

## ЗАЯВА

Я, Марченко Микита Анатолійович

(ПІБ повністю)

Студент групи АГ2021

(шифр групи)

Освітньої програми Автомобілі та автомобільне господарство

(назва освітньої програми)

Освітнього ступеня підготовки магістр

(бакалавр, магістр)

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Дослідження залежності енерговитрат на кочення коліс вантажівок від конструкції шин

---

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайомена з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Дата 13.12.21

Підпис



Керівник

17.12.21

Підпис



Главацький К. Ц.

Міністерство освіти і науки України

Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

ДОВІДКА

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи здобувача

вищої освіти Мерченко Миколи Анатолійовича  
(ПІБ здобувача)

на тему: Дослідження залежності енерго-  
витрат на качення коліс  
векторів від конструкції шкв

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР Швець Казимир Глебович

Виконавець ВКР Микола Мерченко


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Ун:раїнський державний університет науки і технологій**

**Кафедра Прикладна механіка та матеріалознавство**

**«ДО ЗАХИСТУ»**

Завідувач кафедри

 /Сергій РАКША/  
« 7 » ----- 2021 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **27 Транспорт**

Спеціальність **274 Автомобільний транспорт**

Освітньо-професійна програма **Автомобілі та автомобільне господарство**

Тема **Дослідження залежності енерговитрат на кочення коліс вантажівон:  
від конструкції шин**

*Theme Investigation of the dependence of energy consumption for rolling the  
wheels of trucks on the design of tires*

ДІТ.480000.402.МРПЗ

Керівник дипломної роботи

доцент

**A**

Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ

Нормоконтролер

ст. викладач

**L**

Олександр ПОСМІТЮХА

Студент групи АГ 2021

Микита МАРЧЕНКО

Student

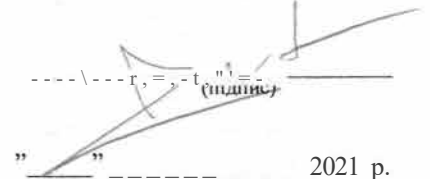
Marchenko Mykyta

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна

Факультет транспортної інженерії кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

Спеціальність «Автомобільний транспорт»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Завідувач кафедри



2021 р.

### ЗАВДАННЯ

до магістерської дипломної роботи на здобуття ОКР «магістр»

студента групи АГ2021

(номер групи)

Марченко Микити Анатолійовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема магістерської роботи: «Дослідження залежності енерговитрат на кочення коліс вантажівок від конструкції шин»

Затверджена наказом по університету № 769 ст від "-1.L" грудня 2020 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи --- = 20, 12 2021 р.

3. Вихідні дані до магістерської роботи: тип автомобіля: вантажний. Вантажопідйомність: 20т.

Вид шин: камерні, безкамерні, радіальні. Діапазон розмірів шин:

195/65/R15, 185/65/R14, 205/55/R16. Швидкість експлуатації шин: 210 км/год, 190 км/год, 240

км/год. Дорожнє покриття по якій рухаються шини: асфальтне, бетонне. Індекс навантаження в шинах: 61 Окг, 530кг, 615кг.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) 1) Вступ; 1. Техніко економічне обґрунтування досліджень. 2. Теоретичні дослідження залежності енерговитрат на кочення коліс вантажівок від конструкцій шин та підшипникових вузлів. 3. Експериментальні дослідження процесу кочення шин. 4. Пропозиції з удосконалення конструкцій. 5. Методика розрахунку опору у підшипникових вузлах. 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуації. 7. Висновки. 8. Бібліографічний список.

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу) 1) Огляд видів шин. 2) Опор кочення шин. 3) Показники енергоємності кочення шини. 4) Установка з привантаженням двома пружинами. 5) Вплив вагового навантаження на ресурс шини в умовах експлуатації. 6) Шина із внутрішнім пневматичним акумулятором. 7) Залежність ресурсу шини від внутрішнього тиску.

## РЕФЕРАТ

Кількість томів: \_\_\_\_\_ 1

В пояснювальній записці всього \_\_\_\_\_ 94 \_\_\_\_\_ сторішки

Найменування роботи: «Дослідження залежності енерговитрат на кочення коліс вантажішок під конструкції шин»

Ілюстрації: схем \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_, рисунків \_\_\_\_\_ 14 \_\_\_\_\_,  
таблиць .....=...1...

Ключові слова: Автомобіль, шини, дослідження, співставлення, тертя, опір, опору, швидкість, кочення, сила.

Текст реферату:

Актуальність роботи обумовлена необхідністю оцінки автомобільних шин задля підвищення безпеки й ефективності експлуатації автомобільного транспорту, оскільки на сьогоднішній день автомобільний транспорт є найбільш затребуваним способом доставки вантажів та пасажирів, як в Україні, так і у всьому світі.

Мета роботи - визначення конструктивних параметрів шин, від яких залежать енерговитрати на кочення коліс вантажішок.

Одним з основних експлуатаційних параметрів шини є тиск в шинах, який необхідно контролювати для зменшення ВІПРат, на безпечну експлуатацію автомобіля та продовження його ресурсу.

Внаслідок моніторингу тиску та збільшення ресурсу шин, знизиться викид у навколишнє середовище ШКІдливого гумового пилу: зниження викидів якого протягом року складе в середньому близько 190 кг на один автомобіль.

Відповідно зниження викидів шкідливих речовин із відпрацьованими газами внаслідок зниження витрати палива: викиди оксиду вуглецю (CO) знизяться на 94,2 кг, вуглеводнів (CH) на 30, 18 кг та оксидів азоту (NOx) на 135,33 кг.

Визначені необхідні кути повороту й кутові швидкості повороту передніх керованих коліс при стабілізації курсового кута шляхом повороту останніх у бік заносу при русі автомобіля в тяговому й гальмівному режимах. Визначено діапазон стійких лінійних швидкостей автомобіля, в якому немає необхідності повертати керовані колеса в бік заносу.

## ЗМІСТ

ВСТУП	-6
1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	- 8
1.1 Огляд і аналіз відомих досліджень в даному напрямку	- 8
1.2 Окреслення невирішених питань у відомих дослідженнях	- 19
1.3 Авторські пропозиції щодо напрямків досліджень	- 23
1.4 Висновки за розділом	- 27
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕНЕРГОВИТРАТ НА КОЧЕННЯ КОЛІС ВАНТАЖІВОК ВІД КОНСТРУКЦІЇ ШИН ТА ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ	- 28
2.1 Визначення опору коченню шини	- 28
2.1.1 Визначення коефіцієнта опору коченню шини залежно від заданих умов експлуатації	- 31
2.1.2 Визначення сили опору шини	- 33
2.1.3 Визначення швидкості руху шини	- 38
2.1.4 Визначення потужності на кочення шини	- 42
2.1.5 Визначення відносних показників енергоємності кочення шини	-44
2.2 Визначення опору у вузлах підшипників кочення автомобільних коліс	- 45
2.3 Вплив опору коченню на амплітуди при нелінійних коливаннях	- 46
2.4 Теоретичне визначення величини сили ковзання при коченні	- 48
2.5 Опір коченню платформи трейлера зі зміщеним центром ваги	- 50
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОЧЕННЯ ШИНИ	- 53
3.1 Експериментальне визначення параметрів підшипникових вузлів	- 53
3.1.1 Циліндр знаходиться на вгнутій циліндричній поверхні	- 54
3.1.2 Установка з привантаженням двома пружинами	- 55
3.2 Висновки за розділом	- 58

ДПТ.480000.402.МРПЗ								
Зм.	Арк.	Назва докум.	Підпис	Дата	Дослідження залежності енерговитрат на кочення коліс вантажівок від конструкції ШИН	Літер.	Аркуш	Аркушів
		Розробив	Марченко	17.12.21		УІМІР	4	94
		Перевірів	Главацький	17.12.21				
		Н. Контр.	Посмітюха	20.12.21				
		Затв.	Ракша			УДУНТ, гр. АГ2021		

4 ПРОПОЗИЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ШИН ТА ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ МАШИН	- 59
4.1 Пропозиції з удосконалення конструкцій шин	- 59
4.2 Пропозиції з удосконалення підшипникових вузлів машин	- 62
5 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОПОРУ У ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛАХ	- 65
5.1 Опір руху при коченні	- 65
5.2 Обґрунтування раціональних конструкцій вузлів кочення	- 67
5.3 Вибір модулів пружності матеріалу бігових доріжок підшипникових вузлів	- 68
5.4 Визначення розрахункової величини діаметрів цапф	- 69
5.5 Експрес-метод експериментального визначення коефіцієнта тертя кочення	- 69
5.6 Практична методика розрахунку опору пересуванню пневматичних шин	- 70
5.7 Висновки за розділом	- 73
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	- 74
6.1 Особливості екологічно безпечної експлуатації автомобільних шин	- 74
6.2 Вплив хімічних компонентів шин на працівників під час їх утилізації	- 77
6.3 Дії працівників у надзвичайних ситуаціях	- 81
ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ	- 85
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	- 87

## ВСТУП

Доставка автомобільним транспортом на сьогоднішній день є найбільш затребуваним видом доставки вантажів і пасажирів не тільки в Україні, але і У ВСЬОМУ СВІТІ.

Так, за даними служби державної статистики за 2018 рік [17], автомобільним транспортом було перевезено 5041 млн. т вантажу, що становить 67,5% вантажоперевезень України за всіма видами транспорту. Аналогічна ситуація і з пасажироперевезеннями: 13,166 млн. чоловік або 68,9%. З огляду на великі обсяги автомобільних перевезень та їх соціально-економічну значимість, проблема підвищення ефективності автомобільного транспорту є вельми актуальною. Ефективність автомобільного транспорту залежить не тільки від організації перевезень або технічного стану рухомого складу, а й від експлуатаційних характеристик і терміну служби шин. Думка авторів можна пояснити тим, що шина є одним з найбільш дорогих елементів конструкції автомобіля, а витрати на підтримку і відновлення працездатності шини займають друге місце після витрат на паливо.

Знизити витрати на шини можна збільшенням показників її довговічності, на які впливає безліч факторів. Ці фактори можна виділити в дві групи: керовані і некеровані. керовані фактори - це фактори, на які можна впливати для управління ресурсом шин, до них відносяться: тиск в шині, дисбаланс (статичний і динамічний), стан підвіски, навантаження на автомобіль, швидкість руху і майстерність водіння. До некерованих відносяться: дорожні і природно-кліматичні умови, а також умови руху. Всі перераховані керовані чинники, так чи інакше, контролюються технічною службою на АТП, проте контролю тиску часто приділяється мало уваги, а найчастіше і зовсім ним нехтують. В результаті чого, в 60...90% шин при експлуатації мають тиск вище або нижче норми, через недотримання норми тиску в шию, втрачається 6... 15% ресурсу шин і 1,5... 6,0% пального. Проблема контролю тиску в шинах викликана відсутністю нормативних

						ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			6



# 1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Огляд і аналіз відомих досліджень в даному напрямку

Шини є одним з найбільш дорогих елементів автомобіля, що впливає на безпеку руху, витрата палива і екологію. Науково-практична задача підвищення технічного ресурсу шини покликана підвищити безпеку руху автомобілів, знизити витрату палива і знизити негативний вплив на екологію, так само підвищення технічного ресурсу дозволить отримати позитивний економічний ефект, який можна реалізувати для модернізації матеріально-технічної бази автотранспортного підприємства.

В області технічної експлуатації шин проведено безліч досліджень. Всі ці дослідження спрямовані для вирішення науково-практичного завдання підвищення технічного ресурсу шин. Різниця полягає в підходах і методах вирішення.

Сичовим А. В. в роботі [40] розглянулі методи контролю тиску в шинах, що дозволяють виявляти залежності зміни тиску в шинах від експлуатаційних факторів. Автором розроблена математична модель зміни тиску газу в шинах. Автор докладно описав три різних методики визначення дифузії газу в шині без урахування впливу зовнішніх факторів. Перші два методи полягають в наповненні шини на 90% залізними кульками, а решта об'єму, що залишилася (10%) наповнювалася газом. Метал не дозволяє газу проникати в свою структуру, а об'єм, на думку автора, можна точно розрахувати, тому що розмір кульки відомий з достатньою точністю. Це призводить до того, що об'єм газу в шині зменшиться, а дифузійна площа залишиться постійною. Тому, навіть невеликі витіки газу з шини за рахунок дифузії істотно знизять тиск в шині, в результаті чого швидкість проведення експерименту збільшується в 10 разів, однак шина при такому експерименті приходить в непридатність.

					ДІПТ. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахувати, тому що розмір кульки відомий з достатньою точністю. Це призводить до того, що об'єм газу в шині зменшиться, а дифузійна площа залишиться постійною. Тому, навіть невеликі витіки газу з шини за рахунок дифузії істотно знизять тиск в шині, в результаті чого швидкість проведення експерименту збільшується в 10 разів, однак шина при такому експерименті приходиться в непридатність.

Другий метод відрізняється від першого газокоменсаційним пристроєм, який компенсує тиск газу в шині при його падінні. Друга методика моделює роботу пристрою, що забезпечує підтримку тиску в шині. Так само ці методи можуть використовуватися для визначення коефіцієнта дифузії.

Третій метод полягає в тому, що автомобільна шина поміщається в замкнуту систему (металеву оболонку з кришкою, яка виключає проникнення додаткового газу), далі система з шиною заповнюється водою при температурі, необхідній за умовами експерименту і виводиться капіляр. Суть методу полягає в тому, що газ, дифундувавши з шини в воду, створить додатковий обсяг і підніме рівень рідини в капілярі на деяку величину. Знаючи діаметр капілярної трубки, можна визначити об'єм вивільненого повітря. Недоліком методу є те, що при втратах газу більше 80% від нормативного рівня тиску відбуватиметься об'ємне стиснення шини під дією внутрішніх сил натягу і результати можуть бути перевернуті, але цей недолік не настільки істотний, тому що достатньо є вимірювання при падінні тиску в межах 5... 10% від норми.

Сидельников Г. В. [44] створив методичний підхід до нормування маршрутного ресурсу шин міського автобуса в процесі експлуатації.

В ході нормування маршрутного ресурсу шин автобусів цільова функція, як вважає автор, може залежати від трьох груп факторів:

						ДІ П. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№докум.	Підпис	Ідата			9

Перша група (A1 ... An) характеризує умови роботи автобуса, які задані і не можуть бути змінені в ході визначення нормативного ресурсу шин. До першої групи входять:

A1 - питома кількість технологічних зупинок на маршруті;

A2 - питома кількість світлофорів на маршруті;

A3 - питома кількість поворотів на маршруті;

A4 - щільність руху автотранспорту на маршруті;

A5 - середня відстань між зупинками;

A6 - коефіцієнт використання пасажиромісткості;

A7 - експлуатаційна швидкість;

A8 - швидкість сполучення;

A9 - стан дорожнього покриття;

A10 - кут подовжнього ухилу траси маршруту;

A11 - тип дорожнього покриття;

A12 - інтенсивність руху.

Друга група (B1 ... Bm), яка НОД називається елементами рішення, може змінюватися при управлінні, впливаючи на цільову функцію. До цих факторів належать:

B1 - застосування обґрунтованих нормативів систем (в разі автора - це рекомендований тиск і сходження коліс);

B2 - забезпечення виконання рекомендацій і нормативів системи (контроль тиску повітря, сходження і т. ін.);

B3 - вдосконалення технології, організації та управління процесами технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р), в першу чергу експлуатацією шин;

B4 - забезпечення робочих місць виконавців раціональної технологічно і документацією;

B5 - комп'ютеризація та індивідуалізація обліку та звітності при технічній експлуатації автобусів;

									ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						10

- В6 - забезпечення підприємства персоналом;
- В7 - підвищення кваліфікації персоналу;
- В8 - вдосконалення систем симулювання персоналу;
- В9 - забезпечення стабільності трудових колективів;
- В10 - створення резерву справних автобусів;
- В11 - вибір раціональних типів моделей рухомого складу (РС);
- В12 - вибір сучасних експлуатаційних матеріалів, включаючи матеріали для ТО і Р шин;
- В13 - забезпечення якості відновлення і капітального ремонту виробів, особливо елементів підвіски і рульового управління;
- В14 - управління віковою структурою парку автобусів;
- В15 - варіаційні терміни служби автобусів.

Умови в ході дослідження - чинники другої групи або мають нормативні значення (тиск в шинах), або не змінюються.

Третя група - заздалегідь невідомі умови (С1 .. Ск), вплив яких на ефективність системи невідомо чи вивчено недостатньо, до них можна віднести:

- С1 - температура навколишнього середовища;
- С2 - агресивність навколишнього середовища.

Оскільки прогнозувати поведінку цих параметрів важко, то для їх кількісної оцінки автором був застосований експертний метод, зокрема апріорне ранжування факторів.

Касаткіною О. Ф. в роботі [27] розроблено автоматизовану систему обліку та управління витратами на шини у вигляді програмного забезпечення, впровадження якої в виробництво скорочує витрати на шини і підвищує ефективність експлуатації автомобілів. Автоматизована система покликана знизити трудомісткість обліку шин в обробці первинних документів (створення електронних баз, даних і робота з ними).



низько температурні умови суттєво впливають на коефіцієнт опору коченню, що, у свою чергу, впливають на витрату пального. Автор вивів коефіцієнт пристосованості, який характеризується коефіцієнтом опору коченню та, залежно від нього, виділено три рівні пристосованості: високий, середній та низький.

Основна ідея дослідження полягає в тому, що вплив суворих умов на автомобільні шини залежить від рівня їх пристосованості до цих умов. Експериментальні дослідження автора показали, що автомобільні шини з різними експлуатаційними та конструктивними характеристиками мають різний рівень зміни коефіцієнта опору коченню в умовах низьких температур експлуатації, а, отже, мають різні значення параметра пристосованості. У результаті визначено, що інформативними ознаками для класифікації будуть: категорія використання та наявність чи відсутність шпильок.

На основі цього автором запропоновано методику диференціального коригування норм витрати пального з урахуванням пристосованості шин до низькотемпературних умов експлуатації за коефіцієнтом опору коченню. Величина коефіцієнта залежить від значення фактичної температури повітря, при якій відбувається експлуатація автомобіля, та від рівня пристосованості шин до мінусових температур навколишнього повітря за коефіцієнтом опору коченню.

