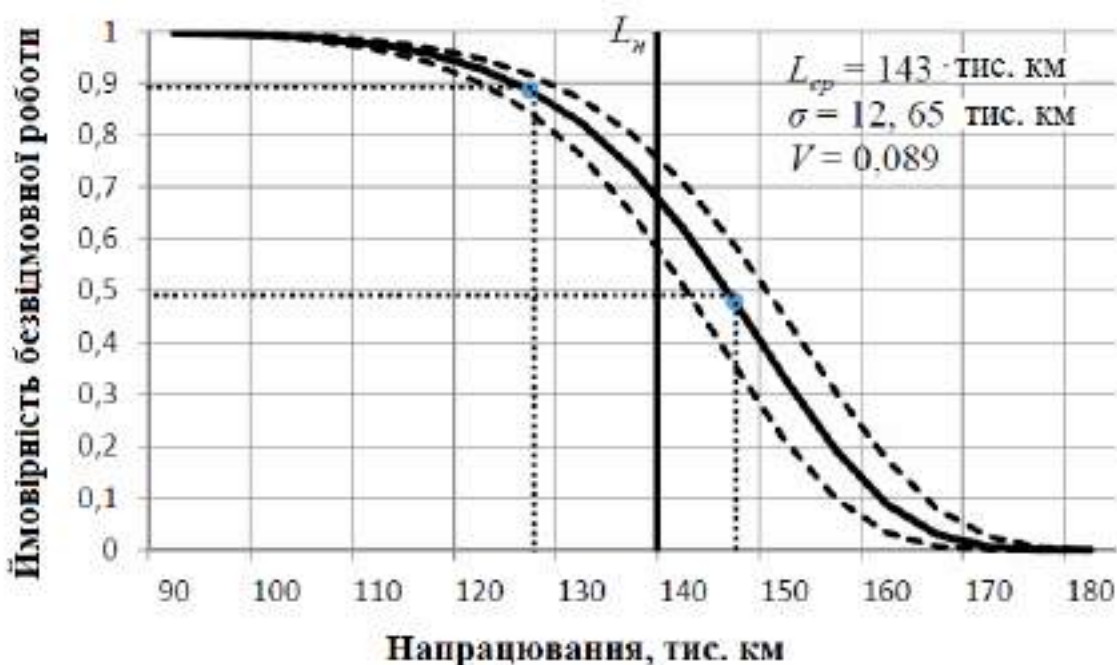


Рисунок 2.7 – Залежність ймовірності безвідмовної роботи шини від напрацювання.

Крім того, на основі звітних даних був проведений аналіз залишкової глибини протектора шин на момент їх списання. Отримані результати свідчать про те, що середня залишкова глибина протектора становила 2,17 мм, тоді як ліва і права плечові зони мали показники 1,98 мм та 2,08 мм відповідно. Це вказує на більш інтенсивне зношування плечової зони, що може бути наслідком експлуатації шин із низьким внутрішнім тиском.

З метою подальшого дослідження цього явища було зібрано статистичні дані щодо внутрішнього тиску в шинах, з яким експлуатуються автобуси на різних етапах їхнього напрацювання. На рисунку 2.8 зображено гістограму розподілу внутрішнього тиску повітря в шинах.

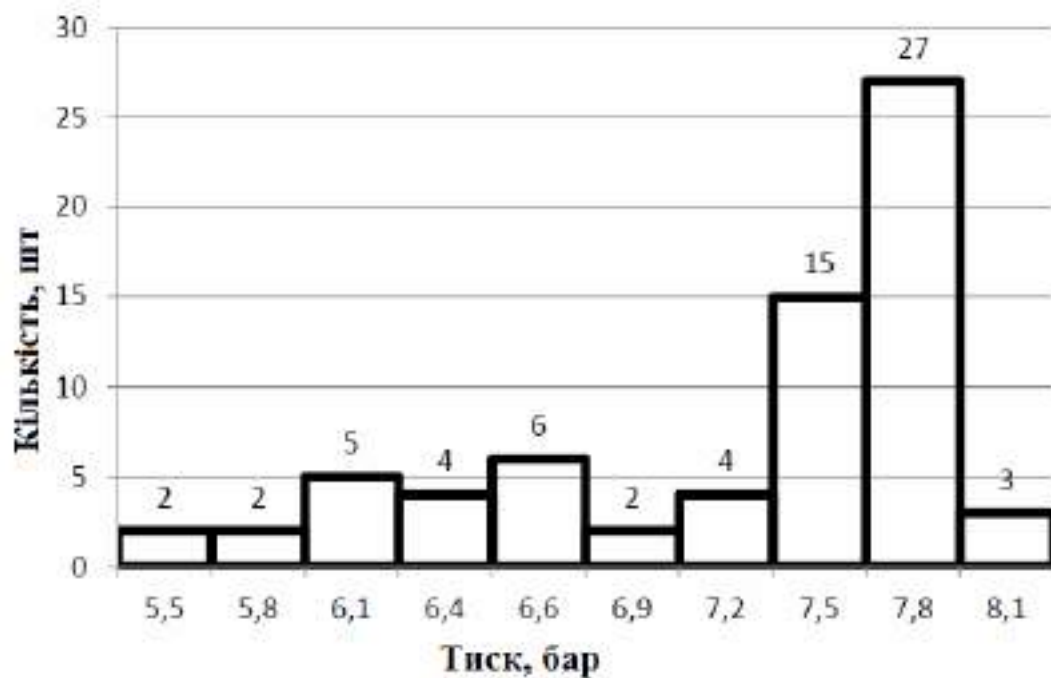


Рисунок 2.8 – Вигляд емпіричного розподілу тиску в автомобільних шинах.

У ході дослідження було перевірено 70 шин, середній тиск у яких склав 7,47 бар, що на 12,13% нижче за нормативний показник (8,5 бар). При цьому лише дві шини відповідали встановленим нормативним вимогам.

Подібна ситуація пояснюється тим, що візуальний контроль не забезпечує точного визначення фактичного тиску в шинах [3]. Вимірювання

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за допомогою манометра проводиться під час кожного ТО-2, однак, як зазначено у [16], цього недостатньо для підтримання нормативного рівня тиску при використанні атмосферного повітря для накачування шин.

2.4 Аналіз методів оцінки ресурсу шин.

Для визначення швидкості зношування протектора необхідно обрати найбільш підходящий метод вимірювання. Наразі існує широкий спектр підходів до оцінки залишкової глибини протектора, зокрема:

- вимірювання залишкової глибини глибиноміром.
- ваговий метод;
- метод із використанням радіоактивних ізотопів;
- застосування індикаторів зносу в шині;
- визначення зносу за допомогою фарби;
- метод штучних баз;

Радіоактивний метод є одним із найточніших способів вимірювання зносу. Перед проведенням випробувань під поверхню протектора вводяться точкові радіоактивні джерела. У процесі зношування шини глибина їхнього залягання зменшується, що призводить до збільшення інтенсивності випромінювання, яке реєструється на поверхні протектора. Вимірювальні прилади фіксують ці зміни, дозволяючи точно визначити рівень зносу. Похибка такого методу становить 0,01–0,02 мм [5].

Один із варіантів радіоактивного методу визначення зносу шин вперше був застосований у США [20]. Його суть полягала у введенні радіоактивного ізотопу Р у протектор під час виробництва шини. Оцінка зносу здійснювалася за рівнем радіоактивності сліду, який залишала шина на дорожньому покритті. Цей метод дозволяв якісно аналізувати вплив різних факторів на процес зношування, однак не давав можливості провести кількісну оцінку ступеня зносу [21].

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У Чехії було розроблено альтернативний підхід, який базується на здатності гуми поглинати радіоактивне випромінювання. У цьому методі гумові шайби з ізотопом йодид талію-204 розміщувалися у спеціальні надрізи, зроблені в малюнку протектора. У міру зношування шини товщина поглинаючого гумового шару зменшувалася, що спричиняло зміну інтенсивності випромінювання.

Оскільки характеристики матеріалу гуми є відомими, шляхом аналізу зміни кількості імпульсів можна було з високою точністю оцінити зменшення товщини шару, а відповідно й рівень зносу протектора. Цей метод дозволяв визначати знос у конкретній точці з похибкою 0,01–0,02 мм.

Головними недоліками цього способу є його технічна складність і невисока надійність, що ускладнює його практичне застосування.

В Україні був розроблений удосконалений метод оцінки зносу шин, який усуває недоліки попередніх підходів [7].

У цьому методі використовуються радіоактивні джерела випромінювання, створені на основі талію, у вигляді металевого дроту діаметром 0,3 мм. Вони вводяться спеціальним пристроєм у різні зони протектора на глибину 1,5 мм.

Вимірювання інтенсивності проникаючого випромінювання дозволяє оцінити ступінь зношування гумового шару над джерелом. Коли глибина зносу досягає 1 мм, джерело вилучається, а новий елемент встановлюється в іншу шашку протектора [7].

Методи, засновані на застосуванні радіоактивних речовин, хоча й забезпечують високу точність вимірювань, не отримали широкого використання на автотранспортних підприємствах. Це пояснюється необхідністю дотримання спеціальних правил роботи з радіоактивними матеріалами, складністю методики та громіздкістю обладнання. Крім того, процес проведення вимірювань є трудомістким і потребує значних ресурсів.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У зв'язку з цим доцільність застосування такого підходу обмежується спеціалізованими лабораторіями.

Ваговий метод широко застосовується у випадках, коли необхідно отримати точні дані щодо зносу шин. Він значно простіший у реалізації порівняно з радіоактивними методами, проте забезпечує подібний рівень точності. Точність вимірювань у цьому випадку визначається характеристиками вагового обладнання.

Суть методу полягає у зважуванні шини до та після експлуатаційних випробувань. Перед цим необхідно ретельно очистити шину від забруднень і висушити, щоб отримані результати були максимально достовірними [7]. Незважаючи на простоту реалізації, підготовчий етап є досить трудомістким, що робить цей метод більш придатним для використання в умовах спеціалізованих лабораторій.

