

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

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**«Підвищення ефективності функціонування автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» шляхом вдосконалення заходів підтримки працездатності еластичних рушіїв»**



Виконав: студент 2-го курсу, групи 1АТ-21мз спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

Мамчур В.В.

Керівник: д.т.н., професор каф. АТМ

Макаров В.А.

« 08 » 06 2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Сухоруков С.І.

« 14 » 06 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

Цимбал С.В.  
к.т.н., доц.

« 13 » 06 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 рік

Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 27 – Транспорт  
Спеціальність 274 – Автомобільний транспорт  
Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

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

« 12 » 03 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мамчуру Віталію В'ячеславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності функціонування автобусів комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія" шляхом вдосконалення заходів підтримки працездатності еластичних рушіїв,

керівник роботи Макаров В.А., д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «20» березня 2023 року № 68.

2. Строк подання студентом роботи: 09.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» м. Вінниця: досліджувані моделі АТЗ – ЛАЗ-А183 D1, ЛАЗ-А183 FO, Богдан А70110, Богдан А70130, Богдан А70132, Богдан А 092 G6»; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст текстової частини:

1 Аналіз функціонування комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

2 Розрахунок виробничої програми КП «Вінницька транспортна компанія».

3 Аналітичне дослідження щодо зміни працездатності шини автобуса.

4 Дослідження стійкості кочення колеса автомобіля

5 Оцінка ефективності впливу еластичних рушіїв ктз на довкілля та ресурсозбереження

6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням назви слайдів):

1-2 Тема, мета та завдання дослідження.





3 Основні функції комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

4 Фрагмент автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія».

5-6 Перелік випадкових збуджуючих факторів на маршрутах автобусів.

- 7 Фактори зносу шин.  
 8-9 Приклади пошкоджень шин.  
 10 Характерні види нерівномірного зносу шин.  
 11 Бічне відведення колеса.  
 12-13 Стенд карусельного типу для визначення траєкторії руху колеса.  
 14-15 Схема сил, які діють на колесо під час його руху.  
 16 Біфуркаційна множина.  
 17 Моделювання кочення колеса.  
 18-19 Екологічна ситуація міста Київ.  
 20 Статистичні дані по утилізації шин у світі та Україні.  
 21 Життєвий цикл шин.  
 22 Переробка шин.  
 23 Висновки.

#### 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Розв'язання основної задачі	Макаров В.А., професор кафедри АТМ	 20.03.2023	 08.05.2023
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДПБ	 25.04.2023	 25.05.2023

7. Дата видачі завдання « 20 » березня 2023 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	20.03-23.03.2023	викон.
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	24.03-05.04.2023	викон.
3	Обґрунтування методів досліджень	06.04-08.04.2023	викон.
4	Розв'язання поставлених задач	09.04-25.05.2023	викон.
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	26.05-28.05.2023	викон.
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	25.04-25.05.2023	викон.
7	Нормоконтроль МКР	06.06-09.06.2023	викон.
8	Попередній захист МКР	12.06.2023	викон.
9	Рецензування МКР	14.06-15.06.2023	викон.
10	Захист МКР	20.06.2023	викон.

Студент

(підпис)

Мамчур В.В.

Керівник роботи

(підпис)

Макаров В.А.

## АНОТАЦІЯ

УДК 629.12

Мамчур В.В. Підвищення ефективності функціонування автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» шляхом вдосконалення заходів підтримки працездатності еластичних рушіїв. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, освітня програма – автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2023. 134 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 23 назв; рис.: 45; табл. 24.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблена математична модель колеса для оцінки стійкості його кочення. Удосконалений стенд карусельного типу для перевірки на ньому раціональності встановлення відведення здвоєних коліс. Розроблені напрями поліпшення стійкості руху автобусів в умовах Вінниці за підтримки рушіїв. Наведені заходи дозволять покращити мобільність, безпеку та екологічність перевезень.

Ілюстративна частина складається з 23 плакатів із результатами дослідження.

У розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях опрацьовано такі питання, як гігієна праці, техніка безпеки, пожежна безпека та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: автобус, колесо, курсова стійкість руху, перевезення, працездатність, мобільність, ресурсозбереження.

## ABSTRACT

UDC 629.12

Mamchur V.V. Increasing the efficiency of the buses of the utility company "Vinnytsia Transport Company" by improving measures to support the efficiency of elastic drives. Master's qualification work on specialty 274 - Motor transport, educational program - motor transport. Vinnytsia: VNTU, 2023. 134 p.

In Ukrainian language. Bibliogr. : 23 titles; fig.: 45; table 24.

In the master's qualification work, a mathematical model of the wheel was developed to assess its rolling stability. An improved carousel-type stand for checking the rationality of setting up the dual wheel lead. Directions for improving the stability of bus traffic in the conditions of Vinnytsia with the support of drivers have been developed. These measures will improve the mobility, safety and environmental friendliness of transportation.

The illustrative part consists of 23 posters with research results.

In the section on occupational health and safety in emergency situations, such issues as occupational hygiene, safety technology, fire safety and safety in emergency situations are elaborated.

Key words: bus, wheel, directional stability of movement, transportation, efficiency, mobility, resource saving.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ</b> .....	<b>5</b>
<b>ВСТУП</b> .....	<b>6</b>
<b>1 АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»</b> .....	<b>10</b>
1.1 Загальна характеристика комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» .....	10
1.2 Аналіз існуючого автобусного парку підприємства .....	11
1.3 Дослідження можливості виникнення збурюючих коливань автобуса на маршруті .....	14
1.4 Висновки за розділом 1 .....	19
<b>2 РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ КП «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»</b> .....	<b>20</b>
2.1 Вибір програмного забезпечення для розрахунку на ЕОМ .....	20
2.2 Вибір і обґрунтування вихідних даних .....	20
2.3 Вибір і коректування нормативів проектування АТП .....	21
2.4 Розрахунок виробничої програми ремонтно–обслуговуючого виробництва підприємства .....	28
2.4.1 Розрахунок річної та добової виробничих програм з ТО автомобілів .....	28
2.4.2 Розрахунок добової програми РОВ АТП .....	33
2.4.3 Розрахунок обсягів робіт з ТО і ПР рухомого складу автотранспортних підприємств .....	35
2.4.4 Визначення чисельності працюючих автотранспортних підприємств .....	42
2.4.5 Розрахунок чисельності допоміжних робітників .....	45
2.4.6 Визначення чисельності ІТР і службовців .....	46
2.5 Висновки за розділом 2 .....	49

<b>3 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ЗМІНИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ШИНИ АВТОБУСА</b>	<b>50</b>
3.1 Механізм протікання зношування шин	50
3.2 Фактори, які впливають на термін служби шин	56
3.2.1 Кути встановлення керованих коліс	56
3.2.2 Стиль водіння	60
3.2.3 Тиск повітря в шинах	61
3.2.4 Вагове перевантаження шин	63
3.2.5 Швидкість руху	64
3.2.6 Вплив на знос шин дорожніх, кліматичних умов та їх конструкції	65
3.2.7 Особливості конструкції та неоднорідність шини	65
3.2.8 Рекомендації по експлуатації шин	68
3.3 Цикли експлуатації шини	69
3.4 Вплив пневматичної шини на керованість та стійкість руху автомобіля	70
3.5 Висновки за розділом 3	74
<b>4 ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ КОЧЕННЯ КОЛЕСА АВТОМОБІЛЯ</b>	<b>75</b>
4.1 Передмова	75
4.2 Основні поняття та визначення	75
4.2.1 Реакції зв'язків колеса з дорогою	80
4.2.2 Сили тертя ковзання та кочення колеса з дорогою	89
4.2.3 Взаємодія сил у плямі контакту	91
4.3 Обґрунтування загальних конструктивних параметрів стенду карусельного типу	92
4.3.1 Постановка задачі	92
4.3.2 Аналіз останніх досліджень та публікацій	93
4.3.3 Кінематична характеристика установки	94
4.4 Моделювання стенду карусельного типу	97
4.5 Висновки за розділом 4	102