Гечекбаєв Ш. Д. в [10] вирішив завдання прогнозування тиску в шинах автотранспортних засобів та підвищення його стабільності за рахунок використання внутрішнього газопроникного пневматичного акумулятора (ВПГА) (рис. 1.1).

Розроблена математична модель процесу дифузії газу з шини, що містить ВПГА, та методу вибору його раціональних параметрів, що забезпечують максимальне збільшення періоду відновлення тиску в шині за дотримання норм тиску. ВПГА, згідно з дослідженням автора, дав



період відновлення тиску і знизити на 25% витрати на обслуговування шин. Яковлев В. І. у своїй роботі [44] вперше з позиції механіки теоретично досліджував кочення твердого колеса з твердої основи.

Отримав просте інженерне рішення про кочення пружного колеса по жорсткій поверхні, пріоритетом якого є кінцеві аналітичні вирази визначення основних параметрів контрактної взаємодії пари кочення, зокрема роботи сил тертя, коефіцієнтів жорсткості, величини зовнішнього діаметра колеса. У результаті автором визначено, що для підвищення ресурсу шини необхідно збільшувати коефіцієнт Пуассона і модуль зсуву матеріалу протектора, радіус шини, коефіцієнт заповнення профілю та коефіцієнт тангентальної жорсткості, знижувати величини вісного пружного ковзання, навантаження і коефіцієнти тертя ковзання і нормальної жорсткості шини. Таким чином дано пояснення механізму зносу шин, показано особливості їхнього зносу та виходу з ладу. Отримано аналітичний вираз для розрахунку та прогнозування шийного зносу шин.

До недоліку цього виразу можна віднести те, що він не враховує величину тиску повітря у шині. Абакумовим Г. В. вирішено науково-практичну проблему зниження собівартості автомобільних перевезень за рахунок підвищення довговічності шин та зменшення витрати пального шляхом забезпечення експлуатації шин із тиском, що відповідає нормативу. Автором розроблено математичну модель та методику розрахунку величини тиску для контролю та доведення його до норми взимку в опалювальному приміщенні.

Дана модель та методика контролю доведення до норми тиску повітря в шинах при технічному обслуговуванні в зимовий період дає економічний ефект за рахунок часткового зниження втрат ресурсу шин та перевитрати палива, пов'язаних з відхиленням тиску від норми. Екологічно ефект полягає у скороченні маси продуктів зносу шин та викидів шкідливих речовин з віцпрацьованими газами.

Абрамов В. Н. у своїй роботі розробив концепцію вирішення проблеми підвищення працездатності та надійності експлуатації автомобільного транспорту за рахунок забезпечення збереження та довговічності шин та гумо-технічних виробів на основі вдосконалення методології їх оцінок та розрахунків, конструктивних доробок та технології виробництва, розробок нових перспективних матеріалів, способів модифікації гум та їх захисту. В результаті були науково обґрунтовані рівні ключових показників тактико-технічних характеристик (ТТХ) шин та автомобілів, критерії працездатності шин, розроблені та експериментально проведені оцінки:

- показників опорної прохідності повнопривідних автомобілів за питомою навантаженістю шин за об'ємом, їх жорсткістю та конструктивними параметрами, уточненою математичною моделлю кочення колеса через накопичений зсув її елементів у контакт з ґрунтом, пробуксування;
- збереження гумо-технічних виробів за базовими критеріями їх працездатності та прогнозування їх термінів служби;
- напружено-деформованого стану гофрованих гумо-технічних виробів;
- модифікація гум, що підвищує до 40% термін служби гумо-технічних виробів, із застосуванням комбінованого способу об'ємного зміцнення фтордобавками за параметром їх розчинності та набухання на основі фторпарафінів, ефірів і спиртів-теломерів та поверхневого насичення фтором з використанням фторгелієвого реагенту і формує більш щільний та стійкий до озону поверхневий шар.

Теоретичні та експериментальні дослідження та розрахунки авторів уможливили підвищення ефективності експлуатації автомобілів з шинами та гумо-технічних виробів різних термінів служби, що виражаються у найбільш повній реалізації їх експлуатаційних якостей на автомобільний транспорт, це

				ДІП. 480000. 402. МРПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Іцата		16





безперервні та дискретні процеси. До безперервних процесів відноситься, перш за все, зношування. Крім того, безперервно відбувається дифузійний витік повітря з шини. До дискретних відносяться руйнування каркасу з різних причин, відшарування протектора, проколи тощо. Інтенсивність безперервного процесу характеризується інтенсивністю зношування  $\lambda$ , а дискретного - параметр потоку відмов  $\lambda_f$ . В рамках даного напрямку автором розроблені багатофакторні математичні моделі впливу умов експлуатації на середню інтенсивність зношування шин автобусів, а також математичною моделлю залежності параметра потоку відмов від температури навколишнього повітря та вплив на параметр потоку відмов вертикального навантаження.

У другому напрямку автор ставить за мету зниження собівартості автомобільних перевезень за рахунок підвищення довговічності шин і зменшення витрати палива шляхом забезпечення експлуатації шин із тиском, що відповідає нормативу. В даний час не у всіх шинах тиск відповідає нормативному рішню. Фактичний тиск випадкова величина з певним математичним розподілом та коефіцієнтом варіації  $V_p$ , розподілена за законом, що описується функцією розподілу.

Як зазначає автор, через експлуатацію шин з тиском, що не відповідає нормі, ресурс шин реалізується не повністю, тобто існують втрати. Крім того, з цієї ж причини збільшується питома дорожня витрата пального автомобілем, тобто значні фінансові втрати.

## 1.2 Окреслення невирішених питань у відомих дослідженнях

Термін служби шини в процесі експлуатації залежить від інтенсивності зношування шини, яка, у свою чергу, є безперервною величиною. Відповідно завжди має місце бути певний набір факторів, що впливають на інтенсивність зношування шини. Фактори можуть змінюватись за ступенем їх впливу, а деякі фактори можуть просто не існувати в деяких умовах експлуатації і тому надавати нульовий ступінь впливу на процес зносу шин.

					ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
ДІП.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Янчевського В.А. [38, с. 5] основні фактори подішею на три групи за ступенем управління (рисунок 1.1): керовані чинники - це чинники, які від роботи технічної служби підприємства. До них належать організаційно-технічні фактори, технічний стан автомобіля; частково керовані фактори - кваліфікація водія, експлуатаційні фактори; некеровані чинники - чинники, які від роботи технічної служби. До них належать дорожньо-кліматичні умови, конструкція автомобіля, якість шин. Алаєдін А.М. [4] на основі експертної оцінки вчених фахівців у галузі технічної експлуатації автомобільних шин провів ранжування факторів та встановив їх у порядку за ступенем впливу (рисунок 1.2), де експлуатаційні умови, технічний стан автомобіля та організаційно-технічні фактори мають найбільший ступінь впливу на ресурс шин. Цю ж класифікацію використовує у своєму дослідженні Касаткіна Е.Ф. [22].

Устарів Р.М. на основі досліджень Тарновського В.М., Третьякова, О.Б. та Кузьміна Н.А. [56] виділяє такі чинники, що впливають терміш служби шин: техніка водіння автомобіля і крутний момент; дорожню, кліматичні умови та конструкція автомобіля; вагове навантаження шин; швидкість руху автомобіля; тиск повітря у шинах; кути установки коліс та СИЛИ, ЩО ДІЮТЬ На шину; невідповідність КОНСТРУКЦІЇ та НЕОДНОРІДНІСТЬ копіс; перекося осей та технічний стан підвіски. Вплив факторів визначається низкою параметрів (рисунок 1.2).

Відхилення кожного з параметрів оптимального стану збільшує інтенсивність зносу шин. Вплив першої групи чинників може бути повністю усунуто удосконаленням роботи технічної служби підприємства. Вплив другої групи факторів може бути повністю або частково усунений, але не завжди це можливе, вплив третьої групи факторів не може бути усунений, але має враховуватися при встановленні або коригуванні норм пробігу шин.

Технічний стан часто є причиною передчасного зношування шин. Технічний стан виявляється у неправильних кутах установки керованих

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІП. 480000. 402. МРПЗ				





від різницею відцентрових сил, розташованих у випадку несиметрично щодо осі профілю колеса виникає протилежний за напрямом момент. Цей момент прагне відхилити колеса від початкової площини обертання. [56, 28]. Динамічний дисбаланс призводить до підвищеного зношування підшипників коліс, шарнірів рульового приводу шин. При динамічному балансуванні зменшується як моментна, і статична невірноваженість колеса одночасно. У збалансованого колеса дисбаланс починає інтенсивно розвиватися після балансування до пробігу близько 10 тис. км, а потім стабілізується внаслідок негативного зворотного зв'язку [26, 28].

### 1.3 Авторські пропозиції щодо напрямків досліджень

Сідельников Г.В. у роботі [40] розглядає такі фактори, що впливають на ресурс шин автомобілів та автобусів: конструкція шини; радіальне та осьове биття, дисбаланс колеса; вік шини; стан доріг; неакуратне водіння; тиск повітря у шню; швидкість руху; вагове навантаження на шину; величина крутного моменту, прикладена до шини; кут сходження та розвалу; кут поздовжнього нахилу шворня; співвідношення кутів повороту; переюс заднього та переднього моста; Температура оточуючого повітря.

**Тиск повітря у шині** - дуже впливає на термін служби шини. Тому для кожної марки шини виробник встановлює певну норму тиску, за якої шина матиме найбільший ресурс. При збільшенні чи зменшенні тиску їх термін служби значно знижується (рисунок 1.3) [19].

						ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
ЗІН	Арк.	№ докум.	Підпис	Іцата			23

збалансованого колеса дисбаланс починає інтенсивно розвиватися після балансування до пробігу близько 10 тис. км, а потім стабілізується внаслідок негативного зворотного зв'язку [26, 28].

### 1.3 Авторські пропозиції щодо напрямків досліджень

Сідельніков Г.В. у роботі [40] розглядає такі фактори, що впливають на ресурс шин автомобілів та автобусів: конструкція шини; радіальне та осьове биття, дисбаланс колеса; вік шини; стан доріг; неакуратне водіння; тиск повітря у шині; швидкість руху; вагове навантаження на шину; величина крутного моменту, прикладена до шини; кут сходження та розвалу; кут поздовжнього нахилу шворня; співвідношення купів повороту; переїс заднього та переднього моста; Температура, оточуючого повітря.

**Тиск повітря у шині** - дуже впливає на термін служби шини. Тому для кожної марки шини виробник встановлює певну норму тиску, за якої шина матиме найбільший ресурс. При збільшенні чи зменшенні тиску "х" термін служби значно знижується (рисунок 1.3) [19].

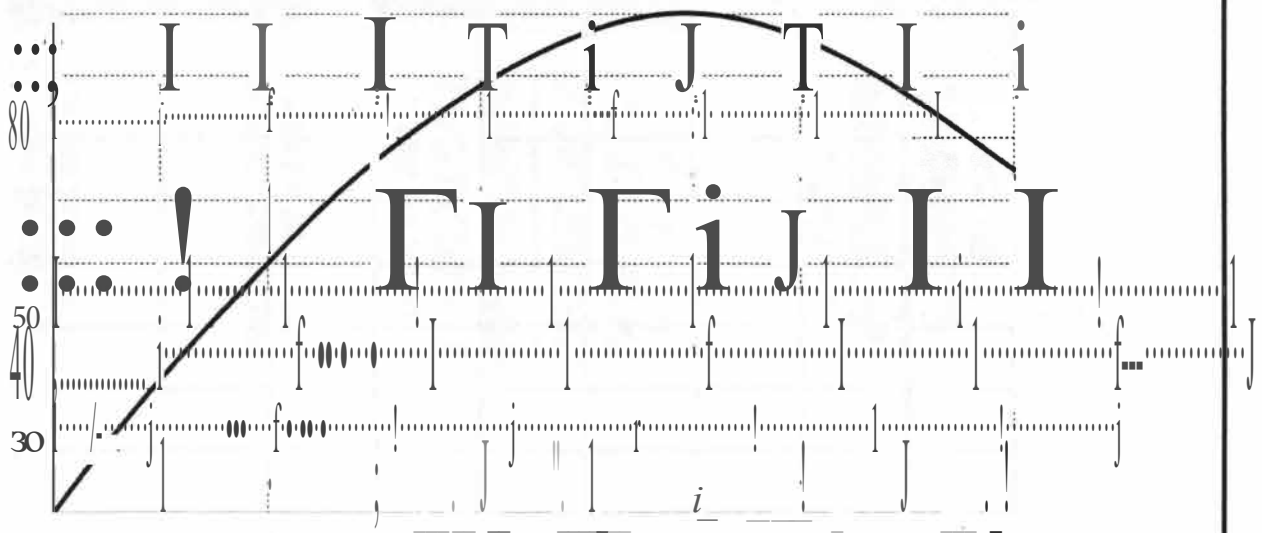
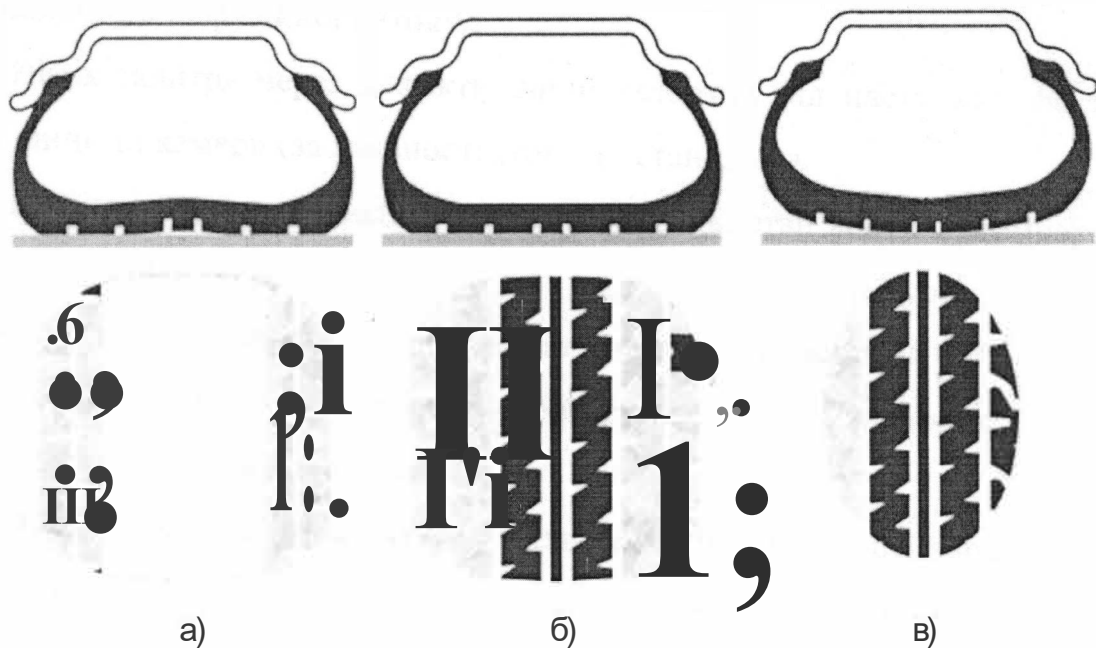


Рис. 1.2. Вплив тиску в шині на ресурс [19]

Такий вплив внутрішнього тиску в шині на її ресурс пояснюється досить просто: знижений тиск веде до більшої деформації самої шини, що підвищує її температуру та спричиняє зростання інтенсивності зношування в

зоні контакту шини з дорогою. При недостатньому тиску шина має значно меншу площу зони контакту протектора з дорогою: протектор згинається і його середина втрачає контакт з дорогою, тоді як все вагове навантаження, що припадає на шини, лягає на плечову зону протектора, що призводить до їх інтенсивного зношування (рисунк 1.4, а). Також підвищена деформація підвищує ймовірність втомних руйнувань. При нормальному тиску шина має повний контакт шини з дорогою по всій ширині протектора, що дозволяє рівномірно розподілити вагове навантаження на шину та забезпечити рівномірне зношування (рисунк 1.4, б). При підвищеному тиску відбувається зворотна ситуація: протектор згинається, але вже в інший бік. Все навантаження лягає на середину протектора, відповідно при підвищеному тиску відбувається інтенсивне зношування середньої його частини (рисунк 1.4, в).



а - тиск нижче за норму, б - нормативний тиск, в - тиск вищий за норму;  
Рис. 1.3. Вплив тиску на деформацію шини [24]

Як уже було сказано раніше, підвищений або знижений тиск значно зменшує площу контакту шини з дорогою, що негативно позначається на безпеці руху. Так, при зниженому тиску збільшується гальмівний шлях,

міжмолекулярне тертя в ній, а отже, і величина гістерезисних втрат, що є позитивним явищем. Гістерезисні ж втрати в корді дещо зростають [17].

Дифузійний витік повітря залежить від наступних факторів:

- тип шини (камерна або безкамерна) - камерна шина має нижчу порівняно з камерними інтенсивність дифузійного витоку;
- газопроникюість складу гуми;
- розмір шини - чим більше шина, тим більша площа поверхні, через яку відбувається дифузійний витік;
- тиск у шині - чим вищий тиск, тим вищий перепад між тиском зовнішнього середовища та всередині шини, а отже, вища інтенсивність дифузійного витоку;
- температура шини - що вище температура, то більше вписувалося інтенсивність дифузійної витоку.

Витік повітря через дефекти шини залежить від наступних факторів: стан шини та камери (за наявності); типу та стан диска.

Витік повітря через негерметичний вентиль: стан вентиля; температура навколишнього середовища - при низьких температурах прокладка ущільнювача клапана стає жорсткою, і герметичність вентиля погіршується.

Помилки при контролі та доведенні тиску до норми: похибка манометра; помилки виконавця.