Ще один метод оцінки зносу розроблений автором [8] передбачає використання спеціальних пластин, закріплених на протекторі. Принципова схема цього підходу зображена на рисунку 2.9.

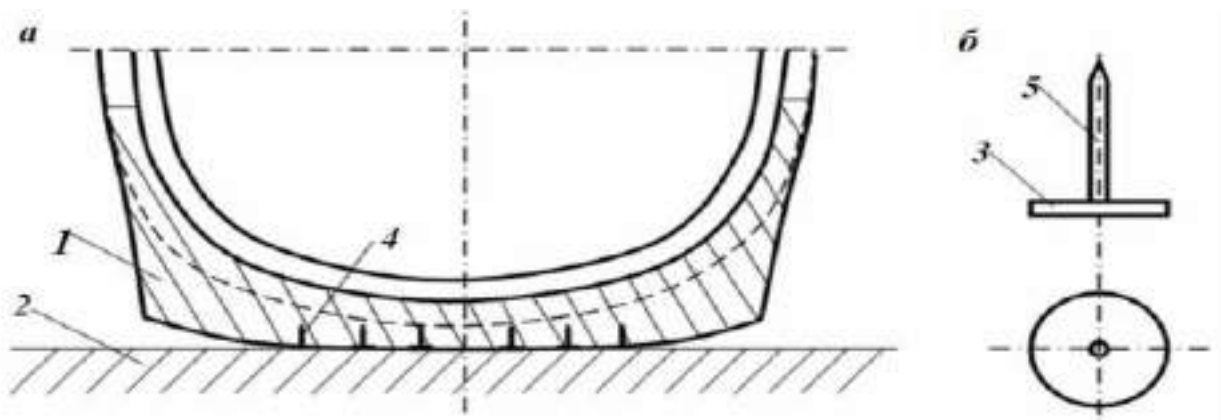


Рисунок 2.9 – Визначення величини зносу шини за допомогою укріплених вставок:

а – розташування вставок; б – конструкція вставки.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

У протектор шини (1) вбудовуються спеціальні вставки (4), що містять пластину (3), яка контактує з дорожнім покриттям (2). Під час руху транспортного засобу пластини, закріплені на протекторі за допомогою загострених штирів (5), поступово стираються.

Ступінь зносу вставок відповідає рівню зносу відповідних зон шини. Через кілька тисяч кілометрів експлуатації вставки вилучаються (наприклад, за допомогою кусачок) для подальшого аналізу. Оцінка зношування може проводитися шляхом зважування вставок або вимірюванням їхньої товщини [6].

Метод нарізання баз, також відомий як метод контактний, передбачає створення на поверхні шини спеціальних циліндричних поглиблень у канавках протектора. Ці штучні бази слугують контрольними точками, відносно яких у лабораторних умовах здійснюється вимірювання глибини протектора за допомогою спеціального обладнання [6].

Метод оцінки ступеня зношування шини з використанням фарби полягає в нанесенні на бігову доріжку шини спеціальних фарбованих міток діаметром 6 мм. Інтенсивність зносу протектора визначають за ступенем стирання цих позначок у процесі експлуатації.

До основних недоліків цього методу належать:

- необхідність попереднього фарбування та висушування шин у лабораторних умовах;
- складність точного визначення ступеня стирання фарби через неможливість оцінки товщини її шару [7].

Метод оцінки ступеня зношування шини за допомогою глибиноміра є одним із найбільш поширених завдяки мінімальним підготовчим операціям і високій швидкості вимірювань. Він передбачає визначення висоти протектора шляхом порівняння його рівня з глибиною канавок у певних контрольних точках.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей метод не потребує попередньої підготовки шин, а сам вимірювальний інструмент є простим у використанні. Замість глибиноміра можна застосовувати штангенциркуль, хоча в такому разі похибка вимірювань становитиме приблизно 0,4 мм.

До недоліків цього способу можна віднести:

- складність точної установки інструмента, оскільки його необхідно розташовувати перпендикулярно до поверхні шини [7].

- відносно невисоку точність, зумовлену відсутністю фіксованих точок для вимірювань;

Щоб зменшити похибку, рекомендується проводити вимірювання в одних і тих же фіксованих точках, а також збільшити кількість вимірювань для розрахунку середнього рівня зносу по всій шині.

Аналіз існуючих методів визначення інтенсивності зносу шин показав, що, хоча існує багато підходів до вимірювання залишкової глибини протектора, кожен із них має як переваги, так і недоліки.

Більшість методів відзначаються високою точністю результатів, але водночас потребують дорогого та громіздкого обладнання, а також значних трудовитрат. З огляду на велику кількість автобусів у досліджуваній групі, найбільш доцільним є використання методу, який забезпечує швидке та зручне проведення вимірювань.

Оптимальним рішенням є застосування цифрового глибиноміра, який дозволяє швидко отримувати необхідні дані з високою точністю. Для вимірювань було обрано цифровий глибиномір із похибкою 0,01 мм, що є цілком достатнім для визначення залишкової глибини протектора.

Загальний вигляд цифрового глибиноміра представлений на рисунку 2.10. Хоча цифровий глибиномір забезпечує високу точність вимірювань, існує ймовірність виникнення випадкової похибки, спричиненої людським фактором. Для мінімізації таких похибок необхідно збільшити кількість вимірювань, а також виконувати їх у чітко визначених контрольних точках.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.10 – Глибиномір цифровий.

Згідно з [16], висота протектора має вимірюватися щонайменше у чотирьох перетинах по окружності шини. Перший контрольний перетин позначається в місці одного з маркувань на шині, а наступні три – рівномірно розподіляються за годинниковою стрілкою.

У кожному з перетинів вибираються мінімум дві точки для вимірювань у центральній частині бігової доріжки та щонайменше дві – по її краях, залежно від особливостей малюнка протектора:

- у випадку протектора, що складається з двох бігових доріжок, заміри виконуються по центру кожної доріжки.
- якщо центральна частина має ребро або виступи, висота протектора визначається у двох канавках праворуч і ліворуч від нього;
- якщо у центрі протектора знаходиться поздовжня канавка, вимірювання виконуються безпосередньо в ній;

Контрольні точки для вимірювань по краях бігової доріжки повинні бути обрані так, щоб охоплювати центральну зону, яка становить три чверті ширини протектора.

Автор [9] запропонував спеціальну методику вимірювання, у якій було обґрунтовано, що для оцінки глибини протектора достатньо двох

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діаметрально протилежних точок. Одна з цих точок розташовується по центру протектора навпроти заводського номера шини.

Середнє арифметичне значення, отримане за результатами вимірювань у двох контрольних точках, використовується як вихідна інформація для визначення інтенсивності зносу шин.

Ця методика, порівняно з традиційними підходами, що передбачають вимірювання у 12 або 16 точках, забезпечує аналогічну точність оцінки, але при цьому є простішою, технологічнішою та потребує менше часу і ресурсів на проведення вимірювань [9].

Саме цей метод був використаний під час проведення досліджень.

2.5 Система контролю тиску Carax «TPMS».

Система контролю тиску в шинах складається з датчиків тиску, інформаційного блоку та допоміжної периферії. На рисунку 2.11 представлений типовий комплект Carax «TPMS» CRX-1061, який базується на внутрішніх датчиках [17].

Головною особливістю Carax «TPMS» CRX-1061 є наявність двох посиленних антен, що дає змогу використовувати систему не тільки на легкових автомобілях, а й на автобусах. Датчики встановлюються всередині колеса, закріплюючись на ободі замість стандартного вентиля, що проілюстровано на рисунку 2.12.

Використання внутрішніх датчиків забезпечує додатковий захист від пошкоджень під час руху та мінімізує вплив зовнішніх факторів, таких як погодні умови чи механічні дії.

На рисунку 2.13 представлено варіант прокладання кабелів та встановлення антен.

Принцип роботи системи побудований наступним чином:

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.11 – Комплект контролю тиску в шинах «TPMS» моделі CRX-1061 на основі інформації від датчиків тиску:

1 - блок приймальний; 2 - кронштейн з присоскою; 3 - датчики тиску внутрішні; 4 - ніпелі; 5 – передавальна антена; 6 - блок живлення; 7 - пристрої допоміжні, 8 - трійник кабелю антенного; 9 – кронштейн з антеною.

- У нормальному режимі датчики, розташовані в кожному колесі, проводять вимірювання тиску та температури кожні 3 секунди та передають отримані дані до приймального блоку раз на 30 секунд.

- Якщо значення тиску або температури виходять за допустимі межі, датчик надсилає 10 сигналів протягом 6 секунд до приймального блоку.

- У разі виявлення відхилень система сповіщає водія за допомогою звукової та світлової індикації.

Система забезпечує своєчасне сповіщення водія про необхідність перевірки колеса, стан якого контролюється приймальним блоком.

										Арк.
										47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

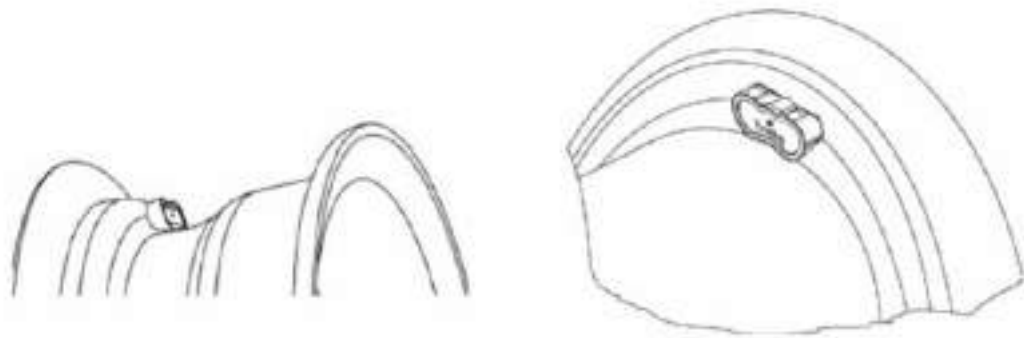


Рисунок 2.12 – Розташування внутрішнього датчика тиску

Крім того, датчик автоматично переходить у режим «тривоги», якщо протягом 3 секунд тиск змінюється на 3 PSI (0,2 Бар). Це дає можливість оперативно реагувати на пошкодження шини або втрату тиску, запобігаючи можливим аварійним ситуаціям.