<b>5 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПЛИВУ ЕЛАСТИЧНИХ РУШІВ КТЗ НА ДОВКІЛЛЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ .....</b>	<b>103</b>
5.1 Оцінка ефективності впливу еластичних шин на екологічні показники країни.....	103
5.1.1 Соціальні та макроекономічні наслідки техногенного навантаження колісного дорожнього транспорту на довкілля в Україні.....	103
5.1.2 Соціальні та макроекономічні наслідки техногенного навантаження колісного дорожнього транспорту на довкілля .....	104
5.1.3 Вплив відпрацьованих шин на довкілля України та планету .....	105
5.2 Загальний огляд хімічного складу шин.....	107
5.3 Процес виробництва автомобільних шин .....	110
5.4 Ефективність ресурсозбереження та переробки використаних шин.....	113
5.5 Висновки за розділом 5 .....	118
<b>6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....</b>	<b>119</b>
6.1 Аналіз умов праці.....	119
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	119
6.2.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони.....	119
6.2.2 Виробниче освітлення.....	121
6.2.3 Виробничий шум.....	122
6.2.4 Виробничі вібрації.....	124
6.3 Технічні рішення щодо безпечного виконання робіт.....	124
6.3.1 Техніка безпеки.....	124
6.3.2 Електробезпека.....	126
6.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	126
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>129</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>131</b>
Додаток А Ілюстративна частина.....	135
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	159



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АТ – автомобільний транспорт  
АТП – авто-транспортне підприємство  
ВВП – валовий внутрішній продукт  
ГДК – гранично допустима концентрація  
Д – діагностика  
ДТП – дорожньо-транспортна пригода  
КП – комунальне підприємство  
КР – капітальний ремонт  
КСР – курсова стійкість руху  
КТЗ – колісний транспортний засіб  
ПР – поточний ремонт  
Р – ремонт  
РС – рухомий склад  
СО – сезонне обслуговування  
ТЗ – транспортний засіб  
ТО – технічне обслуговування  
ЩО – щоденне обслуговування



## ВСТУП

Автомобільний транспорт на сьогоднішній день, є найбільш поширеним, але й найнебезпечнішим видом транспорту [1, 2, 3, 4]. Без автомобільних перевезень не може бути прогресу господарства та суспільства країни. Однак, в середньому, в Україні, щодня гинуть на автомобільних дорогах близько 9-ти мешканців. Основними причинами ДТП є перевищення максимально дозвільної швидкості, порушення ПДР пішоходами, недотримання дистанції між ТЗ, керування ТЗ у нетверезому стані та несправний технічний стан автомобілів. Підтримання працездатності еластичних рушіїв КТЗ може розв'язувати багатовекторні задачі: сприяти інтенсивним перевезенням міських пасажирів; обумовлювати допустимий рівень аварійності на автомобільних дорогах міста; зменшувати викиди токсичних речовин з системи “Колесо - Дорога” прямо у самі вразливі багатолюдні місця.

Одними з головних проблем, які впливають перед АТ в країні, є недостатні рівні його мобільності та безпеки під час руху КТЗ для людей і довкілля. Загальним оціночним параметром для вимірювання глибини розв'язання означених вище проблем є ефективність функціонування автобусів [5] та їх еластичних рушіїв [6]. Вирішенням даних задач, з одного боку, займаються автомобільні та шинні заводи, які випускають з кожним роком сучасніші та безпечніші автомобілі, з іншого боку спеціалісти АТ – вдосконаленням перевезень та методів контролю, які дають змогу підвищити безпеку експлуатації автомобілів і довкілля.

Наріжними поняттями, які розглядаються у магістерській кваліфікаційній роботі й дозволяють логічно та послідовно провести дослідження є наступні: оцінювання ефективності [1] функціонування КП ВТК, що характеризується розвитком послуг мешканцям міста з підтримкою працездатності шин; певний рівень аварійності на автодорогах; захист довкілля; збереження ресурсів планети.

Розглянуті різні підходи щодо визначення поняття оцінювання, з метою виокремлення його сторін, що є корисними для дослідження та обґрунтування можливості доречного використання оцінок зазначеного процесу в роботі. Поняття «оцінювання» в магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто в якості процесу, що обумовлює, після свого завершення, формування оцінок стану визначеної динамічної системи, з точки зору її ефективності.

Згідно сучасних тенденцій, оцінювання – це наукове дослідження процесу за певною схемою, з метою підвищення ефективності або підтримання процесу на належному рівні.

Нижче розглянуте поняття «ефективність», яке є оціночним параметром та знаходиться в діалектичній єдності з процесом оцінки. Слід зазначити, що наведене поняття є основним з найбільш універсальних у науці й застосовується для дослідження систем будь – якого масштабу, сфери функціонування й рівня розвитку. Ефективність притаманна усьому відтворювальному процесу в цілому та його окремим елементам: виробництву, розподілу, обміну та користуванню. Вона дає єдину якісно – кількісну характеристику результатів господарювання для підприємства, виробничої системи, регіону та країни в цілому.

В різних джерелах наводиться біля 19-ти аспектів розглядання ефективності.

Покращення стійкості руху автобусів за рахунок оцінки параметрів шин досить актуальна на сьогоднішній день тема [7,8] оскільки наразі не існує дієвої методики перевірки вибору здвоєних коліс. В роботі також пропонується розробка математичної моделі колеса, з метою оцінки стійкості його кочення та удосконалення стенду карусельного типу [9], для можливості перевірки на ньому раціональності встановлення певного відведення здвоєних коліс. Такі рішення дозволять підвищити інтенсивність руху КТЗ та знизити кількість аварій на дорогах і викиди з динамічного контакту еластичного колеса з дорогою.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана у відповідності з планом науково-дослідницької роботи кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного транспортного університету «Вибір та обґрунтування напрямів розвитку та дослідження еластичних рушіїв автомобіля».

**Мета дослідження** – визначення напрямів поліпшення мобільності та стійкості руху автобусів в умовах Вінниці за підтримки рушіїв з забезпеченням охорони довкілля і ресурсозбереження.

**Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:**

- аналіз діяльності КП «Вінницька транспортна компанія»;
- розрахунок виробничої програми КП «Вінницька транспортна компанія»;
- аналітичне дослідження щодо процесів зміни працездатності шини автобуса;
- дослідження стійкості кочення колеса автомобіля;
- оцінка ефективності впливу еластичних рушіїв на довкілля та ресурсозбереження;
- охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт дослідження** – еластичний рушій автобуса

**Предмет дослідження** – аналіз процесів щодо зміни працездатності шини та стійкості кочення колеса автомобіля.

**Методи дослідження.** Методологічною основою роботи є використання системного підходу, аналізу курсової стійкості руху з технічної точки зору. Використані методи теорії відведення колеса, теорії діагностування, методи моделювання кочення колеса.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в поглибленні науково-технічного підходу до визначення бічного відведення здвоєних шин.

**Особистий внесок магістранта.** Систематизація інформації про види зношення, та руйнування пневматичних шин. Розробка схем колісного

модуля та стенду карусельного типу для визначення бічного відведення коліс.

**Апробація результатів роботи** проведена на XI Міжнародній науково-технічній інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», Вінниця, ВНТУ, 14-15 квітня 2023 р.

**Вірогідність отриманих результатів забезпечується:** коректною постановкою задач дослідження, послідовним і чітким застосуванням математичних методів при їх рішенні; збігом результатів для окремих і граничних випадків з відомими з літератури рішеннями; узгодження між собою результатів, отриманих в різних розділах роботи.