**Навантаження на шину.** На збільшення інтенсивності зношування та скорочення терміну служби шин впливає перевантаження шин. Недовантаження веде до збільшення терміну служби, а навантаження, навпаки - його зменшення. Так навантаження шин на 10% призводить до скорочення терміну служби на 20% [50]. При цьому вплив на міцність каркаса буде аналогічним, як при підвищеному тиску, а ступінь деформації шини і характер руйнування боковин буде аналогічним, що спостерігається при експлуатації шини з недостатнім тиском, тільки значно більше ступеня, внаслідок великих питомих тискув [51]. Це пояснюється збільшенням

										Ді П. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
№-1	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							26

Витік повітря через негерметичний вентиль: стан вентиля; температура навколишнього середовища – при низьких температурах прокладка ущільнювача клапана стає жорсткою, і герметичність вентиля погіршується.

Помилки при контролі та доведенні тиску до норми: похибка манометра; помилки виконавця.

**Навантаження на шину.** На збільшення інтенсивності зношування та скорочення терміну служби шин впливає перевантаження шин. Недовантаження веде до збільшення терміну служби, а навантаження, навпаки - його зменшення. Так навантаження шин на 10% призводить до скорочення терміну служби на 20% [50]. При цьому вплив на міцність каркаса буде аналогічним, як при підвищеному тиску, а ступінь деформації шини і характер руйнування боковин буде аналогічним, що спостерігається при експлуатації шини з недостатнім тиском, тільки значно більше ступеня, внаслідок великих питомих тисків [51]. Це пояснюється збільшенням напруги ниток корду, великим нагріванням внаслідок деформації (особливо у плечовій зоні покриття), а також підвищенням та нерівномірним розподілом питомого тиску на площі контакту шини з дорогою.

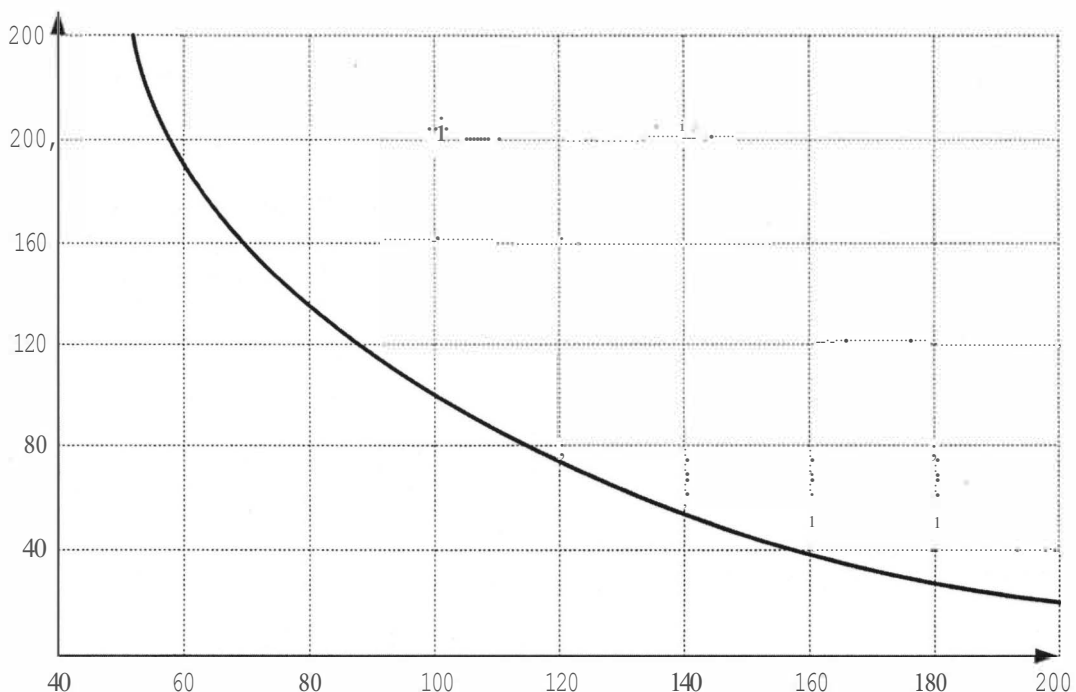


Рис. 1.4. Вплив вагового навантаження на ресурс шини



## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЮДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕНЕРГОВИТРАТ НА КОЧЕННЯ КОЛІС ВАНТАЖІВОК ВІД КОНСТРУКЦІЇ ШИН ТА ГПДШИШІКОВИХ ВУЗЛІВ

### 2.1 Визначення опору коченню шини

Негативні та найчастіше небезпечні фактори, що впливають на безпеку та економічність, можуть бути легко усунуті з використанням систем моніторингу транспортних засобів для контролю тиску в шинах (Tree Pressure Monitoring System) або TPMS. Це система дистанційного вимірювання тиску і температури в шинах транспортного засобу, яка здійснює вимірювання в режимі реального часу, що дозволяє запобігти аварійним ситуаціям, пов'язаним з пошкодженням шини, надмірним зносом.

Внаслідок ненормативного тиску, а також дозволяє запобігти перевитраті палива, викликаного зниженням тиску [36].

Історія масового застосування TPMS для легкових автомобілів веде відлік із законодавчого акту TREAD - The TREAD (Transportation Recall Enhancement, Accountability and Documentation) - це акт, схвалений конгресом США у листопаді 2000-го. Згідно з актом, в автомобілях має існувати система перевірки та сигналізації про ситуацію, в якій одна чи більше шин значно недокачана [39].

В даний час в США діє федеральний стандарт Federal Motor Vehicle Safety Standard (FMVSS) № 138, розроблений Національною Адміністрацією шосейного руху NHTSA, що наказує на обов'язкове встановлення систем TPMS у нових автомобілях [36].

У першій редакції правила NHTSA Final Rule, прийняті 5 липня 2002 р., регламентували моніторинг недокачування всіх шин більш ніж на 25% і більш ніж на 30% однієї шини, а також попереджали водія про ситуацію протягом 10хв. Правила дозволяли автовиробникам встановлювати системи прямого вимірювання тиску в шинах, так і непрямого (непрямого).

										ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
											29
ЗМН.	Арк.	I	№ докум.	Підпис	Дата						



868-930 МГц. Для TPMS, поєднаних із RKE-ресивером, очікується використання частот ISM 315 МГц для США та 434 МГц для Європи [42].

В даний час застосовуються два типи систем моніторингу тиску в шинах. Це система прямого (Direct measured) та непрямого (Indirect) виміру. Система прямого вимірювання безпосередньо вимірює температуру і тиск шин і використовує передавач. Система непрямого вимірювання перевіряє тиск у шинах за відмінностями у швидкості обертання коліс.

Принцип будь-якої системи моніторингу тиску є досить простим. Датчики тиску проводять замір тиску в шині з певним інтервалом часу, після чого за засобами радіоканалу інформація передається в блок управління, де відбувається її аналіз (звірення вимірювань з нормативними значеннями), у разі проколу та швидкого зменшення тиску в шию, вимірювання тиску датчиком відбуваються частіше, А блок управління повідомляє про це водія.

Стандартна архітектура системи TPMS складається з:

- чотирикошісних модулів вимірювання тиску, кожен з яких включає: датчик тиску; датчик температури; блок формування сигналу та ідентифікації шини; трансмітер, що передає радіосигнал; антену; кристалічний (кварцовий) резонатор; батарею;
- ресівера на панелі приладів;
- блоку обробки сигналу на приладовій панелі.

Системи прямої перевірки використовують датчики, які розміщують всередині шини, які безпосередньо вимірюють тиск і температуру газу в шині. За допомогою передавача, розташованого всередині датчиків, дані про стан шини передаються сигналами діапазону ВЧ. Приймач (ресивер) може розташовуватися як у самому блоці обробки сигналу, що знаходиться на панелі приладів, так і за його межами. Блок обробки сигналу повідомляє водія про поточний стан тиску в шинах.

				ДІП. 480000. 402. МРПЗ		Арк.
Змін.	Арк.	Но́міну...	Підпис	дата		31

2.1.1 Визначення коефіцієнта опору коченню шини залежно від заданих умов експлуатації

Непряма система обчислює тиск у шию, використовуючи систему АБС, включаючи датчики тиску коліс та (або) акселерометри, і локальний комп'ютер. Якщо тиск у шині стає низьким, це колесо обертається швидше, ніж інші колеса, через зменшення його радіуса. Відмінності у швидкості дозволяють детектувати низький тиск, а попереджувальний індикатор сигналізуватиме про це водію, але ці багатопараметричні методи складно реалізуються і потребують періодичного калібрування. Непряма система має переваги - низьку вартість, оскільки не потрібні батарейні датчики та системи радіопередачі. Але вона не може визначати тиск перед початком руху, спарених шин в одному вузлі, мають обмеження в швидкості та траєкторії руху, для них не існує поняття точності абсолютних вимірювань, немає можливості визначити в якому колесі впав тиск і визначити повільне падіння тиску, так само вони не здаті детектувати недокачування лише понад 30% [36].

Прямі системи моніторингу, своєю чергою, діляться на внутрішню - коли модуль кріпиться на обід чи шину (рис. 2.1), і зовнішні - модуль нагвинчується на ніпель колеса (рис. 2.2).

Внутрішні датчики вбудовуються замість стандартних нішів таким чином, що сенсор знаходиться всередині шини, що досить незручно, тому що вимагає додаткового шиномонтажу, але при цьому датчики захищені від зовнішнього впливу середовища та вандалських дій. Але оскільки термін дії елемента живлення становить 5-10 років, можна обійтися тільки гучатковою демонтажем шини та встановленням датчика, наступною заміною елементів живлення можна проводити при заміні шини.

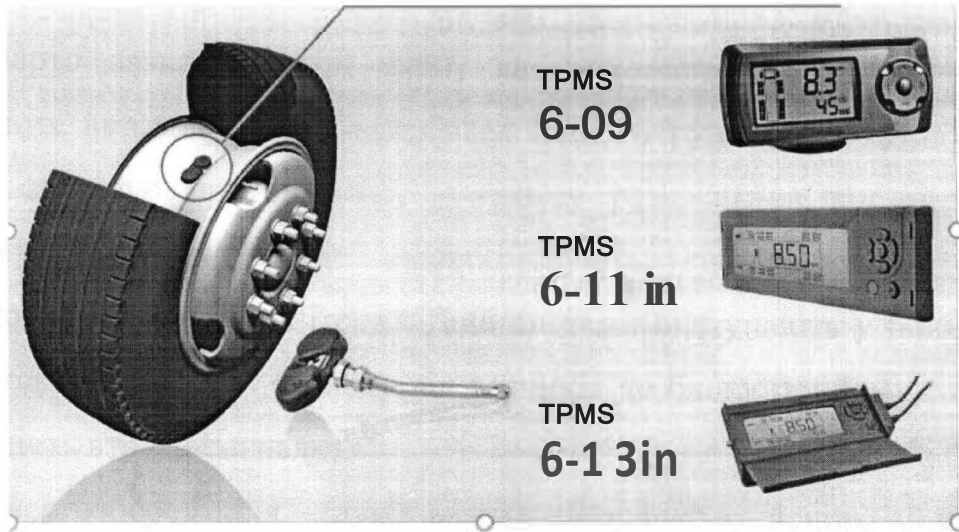


Рис. 2.1. Приклад системи моніторингу з урахуванням внутрішніх датчиків [34]

Зовнішні датчики, на відміну від внутрішніх, монтуються на штатю ніпелі та не вимагають додаткового шиномонтажу. Це дозволяє не тільки швидко встановити систему, а й використовувати її на кількох автомобілях. Наприклад, демонтувати датчики з автомобіля, що перебувають у простої та застосувати їх до транспортного засобу, що вийшов у лінію. Але такі датчики не захищені від взаємодії довкілля. [36].

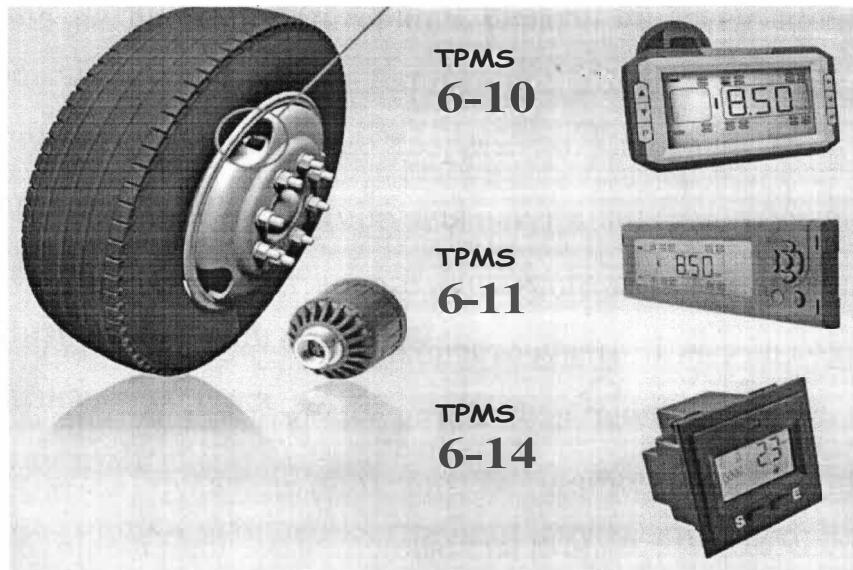


Рис. 2.2. Приклад системи моніторингу на основі зовнішніх датчиків



метод. Перед випробуваннями під поверхню протектора вводяться точкові радіоактивні джерела. При зносі глибина закладення джерела зменшується, інтенсивність випромінювання, що вимірюється на поверхню протектора, збільшується. Зношування визначається за показаннями приладів, що реєструють інтенсивність випромінювання. Похибка виміру 0,01 ... 0,02 мм [27].

Інший радіоактивний метод визначення зносу вперше було застосовано США [52]. Радіоактивний ізотоп P32 вводиться в протектор під час виготовлення шини. Зношування вимірюється по радіоактивності сліду, залишеного шиною на орозі. Цей метод давав можливість виявляти якісний вплив різних факторів на зношування, але не дозволяв кількісно оцінити зношування шин [22].

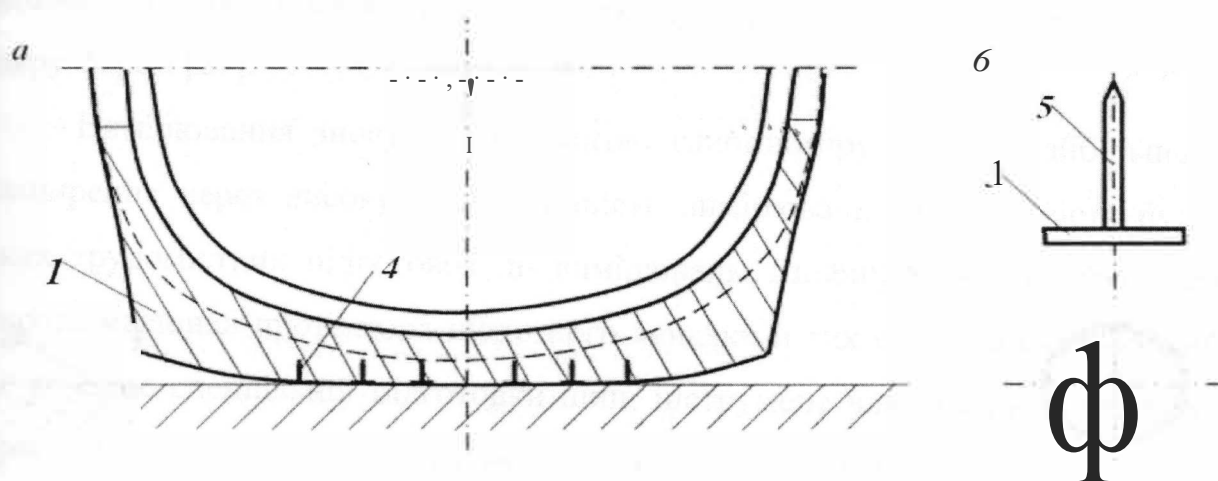
У Чехії був розроблений спосіб вимірювання зносу, заснований на поглинанні гумою радіоактивного випромінювання, при цьому методі гумові шайби з йодидом талію 204 вводяться надрізи, зроблені в елементах малюнка протектора. При зносі протектора, товщина поглинаючого шару гуми та інтенсивність випромінювання зменшується, а випромінювання на поверхні шини збільшується. Якщо відома поглинаюча характеристика гуми, то можна змінити кількість імпульсів визначити з високою точністю зміна товщини поглинаючого шару, а отже і знос протектора. Спосіб дозволяє визначити зношування в заданій точці протектора з точністю 0,01 - 0,02 мм. Недоліком цього можна назвати низьку надійність і високу складність способу [7].

Джерела випромінювання, виготовлені на основі радіоактивного талію у вигляді металевого дроту діаметром 0,3 мм, вводяться спеціальним пристосуванням різні місця протектора на глибину 1,5 мм. Вимірюючи активність проникаючого випромінювання, можна будувати висновки про знос шару гуми над джерелом. Після зношування близько 1 мм джерело видаляється з протектора і в сусідню шашку протектора міститься нове

				ДІП. 480000. 402. МРПЗ		Арк.
						35
З.І.ч.	Арк.	№ докум.	Підпис		Ім'я	

джерело [22]. Методи на основі радіоактивних речовин не отримали широкого поширення в АТП не дивлячись на свою високу точність, так як вимагають спеціальних правил поводження з радіоактивними речовинами і є складними.

Апаратура складна і громіздка, так само велика трудомісткість вимірювання. Тому використання цього методу більше виправдано у спеціалізованих лабораторіях. Ваговий метод набув досить широкого поширення у тих випадках, коли потрібно отримати точні значення зносу. Адже цей метод значно простіший за радіоактивний метод, але має наближену до нього точність. Похибка при зважуванні визначається вагами. Сутність методу полягає в тому, що шина зважується до та після випробувань, але перед зважуванням шину необхідно ретельно відмити від бруду та висушити [27]. Цей метод, знову ж таки, більше підходить для спеціалізованих лабораторій, тому що трудомісткість підготовки до вимірювань є досить високою. Метод визначення зношування за допомогою укріплених до протектора пластин розроблений Н.М. Кислицьким [23], важлива схема цього методу представлена на рисунку 2.3.