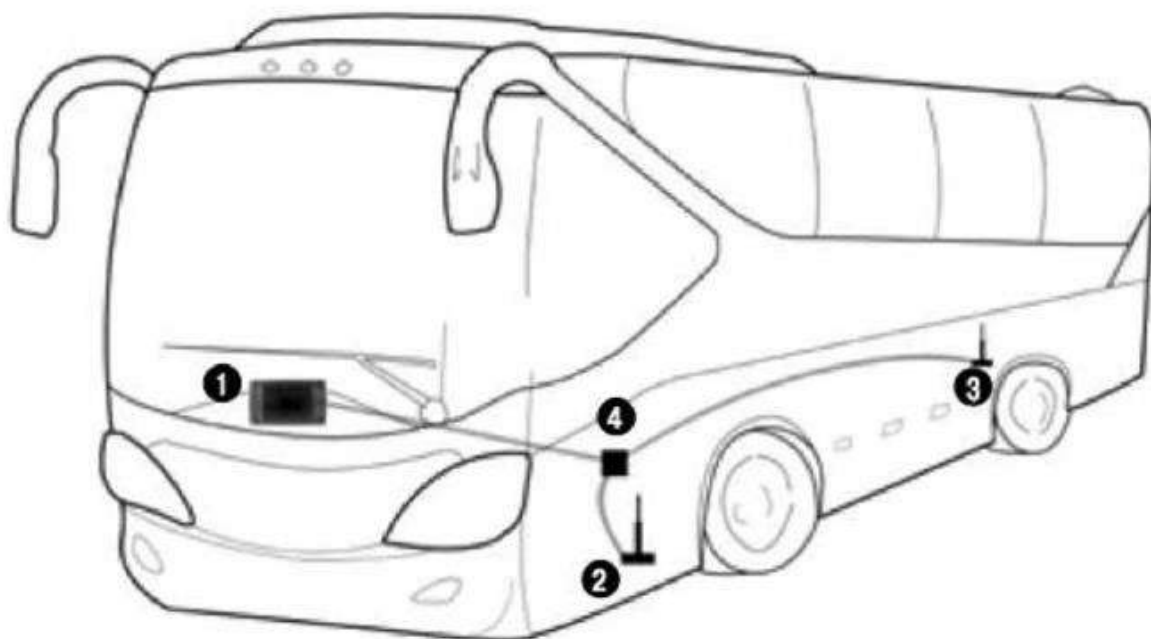


Рисунок 2.13 – Схема прокладання кабелів і встановлення антен:

1 – пристрій приймальний; 2 – антена на передню вісь; 3 – антена на задню вісь; 4 – кабель для антен.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Основні параметри внутрішніх датчиків цієї системи наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Основні параметри внутрішніх датчиків «TPMS» CRX-1061.

№	Параметр	Величина
1	вартість за даними виробника, грн	11600
2	діапазон вимірюваного тиску, psi (Бар)	0 – 203 (0 – 14)
3	похибка для вимірювання температури, °C	± 4
4	похибка вимірювання, psi	± 3
5	частота передавача, MHz	433,92
6	джерело живлення, В/мА	3,6 / 500
7	вага датчика, г	30 ± 1,5
8	Ресурс для джерела живлення, років	7

					КВРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ «TPMS»

3.1 Інтерпретація результатів обробки даних.

Цього року завод Continental, розташований у бразильському штаті Баїя, відзначає 10-річний ювілей. На честь цієї події компанія випустила нову модифікацію шин Continental HSR2, призначену для встановлення на тягачі, що працюють у сфері регіональних перевезень. Відмінною особливістю цієї моделі є застосування вдосконалених гумових сумішей, що дозволило збільшити її ресурс на 10% у порівнянні зі стандартними шинами [19].

У Continental зазначають, що нова версія HSR2 характеризується не лише підвищеною зносостійкістю, але й високою міцністю та надійністю, що особливо важливо для регіональних перевезень, де часто змінюються дорожні умови та навантаження. Конструкція борту була модифікована для зменшення ризику пошкоджень під час монтажу та демонтажу. Посилена бортова зона знижує деформацію шин і, як наслідок, опір коченню, що сприяє зменшенню витрати пального.

Крім того, у виробництві цих шин застосована технологія Air Keep, яка передбачає використання гермошару з матеріалу зі збільшеною на 50% повітронепроникністю. Це покращує надійність шин і збільшує їхню придатність до повторного відновлення протектора.

Додатково шини оснащені індикатором правильності розвалу-сходження коліс VAI (Visual Alignment Indicator) та спеціальними маркерами зношування у вигляді знаків «+» і «-». Вони поступово стираються в процесі експлуатації, сигналізуючи про залишкову глибину протектора та своєчасну потребу в заміні.

Скористаємось результатами досліджень компанії Continental.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівняння регресії інтенсивності зношування шини Continental HSR2 для маршруту довжиною 1000 км має вигляд [19]:

$$J_{1000} = 0,945 - 0,025x_1 + 0,02x_2 + 0,011x_1^2 - 0,006x_2^2, \quad (3.1)$$

Де x_1 - коефіцієнт для фактора тиску, x_2 - коефіцієнт для фактора вагового навантаження шини.

За даною моделлю є можливість визначити поверхню відгуку (рис. 3.1), що покаже інтенсивність зношування шини в залежності від навантаження та тиску.

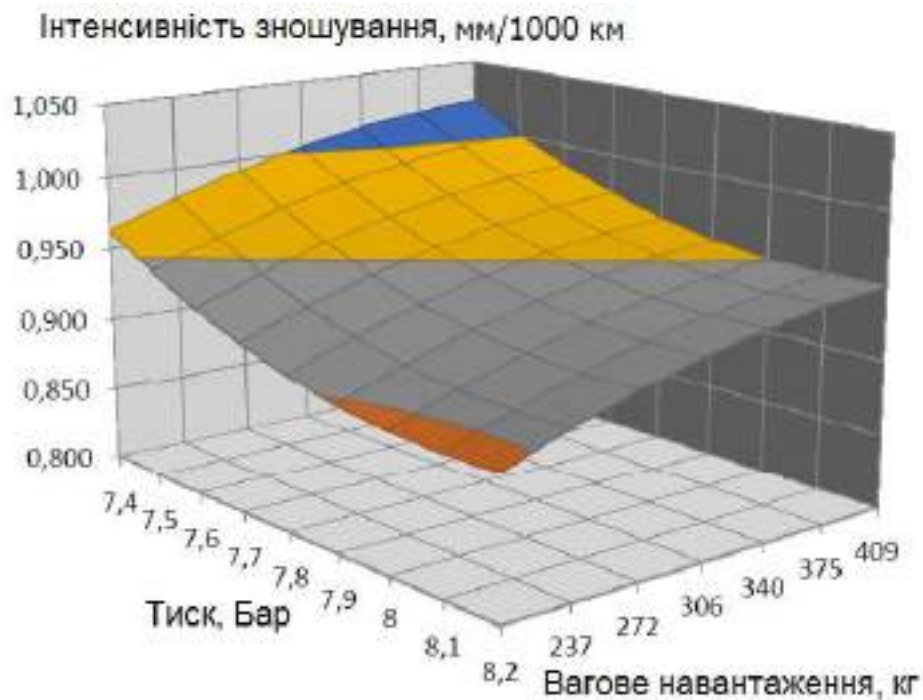


Рисунок 3.1 – Поверхня відгуку інтенсивність зношування шин в залежності від навантаження та тиску протягом 1000 км.

Процес перекладу математичних моделей на мову, зрозумілу експериментатору, називається інтерпретацією моделі. Цей етап є ключовим у дослідженні та проводиться поетапно.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Інтерпретація включає:

- оцінку впливу окремих факторів та їх взаємодії;
- аналіз сукупного впливу всіх факторів;
- перевірку правильності початкових припущень;
- у деяких випадках — формування або підтвердження гіпотез щодо механізму процесу [20, 21].

На першому етапі визначається, наскільки кожен із факторів впливає на параметр оптимізації. Для цього використовується коефіцієнт регресії, який є кількісною мірою цього впливу. Чим більше значення коефіцієнта, тим сильніше фактор впливає на процес.

Характер впливу визначається за знаком коефіцієнта:

- позитивний знак (+) свідчить про те, що зі збільшенням значення фактора параметр оптимізації також зростає;
- негативний знак (–) означає, що при збільшенні фактора значення параметра зменшується.

Інтерпретація також залежить від напрямку оптимізації. Якщо метою є максимізація функції, то збільшення всіх факторів із позитивними коефіцієнтами є сприятливим, а з негативними – навпаки. Якщо ж функція оптимізації має бути мінімізована, тоді корисними будуть чинники з негативними коефіцієнтами, а ті, що мають позитивні значення, навпаки, будуть небажаними.

У нашому випадку коефіцієнт фактора тиску у всіх моделях має негативний знак, що свідчить про те, що зниження тиску в шинах призводить до збільшення інтенсивності зносу, тобто має негативний вплив.

Водночас зменшення іншого фактора, який має позитивний коефіцієнт (наприклад, навантаження на шину), навпаки, сприяє зниженню інтенсивності зношування, що є сприятливим ефектом.

Аналіз значень коефіцієнтів регресії показує, що найбільш впливовим фактором є тиск у шинах. Саме він має найбільший вплив на параметр

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

оптимізації, тобто зміни тиску викликають найсуттєвіші коливання інтенсивності зносу.

Інші фактори, такі як навантаження на шину та квадратичні складові факторів тиску і навантаження, мають приблизно однаковий вплив на параметр оптимізації.

Комбінація двох факторів одночасно демонструє найменший вплив на процес зносу, а в деяких випадках цей вплив може бути відсутнім повністю.