**Публікації.** Чернега В.Ю., Мамчур В.В., Макаров В.А. До питання поглиблення дослідження ефективності функціонування системи «Колесо - Дорога». Матеріали XI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2023 р. Вінниця : ВНТУ, 2023. С. 344-346.

# 1 АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»

## 1.1 Загальна характеристика комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

КП «Вінницька транспортна компанія» – головне та найбільше комунальне транспортне підприємство на території міста Вінниці. Підприємство є власністю територіальної громади міста Вінниці. Кількість працівників що, на сьогоднішній день займаються управлінням працездатністю автобусів та автомобільними перевезеннями становить біля 250 осіб. Згідно з результатами переддипломної практики, виокремлені основні функції КП ВТК (рисунок 1.1).

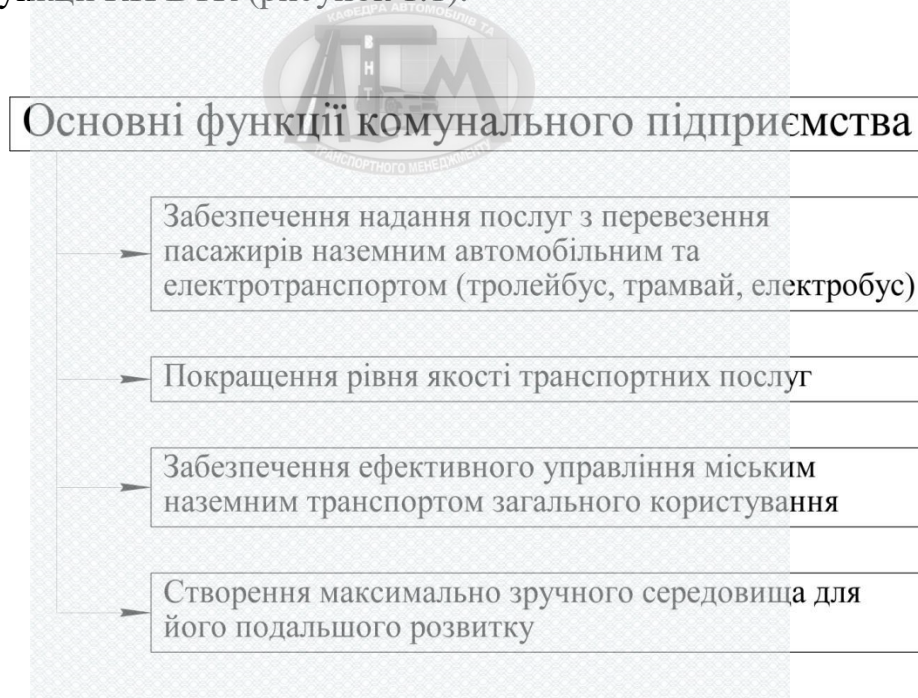


Рисунок 1.1 – Основні функції підприємства

Пасажирська транспортна мережа у Вінниці досить розвинута, про це свідчить те, що кожного дня перевозяться декілька 100 тисяч мешканців та гостей міста. Також, велика частка громадян мають право на пільговий проїзд.

Щоденно на лінії мають можливість курсувати загалом біля 74 вагонів трамваїв, 131 тролейбус та 71 автобус. На сьогоднішній день у місті створено 6 трамвайних, 15 тролейбусних та 19 автобусних маршрутів. А з 2019 року, на автобусному маршруті з'явився перший електробус марки «Skywell».

Для покращення якості транспортного обслуговування підприємство періодично поновлює рухомий склад. Спеціально для досягнення цієї важливої мети було розроблено і реалізовано програму, для придбання нового рухомого складу. Також було розроблено програми по ремонту, відновленню та модернізації існуючого автопарку.

Станом на 2019 рік, у Вінниці зібрали свій перший тролейбус, створений на базі кузова придбаного за кордоном, та запчастин вітчизняного виробництва. А у 2015 році було створено власний трамвай під назвою «Vin Way». Він розроблявся на базі трамвайних вагонів Tatra KT-4SU и T-4SU. На сьогоднішній день у Вінниці вже випущено сукупність трамваїв «Vin Way».

Комунальне підприємство «Вінницька транспортна компанія» є соціально орієнтованим, у якому постійно проводяться соціально спрямовані заходи. Їх основна задача, це популяризація громадського транспорту Вінниці. Можна підсумувати, що діяльність КП «ВТК» націлена на задоволення потреб з транспортування містян та надання стабільних транспортних послуг.

## **1.2 Аналіз існуючого автобусного парку підприємства**

На сьогоднішній день автобусний парк комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» нараховує 63 автобуси великого класу та 8 автобусів малого класу. До них відносяться ЛАЗ-А183 D1, ЛАЗ-А183 FO, Богдан А70110, Богдан А70130, Богдан А70132, Богдан А 092 G6 – 8 одиниць.

Автобус ЛАЗ-А183 (рисунок 1.2) – низько підлоговий автобус для міського використання, що випускався на Львівському автобусному заводі з

2004 року. Він був вперше представлений на виставці SIA – 2004 року. Конструювався автобус на базі Mercedes-Benz Citaro. ЛАЗ-А183 став основою для цілої лінійки інших моделей автобусів та тролейбусів, таких як ЛАЗ-АХ183 (для обслуговування людей в аеропортах), ЛАЗ-А292 (зчленований автобус довжиною 18 метрів) та багато інших.



Рисунок 1.2 – Автобуси ЛАЗ-А183 комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Перевагою цього автобуса є те, що він повністю придатний для того, щоб ним могли користуватися маломобільні групи населення, оскільки відстань від підлоги до землі всього лише 30 сантиметрів (сходинок відсутні), а враховуючи той факт, що тротуар відносно проїзної частини 20-30 см. то це повністю нівелює незручності при посадці та висадці пасажирів. Також варто зазначити, що автобус обладнаний для того, щоб перевозити пасажирів з особливими потребами: для цього середні двері мають прихований пандус, вантажопідйомністю 80 кілограм, та навпроти є



накопичувальний майданчик. Завдяки тому, що на автобусі встановлено пневматичну підвіску, в нього є можливість підвищення та зниження підвіски.

Кількість посадкових місць варіюється від 24 до 32 в залежності від модифікації. Усі сидіння укомплектовані антивандальним покриттям. Загальна пасажиромісткість становить приблизно 120 чоловік. Характеристика автобусів підприємства наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Марка	Модифікація	Формула дверей	Двигун	Пасажиромісткість, люд.
ЛАЗ- A183 D1	Низько підлоговий	2-2-2	Deutz, 265 к.с.	120 (32 – для сидінь)
ЛАЗ- A183 FO	Низько підлоговий	2-2-2	Youchai, 260 к.с.	120 (32 – для сидінь)
Богдан A70110	Низько підлоговий	2-2-2	Cummins, 285 к.с.	100 (28 – для сидінь)
Богдан A70130	Низько підлоговий	2-2-2	IVECO N60ENTC, 264 к.с.	106 (30 – для сидінь)
Богдан A70132	Низько підлоговий	2-2-2	IVECO NEF F4A-6, 264 к.с.	106 (30 – для сидінь)
Атаман A 092 G6	Низько підлоговий	1-2	4HV1-NA 110 к.с.	43 (22 – для сидінь)

Двигун на ЛАЗ-А183 встановлюється від фірми MAN, Youchai YC-6A, Deutz, Cummins з екологічним стандартом Євро-2 та Євро-3. Ємність баку

180 літрів. Розхід палива при 60 км/год – 24 літри на 100 км ходу. Експлуатаційна швидкість 30-40 км/год, максимальна 120 км/год. Загальний вигляд автобуса наведений на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Автобус Богдан А70132 комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

### **1.3 Дослідження можливості виникнення збуджуючих коливань автобуса на маршруті**

В роботі розглянута маневреність і керованість автобуса, які забезпечують безперешкодний рух АТЗ по опорній поверхні, яка має обмеження площі і різні форми. Практична величина дослідження криволінійного руху визначається тим, що значущу частку свого пробігу автобус рухається по дугах кіл невеликих радіусів (до 25м), здійснюючи, при цьому, різне маневрування (поворот, розворот, перестроювання, об'їзд, обгін

тощо). Вибіркова схема автобусного маршруту для міста Вінниця представлена на рисунку 1.4.