а - схема встановлення вставок у протекторі шин; б - вставка;  
Рис. 2.3. Схема визначення зносу шин за допомогою укріплених до протектору пластин

У протекторі 1 шини закріплюють вставки 4 з пластиною 3, якою взаємодіють з дорожнім покриттям 2.

При коченні колеса пластини вставок, закріплених на протекторі за допомогою загострених штирів 5, зношуються. Величина зносу пластини пропорційна величині зносу відповідних ділянок шини. Після пробігу кілька тисяч кілометрів вставки виймаються з допомогою кусачок з метою оцінки величини їх зносу, наприклад, зважуванням, чи виміром товщини пластини [27].

Метод нарізування штучних баз або контактний метод передбачає виготовлення на шині циліндричних заглиблень у канавках малюнка протектора - штучних баз, щодо яких вимірюється глибина малюнка протектора на спеціальній установці у лабораторних умовах [27].

Метод визначення зношування за допомогою фарби. На бігову доріжку шини спеціальною фарбою наносять кружки діаметром 6 мм, за стирання яких судять про знос протектора. До недоліків можна віднести необхідність попереднього фарбування та сушіння шин у лабораторних умовах, візуальна оцінка ступеня стирання фарби через неможливість визначення товщини шару фарби [27].

Вимірювання зносу за допомогою глибиноміру набуло найбільшого поширення через високу продуктивність вимірювань та відсутність будь-яких трудомістких підготовок до вимірювань. Глибиноміром вимірюється висота малюнка протектора щодо його канавки в тих самих місцях. Спосіб не вимагає спеціальної підготовки шин, інструмент для вимірювання дуже простий. Замість глибиноміру може використовуватися штангельциркуль, у такому разі похибка вимірювань становитиме близько 0,4 мм. До нестачі методу можна віднести невисоку точність виміру через відсутність фіксованих точок вимірів і труднощів при встановленні інструменту вертикально до поверхні шини [27]. Похибка вимірювань можна знизити,



кожному перерізі по ширині бігової доріжки в залежності від конфігурації малюнка протектора вибирають не менше двох місць вимірювання центральної частини бігової доріжки і не менше двох країв. Для протектора, що має центром канавку, вимірювання проводять по цій канавці. Якщо рисунок протектора має по центру ребра або виступи, його висоту вимірюють у двох канавках праворуч і ліворуч від виступу. При протекторі, утвореному двома біговими доріжками, вимірювання проводять у середині кожної бігової доріжки. Місця вимірювання по краях бігової доріжки повинні забезпечувати охоплення центральної зони, що дорішнює трьом чвертям її ширини.

Рахімовим Р.Х. [40] розроблено спеціальну методику вимірювання, у процесі розробки якої доведено достатність вимірювань глибини протектора у двох діаметрально протилежних точках, одна з яких знаходиться проти заводського номера шини по центру протектора. Середньоарифметичне значення глибини протектора, отримане в результаті вимірів у двох точках, є вихідною інформацією для визначення величини інтенсивності зносу шин. Дана методика, маючи практично такі ж значення оціночних показників, що і по 12 або 16 точках, простіша і технологічніша, вимагає менших витрат на вимірювання [22]. Саме ця методика і була застосована під час проведення вимірювань.

### 2.1.3 Визначення швидкості руху шини

Термін служби шини залежить від швидкості руху колеса. Різке зменшення терміну служби спостерігається на швидкостях, що перевищують граничну швидкість, встановлену виробником шин. Відбувається це внаслідок гістерезисних втрат, обумовлених наявністю числа циклів навантажень елементів шини за одиницю часу.

Внаслідок чого відбувається підвищення робочої температури і пов'язаного з цим зменшення міцності її матеріалів, підвищення динамічних

навантажень при зустрічі шини з перешкодою, які призводять до руйнування каркаса і коливання елементів профілю шини при їх виході з контакту [26]. Також варто згадати, що знос шин у міру зростання швидкості на провідних і ведених колесах не однаковий. При прямолінійному русі зі збільшенням швидкості руху знос шин провідних коліс стає значно вище зносу ведених коліс, що є наслідком збільшення тягової сили на приводних колесах [25].

Для опису процесу зношування шин доцільно використовувати функціональну модель, що імітує способи поведінки оригіналу. Функція як деякий стабільний для даної системи спосіб поведінки є однією з найважливіших сторін сутності системи. Функціональний підхід характеризується подвійною абстракцією: абстрагуванням спочатку від речовинного складу системи з вичленуванням її внутрішньої структури та наступним абстрагуванням від останньої виділенням функціональних зв'язків системи з середовищем. Складна математична система сприймається як єдність трьох об'єктивних начал: речовини, структури внутрішніх відносин, і функціональних зв'язків із довкіллям. Функціональний підхід до систем не вичерпує повністю істоти останніх, але дозволяє наблизитися до розкриття їх природи.

Узагальненим абстрактним чином функціонування моделі, що набуло широкого поширення та теоретичної розробки в кібернетиці, є «чорний ящик» [58]. Під ним розуміється система, внутрішній пристрій якої не відомий спостерігачеві, але він може досліджувати входи (чинники впливу -  $X$ ) та виходи (відгук функції -  $Y$ ) цієї системи. Функціональна модель «чорного ящика» має відповідати по входам і виходам, тобто. при тих самих вхідних впливах виявляти аналогічну з об'єктом реакцію на входах [58].

Слід зазначити, що поняття «невідомо спостерігачеві» слід розглядати хоча б на двох щаблях. По-перше, можуть досліджуватися системи, внутрішній пристрій та механізм функціонування яких поки що не відомі достовірно нікому з дослідників. По-друге, принцип «чорної скриньки»

можна застосовувати у дослідженнях, результатом яких має бути не пояснення функціонування об'єктів, а досягнення деякого заданого стану  $X$  і  $Y$ ; останнє характерне для дослідження з обмеженим ресурсом за часом. Такий підхід дозволяє тимчасово відволіктися від деяких складних явищ (наприклад фізико-хімічних), що відбуваються в системі, що досліджується, і значно прискорити вирішення низки практичних завдань (уррвління, оптимізації тощо) [8].

Регресійний аналіз набув нових можливостей після того, як до нього були внесені ідеї планування експерименту. Планування експерименту було запропоновано Рональдом А. Фішером у тридцятих роках 20 століття на вирішення агробіологічних завдань [16]. Фішер започаткував новий розділ математичної статистики - дисперсійний аналіз, що дозволяє оцінити внесок, що вноситься окремими факторами в сумарну дисперсію. Пізніше планування експерименту стало застосовуватися у різних галузях на вирішення кола завдань. Дисперсійний і регресійний аналізи, що базуються на плануванню експерименту, переплелися дуже складним чином, і зараз важко провести чітку межу між цими розділами математичної статистики.

Планування експерименту - це процедура вибору числа та умов проведення дослідів, необхідних та достатніх для опису процесу математичною моделлю при мінімальному числі дослідів та в умовах недостатнього знання механізму досліджуваного процесу [11].

Метою планування експерименту є визначення такої сукупності правил та умов виконання дослідів, які дозволять отримати достовірну надійну інформацію про об'єкт, що досліджується, з мінімальними трудовитратами, а також висловити цю інформацію в зручній і компактній формі з кількісною оцінкою точності [21].

У разі вирішено використовувати ротатабельне центральное композиційне планування другого порядку (РЦКП) з розбиттям на ортогональні блоки. Перевага планів другого порядку, над планами першого

					ДІП. 480000. 402. МРГЗ	Арк.
Знак.	Арк.	№ об'єкту.	Післяпис	Дата		
					41	

очевидна - велика точність апроксимуючої функції. Так, поліном першого порядку дає поверхню відгуку, що є перерізом слід у вигляді прямої лінії. Оскільки у багатьох роботах, виконаних раніше в галузі технічної експлуатації шин, спостерігається нелінійна залежність інтенсивності зносу від внутрішнього тиску, вагового навантаження та умов маршруту, поліном першого порядку не дасть адекватної апроксимуючої функції, що описує вплив факторів на її відгук.

РЦКП було запропоновано в 1957 Боксом і Хантером, як вирішення недоліків ортогонального центрально-композиційного планування (ОЦКП), запропонованого ними, ж раніше. Недоліками ОЦКП були: різні дисперсії коефіцієнтів регресії та отримання неоднакової інформації про коефіцієнти моделі; при повороті осей координат дисперсія передбаченого значення функції відгуку змінювалася за дуже складним законом, що ускладнювало оцінку якості одержуваної моделі [16].

Бокс і Хантер запропонували вважати оптимальним планування другого порядку ротатабельне планування, що дозволяє отримувати симетричні інформаційні контури. Такий критерій добре узгоджується з тими інтуїтивними уявленнями планування, які є у дослідника. Досліднику видається природним прагнути, передусім, до того що, щоб інформація, що міститься у рівнянні регресії, була поступово "розмазана" по сферам [34, 66].

Пізніше дослідження Дрейпера і Бокса [34, 66] показало, що ротатабельні плани є оптимальними і в більш широкому сенсі: до них доводиться звертатися і тоді, коли треба мінімізувати систематичні помилки, пов'язані з неадекватністю представлення результатів дослідження поліномами другого порядку.

Для планів РЦКП як і ОЦКП до лінійному ядру модулів на двох рівнях прилаштовуються по дві зіркові точки на чинник. Однак зіркові плечі в РЦКП мають більші значення, ніж для планів ОЦКП. Крім того, щоб збільшити кількість інформації РЦКП передбачає велику кількість точок у

центрі плану (нульові точки) і, цим, забезпечується в межах факторного простору незначна зміна дисперсії передбаченого значення функції відгуку відстаю центру плану.

#### 2.1.4 Визначення потужності на кочення шини

Негативні та найчастіше небезпечні фактори, що впливають на безпеку та економічність, можуть бути легко усунуті з використанням систем моніторингу транспортних засобів для контролю тиску в шинах (Tree Pressure Monitoring System) або TPMS. Це система дистанційного вимірювання тиску та температури в шинах транспортного засобу, яка виробляє вимірювання в режимі реального часу, що дозволяє запобігти аварійним ситуаціям, пов'язаним з пошкодженням шини, надмірним зносом. внаслідок ненормативного тиску, а також дозволяє запобігти перевитраті палива, викликаного зниженням тиску [36]. Історія масового застосування TPMS для легкових автомобілів веде відлік із законодавчого акту TREAD - The TREAD (Transportation Recall Enhancement, Accountability and Documentation) - це акт, схвалений конгресом США у листопаді 2000-го. Згідно з актом, в автомобілях має існувати система перевірки та сигналізації про ситуацію, в якій одна чи більше шин значно недокачана [50].

В даний час в США діє стандарт Motor Vehicle Safety Standart (FMVSS) No 138, розроблений Національною Адміністрацією шосейного руху NHTSA, що наказує на обов'язкове встановлення систем TPMS у нових автомобілях [36]. У першій редакції правила NHTSA Final Rule, прийняті 5 липня 2002 р., регламентували моніторинг недокачування всіх шин більш ніж на 25% і більш ніж на 30% однієї шини, а також попереджали водія про ситуацію протягом 10хв. Правила дозволяли автовиробникам встановлювати системи прямого вимірювання тиску в шинах, так і непрямого (непрямого). Поступове введення в дію правил здійснювалося в період з 31 жовтня 2003 року до 1 листопада 2006 року. Правила NHTSA Final Rule були переглянуті у квітні 2004 року та регламентували моніторинг недокачування будь-якої з

шин більш ніж на 25% формування попереджувального сигналу протягом 20 хв, наявність індикатора стану з додатковим збійним сигналом та застосування тільки прямої системи вимірювання. Тестування тиску проводиться на швидкостях 50... 100км/год. Поступове введення цих правил здійснювалося в період з 5 жовтня 2005 р. і завершувалося 31 серпня 2007 р., тобто зараз усі автомобілі в США, випущені після серпня 2007 р., мають бути обладнані TPMS [18].

Також паралельно було розроблено стандарт SAE J2567, у первісному варіанті опублікований у грудні 2004 р. А пізніше і міжнародний ISO/FDIS 21750, опублікований березні 2006 року. Ці два стандарту дотримуються основних вимог FMVSS № 138, але охоплюють специфікації TPMS ширше. Наприклад, обидва дозволяють застосування прямих та непрямих систем контролю тиску. Стандарт SAE J2567 загалом відповідає FMVSS №138, але віссоткове співвідношення тиску, яким шина дігностується як значного недокачанная, не встановлюється, спрацьовування регламентується протягом 10хв, мінімальна швидкість роботи - на 24 км/год. [18].

Стандарт ISO/FDIS 21750 найбільше широко охоплює специфікації TPMS, зокрема, регламентується точність близько 2% повної шкали в температурному діапазоні від 0 до 70° С, мініммьний термін служби близько 6 років/1 00 000 км, допускається моніторинг запасної шини. У стандарті віссутю вимоги визначення руху колеса, але тестування виконується на швидкостях >25 км/год., попереджувальний сигнал про тиск подається протягом 3 хв, попереджує про збій - протягом 10 хв [48]. TPMS також мають відповідати вимогам комісії зв'язку -Communications Commission (FCC) та Європейського Інституту Стандартів для комунікацій - European Telecommunications Standards Institute (ETSI). Робочі радіочастоти для TPMS та RKE (Remote Keyless Entry) вибираються в неліцензованих частотних діапазонах ISM 315-434 МГц та 868-930 МГц. Для TPMS, поєднаних із RKE-

ресивером, очікується використання частот ISM 315 МГц для США та 434 МГц для Європи [18].

### 2.1.5 Визначення відносних показників енергоємності кочення шини

У першому етапі вибирається рівняння регресії. Воно задається експериментатором апріорно. Тут варто враховувати, що модель, крім факторів та показників, може мати ступеня та поєднання цих факторів - це свого роду уточнення, що дають більш докладну поверхню відгуку і, як наслідок, повніше уявлення про вплив факторів на інтенсивність зносу протектора шин.

Математичною мовою завдання формулюється наступним чином: потрібно отримати деяке уявлення про функцію відгуку,

$$y = j(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2.1)$$

де  $Y$  - параметр процесу, що підлягає оптимізації (функція відгуку),  $x_i$  - незалежні змінні, які можна варіювати під час постановки експериментів. Результатом моделі є геометричний образ, відповідний функції відгуку, який називається поверхнею відгуку [16].

Ця поверхня може мати різний вигляд залежно від обраної моделі, що найбільш точно описує процес, наприклад поверхня відгуку при лінійній моделі поверхня буде рівною площиною, а при квадратичній моделі виглядатиме у вигляді сідла або чаші. Якщо модель необхідна для опису поведінки системи (але не для пояснення механізму явищ), і у дослідника немає гіпотез, заснованих на фундаментальних законах природи, то він може задовольнитись гіпотезою, обраною з принципу простоти, а саме взяти як апроксимуючу функцію поліном, степеневий ряд, ряд Фур'є, тригонометричний багаточлен тощо. У багатьох джерелах опис поведінки

системи зводиться до представлення моделі як полінома ступеня  $n$  [8, 16, 34]. До того ж, при РЦКП передбачено застосування полінома другого порядку. Відповідно рівняння для  $k$  факторів матиме вигляд:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \dots + \epsilon, \quad (2.2)$$

де -  $b_0$  - вільний член;  $b_i$  - лінійні ефекти;  $b_{ij}$  - ефекти парної взаємодії;  $b_{ii}$  - квадратичні ефекти;  $x_i, x_j, x_{i2}$  - фактори; моделі за експериментальними даними.

Коефіцієнти регресії еквівалентні приватним похідним ряду Тейлора

$$b_i = \frac{\partial \phi}{\partial x_i}, \quad b_{ij} = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x_i \partial x_j}, \quad b_{iij} = \frac{\partial^3 \phi}{\partial x_i^2 \partial x_j} \quad (2.3)$$

За експериментальними даними можна розрахувати статистичні оцінки коефіцієнтів регресії та отримати модель для розрахункового значення виходу.

Як уже говорилося раніше, доцільніше розробити ряд регресійних двофакторних моделей для кожного маршруту окремо, ніж розробляти універсальну трифакторну модель, що оцінює кожен маршрут. У такому разі регресійна модель набуде вигляду

$$Y = b_0 + b_{11} x_1 + b_{22} x_2 + b_{111} x_1^2 + b_{222} x_2^2 + b_{1212} x_1 x_2 \quad (2.4)$$

## 2.2 Визначення опору у вузлах підшипників кочення автомобільних коліс

Відповідно до [26], загальноприйнятий довірчий інтервал при оцінці надійності засобів автоматики, електроніки та вимірювальної техніки приймається рівною  $PD = 0,8$ . Відповідно, 8 виміріш задовольняють необхідної точності довірчого інтервалу.

Для перевірки точності вимірювань було взято ряд розподішш випадкової величини залишкової глибини протектора однієї шини, який

відповідає нормальному закону розподілу і, після чого, були визначені основні статистичні характеристики: математичне очікування  $\bar{h}_{cp} = 8,12$ ; середньоквадратичне відхилення  $\sigma = 0,122$ ; дисперсія  $D = 0,015$ .

Математичне очікування  $\bar{h}_{cp}$  є справжнім значенням висоти протектора. Тоді визначимо довірчий інтервал для математичного очікування з довірчою ймовірністю  $\gamma = 0,95$ , це буде абсолютною похибкою вимірювань. Відповідно критерій Стюдента для  $\gamma = 0,95$  і  $n = 8$  дорівнюватиме  $t_{\gamma} = 2,306$ . Тоді абсолютна похибка вимірювань дорівнюватиме

$$\Delta = t_{\gamma} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 2,306 \cdot \frac{0,122}{\sqrt{8}} = 0,0993. \quad (2.5)$$

При визначенні інтенсивності зношування необхідно визначити не глибину протектора, а різницю між попередніми та поточними змінами залишкової глибини протектора. Тому виміри проводилися перед виїздом автобуса на маршрут, а також після повернення з маршруту, і згодом, знаходилася різниця, виражена в мм/1000км, що є інтенсивністю зносу.