Наведена вище інформація дозволяє перейти до наступного етапу дослідження. Апріорні дані дають загальне уявлення про характер впливу окремих факторів. Вони можуть базуватися на теоретичних положеннях, досвіді роботи з аналогічними процесами або попередніх експериментальних спостереженнях.

Важливо враховувати, що експеримент проводиться в межах локальної області факторного простору, і отримані коефіцієнти відображають вплив факторів лише в цій області. Невідомо, наскільки ці результати можна екстраполювати на інші діапазони значень.

У цьому дослідженні апріорні відомості базуються на результатах вивчення технічної експлуатації шин. Для підтвердження або спростування відповідності отриманих розрахункових значень апріорним даним необхідно побудувати залежність, що відповідає загальноприйнятій закономірності.

Апріорна інформація (рисунок 3.2) представлена у вигляді двовимірної кривої, яка описує залежність ресурсу шин від тиску. Однак у даному випадку було отримано тривимірну поверхню, яка демонструє характер взаємозв'язку інтенсивності зносу шин із двома факторами (рис. 3.1).

Щоб визначити залежність від одного з факторів, необхідно розглянути перетин поверхні, що проходить паралельно осі координат для одного параметра.

З аналітичної точки зору, це означає, що слід зафіксувати певні фактори на постійному рівні та багато разів виконати розрахунок

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

інтенсивності зношування, поступово змінюючи значення одного з факторів від мінімального до його максимального значення.

У результаті буде отримано набір значень, який формує криву, що описує залежність інтенсивності зношування від величини тиску в шинах.

Ресурс шини визначається за співвідношенням:

$$I = \frac{H}{J_i}, \quad (3.2)$$

Де H – це різниця між початковою глибиною протектора нової шини та залишковою глибиною, при досягненні якої шина підлягає списанню. У даному випадку: $H = 145 - 20 = 125$ мм., J – середнє значення інтенсивності зношування для i -го маршруту.

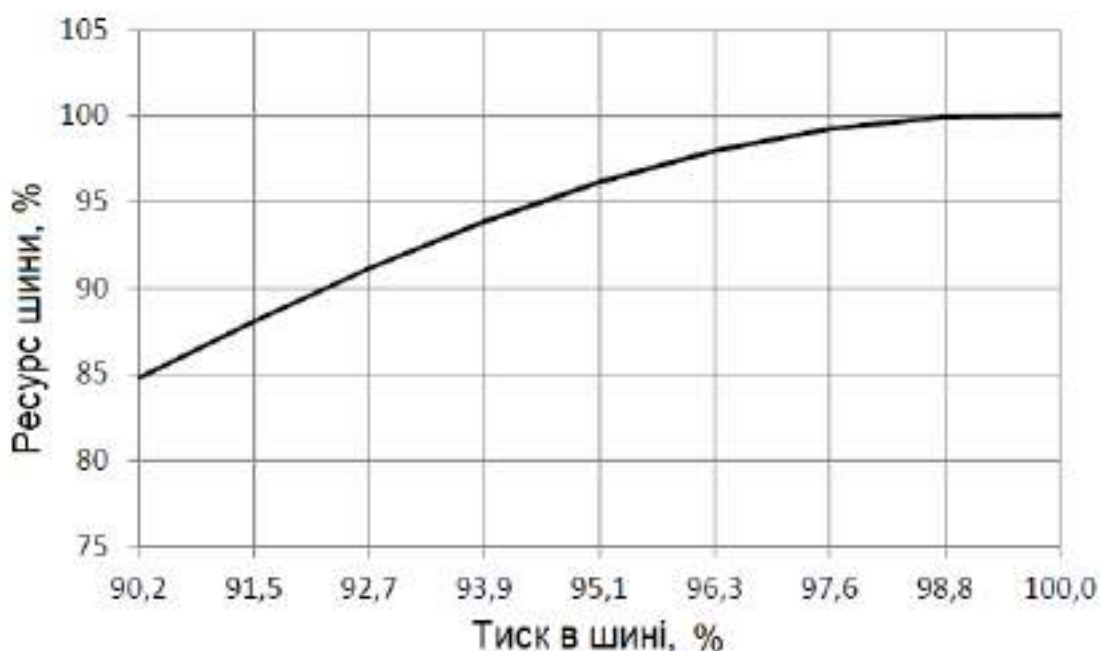


Рисунок 3.2 – Залежність ресурсу від тиску в шині.

Залежність, представлена на рисунку 3.2, узгоджується з результатами досліджень інших авторів щодо впливу тиску на ресурс шин (рис. 1.3).

Подібність отриманих кривих підтверджує відповідність побудованої моделі апріорним даним.

Аналогічним методом була визначена залежність ресурсу від навантаження на шину, результати якої зображені на рисунку 3.3.

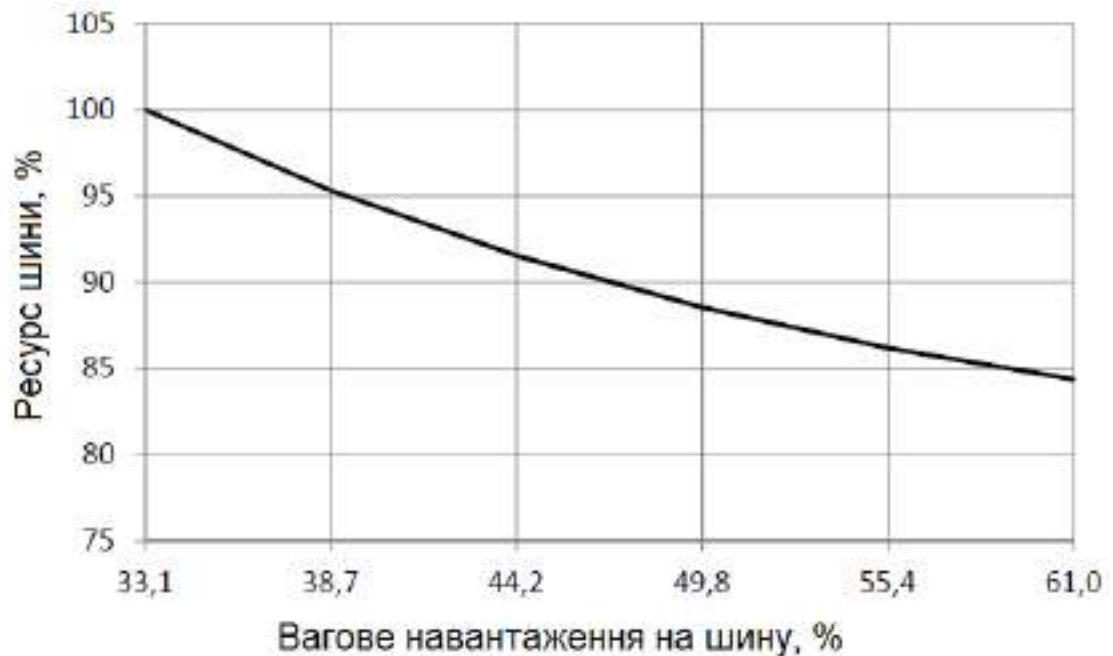


Рисунок 3.3 – Залежність ресурсу від навантаження на шину.

Залежність ресурсу шини від вагового навантаження (рисунок 4.2) демонструє схожість із апріорними даними, отриманими в попередніх дослідженнях (рисунок 1.6). Однак форма отриманої кривої має певні відмінності від теоретичної. Аналогічна ситуація спостерігається і у випадку залежності ресурсу від тиску в шинах.

Ці відмінності можна пояснити кількома факторами:

1. Модель враховує вплив двох факторів одночасно, що включає їх взаємодію. Один фактор може посилювати або послаблювати вплив іншого, що відображається на формі кривої.

2. Оскільки дослідження проводилося в обмеженій області факторного простору, модель описує взаємозв'язки лише в межах варійованих значень факторів.

Через це некоректно екстраполювати отримані залежності на області поза досліджуваним діапазоном факторів, оскільки поведінка моделі за його межами може бути непередбачуваною.

3.2 Прогнозування ресурсу шин.

На основі отриманої моделі можна оцінити ресурс шин за різних умов експлуатації, зокрема при зміні тиску, вагового навантаження на відстані маршруту. Це дозволяє:

- оцінити економічні збитки, що виникають через експлуатацію шин із ненормативним тиском.
- визначити втрати ресурсу шин у разі відхилення тиску від нормативних значень;
- коригувати прогнозований ресурс залежно від середньої кількості пасажирів на маршруті;

Середній тиск у досліджуваних шинах склав 7,47 Бар, тоді як нормативне значення становить 8,5 Бар. Оптимальним вважається такий рівень тиску, при якому шина демонструє максимальний ресурс під час експлуатації.

Проте у межах проведеного експерименту максимальне варіювання тиску становило 8,2 Бар. Оскільки регресійні моделі можуть поводитися непередбачувано поза визначеним факторним простором або за критичними межами варіювання, для подальших розрахунків прийнято найближче значення до рекомендованого виробником – 8,2 Бар.

Оскільки регресійні моделі є двофакторними, для визначення залежності ресурсу лише від тиску необхідно зафіксувати конкретне

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значення вагового навантаження на шину. Вибір цього параметра здійснювався на основі середньої кількості пасажирів на маршруті, яка становить 22 особи. Середнє навантаження на шину (без врахування ваги спорядженого автобусу) при зазначеній кількості пасажирів складає приблизно 300 кг.

За допомогою регресійної моделі проведено розрахунок ресурсу шин для маршруту довжиною 1000 км за наступними умовами:

- середній тиск – 7,47 Бар;
- навантаження на шину – 300 кг.
- нормативний тиск – 8,2 Бар;

Оскільки регресійна модель використовується для визначення інтенсивності зношування, отримані значення були перераховані в ресурс шин згідно з формулою (3.1).

Результати розрахунків представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення ресурсу шин в залежності від тиску.