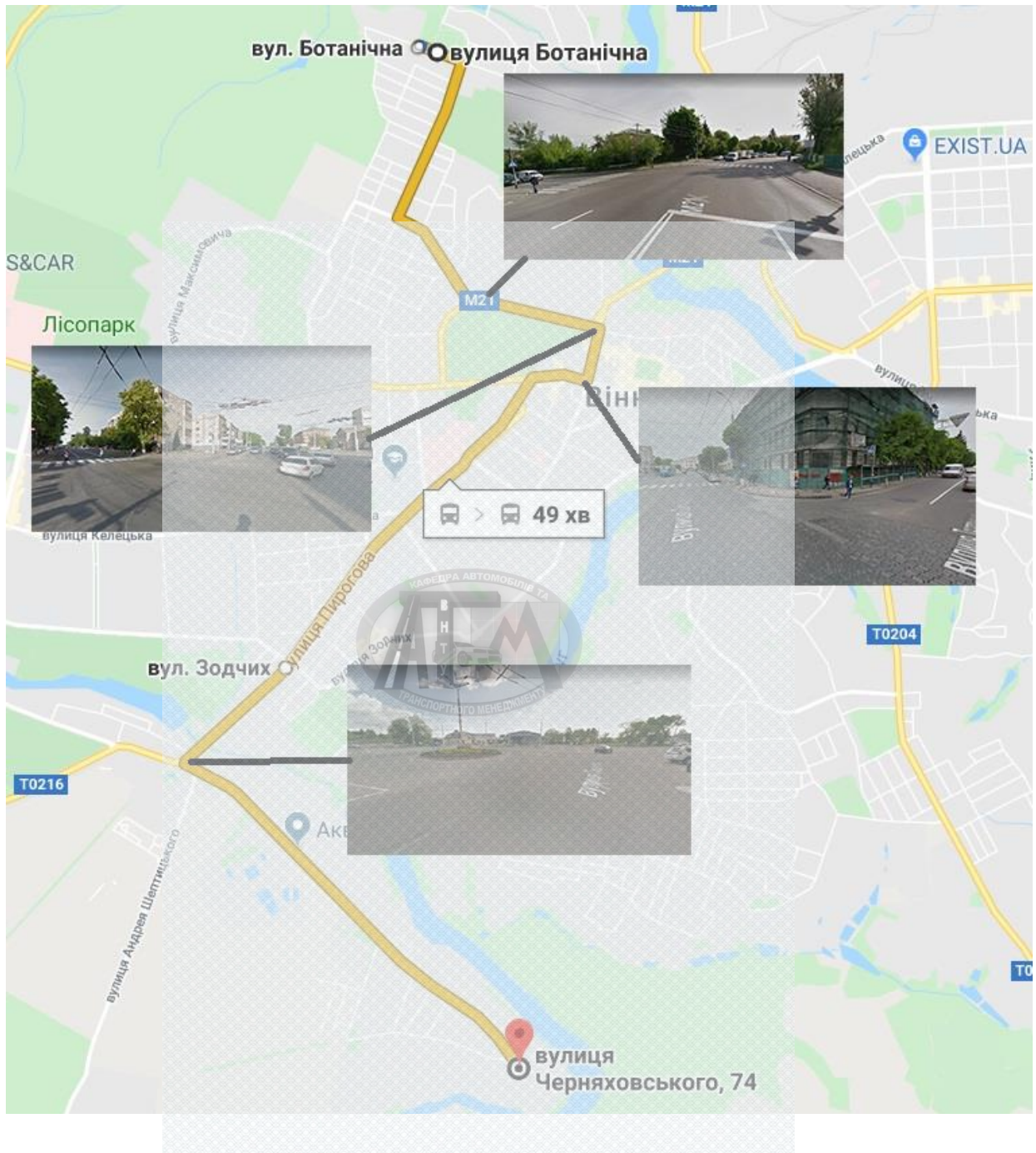


Рисунок 1.4 – Схема маршруту № 11 автобуса Богдан А70132

Маневрувати автобусу доводиться на ділянках, що становлять близько 25% довжини маршруту. Безперешкодний рух АТС може бути порушено на багатьох ділянках маршруту, причинами порушень є обмеження площі

маневрування АТС, створювані сукупністю випадкових впливів, що збурюють, а також недоліками маршруту:

1. Перехід з 2-х смуг руху на одну.
2. Гострий кут повороту.
3. Велика кількість штучних нерівностей дороги.
4. Велика кількість світлофорів.
5. Переїзд через трамвайні колії.

На рисунку 1.5 представлений перелік випадкових факторів, що збурюють переміщення КТЗ та впливають на стійкість руху автобуса на маршруті.



Рисунок 1.5 – Перелік випадкових збурюючих факторів

На рисунках 1.6 і 1.7 вказані приклади порушення профілю дорожнього покриття, внаслідок різкого гальмування важких транспортних засобів.



Рисунок 1.6 – Порушення профілю дорожнього покриття



Рисунок 1.7 – Порушений профілю дорожнього покриття

Шляхом спостереження за абсолютною частотою появи на маршруті наведеного переліку джерел збурюючих рух коливань отримані дані для таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Перелік збурюючих впливів на маршруті № 11 і частота їх появи

№ п/п	Найменування збурюючих впливів	Абсолютна частота появи впливів, що обурюють на маршруті за 6 місяців
1	Нанесення розмітки на дорогу.	1
2	Сезонне оформлення придорожньої території.	2
3	Проведення ремонту тролейбусних комунікацій.	2
4	Проведення ремонтних робіт на прилеглий до дороги території.	1
5	Зупинка сторонніх автомобілів на автобусній зупинці.	4
6	Порушення профілю дорожнього покриття, внаслідок постійного різкого гальмування важких транспортних засобів.	3
7	Сторонній предмет на смузі руху автобуса.	2
8	Небезпечні маневри інших учасників дорожнього руху.	8
9	Просадка асфальту навколо стоку дощової каналізації.	5

Аналізуючи кількість збурюючих коливань на маршруті за час спостереження можна зробити висновок, що автобусу необхідні досить хороші показники по поворотності, керованості і стійкості руху. Важливим фактором для підвищення цих показників є працездатний стан шини та правильний підбір здвоєних коліс. Для цього можна пропонувати використання стенду карусельного типу або його комп'ютерна модель.

Одинарні колеса можуть підбиратися за принципами однакових радіусів кочення та траєкторій руху по колу при подальшому випробуванні інтегрального відведення обертання здвоєних коліс на стенді або комп'ютері.

Також, необхідно проводити регулярні ремонти та реконструкції доріг, з правильним дорожнім одягом.

#### 1.4 Висновки за розділом 1

1. Виокремлені основні функції транспортних засобів КП ВТК. Комунальне підприємство «Вінницька транспортна компанія» є соціально орієнтованим, у якому постійно проводяться соціально спрямовані заходи. Їх основна задача, це популяризація громадського транспорту Вінниці. Можна підсумувати, що діяльність КП «ВТК» націлена на задоволення потреб з транспортування містян та надання стабільних транспортних послуг.

2. Досліджені джерела у виникненні збурюючих коливань руху автобусів на маршрутах. Автобусу необхідні досить хороші показники по поворотності, керованості і стійкості руху. Важливим фактором для підвищення цих показників є працездатний стан шини та правильний підбір здвоєних коліс.