Діяльність [22] сказано, що відносна похибка оцінки інтенсивності зносу шин залежатиме від періодичності вимірювань глибини протектора. Зважаючи на те, що довжина маршрутів може відрізнятись в 3 рази, відносна похибка для кожного маршруту окремо буде різнитись.

### 2.3 Вплив опору коченню на амплітуди при нелінійних коливаннях

Для вимірювання коефіцієнта опору кочення найчастіше використовують дві поширені методики - лабораторний та метод вибігу. У першому випадку використовують тягову станцію, яка містить лебідку з тросом та динамометр. В ході випробувань лебідку жорстко закріплюють, динамометр одним кінцем кріплять до буксирного кронштейна, а іншим - до троса лебідки.

						ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
							47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	дата			

Враховуючи, що сила  $R_x$ , прикладена до осі колеса заставляє колесо обертатись, сила тертя й реакція дороги цьому протидіють, то значення сили  $R_x$  становить:

$$P_x = \frac{a}{r} Z. \quad (2.6)$$

де  $a$  - величина зміщення шін'я дії рівнодійної реакції дороги  $Z$  вперед відносно вертикального діаметра колеса.

Відношення зміщення центра обертання колеса до динамічного радіуса ( $a/r$ ) прийнято вважати коефіцієнтом опору кочення  $f$ :

$$f = \frac{a}{r} \frac{Z}{Z}, \quad (2.7)$$

Поширеним методом дослідження коефіцієнта опору кочення  $f$  є метод вибігу, або ж дорожніх випробувань. Дана методика передбачає наступний порядок дій: автомобіль розганяють до певної швидкості, стабілізують її й під час проходження контрольної відмітки руху водій вимикає передачу. Далі автомобіль продовжується рухатись під дією сили інерції. Як відомо, що за швидкості до 60 км/год, практично уся кінетична енергія автомобіля витрачається, переважно, на подолання сил опору кочення. Визначивши шлях, який проходить автомобіль на певній швидкості за деякий час, можна отримати величину коефіцієнта опору кочення  $f$ :

$$f = \frac{1,08 \frac{V^2}{3,6}}{2gS}, \quad (2.8)$$

де  $S$  - шлях, який проходить автомобіль, м;

$V$  - швидкість автомобіля в контрольній точці, км/год.

Для дослідження обрано рівну ділянку дороги з асфальтобетонним покриттям у промисловій зоні. Спочатку автомобіль розганявся до швидкості 10 км/год. й на такій швидкості підходив через контрольну точку, після цього вимикалась швидкість. Автомобіль проходив певну дистанцію аж до повної його зупинки.

Після цього, за допомогою навігаційного обладнання та діагностичного сканера з відповідним програмним забезпеченням визначався пройдений автомобілем ШШЯХ S.

Досліди проводились за наступних швидкостей автомобіля: 10, 20, 30 км/год., також змінювались моделі шин та їх внутрішній тиск [28].

Практично на усіх сучасних автомобілях присутня інтегрована діагностична мережа (OBD) для самодіагностики та звітності роботи автомобіля.

Для підключення до бортової мережі автомобіля використовується мікросхема Elm327 для перетворення протоколів даних діагностики у стандарт RS-232 - уніфікований комп'ютерний порт для уніфікації й полегшення можливостей діагностики з використанням не спеціалізованої комп'ютерної техніки. За допомогою мікросхеми контролера Elm 327 можна отримати наступні дані про роботу систем автомобіля: оберти двигуна та споживана ним потужність; температура всмоктуваного повітря та охолоджувальні рідини; абсолютний тиск пошляху; миттєва та середня витрата палива; кут випередження запалювання; швидкість руху автомобіля, пройдений ШШЯХ, прискорення та інші.

Використання автомобільних трекерів, або андроїд-пристроїв у поєднанні з бортовою діагностичною системою є основою для моніторингу транспортних засобів, контролю за їх роботою та віддаленою діагностикою.

Така система збирає дані з транспортного засобу (бортового комп'ютера та електронних блоків керування) та надсилає їх у віддалене місце за допомогою GSM-модуля, або радіо модуля [1], [2]. Для візуалізації руху транспортних засобів та роботи їх систем з прив'язкою до місцевості можна використовувати програми Google Maps і Google Earth.

#### 2.4 Теоретичне визначення величини сили ковзання при коченні

У сучасній механіці під тертям розуміють широке коло явищ, що викликаються взаємодією, що стикаються поверхнево-твердих тіл при

відносному переміщенні, а також внутрішньо- ним рухом у твердих, рідких і газоподібних середовищах при їх деформації. Початковий розвиток отримав вивчення зовнішнього тертя як сили опору відносному руху дотичних ТЛ під час рушання з місця, ковзання, кочення, обертання, при мастилї в піддинамічному режимі, освїт на поверхнях тонких шарів у юлька молекул (граничне мастило) або у відсутності змащення (сухе тертя).

Внутрішнє тертя характеризує взаємодію, що відбувається, ще в об'ємі одного об'єкта (твердого тіла, рідини або газу). Взаємодія здійснюється по всій геометричній поверхні виділеного шару. Швидкість, з якою шари речовини рухаються відносно один одного, змінюється безперервно і досить плавно. При зовнішньому терті взаємодія здійснюється загалом випадку між різними за будовою твердими тілами і має подвійну атомно-молекулярну та механічну природу. Це взаємодія реалізується в окремих ізольованих один від одного. га зонах фактичного контакту.

Швидкість ковзання в зонах фактичного контакту змінюється стрибком, з чим пов'язані, наприклад, вібрація автомобіля при включенні зчеплення, «смикання» при тор- моження, «виск» гальм, вібрація різців при різанні та порушенні. ня плавності роботи деталей, що повільно рухаються. Подібність між зовнішнім і внутрішнім тертям полягає в тому, що обидва види тертя є дисипативними процесами. Відмінності зовнішнього тертя від внутрішнього полягають у наступному.

1. Різна геометрія взаємодії поверхонь, що труться. При зовнішньому терті контакт двох п'л, що труться, завжди дискретний, тобто. вони стикаються в окремих точках. При внутрішньому терті поверхня торкання безперервна.

2. При зовнішньому терті ТЛЮ переміщається в напрямку, перпендикулярний вектор відносної швидкості.

Внутрішнє тертя характеризується ламінарним переміщенням тїла в напрямку ПОВІК- тора відносної ШВИДКОСТІ.

3. При зовнішньому терті виникнення та руйнування зв'язків труться тілами локалізується в тонкому поверхневому шарі, при внутрішньому - деформативна зона охоплює весь їх обсяг. У техніці тертя є ініціатором деформаційних, теплових, акустичних, електричних, адгезійних та інших процесів, що визначають ресурс працездатності вузлів тертя машин, їх енергетику та ефективність. Кількісним заходом зовнішнього тертя служить сила зовнішнього тертя - сила опору відносно ковзанню, що лежить у площині торкання двох твердих тіл і є ріднодією.

Взаємодія, яке виникає в місці зіткнення двох тіл і перешкоджає їх відносному руху, називають тертям. А силу, яка характеризує це взаємодія, називають силою тертя.

**Розрізняють три види тертя:** тертя ковзання, тертя спокою і тертя кочення.

У разі, коли тіло не ковзає по поверхні, а котиться, то, що виникає в місці контакту тертя, називають тертям кочення. Котиться колесо трохи вдавлюється в дорогу, і перед ним утворюється невеликий горбок, який доводиться долати. Саме цим і зумовлено тертя кочення.

Чим твердіше дорога, тим менше тертя кочення. Саме тому їхати по шосе набагато легше, ніж по піску. Тертя кочення в переважній більшості випадків відчутно менше тертя ковзання. Саме тому повсюдно застосовують колеса, Підшипники і так далі.

Будь-які тіла, з якого б твердого матеріалу вони не склалися, деформуються. Чим більше вага тіла, тим більший тиск він справляє на поверхню, а значить, деформується саме в точці контакту і деформує поверхню. Ця деформація в ряді випадків настільки мала, що не перевищує межі пружності.

В процесі кочення колеса деформовані ділянки ПІСЛЯ припинення контакту з поверхнею відновлюють первинну форму. Проте ці деформації циклічно повторюються з новим обігом колеса. Будь-яка циклічна

деформація, навіть якщо вона лежить в межах пружності, супроводжується гістерезисом. Іншими словами, на мікроскопічному рівні форма тіла до і після деформації відрізняється. Гістерезис циклів деформації в процесі кочення колеса призводить до "розпорошення" енергії, що проявляється на практиці у вигляді появи сили тертя кочення.

## 2.5 Опір коченню платформи трейлера зі зміщеним центром ваги

Основними характеристиками шини, якою впливають на явище гістерезису - це геометричні, конструктивні параметри та вид матеріалу виготовлення. Першим дослідженням впливу конструкції шини на гістерезис були відмінності опору коченню шин з радіальним та діагональним розміщенням корду. Заміна виробниками діагональних шин на радіальні дозволила зменшити деформацію протектора в плямі контакту, внаслідок чого зменшився опір коченню шини приблизно на 20 відсотків. Таким чином, без значних змін у складі матеріалу, що використовувався для виготовлення шин, вдалось значно підвищити керованість, зносостійкість.

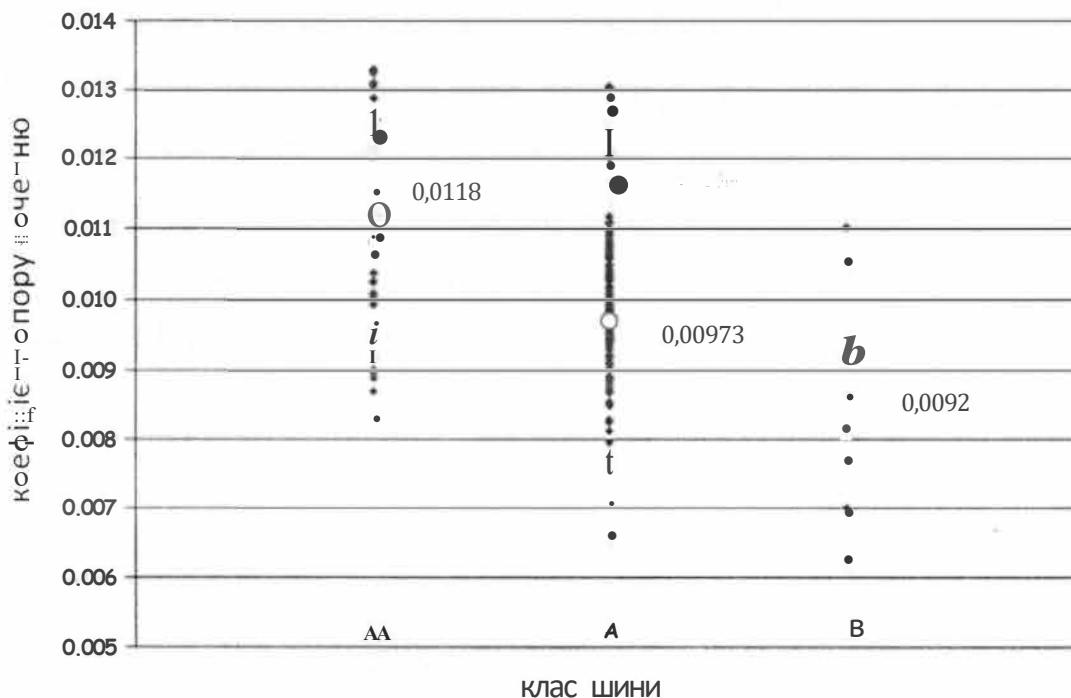


Рис. 2.5. Конфіцієнт опору кочення

Багато досліджень присвячено взаємозв'язку між опором коченню та економією палива, як показують опубліковані дані існує вузький діапазон результатів, за якими встановлено лінійний зв'язок між змінами опорю коченню та економії палива [19]. Дослідниками встановлено, що 10-відсоткове зниження КОК веде до збільшення економії палива на 1 - 2 %, що є одним з шляхів підвищення паливної ефективності транспортних засобів.

Окрім опорю коченню, важливими характеристиками шин є її тягово-зчіпні показники та стійкість до зносу, також важливо дослідити взаємозв'язок між змінами вказаних властивостей. Втрата енергії шинами тісно пов'язана з гістерезисними явищами у шарі протектора та його змінами в процесі експлуатації (зменшення розмірів та маси). За такого підходу до паливної економії слід враховувати тягово-зчіпні властивості, керованість та безпека управління, що мають першочерговий пріоритет

Результатами досліджень встановлено, що серед усіх випробуваних шин (понад 70 одиниць з діаметром обода  $R = 13 \dots 15$  дюймів) лише три з них володіють коефіцієнтом опорю кочення нижче 0,008.

Статистичний аналіз отриманих характеристик шин чітко вказує на взаємозв'язок між зчіпними властивостями т. опору коченню. Дані свідчать, що шини хорошою паливною економією, знаходяться у всіх класах шин, але більш доцільно використовувати покриття серед 25 % класу АА, які мають КОК нижче 0,01.

				ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	дата		53

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЫ-П ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОЧЕННЯ ШИНИ

#### 3.1 Експериментальне визначення параметрів підшипникових вузлів

Матриця планування експерименту складається в залежності від кількості факторів, що розглядаються в регресійній моделі і типу плану. Матриця планування експерименту являє собою матрицю рівнів варіювання факторів, що чергуються певним чином для обліку поєднань варіацій факторів і відповідного значення статистичного відгуку. Матриця планування експерименту потрібна визначення точок збору статистичної інформації про об'єкт (зняття значення відгуку) при певному поєднанні чинників і за найменшому числі експериментів. Для двофакторної моделі матриця планування експерименту виглядатиме так.

Матриця планування експерименту

Таблиця 3.1

Значення	№ експерименту	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1^2$	$x/$	$x_1 x_2$
Ядро плану	1	+1	-1	-1	+1	+1	+1
	2	+1	+1	-1	+1	+1	-1
	3	+1	-1	+1	+1	+1	-1
	4	+1	+1	+1	+1	+1	+1
точки	5	+1	-a	0	$L$	0	0
	6	+1	+a	0	+a <sup>2</sup>	0	0
	7	+1	0	-a	0	+a <sup>2</sup>	0
	8	+1	0	+a	0	+a <sup>2</sup>	0
Центральні (нульові) точки плану	9	+1	0	0	0	0	0
	10	+1	0	0	0	0	0
	11	+1	0	0	0	0	0
	12	+1	0	0	0	0	0

У матриці планування експерименту складаються два векторні стовпці  $x_1$  і  $x_2$ , інші векторні стовпці (крім  $x_0$ ), визначаються перемноженням чи зведенням у квадрат векторних стовпців  $x_1$  і  $x_2$ .

Ядро плану складається почерговим чергуванням двох рівнів варіювання чинників (у разі -1 і +1), а кількість точок визначається кількістю чинників формулою

$$N=2^k \quad (3.1)$$

де  $k$  - кількість досліджуваних чинників. Зоряні точки - це точки плану другого порядку, що лежать на координатній осі в факторному просторі. Зоряні точки є екстремуми варіації абсолютних значень факторів. І значення їхнього рівня визначається наступним чином:

$$a = \pm Jk, \quad (3.2)$$

де  $k$  - кількість факторів у моделі. Зоряних точок у плані по дві на один фактор ( $-a$  і  $+a$ ). Центральні (нульові) точки - це точки, які у центрі плану. Вони є ознакою ортогональності плану. Центральних точок - чотири. Ці точки необхідні виконання властивості ортогональності і правильного розрахунку коефіцієнтів моделі. У РЦКП, як і ОЦП, значення кожного чинника фіксується, у випадку, на п'яти рівнях варіюванні ( $-a$ ;  $-1$ ;  $0$ ;  $+1$ ;  $+a$ ). Де  $-a$  - мінімальний рівень варіювання фактора,  $+a$  - максимальний рівень варіювання,  $0$  - середній рівень варіювання,  $-1$  та  $+1$  - проміжні точки.

### 3.1.1 Циліндр знаходиться на вгнутій циліндричній поверхні

Спочатку проводиться підрахунок коефіцієнтів сум. Принцип розрахунку коефіцієнтів полягає у послідовному додаванні значень відгуку з вихідної матриці експерименту з використанням знайо́в та рішні́ зв'язу матриці планування експерименту.

Для вільного члена всі знаки у матриці планування експерименту мають позитивний знак, а рівень варіювання дорівнює одиниці. Тому, вийде вираз із сум значень відгуку, де кожне значення відгуку матиме коефіцієнт рівний одиниці

$$\{OY\} = LY; = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} \quad (3.3)$$

де  $Y_i$  - значення відгуку  $i$ -го рядка.

Аналогічним методом розраховуються коефіцієнти сум для членів першого ступеня

$$\{Y_0\} = \sum_{i=1}^k X_i \cdot Y_i, \quad (3.4)$$

				ДІП. 480000. 402. МРПЗ		Арк.
						55
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $x_i$  - відповідний стовпцю фактор.

Коефіцієнт суми для лінійного фактора внутрішнього тиску ( $x_1$ )

$$LX_1 y_i = -y_1 + y_2 - y_3 + y_4 - a y_5 + a y_6 \quad (3.5)$$

Коефіцієнт суми для лінійного фактора вагового навантаження ( $x_2$ )

$$LX_2 y_i = -y_1 - y_2 + y_3 + y_4 - a y_7 + a y_8. \quad (3.6)$$

Коефіцієнти сум для членів другого ступеня

$$LX_{1,2} y_i = \dots \quad (3.7)$$

Коефіцієнт суми для члена другого ступеня фактора внутрішнього тиску ( $x_{12}$ )

$$LX_{1,2} y_i = y_1 + \dots + Z + a_{1,2} y_5 + a_{1,2} y_6 \quad (3.8)$$

Коефіцієнт суми для члена другого ступеня фактора вагового навантаження ( $x_{22}$ )

$$LX_{2,2} y_i = y_1 + \dots + X + a_{1,2} y_7 + a_{1,2} y_8 \quad (3.9)$$

Закшочним етапом є приведення рівняння регресії до натурального виду (декартових координат). Приведення полягає у підстановці натуральних змінних, з урахуванням нульового рівня параметра та інтервалу варіювання, рівняння регресії.