Відстань по маршруту	Розрахунковий ресурс, км		Різниця, %
	середній тиск, 7,47 Бар	нормативний тиск 8,2 Бар	
1000 км	135896	149689	9,2

Як свідчать дані таблиці 3.1, рівень тиску в шині має значний вплив на її експлуатаційний ресурс, що може призводити до втрати приблизно 9% потенційного ресурсу шин.

Розрахований ресурс шин при нормативному тиску враховує вагове навантаження на нульовому рівні (300 кг). Це означає, що отримані значення можна розглядати як середній ресурс щодо цього фактора.

Для більш точного прогнозування ресурсу з урахуванням варіювання навантаження, необхідно розрахувати ресурс при мінімальному та максимальному рівнях навантаження, залишаючись при цьому в межах факторного простору.

У даному випадку:

- Максимальне навантаження становить 409 кг (еквівалентно 30 пасажиром у середньому).

- Мінімальне навантаження відповідає 203 кг (еквівалентно 17 пасажиром у середньому на маршруті).

На основі регресійної моделі був визначений нормативний інтервал ресурсу при нормативному тиску (8,2 Бар), з урахуванням зміни навантаження. Отримані результати представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Інтервали для ресурсу шин при нормативному значенні тиску з врахуванням навантаження на шину

Довжина маршруту	Інтервал ресурсу, км		
	Границя ліва	Середина інтервалу	Границя права
1000 км	137525	152364	173432

Виконаємо аналогічний розрахунок, але вже з урахуванням середнього робочого тиску в шинах (7,5 Бар). Це дозволить визначити реальні втрати ресурсу, спричинені двома основними чинниками, представленими в таблиці 3.3.

Оскільки середня кількість пасажирів на перегоні заздалегідь невідома, необхідно визначати інтервал, у межах якого шина досягне залишкової висоти протектора 2 мм. Для більш точного розрахунку середнього завантаження транспортного засобу на маршруті можна використати методи

теорії планування експерименту та множинного регресійного аналізу [20]. Це дозволить прогнозувати ресурс шин у вузькому діапазоні напрацювання.

Таблиця 3.3 – Проміжки експлуатаційного ресурсу шин при середньому тиску 7,5 Бар

Довжина маршруту, км	Інтервал ресурсу, км		
	Границя ліва	Середина інтервалу	Границя права
1000	128879	137623	150825

Математичне очікування розрахункового ресурсу визначається як середина інтервалу для різних значень навантаження: 203, 237, 272, 306, 340, 375, 409 кг. Оскільки залежність між зносостійкістю шини та навантаженням має нелінійний характер (рис. 3.3), математичне очікування може бути зміщене вправо або вліво.

Середнє зменшення ресурсу шин при зниженні тиску з 8,2 Бар до 7,5 Бар склало 13793 км, що відповідає 9,2 %.

3.3 Економічний ефект від впровадження системи контролю тиску.

Використання системи моніторингу тиску в шинах забезпечує постійний контроль за їхнім станом та своєчасне інформування водія і технічного персоналу про актуальні показники. Завдяки цьому можна значно знизити середнє відхилення тиску в шинах від нормативного значення у межах усього автопарку.

Такий підхід сприяє зменшенню втрат ресурсу шин та зниженню витрат пального, які виникають через неправильний тиск. Відповідно, економічний ефект від впровадження системи визначається за рахунок

збереження ресурсу шин та скорочення витрат на паливо, що у загальному вигляді можна подати наступним чином:

$$E = E_{sh} + E_{pal}. \quad (3.3)$$

Економічний ефект від використання шин визначається на основі різниці в їхньому ресурсі при експлуатації за середнім робочим тиском у шинах автопарку (7,5 Бар) та за нормативним значенням тиску (8,2 Бар).

$$E_{sh} = Z_{sh} - Z'_{sh}, \quad (3.4)$$

Де Z_{sh} — загальні витрати на шини при експлуатації транспортного засобу із середнім тиском у шинах 7,5 Бар; Z'_{sh} — витрати на шини при підтриманні нормативного тиску 8,2 Бар.

Згідно зі стандартною методикою [22], розрахунок витрат на шини для одного автомобіля здійснюється за такою формулою:

$$Z_{sh} = 0,01LC_{sh}N_{sh}n_{sh}, \quad (3.5)$$

де L — річний пробіг транспортного засобу, що становить 120000 км;

C_{sh} — вартість однієї шини, яка станом на 13.03.225 в середньому по Україні складала 25000 грн [23];

n_{sh} — загальна кількість шин на автобусі, що дорівнює 6;

N_{sh} — коефіцієнт, що визначає рівень витрат на шини, розраховується за формулою:

$$N_{sh} = \frac{90\%}{I} \quad (3.6)$$

					КВРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

де I — нормативний пробіг шини в експлуатаційних умовах, км.

Розрахунок коефіцієнта витрат для шин, що працюють при тиску 7,5 Бар:

$$N_{sh} = \frac{90}{137623} = 0,000705$$

Розрахунок коефіцієнта витрат для шин, що експлуатуються при тиску 8,2 Бар:

$$N_{sh} = \frac{90}{152364} = 0,000591$$

Витрати на шини при експлуатації транспортного засобу з тиском 7,5 Бар складуть, грн/автобус на рік.:

$$Z_{sh} = 0,01 \cdot 120000 \cdot 25000 \cdot 0,000705 \cdot 6 = 126899$$

Витрати на шини при підтримці тиску 8,2 Бар складуть, грн/автобус на рік.:

$$Z'_{sh} = 0,01 \cdot 120000 \cdot 6200 \cdot 0,000591 \cdot 6 = 106379$$

Згідно з розрахунками, виконаними за формулою (3.4), економічний ефект від збільшення строку служби шин становить, грн на один автобус за рік.:

$$E_{sh} = 126899 - 106379 = 20520$$

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Узагальнена формула для визначення економічного ефекту від зниження витрат пального має вигляд:

$$E_{pal} = Z_{pal} - Z'_{pal}, \quad (3.7)$$

де Z_{pal} — загальні витрати на паливо при експлуатації автобуса з середнім тиском у шинах 7,5 Бар; Z'_{pal} — витрати на паливо при підтриманні тиску, наближеного до нормативного (8,2 Бар).

Річні витрати на паливо для одного автобуса розраховувалися за формулою:

$$Z_{pal} = \frac{LqC_{pal}}{100}, \quad (3.8)$$

де L — середньорічний пробіг транспортного засобу, км; q — середній показник витрати пального для моделей автобусів Daewoo BH 120 та Hyundai USL, л/100 км; C_{pal} — ціна одного літра пального, грн. (закладаємо 60 грн/л).

$$Z_{pal} = \frac{120000 \cdot 27,35 \cdot 60}{100} = 1969200$$

Відповідно до даних з різних джерел [10, 13], зниження тиску в шинах на 10% призводить до підвищення витрати пального в межах 4-6%. Тому для коректного аналізу необхідно зменшити середнє споживання пального на 5% та повторно виконати розрахунок витрат.

$$Z'_{pal} = \frac{0,95 \cdot 120000 \cdot 27,35 \cdot 60}{100} = 1870740$$

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Отже, застосовуючи формулу (3.4), можна визначити економічний ефект від зменшення витрати пального для одного автобуса за рік:

$$E_{pal} = 1969200 - 1870740 = 98460$$

За допомогою формули (3.3) було розраховано загальний економічний ефект, отриманий завдяки зниженню витрат пального та збільшенню ресурсу шин:

$$E = 20520 + 98460 = 118980$$

Таким чином, річна економія для одного автобуса становить 118980 грн.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

ВИСНОВКИ

1) Аналіз літературних джерел та процесу експлуатації шин показав, що на їхній знос впливає значна кількість факторів. Ступінь цього впливу може змінюватися залежно від виробника шин, моделі автобуса, кліматичних умов, висоти місцевості над рівнем моря, якості дорожнього покриття та типу рельєфу. В ході дослідження визначено, що найбільш вагомими факторами є тиск у шинах і навантаження на вісь.

2) На основі регресійної моделі було кількісно оцінено вплив тиску та навантаження на експлуатаційний ресурс шин, а також забезпечена можливість прогнозування та оптимізації строку служби шин через впровадження систем безперервного контролю тиску.

3) Згідно з отриманими розрахунками, постійний контроль тиску в шинах дає змогу збільшити їхній ресурс у середньому на 9 %, що еквівалентно фінансовій економії в розмірі 118980 грн на один автобус протягом року.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державна служба статистики України. Електронний ресурс: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 13.04.2025).
2. Коваль І.Р., Білецький В.О. Автомобільні шини: обслуговування та ремонт. Київ: Мотор-Прес, 2012. 320 с.
3. Захарчук Б. В., Кулинич В. П., Маліновський С. О. Організація ремонту та технічного обслуговування автомобілів: навч. посібник. Київ: Видавничий дім «Альтернативи», 2018. 346 с.
4. Гевко І. Б., Рогатинський Р. М., Ляшук О. Л. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с. Сидельников, Г. В.
5. Новицький А. В., Бистрий О. М., Леоненко С. І. Аналіз факторів, що формують працездатність шин. Сучасні проблеми землеробської механіки: матеріали XX Міжнародної наукової конференції, присвяченої 119-й річниці з дня народження академіка П. М. Василенка. Миколаїв: МНАУ, 2019. С. 25–27.
6. Сахно В. П. Вплив стабілізуючого моменту шин на курсову стійкість руху автомобіля / В.П. Сахно, В.Г. Вербицький, А.В. Костенко, Н.Л. Белєвцова, А.М. Єфименко // Вісник Національного транспортного університету. – 2010. – Вип. 21 : Ч. 1. – С. 180 – 183.
7. В. А. Макаров, Т. В. Макарова, Д. В. Борисюк, Є. В. Смирнов; за заг. ред. В. А. Макарова. Аспекти розвитку, функціонування та дослідження еластичного рушія колісного транспортного засобу. Монографія, [Електронний ресурс], Вінниця: ВНТУ, 2023. (PDF, 150с.) ISBN 978-966-641-945-6
8. Janeway R.N., A. Better. Truck Ride for Driver and Cargo Problems, Practical Solutions, SAE, New York, 1988. – 233 P.