## **2 РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ КП «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»**

### **2.1 Вибір програмного забезпечення для розрахунку на ЕОМ**

Розрахункова частина проекту частково або повністю може бути виконана з використанням ЕОМ. Для виконання таких розрахунків можливе використання існуючого програмного забезпечення або написання програмного коду на одній з мов програмування.

Критеріями обґрунтування доцільності вибраного програмного забезпечення є розрахункові можливості програмного продукту та простота його використання [10].

В якості програмного продукту можуть бути вибрані електронні таблиці Microsoft Office Excel або програмні середовища Delphi чи Microsoft Visual Studio з мовами програмування Pascal та C++ відповідно.

В якості програмного продукту вибрані електронні таблиці Microsoft Office Excel 2010.

### **2.2 Вибір і обґрунтування вихідних даних**

Для розрахунку виробничої програми КП «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ» необхідно мати наступні вихідні дані:

- тип рухомого складу – Богдан, ЛАЗ, ISUZU АТАМАН;
- середньодобовий пробіг РС по кожній групі складає – 180 км.;
- категорія умов експлуатації – III-я;
- природньо-кліматичні умови – помірний кліматичний район;
- кількість днів роботи за рік становить 365 днів, а час перебування в наряді за добу – 12 год.



### 2.3 Вибір і коректування нормативів проектування АТП

Режим роботи рухомого складу заносимо в таблицю 2.1.

Режим роботи виробничих підрозділів технічної служби. Тут мається на увазі, що потрібно визначити режим роботи рухомого складу на лінії, видами ТО й ремонту, їхньою періодичністю та тривалістю. Режим роботи наведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1– Режим роботи рухомого складу

Тип рухомого складу	Середньодобовий пробіг автомобілів <i>i</i> -ї моделі, км	Тривалість роботи рухомого складу протягом року, днів	Облікова кількість автомобілів <i>i</i> -ї моделі	Тривалість простою, не більше	
				в ТО і ПР, днів на 1000 км пробігу	в КР, днів
Великого класу	180	365	63	0,3	18
Малого класу	180	365	8	0,25	18

Далі, в таблиці 2.2, проведемо класифікацію рухомого складу КП «ВТК»

Таблиця 2.2 – Класифікація рухомого складу автомобільного транспорту

Тип, марка і модель автомобіля	Характеристика рухомого складу		Модель-представник
	Довжина, м	Пасажиромісткість, пас	
Автобуси			
Малий клас	7,430	43	АТАМАН А092
Великий клас	11,960	110	БОГДАН А701 ЛАЗ-А183

Періодичність ТО-1, ТО-2, КР зведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Нормативна періодичність ТО та ПР

№№ п/п	Періодичність	Нормативні показники	АТАМАН А092	БОГДАН А701 ЛАЗ-А183
1	Капітальний ремонт	$L_{KP}^H$ , тис. км	400	500
2	Технічне обслуговування (ТО-1)	$L_{TO-1}^H$ , км	5000	5000
3	Технічне обслуговування (ТО-2)	$L_{TO-2}^H$ , км	20000	20000

Коефіцієнт корегування нормативів залежно від категорії експлуатації  $K_1$ , зведено в таблиці 2.4.



Таблиця 2.4 – Коефіцієнт корегування нормативів

№ п/п	Умови корегування нормативів	Значення коефіцієнта корегування		
		Періодичність ТО	Питомої трудомісткості ПР	Ресурсу
1	$K_1$	1	1	1
2	$K_2$	1	1	1
3	$K_3$	1	1	1
4	$K_4$	–	1,35 – Великий клас 1,19 – Малий клас	–
5	$K_5$	–	1	–

Тривалість простою рухомого складу в ТО і ремонті слід приймати по нормативним значенням з таблиці 2.4.

Тривалість простою рухомого складу в ТО і ремонті заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Тривалість простою рухомого складу в ТО і ремонті

Тип рухомого складу	Тривалість простою, не більше	
	в ТО і ПР, днів на 1000 км пробігу	в КР, днів
Автобуси		
Автобуси малого класу	0,25	18
Автобуси середнього класу	0,3	18

Трудомісткості ТО і ПР рухомого складу заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Трудомісткості ТО і ПР рухомого складу

Тип рухомого складу	Середньо добовий пробіг автомобілів <i>i</i> -ї моделі, км	Тривалість роботи рухомого складу протягом року, днів	Облікова кількість автомобілів <i>i</i> -ї моделі	Тривалість простою, не більше	
				в ТО і ПР, днів на 1000 км пробігу	в КР, днів
Середнього класу	180	365	63	0,3	18
Малого класу	180	365	8	0,25	18

Визначаємо загальний пробіг до КР по формулі:

$$L_{кр} = L_{кр}^H \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.1)$$

а) для автобуса БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$L_{кр} = 500000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 500000 \text{ км,}$$

б) для автобуса АТАМАН А092:

$$L_{кр} = 400000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 400000 \text{ км.}$$

Визначаємо періодичність ТО-1 і ТО-2:

$$L_{ТО} = L_{ТО}^H \cdot K_1 \cdot K_3. \quad (2.2)$$

де  $L_{ТО}^H$  - нормативний пробіг до ТО-1 або ТО-2, [2].

Для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183 та АТАМАН А092:

$$L_{ТО-1} = 5000 \cdot 1 \cdot 1 = 5000 \text{ км,}$$

$$L_{ТО-2} = 20000 \cdot 1 \cdot 1 = 20000 \text{ км.}$$

Необхідно виконати перевірку пробігів на кратність.

Визначимо кратність ТО-1:

$$n_1 = L_{ТО-1} / l_{ср} \quad (2.3)$$

де  $l_{ср}$  - середньодобовий пробіг, км.

БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$n_1 = 5000 / 190 = 26,31 \approx 26$$

АТАМАН А092:

$$n_1 = 5000 / 255 = 19,6 \approx 20$$

Уточнимо пробіг до ТО-1:

$$L_{TO-1} = L_{BC} \cdot n_1, \text{ км} \quad (2.4)$$

БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$L_{TO-1} = 190 \cdot 26 = 4940$$

АТАМАН А092:

$$L_{TO-1} = 255 \cdot 20 = 5100$$

Визначимо кратність ТО-2:

$$n_2 = L_{TO-2} / L_{TO-1} \quad (2.5)$$



БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$n_2 = 20000 / 4940 = 4,04 \approx 4$$

АТАМАН А092:

$$n_2 = 20000 / 5100 = 3,92 \approx 4$$

Уточнимо пробіг до ТО-2:

$$L_{TO-2} = n_2 \cdot L_{TO-1} \quad (2.6)$$

БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$L_{TO-2} = 4 \cdot 4940 = 19760$$

АТАМАН А092:

$$L_{\text{ТО-2}}=4 \cdot 5100=20400$$

Визначимо кратність КР:

$$n_3=L_{\text{кр}}/L_{\text{ТО-2}} \quad (2.7)$$

БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$n_3=500000/19760=25,3 \approx 25$$

АТАМАН А092:

$$n_3=400000/20400=19,6 \approx 20$$

Уточнимо пробіг до КР:

$$L_{\text{кр}}=n_3 \cdot L_{\text{ТО-2}} \quad (2.8)$$

БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$L_{\text{кр}}=25 \cdot 19760=494000$$

АТАМАН А092:

$$L_{\text{кр}}=20 \cdot 20400=408000$$

Визначаємо трудоемність ТО-1, ТО-2:

$$t=t^H \cdot K_2 \cdot K_4 \quad (2.9)$$

де  $t^H$  – норматив трудоемності для визначеного виду ТО; люд.год ;

$K_4$  – коефіцієнт, що враховує кількість одиниць технологічно сумісного рухомого складу .