За даними моделям можна побудувати поверхню відгуку, яка наочно покаже інтенсивність зносу шини в залежності від тиску і вагового навантаження.

### 3.1.2 Установка з привантаженням двома пружинами

Переклад моделей з абстрактної математичної мови на мову експериментатора називається інтерпретацією моделі. Інтерпретація- процес, що проводиться у кілька етапів. Він включає оцінку величини та напрямки впливу окремих факторів, їх взаємодій, зіставлення впливу сукупності факторів,

перевірку правильності апріорних уявлень та в деяких ситуаціях перевірку та висування гіпотез про механізм процесу [3].

Перший етап полягає у наступному. Встановлюється, якою мірою кожен із чинників впливає параметр оптимізації. Розмір коефіцієнтів регресії - кількісна міра цього впливу. Чим більший коефіцієнт, тим сильніше впливає фактор. Про характер впливу факторів говорять знаки коефіцієнтів. Знак  $\pm$  свідчить про те, що зі збільшенням значення фактора зростає величина параметра оптимізації, а за знаки  $\text{мі}_{\text{ну}} \text{с}$  - зменшується. Інтерпретація символів при оптимізації залежить від того, чи ми шукаємо максимум або мінімум функції відгуку. Якщо у  $+$  тах, то збільшення значень всіх факторів, коефіцієнти яких мають знак  $\pm$ , сприятливо, а мають  $\text{мі}_{\text{ну}} \text{с}$  - несприятливо. Якщо ж у  $-$  тах, то навпаки, сприятливим є збільшення значень тих факторів, знаки коефіцієнтів яких негативні.

У нашому випадку, у всіх моделях коефіцієнт фактора тиску має негативний знак, це означає, що зменшення цього фактора (зменшення тиску в шині) призводить до несприятливого наслідку (збільшення інтенсивності зношування). Але в той же час зменшення іншого коефіцієнта з позитивним знаком (навантаження на  $\text{ши}_{\text{ну}}$ ), сприятливий ефект на інтенсивність зносу (його зменшення).

Найбільш значущим фактором за значенням коефіцієнтів регресії є тиск. Відповідно, параметр оптимізації найбільш сильно змінюватиметься в залежності від значення фактора тиску. Кількісна міра інших факторів (навантаження на шину і квадрати фактора тиску та навантаження на шину) мають приблизно рівнозначний вплив на параметр оптимізації. Парне поєднання факторів несе найменший вплив, а іноді й зовсім відсутнє.

Наведені вище відомості допоможу здійснити перехід до наступного етапу. Апріорні відомості дають деякі уявлення про характер впливу факторів. Джерелами таких відомостей можуть бути теорія досліджуваного процесу, досвід роботи з аналогічними процесами або попередні досвід і т.д. Так само варто враховувати той факт, що експеримент проводиться в локальній області факторного простору та коефіцієнт відображає вплив цього фактора тільки в цій

галузі. Заздалегідь не відомо, якою мірою можна поширювати результати на інші області. У цьому випадку такими апіорними відомостями служать дослідження у сфері технічної експлуатації пшн. Щоб підтвердити або спростувати відповідність розрахункових значень апіорним відомостям, необхідно побудувати залежність, яка має подібний до цих відомостей вигляд. Апіорна інформація є кривою, побудованою в двовимірному просторі, що показує характер залежності ресурсу шин від внутрішнього тиску.

В даному випадку отримана тривимірна поверхня відгуку, яка показує характер залежності інтенсивності зносу пшн від двох факторів. Щоб побудувати залежність від одного фактора, необхідно розглянути криву, отриману в перерізі поверхні відгуку паралельно осі координат фактора, що розглядається. З аналітичної точки зору, необхідно «застопорити» якісь із факторів, що розглядаються в якомусь значенні, а інтенсивність розрахувати юлька разів, з постійним перебором значень фактора, що приймаються, за принципом від мінімального до максимального. У такому випадку буде отримано ряд значень, що являють собою криву, що описує залежність інтенсивності зносу від фактора тиску. Ресурс шини  $I$  можна визначити наступним ставленням.

$$I = \frac{H}{J} \quad (3.10)$$

де  $H$  - глибина протектора нової шини з відрахуванням залишкової глибини протектора, у якому списується пшна,  $H = 145 - 20 = 125$  мм;  $J$  - середня інтенсивність зношування для 1-го маршруту.

На рисунку 3.1 представлена залежність, усереднена для моделей усіх маршрутів.

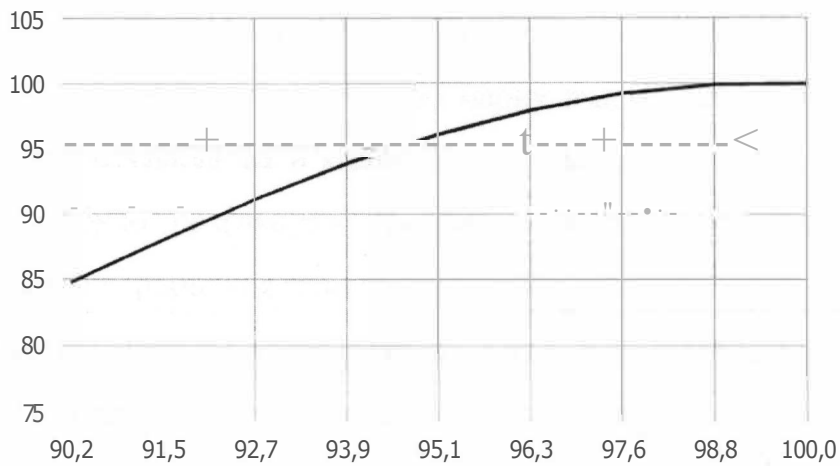


Рис. 3.1. Отримана залежність ресурсу шини від внутрішнього тиску

Отримана залежність рисунку 3.1 відповідає залежності ресурсу шин від тиску, отриманої багатьма авторами. Подібність залежностей говорить про відповідність отриманих моделей апріорних даних.

Так само була залежність ресурсу від вагового навантаження на шину (рисунок 3.2).

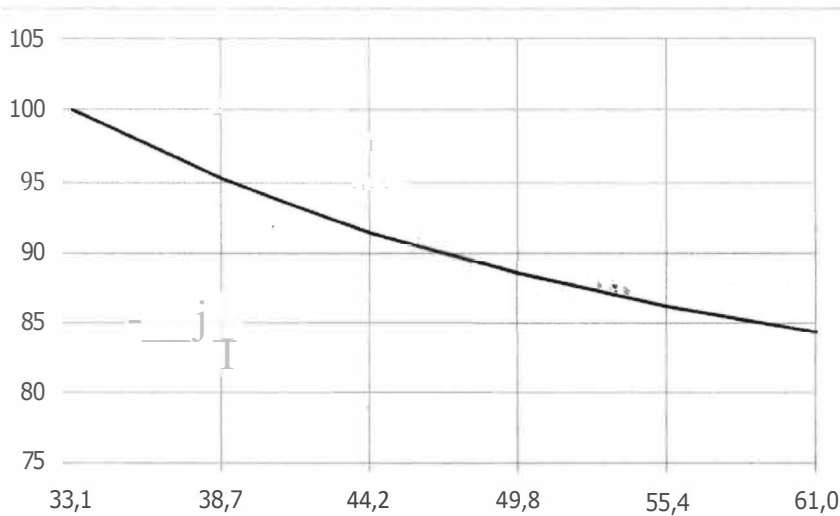


Рис. 3.2. Залежність ресурсу від вагового навантаження на шину

Отримана залежність ресурсу від вагового навантаження на шину (рисунок 3.2) схожа на залежність з апріорної інформації, отриманої з досліджень, що раніше проводилися. Проте характер кривої зовні трохи відрізняється від апріорної. Те саме можна сказати і про залежність ресурсу від тиску в шині.

Пояснюється така ситуація досить просто. По-перше, модель враховує вплив двох факторів на ресурс - їхню парну взаємодію, де один фактор може посилювати або послаблювати вплив іншого. По-друге, через пасивний характер експерименту, було розглянуто невелику область факторного простору, яка обмежена рівнем варіювання факторів.

У цьому випадку некоректно розглядати залежність поза рівнем варіювання факторів, тому що поведінка моделі поза областю факторного простору непередбачувана.

## 4 ПРОПОЗИЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ШИН ТА ШД-ШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ МАШИН

### 4.1 Пропозиції з удосконалення конст<sub>т</sub>рукцій шин

Автомобільні шини є єдиною сполучною ланкою між автомобілем і дорогою і мають наступні якості: задають напрямок руху автомобіля з точністю, яка не залежить від стану дорожнього покриття та кліматичних умов. Стійкість траєкторії автомобіля залежить від здатності шин тримати дорогу. Шина має ви<sub>т</sub>римувати дію поперечних сил, не відхиляючись від заданої траєкторії; сприймають вагу автомобіля під час стоянки та руху; вони повинні ви<sub>т</sub>римувати значні додаткові навантаження при перерозподілі ваги автомобіля по осях у разі прискорення чи гальмування автомобіля; амортизують удари та гасять нерівності дороги, забезпечуючи комфорт, а також довговічність вузлів автомобіля. Головною характеристикою шини є її висока еластичність. Завдяки високій пружності повітря, шина абсорбує деформації, що викликаються нерівностями дороги; передають ефективну потужність двигуна та гальмівні зусилля. Декілька квадратних сантиметрів плями контакту шини з дорожнім покриттям повністю визначають ефективність передачі зусиль.

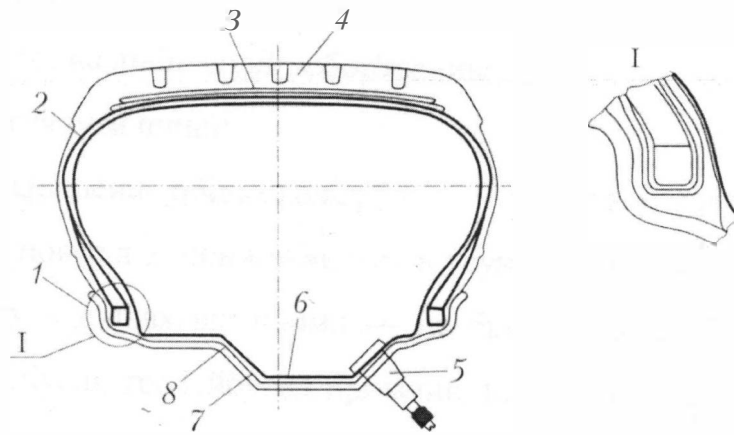
Довговічні, іншими словами, зберігають максимально свої властивості, тоді як здійснюють мільйони циклів обертання колеса. Зношування шин залежить від умов їх експлуатації. Перелічені якості шин залежать від особливостей їх конст<sub>т</sub>рукції, властивостей матеріалів, що застосовуються для їх виготовлення та технології виробництва.

Пневматична шина є пружною, заповненою пові<sub>т</sub>р'ям під тиском оболонкою, призначеною для установки на колеса (рис. 4.1).

Залежно від способу герметизації пневматичні шини поділяються на камерні та безкамерні.

Камерна шина складається з покришки та їздової камери з вентиляем. Вантажні камерні шини, що монтується на плоскі розбірні обіддя, мають обідні стрічки. Ободна стрічка виконується у вигляді профільованого гумового кільця та

розташовується між бортами покришки, камерою та ободом колеса. Вона оберігає камеру від затискання між бортом покришки та ободом та від пошкодження нерівностями обода. Позначення камер та обох стрічок має відповідати позначенню шин.



1 - борт; 2 - каркас; 3 - брекер; 4 - протектор; 5 - вентиль; 6 - камера;  
7 - обідня с\_т\_р\_ічка; 8 - обод;

Рис" 4.1. Конс\_т\_рук\_ція камерної пневматичної шини

Безкамерна шина є вдосконаленою покришкою, яка одночасно виконує функції звичайної покришки і камери. Пові\_т\_р\_яна порожнина у безкамерній шині утворюється покришкою та ободом колеса.

При о\_т\_р\_иманні нового автомобіля, повній або частковій змі\_н\_і шин на автомобілі, водій зобов'язаний:

- перевірити правильність комплектації автомобіля шинами;
- при частковій заміні шин зробити підбір їх та установку по осях виходячи з технічного стану шин;
- перевірити відповідність записів у картках обліку роботи шин та розписатися в них;
- перевірити тиск у шинах і за необхідності довести його до рекомендованої норми, а в запасній шині - до максимально допустимих для цієї моделі шин;
- не рідше одного разу на місяць з\_в\_і\_р\_яти показання ручного маноме\_т\_ра і з показаннями контрольного манометра.

				<b>ДІ ТТ.480000. 402. МРПЗ</b>	Арк.
№	Арк.	№ докум.	Підпис	дата	62

При установці запасної шини на ходове колесо автомобіля необхідно перевірити її відповідність шинам, що стоять на цій осі, записати показання спідометра для облі<sub>к<sub>у</sub></sub> пробі<sub>г<sub>у</sub></sub> запасної шини, при необхідності довести тиск у запасній шині до норми.

Перед виїздом на лінію водій зобов'язаний:

Візуально оглянути шини;

перевірити кріплення обідь і коліс;

при вито<sub>к<sub>у</sub></sub> повітря з шини виявити та усунути причину вито<sub>к<sub>у</sub></sub>; допустиме відхилення тис<sub>к<sub>у</sub></sub> в шинах від норми - не більше  $\pm 0,02$  МПа для вантажних автомобілів, автобусів, тролейбусів, причепів, напівпричепів та не більше  $\pm 0,01$  МПа для легкових автомобілів;

перевірити кріплення кошів;

не рідше одного разу на тиждень проводити перевір<sub>к<sub>у</sub></sub> внутрішнього тиску в шинах, що остигли, ручним манометром.

На лінії водій зобов'язаний: чіпати з місця автомобіль плавно, щоб уникнути пробуксування коліс;

при відведенні автомобіля убік негайно зупинити його, виявити та усунути причину відведення; допускається короткочасне зниження тис<sub>к<sub>у</sub></sub> повітря в шинах з ре<sub>г<sub>у</sub></sub>льованим тиском на важкопрохідних ділянках шляху;

не допускати їзди на шинах зі зниженим внутрішнім тиском;

стежити за станом дороги, на важкопрохідних ділянках (глибока колія, залізничний переїзд та ін.) знижувати швидкість руху;

не допускати різкого гальмування при під'їздах до місця зупинки, біля світлофорів, шлагбаумів та ін;

уникати різких ударів коліс об гострі металеві та інші предмети, що виступають, не під'їжджати впритул до краю тротуару або інших виступаючих предметів, щоб не пошкодити шини;

не допускати тривалого пробуксування коліс при застряганні автомобіля;

за необхідності руху з відкритими бортами закріпити останні, щоб унеможливити пошкодження ШШ;

при використанні ланцюгів проти ковзання підбирати їх за розміром ШШ і застосовувати тішки для подолання ділянок шляху, що важко проходять; забороняється використання ланцюгів на дорогах із твердим покриттям;

на стоянках оглядати шини з метою видалення застряглих у протекторі, боковині, між здвоєними шинами сторонніх предметів (камені, скла та ін.); за необхідності зробити ремонт пошкоджених шин, користуючись автоаптечками;

не допускати перевантаження автомобіля понад зазначену вантажопідйомність, стежити за рівномірним розміщенням вантажу та надійним його закріпленням; важкий малогабаритний вантаж розміщувати у кузові з урахуванням рівномірного навантаження на всі шини.

#### 4.2 Пропозиції з удосконалення підшипникових вузлів машин

Практичні задачі діагностики технічного стану підшипників кочення в процесі експлуатації вирішуються, як правило, одним з трьох основних способів. Перший використовує алгоритми виявлення дефектів по зростанню температури підшипникового вузла, другий - по появі в мастилі продуктів зносу, а третій - по зміні параметрів вібрації. Як найповніша і детальніша діагностика підшипників з виявленням і ідентифікацією дефектів на ранній стадії розвитку виконується по сигналу вібрації. Обумовлено це тим, що вібраційні сигнали несуть у собі як найповнішу інформацію про стан механізму і підшипників зокрема. В даний час на практиці використовуються чотири методи оцінки технічного стану підшипників кочення: метод ПСК-фактора, метод прямого спектру, метод спектру обвідної та метод ударних імпульсів. Розглянемо дані методи більш детально. Метод ПСК-фактора. Якщо встановити акселерометр поблизу зовнішнього кільця справного, добре змазаного підшипника й подивитися на отриманий сигнал на осцилографі, ми побачимо стаціонарний двох полярний сигнал шумового



практично не змінюють енергетичні характеристики сигналу. Надалі, у міру збільшення й кількості піків, починає вже відповідно збільшуватися енергія сигналу, зростає СКЗ вібрації. Самі по собі функції ПІК і СКЗ малоінформативні для діагностики, внаслідок своєї монотонності.

Але відношення ГПК/СКЗ, називається ПІК-фактором, уже становить значний інтерес, оскільки ця функція через тимчасове зрушення між ПІК і СКЗ, має явно виражений максимум на тимчасовій осі. На цьому й ґрунтується метод ПІК-фактора.

Експериментально було встановлено, що момент проходу функції ПІК-фактор через максимум відповідає залишковому ресурсу підшипника порядку 2-3 тижнів.

					ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	ІЦапа			66

## 5 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОПОРУ У ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛАХ

### 5.1 Опір руху при коченні

Під повним опором рухові розуміють еквівалентну силу, що приведена до ободів коліс, на подолання якої затрачується така ж робота, як і на подолання всіх дійсних сил, що протидіють рухові. Повний опір рухові ділять на наступні складові:

1. Основний опір рухові  $W_0$ , який обумовлений внутрішнім тертям в рухомому складі, опором від взаємодії між рухомим складом і дорожнім покриттям на прямих та горизонтальних ділянках та аеродинамічним опором (при відсутності  $v_{tr}$  у).

2. Опір рухові що створюється силою тяжіння на схилах.

3. Опір рухові від кривих ділянок шляху.

4. Додатковий повітряний опір.