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

9. Heiβing B. Fahrwerkhandbuch: Grundlagen, Fahrdynamik, Komponenten, Systeme, Mechatronik, Perspektiven. / Bernd Heiβing, Metin Ersoy (Hrsg). – Wiesbaden : Friedr. Vieweg & Sohn Verlag : GWV Fachverlage GmbH, 2007. – 591 S.

10. Lee J. Interfacial Forces between Tire and Snow under Different Snow Depths [Електронний ресурс] / J.Lee, Q. Liu // SAE WorldCongress. – 2006. № P. 19. – Режим доступу до журн. <http://papers.sae.org/2006-01-0496-1>.

11. Sylwia Bęczkowska. Niejednorodność i wady materiałowe opon samochodów osobowych – zagadnienia wybrane / Sylwia Bęczkowska, Jarosław Korzeb, Seweryn Koziak, Michał Opala, Andrzej Weysenhoff // PRACE NAUKOWE POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ. - WARSZAWA Transport, 2018. PP. 121-133

12. Pacejka, H. B. Tyre Mechanics and Vehicle Dynamics. – Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2002. – 621 p

13. Sandu C. Experimental study on the mobility of lightweight vehicles on sand / C. Sandu, M. Worley, J. Morgan // In: Proceedings of 16-th ISTVS 2008. – P. 162-176.–International Conference.

14. Вербицький В.Г. Вплив поздовжньої сили на передній осі легкового автомобіля на множину стаціонарних рухів / В.Г. Вербицький, А.В. Костенко, А.М. Єфименко, Р.А. Кулієв, О.Г. Воловненко, М.М. Макійов // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. . – 2011. – №5 (159). - С. 275 – 280.

15. Волков В. П. Теорія руху автомобіля: підручник / В. П. Волков, Г. Б. Вільський. – Суми : Університетська книга, 2010. – 320 с

16. ДСТУ 3649:2010 Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролю. Київ, Держстандарт України. – 2011. – 28 с.

17. Система контролю тиску. Електронний ресурс: <https://galaxy.lv.ua.market/product/1637331> (дата звернення 15.05.2025).

					КВРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

18. Шевчук Р. С. Експлуатаційні показники тракторів і автомобілів: практикум з розрахунку показників [Текст] / Р. С. Шевчук. – Львів: Львівський національний аграрний університет, 2018. – 173 с.

19. CONTINENTAL. Електронний ресурс: <https://mastershina.com> (дата звернення 18.05.2025).

20. Vox, G. E. P. Multifactor Experimental Designs for Exploring Response Surfaces / G. E. P. Vox, J. S. Hunter - Annals of Mathematical Statistics, 1957. - 195 с.

21. Vox, G. E. P. The Choice of a Second Order Rotatable Design / G. E.P . Vox, N. R. Draper - Biometrika, 1963. - 355 с.

22. Основи наукових досліджень: Навчальний посібник / Ю.С. Грищук. – Харків: НПУ «ХП», 2008. – 232 с.

23. Шини Continental R22.5 Електронний ресурс: <https://shiny-diski.com.ua/uk/tires/continental> (дата звернення 25.05.2025).

					КВРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КвРАТ. 22114.02.01.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68



Забезпечення ресурсу вантажних шин шляхом безперервного контролю тиску

Виконав ст. гр. АТс-22-2:

Бабій Юрій Олегович

Науковий керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ:

Посонський Сергій Феліксович



Ефективність автомобільного транспорту залежить не тільки від організації перевезень або технічного стану рухомого складу, а й від експлуатаційних характеристик і терміну служби шин, ціна яких сягає великих значень

Мета дипломної роботи: зменшення експлуатаційних витрат шляхом створення системи управління ресурсом шин на основі використання засобів контролю тиску.

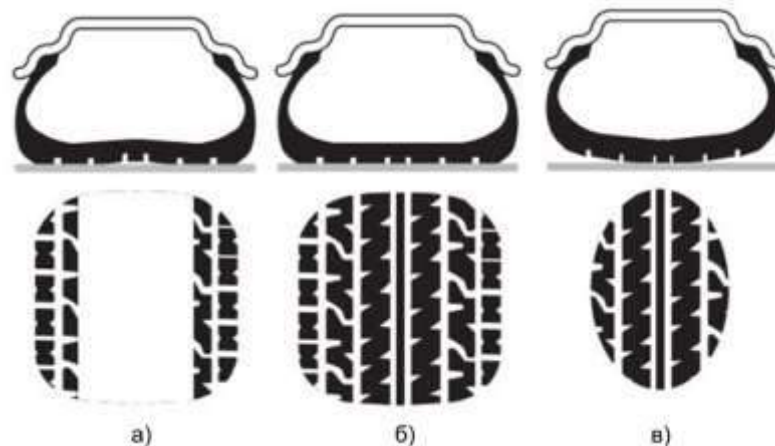
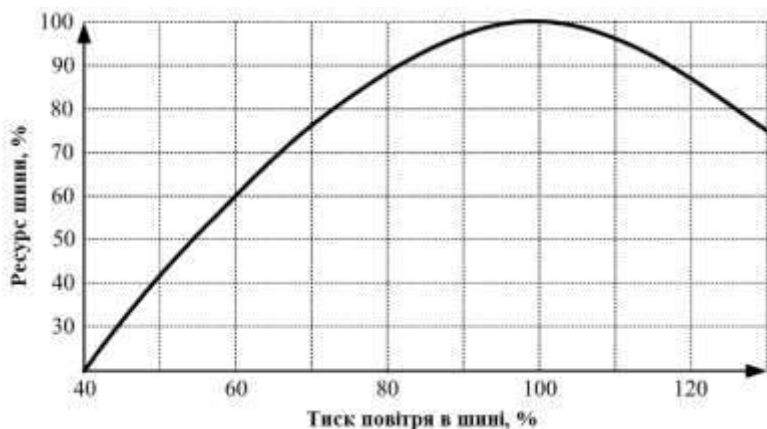
Завдання:

- 1) Провести огляд літературних джерел та комплексно проаналізувати вплив різних чинників на зношення шин;
- 2) Виконати аналіз статистичних даних щодо тиску в шинах та їх ресурсу, виокремити ключові експлуатаційні фактори, що впливають на знос протектора;
- 3) Оцінити ефект встановлення системи контролю тиску в шині на її ресурс.

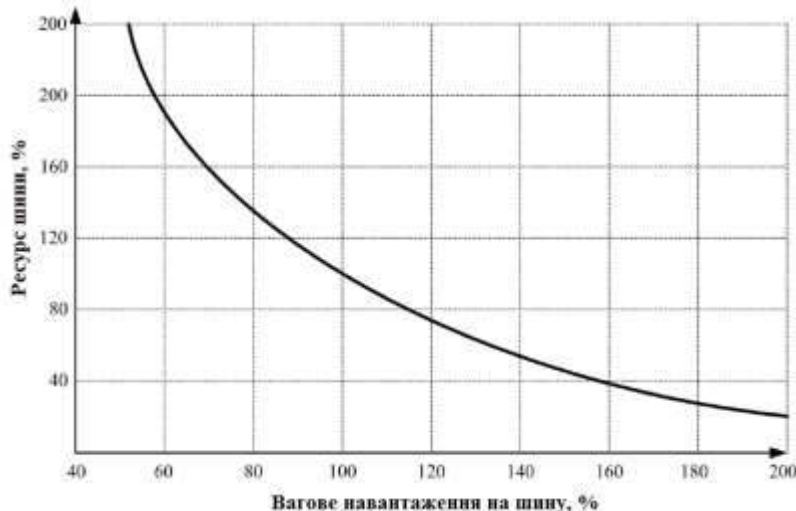
Термін служби шини в процесі експлуатації залежить від певного набору факторів, що впливають на інтенсивність зносу шини. Фактори можуть варіюватися за ступенем їх впливу



Тиск повітря в шині дуже суттєво впливає на термін її служби. Тому для кожної марки шини виробник встановлює певну норму тиску, при якій шина буде мати найбільший ресурс.

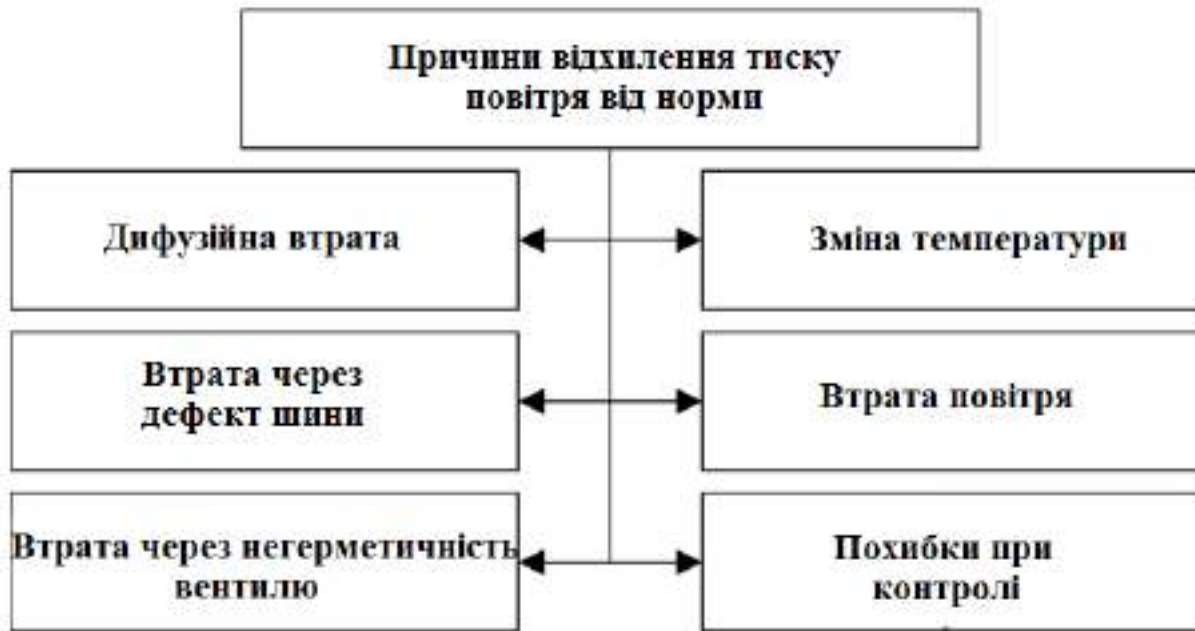


а – тиск нижче норми; б – нормальний тиск;
в – тиск вище норми.