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$t_{\text{щод}} = 0,4 \cdot 1 = 0,4 \text{ люд. год.};$$

$$t_{\text{щот}} = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ люд. год.};$$

$$t_{\text{ТО-1}} = 7,5 \cdot 1 \cdot 1,35 = 10,125 \text{ люд. год.};$$

$$t_{\text{ТО-2}} = 30 \cdot 1 \cdot 1,35 = 40,5 \text{ люд. год.};$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$t_{\text{щод}} = 0,3 \cdot 1 = 0,3 \text{ люд. год.};$$

$$t_{\text{щот}} = 0,15 \cdot 1 = 0,15 \text{ люд. год.};$$

$$t_{\text{ТО-1}} = 6 \cdot 1 \cdot 1,19 = 7,14 \text{ люд. год.};$$

$$t_{\text{ТО-2}} = 24 \cdot 1 \cdot 1,19 = 28,56 \text{ люд. год.};$$

де  $t_{\text{щод}}^{\text{н}}$  – норматив трудоємності ЩО; люд. год,

$t_{\text{ТО-1}}^{\text{н}}$  – норматив трудоємності ТО-1; люд. год,

$t_{\text{ТО-2}}^{\text{н}}$  – норматив трудоємності ТО-2; люд. год,

$t_{\text{ПР}}^{\text{н}}$  – норматив трудоємності ПР; люд.год.

Трудоємність ПР визначається за формулою:

$$t_{\text{ПР}} = t_{\text{ПР}}^{\text{н}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \quad (2.10)$$

де  $t_{\text{ПР}}^{\text{н}}$  – нормативна питома трудоємність ПР, люд. год / 1000 км.

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$t_{\text{ПР}} = 3,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 \cdot 1 = 4,455 \text{ люд. год. / 1000};$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$t_{\text{ПР}}=3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,19 \cdot 1=3,57 \text{ люд. год. / 1000.}$$

Занесемо в таблицю 2.7 нормативні і корегованні трудомісткості по видам робіт.

Таблиця 2.7 – Нормативи і кореговання трудомісткості по видам робіт

№ п/п	Показник	БОГДАН А701, ЛАЗ-А183		АТАМАН А092	
		Нормативний	корегований	нормативний	Корегований
1	$L_{\text{кр}}$ , км	500000	494000	400000	408000
2	Періодичність ТО-1, км	5000	4940	5000	5100
3	Періодичність ТО-2, км	20000	19760	20000	20400
4	$t_{\text{ЩОд}}$	0,4	0,4	0,3	0,3
5	$t_{\text{ЩОг}}$	0,2	0,2	0,15	0,15
6	$t_{\text{ТО-1}}$	7,5	10,125	6	7,14
7	$t_{\text{ТО-2}}$	30	40,5	24	28,56
8	$t_{\text{ПР}}$	3,3	4,455	3	3,57

## 2.4 Розрахунок виробничої програми ремонтно–обслуговуючого виробництва підприємства

2.4.1 Розрахунок річної та добової виробничих програм з ТО автомобілів.

Кількість ТО і Р визначаємо цикловим методом на один автомобіль з послідуочим перерахунком на всі автомобілі підприємства. Сумарний річний пробіг по кожній моделі автомобілів складатиме, км.(таблиця 2.8):



Таблиця 2.8 - Вихідні дані для розрахунку

Тип рухомого складу	Середньодобовий пробіг автомобілів $i$ -ї моделі, км	Тривалість роботи рухомого складу протягом року, днів	Облікова кількість автомобілів в $i$ -ї моделі	Тривалість простою, не більше	
				в ТО і ПР, днів на 1000 км пробігу	в КР, днів
Великого класу	180	365	58	0,3	18
Малого класу	180	365	8	0,25	18

$$L_{pi} = \frac{A_i \cdot D_p}{\frac{1}{l_{ci}} + \frac{\alpha_{ki}}{L_{ki}} + \frac{\alpha_{ТОПР}}{1000}} \quad (2.11)$$

де  $A_i$  - облікова кількість автомобілів  $i$ -ї моделі;

$D_p$  - тривалість роботи рухомого складу протягом року, днів;

$l_{ci}$  - середньодобовий пробіг автомобілів  $i$ -ї моделі, км;

$L_{ki}$  - пробіг до капітального ремонту, км;

$\alpha_{ki}$  - тривалість простою в КР, днів;

$\alpha_{ТОПР}$  - тривалість простою автомобілів  $i$ -ї моделі на ТО і ПР, днів/1000км.

а) для автобусів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$L_p = \frac{45 \cdot 357}{\frac{1}{190} + \frac{18}{494000} + \frac{0.3}{1000}} = 2868957 \text{ км}$$

б) для автобусів АТАМАН А092:

$$L_p = \frac{65 \cdot 357}{\frac{1}{255} + \frac{18}{408000} + \frac{0.25}{1000}} = 5504442 \text{ км}$$

Річна кількість технічних впливів по кожній моделі для капітального ремонту визначається по формулі:

$$N_k = \frac{L_p}{L_k}; \quad (2.12)$$

де  $N_k$  - річна кількість КР;

$L_k$  - скоригований пробіг до КР.

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$N_k = \frac{2868957}{494000} = 5.8 \approx 6$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$N_k = \frac{5504442}{408000} = 13.49 \approx 13$$

Для ТО-2:

$$N_2 = \frac{L_p}{L_2} - N_k; \quad (2.13)$$

де  $N_2$  – річна кількість ТО-2;

$L_2$  – скориговані періодичності ТО-2

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$N_2 = \frac{2868957}{19760} - 6 = 139$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$N_2 = \frac{5504442}{20400} - 13 = 257$$

Для ТО-1:

$$N_1 = \frac{L_p}{L_1} - N_k - N_2; \quad (2.14)$$

де  $N_1$  - річна кількість ТО-1;

$L_1$  - скориговані періодичності ТО-1.

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$N_1 = \frac{2868957}{4940} - 6 - 139 = 436$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$N_1 = \frac{5504442}{5100} - 13 - 257 = 809$$

Для ЩО<sub>д</sub>:

$$N_{\text{щод}} = \frac{L_p}{l_c}; \quad (2.15)$$

де  $N_{\text{щод}}$  - річна кількість ЩО<sub>д</sub>;

$l_c$  - середньодобовий пробіг автомобілів.

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$N_{\text{щод}} = \frac{2868957}{190} = 15100;$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$N_{\text{щод}} = \frac{5504442}{255} = 21568;$$

Для ЩО<sub>Т</sub>:

$$N_{\text{щот}} = (N_1 + N_2) \cdot K_{\text{ПР}} \quad (2.16)$$

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$N_{\text{щот}} = (436 + 139) \cdot 1,35 = 776;$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$N_{\text{щот}} = (809 + 257) \cdot 1,19 = 1268;$$

Для СО:

$$N_{\text{со}} = 2 \cdot A_{\text{сп}} \quad (2.17)$$

де  $N_{\text{со}}$  – річна кількість СО;

$A_{\text{сп}}$  – списочна кількість автомобілів.

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$N_{\text{со}} = 2 \cdot 45 = 90;$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$N_{co} = 2 \cdot 65 = 130;$$

Для Д-1:

$$N_{D-1} = 1.1 \cdot N_1 + N_2; \quad (2.18)$$

де  $N_{D-1}$  – річна кількість Д-1;

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$N_{D-1} = 1.1 \cdot 436 + 139 = 619;$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$N_{D-1} = 1.1 \cdot 809 + 257 = 1147;$$

Для Д-2:

$$N_{D-2} = 1.2 \cdot N_2; \quad (2.19)$$

де  $N_{D-2}$  – річна кількість Д-2;

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$N_{D-2} = 1.2 \cdot 139 = 167;$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$N_{D-2} = 1.2 \cdot 257 = 308.$$

#### 2.4.2 Розрахунок добової програми РОВ АТП

Добову програму  $N_{j,d}$  кожного виду технічних впливів розраховують за технологічно сумісними моделями автомобілів, її визначають так:

$$N_{j,d} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{j,d}}{D_{p,j}}; \quad (2.20)$$

де  $\sum N_{j,i}$  – сумарна річка кількість технічних впливів  $j$ -го виду по технологічно сумісних моделях автомобілів;  $i$  – вид технічного впливу /ЩО, ТО-1, ТО-2/;

$D_{p,j}$  – число робочих днів відповідної зони що виконує  $i$ -й вплив.