Таким чином повний опір рухові представляють у вигляді  $c_{yM}$  и.

Для зручності виконання тягових розрахунків, опір рухові виражають в питомих одиницях, вінесенних до одиниці ваги,

Основний опір рухові залежить від багатьох факторів [2], тому теоретичним шляхом визначити значення осмощого опору рухої дуже складно. Він представляється у вигляді двох складових: - складова, що обумовлена тертям в підшипниках, тертям кочення, ковзанням коліс по дорозі, деформацією шляху; опір рухові від тертя в підшипниках, від тертя кочення, та ковзання; де  $W$  - опір рухові від деформації шляху).

В результаті експериментальних досліджень була встановлена залежність складової основного опору рухові, обумовленою силами тертя  $W$  від швидкості руху  $u$  (рис. 5.1).

Її можна представити у вигляді  $\sigma_{tr} W A B u = +$  де  $A$  та  $B$  - постійні, що залежать від конструкції букси, конструкції дорожнього покриття і типу колісної пари.

Сили тертя в підшипниках кованих пар, тягових електродвигунів і передаточних механізмів залежать від коефіцієнтів тертя і тиску між поверхнями, що труться. Коефіцієнт тертя в свою чергу залежить також від температури, при низькій температурі в'язкість змазки збільшується, що призводить до збільшення коефіцієнта, і відповідно до збільшення опору рухові в момент зрушення після тривалої стоянки.

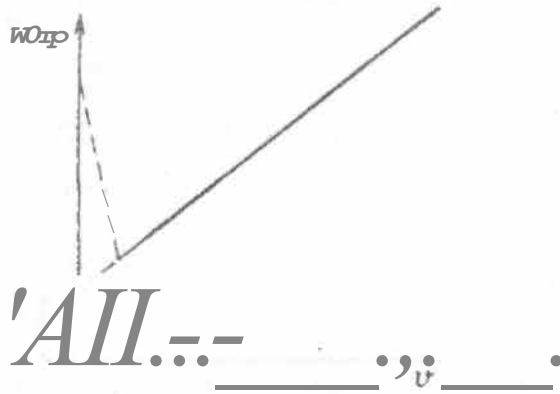


Рис. 5.1. Залежність сили тертя від швидкості

Опір при коченні колеса залежить від натиску колеса на дорогу, радіуса круга кочення, а також площі опорної поверхні колеса, при чому чим більша площа, тим вища втрата енергії і відповідно значення опору рухові. Для тролейбуса, площа опорної поверхні колеса залежить від тиску в балонах, форми і стану поверхні коліс, а також від матеріалу покриття дороги. Опір при проковзуванні визначається багатьма факторами, такими як: швидкість руху, конструкція рухомого складу, зношення шин, дорожнього покриття.

Опір від деформації залежить від нерівностей шляху по траєкторії кочення колеса, а також від швидкості руху.

Представлено огляд основних сил опору, які діють на транспортні засоби і в сукупності створюють момент опору для тягового приводу електротранспорту. Розглянуті сили мають бути враховані при виконанні досліджень розроблюваних електромеханічних систем для електротранспорту.

## 5.2 Обґрунтування раціональних конструкцій вузлів кочення

Враховуючи той факт, що шпindelний вузол є найбільш відповідальним, одним із головних завдань проектування є знаходження та обґрунтування раціональних конструктивних форм, що визначаються;

- типом та призначенням верстата,
- вимогами точності до деталей, що обробляються на верстаті,
- Умовами роботи шпindelного вузла,
- способом кріплення інструменту та заготівлі,
- розташуванням та типом елементів приводу,
- типом і розташуванням приводної передачі на шпindelі,
- типом підшипників та їх конструкцією.

11 Проектування шпindelного вузла починають із знаходження його конструктивного варіанту [40].

Вибирають передній кінець шпindelя та його виліт при суворому дотриманні ГОСТів [ГОСТ 16668-7Г; ГОСТ 12593-72; ГОСТ 24644-61].

Призначають матеріал шпindelя, його термообробку [28, 38]

Попередньо вибирають тип підшипників кочення.

Визначають тип і місце приводної передачі [4].

Складають розрахункову схему [9].

Розраховують шпindel на радіальну і крутильну жорсткість [5]. Отримані значення порівнюють в допустимими.

Будують схеми реакцій в опорах, сил і моментів, що діють, пружну шпindel шпindelя [4].

Здійснюють остаточний вибір підшипників кочення, підтверджуючи його розрахунком [18]. Призначають посадки підшипників.

У разі швидкохідних шпindelів і шпindelів високоточних верстатів їх перевіряють на вібростійкість.

Проектування та розрахунок шпindelного вузла на підстатичних підшипниках

Визначають конструктивні та геометричні параметри гідростатичних підшипників

Оптимізують параметри підшипників з умови максимальної жорсткості або мінімальних втрат на тертя [20].

Керуючись тим, що матеріалом корпусних деталей є чавун, проектування та розрахунок базових деталей зводиться та обґрунтуванню їх конструктивних форм і розмірів виходячи із службового призначення верстата та конкретної корпусної деталі, габаритів оброблюваної деталі та вимог ергономіки.

Визначають мінімальну товщину стінки литих корпусних деталей, використовуючи вираз:

$$b = \frac{2L + H}{2}, \quad (5.1)$$

Проектування та розрахунок шпиндельного вузла на опорах кочення - № 1 - Перевіряють отримане значення за коефіцієнтом тріщиноутворення при виливку чавунних деталей:

$$K_{..} = \frac{1}{F} \left( 1 + \frac{L}{H} \right)^{0.6} \quad (5.2)$$

Проектування та розрахунок шпиндельного вузла на опорах кочення [22] .

Розрахунки корпусних деталей на жорсткість виконують у випадках, коли перевіряється виконання вимог ГОСТ по жорсткості при пошуках раціональних перерізів зменшення металоємності.

### 5.3 Вибір модулів пружності матеріалу бігових доріжок підшипникових вузлів

Важкі режими експлуатації опор кочення – це режими, які характеризуються наявністю хоча б одного з таких факторів: високі або різко змінні навантаження і частоти обертання; дуже повільний або коливальний рух; висока температура, підвищена забрудненість або агресивність навколишнього середовища. У подальшому буде докладно розглянуто надшвидкісні підшипники кочення, наприклад, шліфувальних верстатів та стендів для випробування

шліфувальних крупів, а також нормалью підшипники з високим та різкозмінним комбінованим (радіальним та осьовим) навантаженням, наприклад, кошієних пар залізничних вагоїв. Надшвидкісні ПІДШИПНИКИ кочення - це ПІДШИПНИКИ з швидкісним параметром.

Нормальні (нешвидкісні) підшипники кочення з високим навантаженням - це ПІДШИПНИКИ ( $rF$  - радіальне навантаження підшипника;  $C$  - динамічна вантажність підшипника).

#### 5.4 Визначення розрахункової величини діаметрів цапф

Мета розрахунку: визначення розрахункової величини діаметрів цапф.

Вихідні дані: робоча швидкість машини  $V = 10$  м/с; діаметр оболонки вала  $D_{зов} = 0,98$  м; внутрішній діаметр оболонки вала  $0,8$  м; діаметр цапфи -  $0,33$  м; коефіцієнт тертя в підшипниках  $0,015$ .

Розрахунок потужності привода вала виконується методом тягового зусилля:

$$N_B = \frac{L \cdot T \cdot V \cdot K_1 \cdot K_2}{60 \cdot 1000} = \frac{51464 \cdot 10 \cdot 1,3 \cdot 1,04}{60 \cdot 1000} = 53,7 \text{ кВт.} \quad (5.3)$$

Висновок: розрахована величина потужності приводу становить  $53,7$  кВт.

#### 5.5 Експрес-метод експериментального визначення коефіцієнта тертя кочення

При коченні колеса по похилій площині виникають сили тертя. Якщо колесо котиться без ковзання, то виникає сила тертя спокою. Величина цієї сили  $F$  визначається законом Кулона  $F = kN$ , де  $k$  - коефіцієнт тертя спокою,  $N$  - сила нормального тиску. Сила тертя  $F$  завжди паралельна площині стикання взаємодіючих тіл. Якщо при коченні колеса виникає ковзання, то з'являється сила тертя ковзання.

Коефіцієнт тертя  $k_1$  залежить не лише від властивостей поверхонь, між якими виникає тертя, але і від їх відносної швидкості. Якщо швидкості малі, то його можна вважати постійним і рівним коефіцієнту  $k$  ( $k_1 = k$ ).

При коченні циліндра по площині слід враховувати деформацію площини і циліндра. Сила реакції опори не проходить через центр сили тяжіння циліндра, а дещо зміщена вперед в напрямку руху. Це веде до появи моменту сили реакції опори відносно осі обертання циліндра, який перешкоджає його обертанню. Цей момент носить назву *моменту сил тертя кочення* і може бути записаний у вигляді:

$$M = k_2 N \quad (5.4)$$

де  $k_2$  - коефіцієнт моменту сил тертя кочення. Він суттєво відрізняється від коефіцієнтів  $k$  і  $k_1$ , оскільки є розмірною величиною і, власне кажучи, характеризує плече сили тиску опори відносно осі циліндра.

## 5.6 Практична методика розрахунку опору пересуванню пневматичних шин

При пересуванні різних видів машин під час виконання їх робочих операцій виникають сили опору руху, які істотно впливають на коефіцієнт корисної дії машини, яку використовують, а також на доцільність використання в певних умовах роботи визначеного типу рушія машини.

При визначенні опору руху рушіїв важливим етапом є розрахунок величини коефіцієнта тертя рушія по ґрунту.

При цьому, опір пересуванню гусеничного рушія визначаємо за наступною методикою.

Знаходимо: величину коефіцієнта опору руху гусеничного рушія трактора відомої маси та розмірів гусениць, вважаючи розподіл тиску рівномірним; глибину вмивання гусениць; роботу, виконану силою тяжіння трактора при зануренні гусениць на визначену глибину і об'єм зім'ятого матеріалу; відносну роботу зминання; об'єм зім'ятого ґрунту; роботу,

										ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
											72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		ата						

витрачену на зминання ґрунту на заданій довжині; роботу, необхідну для пересування трактора на задану відстань при умовному коефіцієнті опору руху. Прирівнявши вирази для робіт, отримаємо складову опору перекочуванню гусеничного рушля, що припадає на зминання ґрунту.

При повороті машини з гусеничним рушієм виникає опір, який можна розрахувати за такою методикою.

Знаходимо максимальну величину опору повороту навколо загальмованої гусениці, роботу на зминання ґрунту та роботу, необхідну для повороту гусениць на кут  $90^\circ$  при умовному коефіцієнті опору. Прирівнявши дві останні роботи, отримаємо необхідний опір.

Істотною відмінністю отриманої формули від довідкової є присутність в ній величини колії, вплив якої на зусилля повороту очевидний.

Другою істотною відмінністю є наявність коефіцієнта опору зминанню, вплив якого на опір повороту також очевидний.

Наявність в довідковій формулі тільки коефіцієнта тертя ковзання не завжди враховує властивість ґрунтової основи повоюстю. Наприклад, розворот на ґрунтовій основі з малим значенням коефіцієнта опору зминанню, але покритим сьогом, може привести до абсолютно різних результатів, отриманих за запропонованою і довідковою формулах, які відрізняються приблизно вдвічі.

Основним типом рушля машин при транспортуванню вантажів по дорогам є колісний. Вантажні автопоїзди мають декілька пар коліс, тому виникає питання раціональної розстановки коліс з точки зору мінімального опору руху пересування.

Відомо, що повторює проїзди кошеного рушля по рихлому ґрунту знижують коефіцієнт опору коченню.

Теоретичні значення коефіцієнта опору коченню після кожного проїзду для загального випадку властивостей ґрунту і типу шин навряд чи можуть



не перевищує 14%, але процес його обчислень значно спрощується: замість 16 етапів необхідні 5, і не треба користуватися 4 табличними даними, одним графіком і 3 коефіцієнтами з широким діапазоном значень, відрізняючись в 1,3 ... 2,0 рази.

Виконані дослідження і запропоновані аналітичні залежності дозволять на 60...70% зменшити розрахункову величину опору пересуванню коліс на пневматичних шинах.

При визначенні втрат на тертя ковзання по ґрунтовій основі необхідно враховувати складову втрат на утворення постійної і змінної колії, яка залежно від фізико-механічних властивостей ґрунтів і величини коефіцієнта тертя ковзання може досягати величини опору від тертя ковзання.

### 5.7 Висновки за розділом

Зроблено аналіз причин відмов підшипників ковзання, що встановлюються за допомогою пресової посадки в отвори зубчастих коліс або корпусу  $a_{гp}$  етагів, показав необхідність обґрунтування призначаються допусків таких посадок з метою уникнути пластичного деформування матеріалу підшипника.

Параметрами, які також визначають безвідмовність підшипникового вузла, є складальні і ґранічні зазори в сполученні «шип-підшипник». Запропоновані аналітичні вирази, що встановлює взаємозв'язок між геометричними, фізико-механічними властивостями контактуючих поверхонь підшипника ковзання та кутом контакту, дозволяють встановити взаємозв'язок між прикладеним зусиллям і максимальними напруженнями в матеріалі підшипника.

Результати експериментальних досліджень підшипника ковзання провідної шестерні робочого ряду РК колісного тягача 150К-09.172.01 вказують на вплив гідродинамічного режиму змащення в підшипнику на протяжність зони дії тисків і при діючій на підшипник радіальній силі  $P = 12,5$  кН становить  $2\alpha_0 = 62^\circ$ , що більш ніж в 3 рази перевищує розрахункове значення і знижує максимальне значення напруги в матеріалі підшипника на 20%. Запропоновано методику розрахунку опору у підшипниках вузлах.

## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Особливості екологічно безпечної експлуатації автомобільних шин

Екологічно безпечна експлуатація автомобільних шин здійснюється відповідно наказу від 26.07.2013 №549 Міністерства інфраструктури України «Про затвердження Правил технічної експлуатації коліс та пневматичних шин колісних транспортних засобів категорій L, M, N, O та спеціальних машин, виконаних на їх шасі»

Проблема забруднення навколишнього природного середовища відходами виробництва і споживання є актуальною для України. З точки зору екології відходи є важливим місцевим фактором забруднення та основними джерелами довготривалої негативної дії на довкілля. Низький рівень використання відходів призводить до накопичення їх у навколишньому природному середовищі і спричиняє його забруднення. Підвищення рівня використання відходів є об'єктивною необхідністю та обов'язковою умовою екологічної безпеки оточуючого середовища.

З кожним днем зростає кількість відходів, що становить велику загрозу для екології, а також несе в собі загрозу для здоров'я людей в цілому. Одними з найнебезпечніших є відходи, які за тривалий період свого розкладу виділяють у навколишнє середовище токсичні речовини. Такі відходи потребують особливої комплексної системи їх переробки та утилізації з метою максимального зменшення їх шкідливого впливу на довкілля.

Автомобільний транспорт має важливе значення для функціонування суспільного виробництва та життя людей. Однак, в той же час він є головним глобальним джерелом забруднення навколишнього середовища. На його частку припадає до 60 ... 80% забруднення навколишнього середовища, а в районах найбільшого зосередження людей (густонаселених районах, курортних містах, вздовж автомагістралей тощо) - до 90 ... 95%.

					ДІТ. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Ідата		76

**Автомобільні шини** не здаті до розкладу та негативно впливають на навколишнє природне середовище, а тому на даний час актуальним є питання вивчення **ОЦНКИ** впливу на навколишнє середовище зношених автомобільних шин. Зношені шини представляють собою відходи, які займають велику частину фізичного простору, вони важко піддаються ущільненню, збору та ліквідації, крім того, не піддаються біологічному розкладу. Безконтрольне зберігання шин на відкритій місцевості підвищує їх потенційну небезпеку. Крім того, санкціоновані способи зберігання, хоч і мають менш негативні наслідки, ніж безконтрольне зберігання, проте створюють свої ризики забруднення навколишнього середовища. Це основні причини для того, щоб вживати можливі заходи щодо обмеження появи складів зношених шин.

Висока екологічна небезпека шин зумовлена, з одного боку, токсичними властивостями матеріалів, які застосовуються при їх виготовленні, а з іншого - властивостями понад ста **ХІМІЧНИХ** речовин, що виділяються в повітряне і водне середовище при експлуатації, обслуговуванні, ремонті та зберіганні шин [72,73].

Серед хімічних речовин, що виділяються в найбільших кількостях з шинних гум при юмнатій та підвищеної температурах є наступні:

- 1) продукти деструкції каучуків (мономери) надзвичайно реакційноздатні та токсичні хімічні сполуки - ароматичні вуглеводні (бензол, ксилол, стирол, толуол);
- 2) попередники канцерогенів (аліфатичні аміни);
- 3) канцерогени (сірковуглець, формальдегід, феноли);
- 4) оксиди, які присутні у відпрацьованих газах двигунів автомобілів.

У повітря також надходять сполуки хлору, сірки та азоту, оксиди металів.

Автомобільні шини є серйозною екологічною проблемою за кількома напрямками:

ДІП. 480000. 402. МРПЗ

Арк.

77

- 1) речовини, що використовуються при виробництві, переробці та утилізації шин є вкрай токсичними для людини та навколишнього середовища;
- 2) шини легко спалахують, до того ж, їх дуже важко загасити, в деяких випадках погасити спалах вдається лише через кішечка тижнів;
- 3) звалища шин займають великі площі, збільшується кількість незаконного скидання шин.

Величезна частина ризику пов'язана з хімічним складом шин. Різні матеріали, що використовуються у виробництві шин, мають несприятливий вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище. Основні матеріали, що використовуються в полімерному виробництві гуми, такі як бутадієн та стирол, і багато добавок до полімерів можуть викликати системні токсичні ефекти. Токсини, які звільняються при розкладанні шин, навмисному спалюванні або випадкових пожежах, дуже забруднюють воду, повітря і ґрунт. Навіть незважаючи на те, що виділяються спеціальні місця для скидання шин, незаконне скидання, як і раніше, має місце, завдаючи величезної шкоди навколишньому середовищу.