Вплив вагового навантаження на ресурс шини в умовах експлуатації

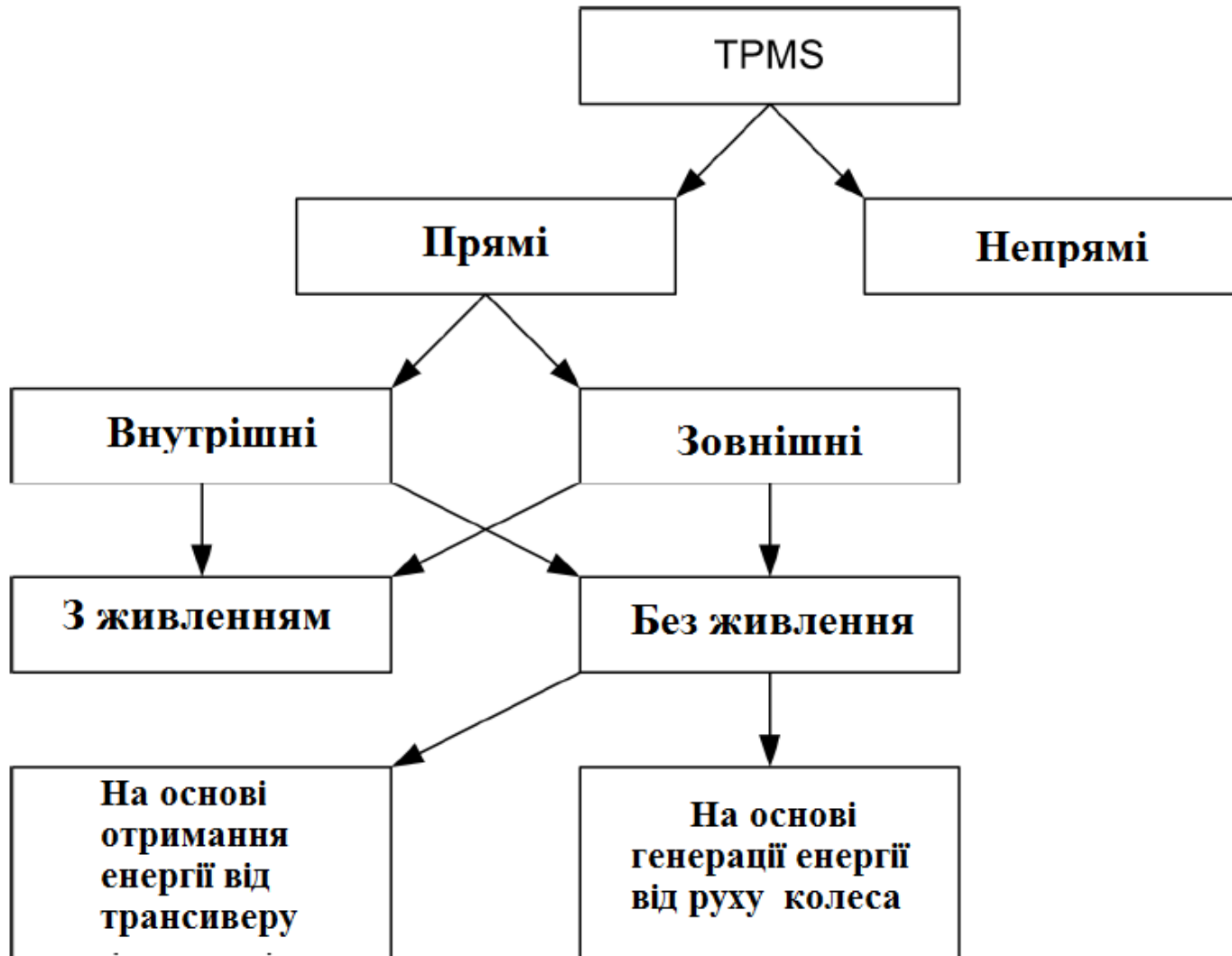
Причини відхилення тиску повітря в шині при експлуатації автомобіля



Система контролю тиску повітря в шинах

Періодичність	Виконавець	Вимірювальний інструмент	Документ контролю
Щодня	Водій	Візуально	Положення про ТО і Р
Щодня	Механік	Візуально	Положення про ТО і Р
Через 7 днів	Водій	Ручний манометр	Правила експлуатації шин
Через 30 днів	Механік	Ручний манометр	Правила експлуатації шин
Кожне ТО-1	Слюсар	Манометр повітря-розподільчої колонки	Положення про ТО і Р

Аналіз систем контролю тиску в шинах (англ. Tire Pressure Monitoring System) або TPMS



Приклад системи моніторингу на основі:

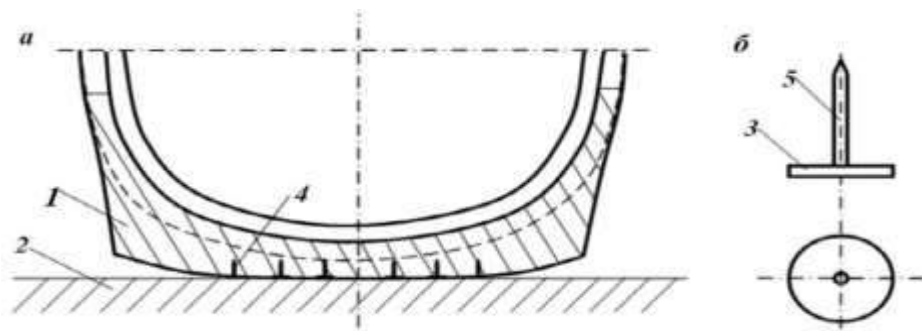
Внутрішні датчики



Зовнішні датчики



Схема визначення зносу шин за допомогою укріплень до протектору



Цифровий глибиномір

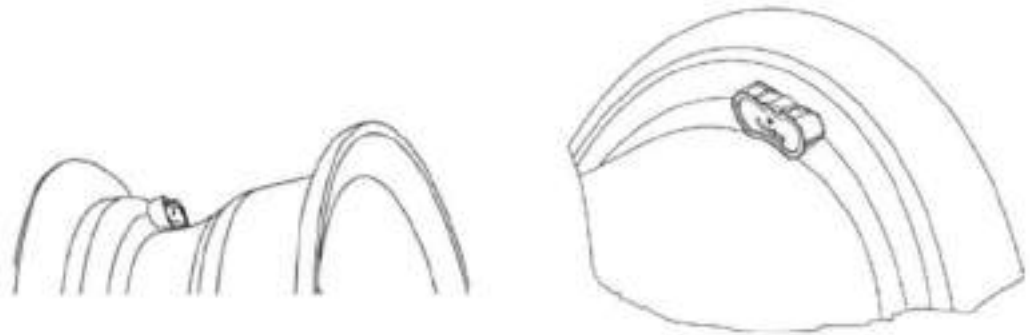
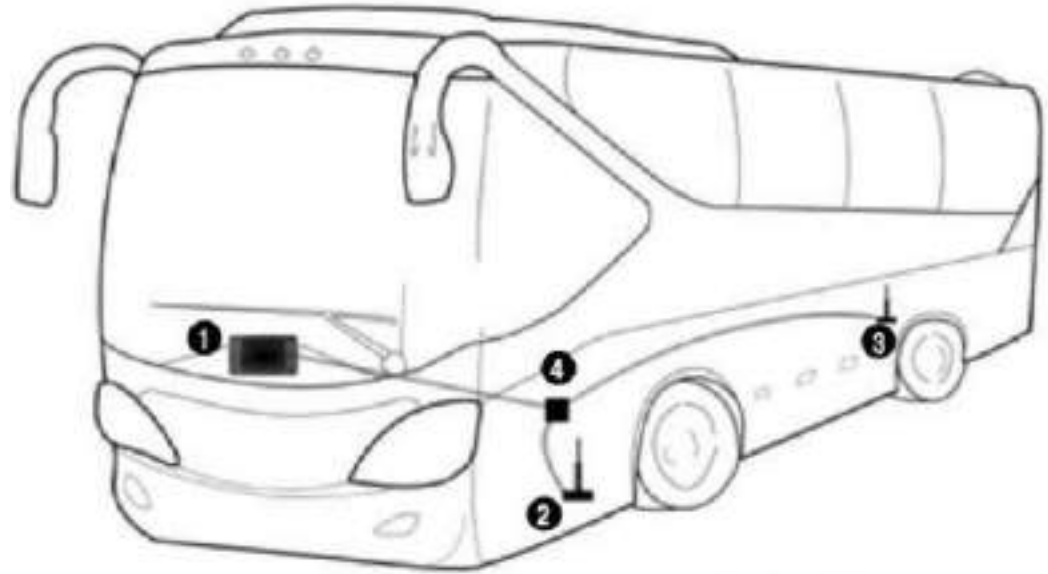


Система контролю тиску Carax TPMS

Система являє собою набір з датчиків тиску, інформаційного блоку і різної допоміжної периферії.

Комплект контролю тиску в шинах «TPMS» моделі CRX-1061 на основі інформації від датчиків тиску:

- 1 - блок приймальний; 2 - кронштейн з присоскою;
- 3 - датчики тиску внутрішні;
- 4 - ніпелі;
- 5 - передавальна антена;
- 6 - блок живлення;
- 7 - пристрої допоміжні;
- 8 - трійник кабелю антенного;
- 9 - кронштейн з антеною.



В роботі розглядаються марки автобусів, на яких використовуються шини Continental HSR2.