Добова програма для ЩО:

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$N_{\text{щод}} = \frac{15100}{357} = 42;$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:



$$N_{\text{щод}} = \frac{21568}{357} = 60;$$

Для ТО-1:

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$N_{\text{то1}} = \frac{436}{357} = 1,22;$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$N_{\text{то1}} = \frac{809}{357} = 2,3;$$

Для ТО-2:

а) для автомобілів БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$N_{\text{ТО2}} = \frac{139}{357} = 0,39;$$

б) для автомобілів АТАМАН А092:

$$N_{\text{ТО2}} = \frac{257}{357} = 0,72;$$

2.4.3 Розрахунок обсягів робіт з ТО і ПР рухомого складу автотранспортних підприємств

Річний обсяг робіт по АТП обчислюють у людино-годинах. Він містить обсяги робіт з ЩО, ТО-1, ТО-2 та ПР. Обсяги ЩО, ТО-1, ТО-2 визначають на основі річної виробничої програми і трудомісткості виконання даного виду робіт. Обсяг ПР визначають виходячи з річного пробігу автомобілів і питомої трудомісткості ПР на 1000 км пробігу. СО, що виконується двічі у рік, як правило, суміщають з ТО-2 і як окремий вид обслуговування не враховують.

Річні обсяги робіт ЩО<sub>д</sub>:

$$T_{\text{ЩОд}} = N_{\text{ЩОд}} \cdot t_{\text{ЩОд}} \quad (2.21)$$

Для автобусів моделі БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$T_{\text{ЩОд}} = 15100 \cdot 0.4 = 6040;$$

Для автобусів моделі АТАМАН А092:

$$T_{\text{ЩОд}} = 21568 \cdot 0.3 = 6470.4.$$

Річні обсяги робіт ЩО<sub>т</sub>:

$$T_{\text{ЩОТ}} = (N_1 + N_2) \cdot K_{\text{ПР}} \cdot t_{\text{ЩОТ}}; \quad (2.22)$$

Для автобусів моделі БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$T_{\text{ЩОТ}} = (436 + 139) \cdot 1,35 \cdot 0,2 = 155,25;$$

Для автобусів моделі АТАМАН А092:

$$T_{\text{ЩОТ}} = (809 + 257) \cdot 1,19 \cdot 0,15 = 190,3.$$

Річні обсяги робіт ТО-1

$$T_1 = N_1 \cdot t_1; \quad (2.23)$$

де  $t_1$  - скориговані нормативні трудомісткості ТО-1, люд.-год.;

Для автобусів моделі БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$T_1 = 436 \cdot 10,125 = 4414,5;$$

Для автобусів моделі АТАМАН А092:

$$T_1 = 809 \cdot 7,14 = 5776,26.$$

Річні обсяги робіт ТО-2

$$T_2 = N_2 \cdot t_2 + N_{\text{CO}} \cdot m_1 \cdot t_2; \quad (2.24)$$

де  $t_2$  - скориговані нормативні трудомісткості ТО-2, люд.-год.;



$m_1$  - частка трудомісткості ТО-2, що припадає на одне сезонне обслуговування (для помірного району  $m_1 = 0,2$ ).

Для автобусів моделі БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$T_2 = 139 \cdot 40,5 + 90 \cdot 0,2 \cdot 40,5 = 6358,5$$

Для автобусів моделі АТАМАН А092:

$$T_2 = 257 \cdot 28,56 + 130 \cdot 0,2 \cdot 28,56 = 8082,5$$

Річні обсяги робіт ПР

$$T_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{пр}} \cdot L_{\text{р}}}{1000};$$

(2.25)

де  $t_{\text{пр}}$  – скоригована трудомісткість ПР, люд.-год./1000км;

Для автобусів моделі БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$T_{\text{пр}} = \frac{4,455 \cdot 2868957}{1000} = 12781,2;$$

Для автобусів моделі АТАМАН А092:

$$T_{\text{пр}} = \frac{3,57 \cdot 5504442}{1000} = 19650,9$$

Сумарна річна трудомісткість ТО і ПР по кожній моделі рухомого складу  $T_{\text{вi}}$  та по підприємству в цілому  $T_{\text{в}}$  визначаються за формулами:

$$T_{\text{вi}} = T_{\text{ЩОдi}} + T_{\text{ЩОмi}} + T_{1i} + T_{2i} + T_{\text{ПРi}}; \quad (2.26)$$

Сумарна річна трудомісткість ТО і ПР для автобусів моделі БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$T_{B1} = 6040 + 155,25 + 4414,5 + 6358,5 + 12781,2 = 29749,45$$

Сумарна річна трудомісткість ТО і ПР для автобусів моделі АТАМАН А092:

$$T_{B2} = 6470,4 + 190,3 + 5776,26 + 8082,5 + 19650,9 = 40170,36$$

Сумарна річна трудомісткість ТО і ПР для всіх транспортних засобів

$$T_{\text{г}} = \sum_{i=1}^K T_{\text{ei}} ; \quad (2.27)$$

$$T_{\text{в}} = 29749,45 + 40170,36 = 69919,81$$

Під час організації ТО-2 виникає необхідність в знятті окремих приладів і вузлів для усунення несправності і контролю на спеціальних стендах на виробничих дільницях. В основному це роботи по системі живлення, електротехнічні, акумуляторні і шиномонтажні. Тому виконання 90-95% обсягу робіт ТО-2 планується на постах, а 5-10% – на виробничих дільницях. В практиці проектування цей обсяг робіт розподіляється рівномірно по відповідних дільницях.

При організації Д-1 і Д-2 на самостійних дільницях трудомісткість діагностичних робіт; визначають у частках трудомісткості ТО і ПР.

Трудомісткість загальної діагностики Д-1:

$$T_{D-1} = m_2 T_1 + m_3 T_{np} ; \quad (2.28)$$

Трудомісткість поглибленої діагностики Д-2:

$$T_{D-2} = m_4 T_2 + m_5 T_{np}; \quad (2.29)$$

де  $m_2, m_3$  – частка трудомісткості відповідно ТО-1 і ПР, яка припадає на загальну діагностику;

$m_4, m_5$  – частка трудомісткості відповідно ТО-2 і ПР, яка припадає на поглиблену діагностику.

Трудомісткість загальної діагностики Д-1 для БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$T_{D-1} = 0,08 \cdot 4414,5 + 0,01 \cdot 12781,2 = 481$$

Трудомісткість загальної діагностики Д-1 для АТАМАН А092:

$$T_{D-1} = 0,08 \cdot 5776,26 + 0,01 \cdot 19650,9 = 658,6$$

Трудомісткість поглибленої діагностики Д-2 для БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$T_{D-2} = 0,07 \cdot 6358,5 + 0,01 \cdot 12781,2 = 572,9$$

Трудомісткість поглибленої діагностики Д-2 для АТАМАН А092:

$$T_{D-2} = 0,07 \cdot 8082,5 + 0,01 \cdot 19650,9 = 762,3$$

Відповідно річні обсяги робіт, які виконуються в зонах ТО-1 і ТО-2, зменшуються на відповідні величини:

$$T_1' = T_1 - m_2 T_1, \quad (2.30)$$

Для БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$T'_1 = 4414,5 - 0,08 \cdot 4414,5 = 4061,34;$$

Для АТАМАН А092:

$$T'_1 = 5776,26 - 0,08 \cdot 5776,26 = 5314,2.$$

$$T'_2 = T_2 - m_4 T_2. \quad (2.31)$$

Для БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$T'_2 = 6358,5 - 0,08 \cdot 6358,5 = 5849,8$$

Для АТАМАН А092:

$$T'_2 = 8082,5 - 0,08 \cdot 8082,5 = 7435,9$$

Для формування обсягів робіт, які виконуються в зонах і на виробничих ділянках, розподіляють річні обсяги ТО і ПР за видами робіт. Приблизний розподіл трудомісткості ЩО, ТО-1, ТО-2 і ПР за видами робіт наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Частки трудомісткості ЩО<sub>д</sub>, ЩО<sub>т</sub>, ТО-1, ТО-2, ПР, люд.-год.