У липні 2016 року Європейська Комісія звернулася до Європейського хімічного агентства досліджувати сполуки, що вивільняють формальдегід та їх використання. Метою цього звернення була підготовка пропозиції на обмеження використання формальдегіду, який відповідно до узгодженої класифікації та маркування є речовиною, токсичною при проковтуванні, токсичною при контакті зі шкірою, яка викликає серйозні опіки шкіри та пошкодження очей, а також є токсичною при вдиханні, може викликати алергічну реакцію на шкірі, і, ймовірно, призводить до генетичних дефектів [74]. У березні 2016 року Європейська Комісія та країни-учасниці Європейського Союзу порушили питання щодо поліциклічних ароматичних вуглеводнів, зокрема, було запропоновано оцінити ризики для здоров'я людини від використання гумової крихти [75].

Мономери та полімери, що виробляються при виробництві шин, є дуже токсичними. Наприклад, ізопрен має м'який токсичний вплив при інгаляції, крім того, він також вступає в реакцію з повітрям та озоном, утворюючи небезпечні пероксиди. Європейський Союз визнав речовину такою, яка може спричинити рак, призводить до генетичних дефектів і є токсичною для водної флори та фауни з довгостроковими наслідками. Бутадієн є небезпечним канцерогеном і має тератогенну дію, що викликає пошкодження центральної нервової системи. Вдихання високих концентрацій бутадієну може призвести до втрати свідомості та смерті. Системна дія на організм людини при вдиханні призводить до постійного кашлю та появи галюцинацій. За даними Європейського хімічного агентства, в результаті тривалого впливу стирол викликає ушкодження органів, негативно позначається на фертильності і є токсичним для ненародженої дитини [75]. Стирол є отруйним при потраплянні всередину та вдиханню; систематична дія стиролу призводить до подразнення очей та порушення нюху. Усі три мономери є пожежонебезпечними при впливі тепла, полум'я чи окислювачів. Найбільш стабільним у тому числі є стирол, але досі біологічні періоди напіврозпаду невеликі. Бутадієн-стирольний сополімер викликає роздратування очей і імовірно викликає рак.

## 6.2 Вплив хімічних компонентів шин на працівників під час їх утилізації

Колеса та їх складники збирають та утилізують відповідно до вимог Закону України "Про металобрухт".

Основним способом поводження зі зношеними шинами є їхнє спалювання. Значно меншу частину шин переробляють піролізом або механічною обробкою, які потребують великих витрат. Піроліз брухту зношених шин ускладнюється тим, що каучуки є поганими провідниками тепла і деградація макромолекул потребує значної кількості енергії. Найбільш поширеним методом піролізу є піч, що обертається, в якій відходи повинні знаходитися протягом 20 хвилин або більше. Наявність великих градієнтів температури

всередині печей, що обертаються, призводить до різноманітного набору речовин. Більшість процесів спалювання відбуваються несанкціоновано - громадянами чи організаціями, аби позбутися відходів або задля отримання тепла (енергії). Підприємства, які спалюють легально відпрацьовані шини, часто не мають належних ресурсів для забезпечення необхідних рівнів очищення газових викидів. Крім цього, як зазначалося, значна частка шин потрапляє на звалища, де часто відбувається самозаймання.

Горіння зношених автомобільних шин є загрозою для навколишнього середовища, оскільки в результаті цього процесу утворюються речовини першого-третього класів небезпеки: бензапірен, біфеніл, свинець, поліциклічні ароматичні вуглеводні, бутадієн, стирол, діоксин, фуран, антрацен, флуорентан, пірен та інші [76]. Біфеніл та бензапірен є найсильнішими канцерогенами, тому їх наявність свідчить про серйозну загрозу навколишньому середовищу та здоров'ю людини. У червні 2016 року Європейське хімічне агентство додало бензапірен до списку особливо небезпечних речовин - через його канцерогенність, мутагенність, токсичність для репродуктивної системи, стійкість, біоаккумуляцію та токсичність, а також дуже високу стійкість та біоаккумуляцію. Доведено, що ця речовина дуже серйозно впливає на людський організм і навколишнє середовище. Відповідно до європейського законодавства, будь-який постачальник виробів, що містять особливо небезпечні речовини в концентрації вище 0,1%, має зобов'язання перед клієнтами та споживачами. Біфеніл відповідно до узгодженої класифікації та маркування, затвердженого Європейським Союзом, є дуже токсичним для водної флори та фауни, у тому числі з довгостроковими наслідками, викликає серйозне подразнення очей, подразнення шкіри та може спричинити подразнення дихальних шляхів.

У найбільших кількостях при горінні шин утворюються оксиди сірки (один із найпоширеніших забруднювачів повітря) та цинку (небезпека полягає в його каталітичній активності). Під час горіння шин також виділяється

									ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						80

сірка, яка надає може взаємодіяти з іншими речовинами, що може призвести до утворення небезпечних сполук. Є дані, що сірка мимоволі виділяється із шин. Враховуючи, що місця накопичення та спалювання відпрацьованих шин часто містять багато інших речовин, наприклад, з'єднань металів, та й самі шини, безперечно, забруднені пилом металів, а з'єднання цинку, наприклад, використовують як наповнювачі при виробництві шин, то сірка може взаємодіяти з металами та їх сполуками. Так, після підпалу бурхливо реагує суміш порошоків сірки і цинку, за звичайних умов сірка може взаємодіяти з ртуттю - сульфідом, що утворюються, можуть вступати в подальші хімічні взаємодії. Так, сульфід заліза може самозайматися на повітрі за нормальної температури. Сульфід цинку у вологому повітрі окислюється до сульфату, а при нагріванні у повітрі відбувається реакція, в результаті якої утворюється компонент, який є однією з причин утворення кислотних дощів. Сульфід ртуті є сильним фунгіцидом, а сульфід заліза здатний взаємодіяти з концентрованими соляною азотною кислотами. Кислоти присутні у навколишньому середовищі досить часто - внаслідок кислотних опадів та промислових викидів. Сірководень, який при цьому утворюється, відповідно до узгодженої класифікації та маркування, призводить до летального результату при вдиханні, дуже токсичний для водної флори та фауни і є надзвичайно горючим газом. Також ця речовина містить газ під тиском і може вибухнути при нагріванні, сірководень може спричинити подразнення дихальних шляхів. Вже за 0,1 % сірководню виникають важкі отруєння, причому небезпека зростає через те, що після легкого отруєння запах сірководню вже не відчувається. Отруйна дія сірководню пояснюється його здатністю взаємодіяти з гемоглобіном крові. Вдихання сірководню, що виділився з води в повітря, може призвести до погіршення пам'яті, катару верхніх дихальних шляхів, бронхіту, фурункульозу та кон'юнктивіту. Присутність у повітрі 0,8 мг/л сірководню може стати причиною отруєння із летальним результатом.

						ДІТ. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
Зм.	І	Арк.	І	№ докум.	Підпис	Дата	81

Інший продукт взаємодії - сульфід цинку - здатний окислюватися, ця реакція може відбуватися за умови горіння шин на полігонах твердих побутових відходів. Сульфід цинку, у свою чергу, взаємодіє при нагріванні з киснем та вуглецем, таким чином, під час цих реакцій утворюються небажані речовини - діоксид сірки, оксид цинку та чадний газ. Сульфід цинку також може взаємодіяти з неорганічними розведеними кислотами з утворенням токсичних сірководню та діоксиду азоту. Крім того, утворюються хлорид і сульфат цинку, пара яких має токсичну дію насамперед на дихальні шляхи та слизові оболонки. Особливу увагу варто приділити сульфиду ртуті, який легко утворюється за нормальної температури. Внаслідок певних реакцій сульфиду ртуті утворюється металева ртуть, яка відноситься до першого класу небезпеки та є надзвичайно токсичною речовиною. При експонуванні зношених шин у мікрохвильовій печі під дією нагрівання в шинах виробляється величезна кількість «сірого газу». Склад газів, що утворюються в процесі опромінення, не було визначено у літературі [77]. Гази, що утворюються в печі, повинні бути видалені та надіслані в очисний апарат. Після навчання шина може бути перетворена за допомогою гідравлічного преса на дрібний чорний порошок, що має розмір частинок порошку тальку. Внаслідок комплексного впливу на автомобільні дороги погодно-кліматичних факторів та руху автомобілів відбувається знос верхніх шарів дорожнього покриття. Так, при коченні коліс, а особливо їх гальмуванні (пересування з блокованими колесами) відбувається значне стирання дорожнього покриття. При відриві колеса від поверхні в момент з'їзду з контактної плями виникає значне розрідження, яке викликає відрив дрібних частинок асфальтобетону та їх переміщення в повітрі. На сьогоднішній день основним матеріалом, який застосовується для будівництва верхніх шарів дорожнього покриття, є асфальтобетон. Внаслідок зношування асфальтобетону утворюється дрібнодисперсний пил розміром до 2 мкм у кількості до 50 % від загального обсягу пилу [78]. Хімічний склад пилу змінюється у часі рахунок абсорбційно-адсорбційних про-

цесів, що проходять у ній, і інтенсивність яких визначаються початковим складом пилу.

Крім цього, пил адсорбує на своїй поверхні різні токсиканти та канцерогени, що виникають від роботи автотранспорту. Пил з покриття дороги - це полідисперсний матеріал, насичений різними забруднювачами - продуктами забруднюючих викидів від роботи двигуна, зносу гальмівних колодок (накладок), зносу шин та ін. Найбільший вплив на інтенсивність і величину зносу матеріалу та бітуму, інтенсивність та склад руху, вплив навколишнього середовища, якість роботи служби експлуатації доріг. Вивільняючись із шин у навколишнє середовище, іони металів можуть мігрувати в підземних та поверхневих водах внаслідок вилуговування ґрунту та стоку. Але в більшості випадків концентрації металів, які вимиваються з шин, досить низька. Отже, дія металів на навколишнє середовище ВД вилуговування шин відносно мала. Метали та оксиди металів, витягнуті з термічного окислення шин, мають більш високий потенціал впливу на навколишнє середовище і повинні бути відновлені або стабілізовані. Якщо сільськогосподарські землі забруднені важкими металами, такими як кадмій, рівень рН ґрунту може швидко знижуватися протягом десятиліть, що призводить до збільшення рухливості слідів металів у верхньому шарі ґрунту. Занедбані сільськогосподарські землі, забруднені важкими металами, посилено поглинають важкі метали. Це може завдати шкоди дикій природі та збільшити вимивання ґрунтових вод [76, р. 52]. Отримані результати свідчать про те, що використання автомобільних шин призводить до вкрай негативного впливу на здоров'я людини та довкілля. Зважаючи на часте виникнення небажаних випадків загоряння шин на звалищах і пов'язаних з обігом шин ризиків для навколишнього середовища та здоров'я, було б розумно припустити, що така дія буде скорочена.

### 6.3 Дії працівників у надзвичайних ситуаціях

									Арк.
									83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІП. 480000. 402. МРПЗ				





ти заходів щодо обмеження поширення вогню та ліквідації пожежі за допомогою первинних засобів пожежогасіння, які є у наявності на автотранспортному засобі.

Спочатку слід обробити зовнішню поверхню транспортного засобу, після чого перейти до гасіння внутрішньої частини автомобіля.

Займання в кабіні - вторинне, спочатку потрібно погасити пожежу під капотом, яка може статися при займанні переднього колеса автомобіля. Для цього необхідно відкрити замок капота і за допомогою монтування підчепити його кришку. Небажано при загорянні братися за капот голими руками, оскільки можна отримати досить сильні опіки. Після погашення полум'я під капотом, потрібно переконатися, що дроти не створюють іскру, а з трубопроводів не тече пальне.

При загорянні кабінки головна частина заряду вогнегасника повинна припадати на її передню частину - вентиляційні отвори, за допомогою яких вогонь отримує кисень, необхідно забити порошком або піною. Найбільшу увагу слід приділити сидінням, оскільки в деяких автомобілях вони забиті пінополіуретаном, а він відмінно підтримує горіння. При загорянні на критому паркінгу або стоянці, не варто залишати транспортний засіб після гасіння пожежі, оскільки його повторне поширення здатне представляти небезпеку і для інших автомобілів. Вкрай небажано сідати в автомобіль після загоряння - слід викликати евакуатор і відбуксирувати на найближче СТО пошкоджений транспортний засіб, технічний експерт виявить справжню причину загоряння авто. Поки причина загоряння не буде встановлена, не слід вмикати електричний ланцюг або відкривати подачу пального, навіть якщо спалах був мліюмальним.

#### Висновки за розділом

У даній частині магістерської роботи приведені загальні відомості автомобільної шини, вказані вимоги охорони праці під час утилізації шин,

									ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
										86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



Максимальний тиск. Максимально допустимий тиск кожен автовиробник вказує на боковині шини. Перевищувати це значення вкрай не рекомендується, тому що надлишковий тиск може призвести до зниження еластичності шини і її подальшого проколу.

Рекомендований тиск - тиск шини, який змінюється в залежності від навантаження на вісь і типорозміру шини. Дане значення встановлюється виробником і показує середню величину навантаження на конкретну шість автомобіля при максимально допустимій завантаженості

З використанням теорії планування багатofакторного експерименту проведено дослідження інтенсивності зносу шин, розроблено регресійні моделі, які дозволяють кількісно оцінювати вплив тиску та вагового навантаження на ресурс шин. Дані моделі дозволяють прогнозувати та керувати ресурсом шин на основі використання систем моніторингу тиску в шинах.

Внаслідок моніторингу тиску та збільшення ресурсу шин, знизиться викид у навколишнє середовище шкідливого гумового пилу: зниження викидів якого складе 189 кг.

Зниження викидів шкідливих речовин із відпрацьованими газами внаслідок зниження витрати палива: викиди оксиду вуглецю (CO) знизяться на 94,2 кг, вуглеводнів (CH) на 30,18 кг та оксидів азоту (NOx) на 135,33 кг.

Визначені необхідні кути повороту й кутові швидкості повороту передніх керованих коліс при стабілізації курсового кута шляхом повороту останніх у бік заносу при русі автомобіля в тяговому й гальмівному режимах. Визначено діапазон стійких лінійних швидкостей автомобіля, в якому немає необхідності повертати керовані колеса в бік заносу. Визначено критичне значення кутової швидкості автомобіля при заносі в процесі гальмування із заблокованими задніми колесами. При перевищенні вказаного кутового обурення здійснити динамічну стабілізацію курсового кута неможливо. При рівномірному русі в тяговому режимі автомобіль стійкий.











51. Техническая эксплуатация автомобилей / под. ред. Г. В. Крамаренко, - М.: Транспорт, 1972. - 436 с.
52. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов - 4е изд., перераб. и дополи./ Е.С. Кузнецов, - М: Наука, 2001. - 535 с.
53. Тормозные устройства/Александров М.П., Лысиков А.Г., Федосеев В.Н. и др. - М.: Машиностроение, 1985. 319 с.
54. Третьяков, О. Б. Автомобильные шины. Конструкция, механика, свойства, эксплуатация / О.Б. Третьяков, В.А. Гудков, А.А. Вольнов, В.Н. Тарновский. - М.: Колосе, Химия, 2007. - 432 с.
55. Третьяков, О. Б. Воздействие шин на окружающую среду и человека [Электронный ресурс]. О. Б. Третьяков, В. А. Корнев, Л. В. Кривошеева: НЕФТЕХИМПРОМ, Москва. - Режим доступа: <http://refer.in.ua/major/233/49088/>.
56. Туревский, И. С. Экономика отрасли (автомобильный транспорт): учебник. - М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2011. - 288 с.
57. Устаров, Р. М. Прогнозирование пробега автомобильных шин, эксплуатируемых в условиях переменного рельефа местности: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 20.04.12 / Устаров Рамазан Магомедярагиевич. Волгоград, 2012. - 190 с.
58. Федоренко, М. П. Математика и кибернетика в экономике. Словарь справочник/ М. П. Федоренко, Москва: Экономика, 1975. - 700 с.
59. Хвалев, П. В. Анализ факторов, влияющих на износ автомобильных шин [Электронный ресурс]. Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». - Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2017/pdf/31778.pdf>.
60. Хегай, Ю. А. Экономика автомобильного транспорта: учебное пособие/ Ю. А. Хегай, В. В. Девинаова, К. А. Мухина - Красноярск, 2012. - 229 с.

									ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
										95
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

61. Хесин, А. М. Канцерогенная опасность шин // А. И. Хесин, М. Е. Скудатын, В. Н. Ушмодин: Национальная безопасность и геополитика России/№ 10-11 (51-52), 2003г.

62. Юсупов, А. А. Разработка новой конструкции и технологии изготовления безопасной шины: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.17.06) / Юсупов Александр Асхатович - Москва, 2005. - 24 с.

63. Яковенко, В. И. Метод повышения износостойкости пневматических шин: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.05.03) / Яковленко Владимир Иванович - Москва, 2004. - 24 с.

64. Янчевский, В. А. Определение давления без вскрытия вентиля// В. А. Янчевский, С. Гезалов. Автомобильный транспорт. - 1992. - с. 42-43.

65. Янчевский, В. А. Основные пути рационального использования шин на автомобильном транспорте: обзор. - М., 1987. - 57 с. - (Автомобильный транспорт / Минавтотранс РСФСР. ЦБНТИ; Вып. 7).

66. Tabor D. The mechanism of rolling friction: the elastic range. - Proc. Roy. Soc., 1955 - P. 198.

67. Тарасова Т. Ф. Экологическое значения и решение проблемы переработки изношенных автошин/ Т. Ф. Тарасова, Д. И. Чапалда // Вестник ОГУ. - Т. 2. Естественные и технические науки. - 2006. - № 2. - С. 130-135.

68. Третьяков О. Б. Воздействие шин на окружающую среду и человека / О. Б. Третьяков, В. А. Корнев, Л. В. Кривошеева. - М.: Нефтехимпром, 2006. - 154 с.

69. Official website of the European Union. Code of access: [https://europa.eu/european-union/index\\_en](https://europa.eu/european-union/index_en)

70. Official website of the European Chemicals Agency. Code of access: <https://echa.europa.eu/home>

											ДІП. 480000. 402. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								96