Характеристика	BH-120 Daewoo	Hyundai USL
Вага на задній міст, кг	7300	7718
Вага на передній міст, кг	4870	4227
Повна вага, кг	12170	11975
Кількість місць	44	45

Характеристики шин Continental HSR2

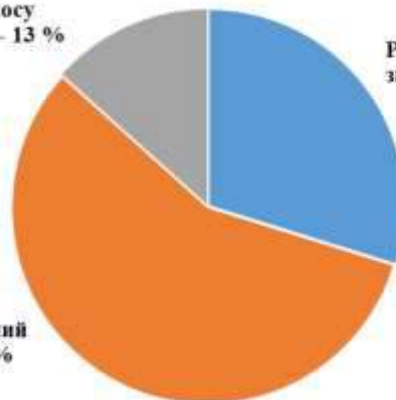


№	Параметр	Величина
1	Тип шини	Радіальна все сезонна
2	Ширина	295 мм
3	Діаметр	R22,5
4	Профіль	80%
5	Індекс навантаження	152 (3550 кг)
6	Індекс швидкості	M (130 км/год)
7	Вага	63,2 кг
8	Нормативний тиск, бар	8,5

Інші види зносу
і пошкоджень - 13 %

Рівномірний
знос - 30 %

Нерівномірний
знос - 57 %



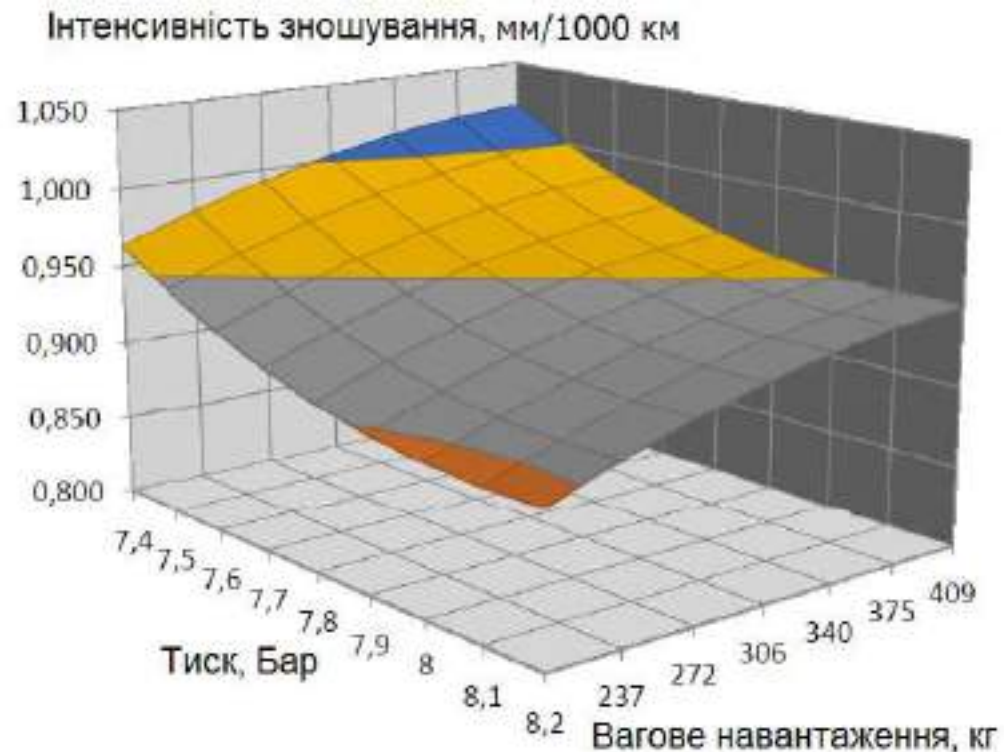
У компанії Continental зазначають, що нова версія HSR2 характеризується не лише підвищеною зносостійкістю, але й високою міцністю та надійністю, що особливо важливо для регіональних перевезень, де часто змінюються дорожні умови та навантаження.

Рівняння регресії
інтенсивності
зношування шини
Continental HSR2 для
маршруту довжиною
1000 км має вигляд

$$J_{1000} = 0,945 - 0,025x_1 + 0,02x_2 + 0,011x_1^2 - 0,006x_2^2$$

Де x_1 - коефіцієнт для фактора тиску, x_2 - коефіцієнт для фактора вагового навантаження шини.

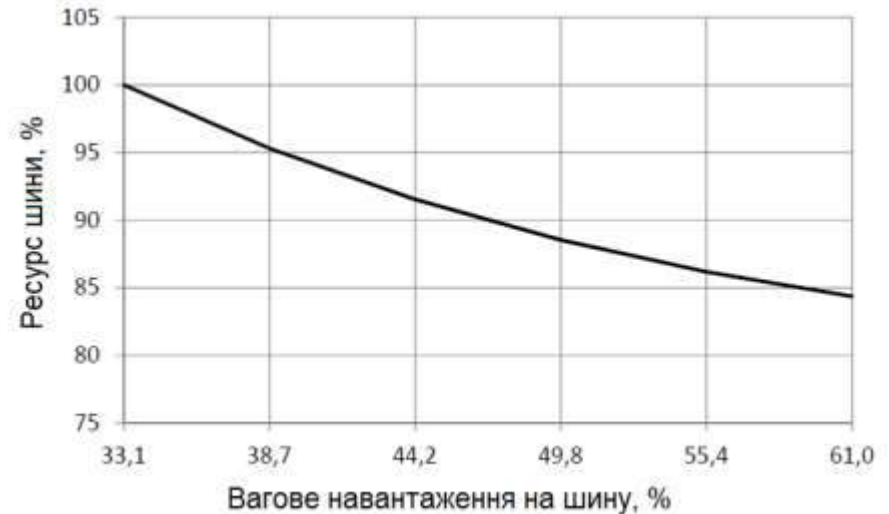
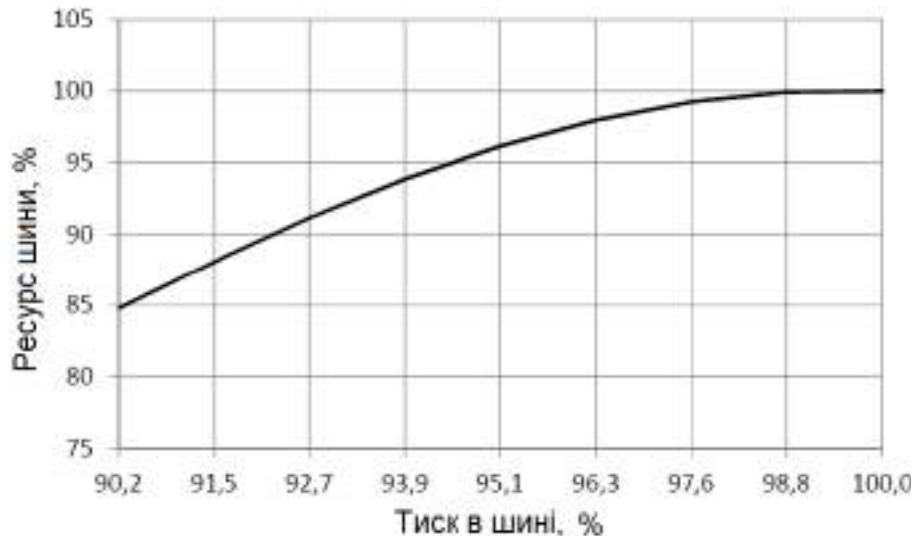
За даною моделлю є можливість визначити поверхню відгуку, що покаже інтенсивність зношування шини в залежності від навантаження та тиску.



Інтерпретація результатів

- Щоб визначити залежність від одного з факторів, необхідно розглянути перетин поверхні, що проходить паралельно осі координат для одного параметра.
- З аналітичної точки зору, це означає, що слід зафіксувати певні фактори на постійному рівні та багато разів виконати розрахунок інтенсивності зношування, поступово змінюючи значення одного з факторів від мінімального до його максимального значення.

Ресурс шини $I = \frac{H}{J_i}$ де H - глибина протектора нової шини за вирахуванням залишкової глибини протектора, при якому списується шина, $H = 145 - 20 = 125$ мм; J - середня інтенсивність зносу для i -го маршруту.



Моделювання ресурсу шин в залежності від рівня варіювання факторів

Розрахунковий ресурс шин при середньому і нормативному тиску

Значення ресурсу шин в залежності від тиску.

Відстань по маршруту	Розрахунковий ресурс, км		Різниця, %
	середні тиск, 7,47 Бар	нормативний тиск 8,2 Бар	
1000 км	135896	149689	9,2

Середня різниця в ресурсі при експлуатації шин з тиском 7,5 Бар і 8,2 Бар склала 13,793 тис. км або 9,2 %.

Такий підхід сприяє зменшенню втрат ресурсу шин та зниженню витрат пального, які виникають через неправильний тиск. Відповідно, економічний ефект від впровадження системи визначається за рахунок збереження ресурсу шин та скорочення витрат на паливо, що у загальному вигляді можна подати наступним чином:

$$E = E_{sh} + E_{pal}.$$

Загальний економічний ефект від економії палива і збільшення ресурсу: для одного автобусу в рік складе 118980 грн.

ВИСНОВКИ

- 1) Аналіз літературних джерел та процесу експлуатації шин показав, що на їхній знос впливає значна кількість факторів. Ступінь цього впливу може змінюватися залежно від виробника шин, моделі автобуса, кліматичних умов, висоти місцевості над рівнем моря, якості дорожнього покриття та типу рельєфу. В ході дослідження визначено, що найбільш вагомими факторами є тиск у шинах і навантаження на вісь.
- 2) На основі регресійної моделі було кількісно оцінено вплив тиску та навантаження на експлуатаційний ресурс шин, а також забезпечена можливість прогнозування та оптимізації строку служби шин через впровадження систем безперервного контролю тиску.
- 3) Згідно з отриманими розрахунками, постійний контроль тиску в шинах дає змогу збільшити їхній ресурс у середньому на 9 %, що еквівалентно фінансовій економії в розмірі 118980 грн на один автобус протягом року.



Дякую за увагу !