Вид робіт	Процентне співвідношення по видах робіт	Для автобусів	
		БОГДАН А701, ЛАЗ-А183	АТАМАН А092
1	2	3	4
<b>ЩО<sub>д</sub></b>			
Мийні	10	604,0	647,0
Прибиральні (включаючи сушку-обтирання)	20	1208,0	1294,1
Заправні	11	664,4	711,7
Контрольно-діагностичні	12	724,8	776,4

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
Ремонтні (усунення дрібних несправностей)	47	2838,8	3041,1
Разом:	100	6040	6470,4
<b>ЩО<sub>г</sub></b>			
Прибиральні	55	85,4	104,7
Мийні (включаючи сушку-обтирання)	45	69,9	85,6
Разом:	100	155,25	190,3
<b>ТО-1</b>			
Діагностика загальна (Д-1)	8	353,2	462,1
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	92	4061,3	5314,2
Всього:	100	4414,5	5776,26
<b>ТО-2</b>			
Діагностика поглиблена (Д-2)	7	445,10	565,78
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	93	5913,41	7516,73
Всього:	100	6358,5	8082,5
<b>ПР</b>			
<b>Постові роботи</b>			
Діагностика Загальна (Д-1)	1	127,81	196,51
Діагностика поглиблена (Д-2)	1	127,81	196,51
Регулювальні і розбірно-складальні роботи	27	3450,92	5305,74
Зварювальні роботи	5	639,06	982,55
Бляхарські роботи	2	255,62	393,02
Фарбувальні роботи	8	1022,50	1572,07
Разом:	44	5623,7	8646,4

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
<b>Дільничні роботи</b>			
Агрегатні роботи	18	2300,62	3537,16
Слюсарно-механічні роботи	8	1022,50	1572,07
Електротехнічні роботи	7	894,68	1375,56

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
Акумуляторні роботи	2	255,62	393,02
Ремонт приладів системи живлення	3	383,44	589,53
Шиномонтажні роботи	2	255,62	393,02
Роботи вулканізації (ремонт камер)	1	127,81	196,51
Ковальсько-ресорні роботи	3	383,44	589,53
Мідницькі роботи	2	255,62	393,02
Зварювальні роботи	2	255,62	393,02
Бляхарські роботи	2	255,62	393,02
Арматурні роботи	3	383,44	589,53
Оббивні роботи	3	383,44	589,53
Разом:	56	7157,5	11004,5
Всього:	100	12781,2	19650,9

#### 2.4.4 Визначення чисельності працюючих автотранспортних підприємств

Розрахунок чисельності виробничого персоналу проводиться на основі річних обсягів робіт відповідних виробничих підрозділів і річного фонду часу.

Визначаємо технологічно-необхідну (явочну) кількість робітників, яка забезпечує виконання добової виробничої програми:

$$P_T = \frac{T_p}{\Phi_m}, \quad (2.32)$$

де  $T_p$  – річний обсяг робіт зони чи ділянки, людино-годин;

$\Phi_m$  – річний фонд часу робочого місця чи технологічно необхідного робітника, год.

Штатна чисельність робітників забезпечує виконання річних обсягів робіт з ТО й ремонту рухомого складу:

$$P_T = \frac{T_p}{\Phi_p}, \quad (2.33)$$

це  $\Phi_P$  – річний фонд часу ремонтного робітника, год.

За формулами (2.32-2.33) розраховуємо кількість обслуговуючого персоналу та занесемо дані у таблицю 2.10.

Для того, щоб розрахувати явочну та штатну чисельність робітників знайдемо загальну трудомісткість по двом маркам автомобіля:

$$T_B = 29749,45 + 40170,36 = 69919,81$$

Таблиця 2.10 – Розподіл виробничого персоналу за видами робіт

Види робіт ТО і ПР	Трудомісткіс. по видам робіт	Фм	Рт	Прийнята, Рт	Фр	Рш	Прийнята, Рш
1	2	3	4	5	6	7	8
ЩОд і ЩОт							
Мийні, прибиральні (включаючи сушку- обтирання)	4098,67	2070	1,98	2,00	1860	2,20	2,00
Заправні	1376,14	2070	0,66	1,00	1840	0,75	1,00
Контрольно-діагностичні та ремонтні	7 381,14	2070	3,57	5,00	1840	4,01	5,00
Разом:	12855,95		6,21	10		6,96	10
ТО-1							
Діагностика кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	10190,76	2070	4,92	6,00	1840	5,54	7,00
ТО-2							
Діагностика кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін	14441,00	2070	6,98	8,00	1840	7,85	9,00

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8
ПР							
Постові роботи							
Діагностика, регулювальні і розбірно-складальні роботи,	9405,31	2070	4,54	6,00	1840	5,11	6,00
Фарбувальні роботи	2594,57	1830	1,42	2,00	1610	1,61	3,00
Бляхарські та зварювальні роботи	648,64	2070	0,31	2,00	1840	0,35	2,00
Разом:	12648,52		6,27	10		7,08	11
Дільничні роботи							
Агрегатні, слюсарно-механічні,	8432,35	2070	4,07	5,00	1840	4,58	6,00
Акумуляторні роботи	648,64	2070	0,31	1,00	1820	0,36	1,00
Ковальсько-ресорні, мідницькі, зварювальні, бляхарські	2918,89	2070	1,41	2,00	1840	1,59	3,00
електротехнічні роботи та ремонт приладів системи живлення	3243,21	2070	1,57	3,00	1840	1,76	4,00
Шиномонтажні роботи, Роботи вулканізації	972,96	2070	0,47	2,00	1840	0,53	2,00
Разом:	16216,05		7,83	12		8,82	16
Всього:	28864,57		14,11	22		15,89	27
Всього по АТП	69919,81			47			53

Визначимо кількість явочних (технологічно-необхідної) і штатних робітників:

$$P_T = \frac{69919,81}{2070} = 34 \text{ чол.}$$



$$P_{\text{ш}} = \frac{69919,81}{1840} = 38 \text{ чол.}$$

#### 2.4.5 Розрахунок чисельності допоміжних робітників

Чисельність допоміжних робітників АТП, які зайняті на допоміжних роботах беруть у процентному відношенні від штатної чисельності виробничих робітників:

$$P_{\text{доп}} = \frac{v \cdot P_{\text{ш}}}{100}; \quad (2.34)$$

де  $v$  – норматив чисельності допоміжних робітників, в % до чисельності виробничих робітників заносимо в таблицю 2.11.

$$P_{\text{доп}} = \frac{30 \cdot 38}{100} = 11,4 \approx 12 \text{ осіб.}$$

Таблиця 2.11 – Розподіл чисельності допоміжних робітників за видами робіт

Види допоміжних робіт	Співвідношення чисельності робітників, %	Чисельність допоміжних робітників АТП
Ремонт і обслуговування технологічного обладнання, оснастки і інструмента, обслуговування компресорної установки	25	3
Ремонт і обслуговування інженерного устаткування, мереж і комунікацій, прийом, зберігання і видача матеріальних Цінностей	30	4
Транспортні роботи, перегін рухомого складу	20	2
Прибирання виробничих приміщень, прибирання території	25	3
Усього	100	12

#### 2.4.6 Визначення чисельності ІТР і службовців

Чисельність персоналу управління підприємством, окрім експлуатаційної та виробничо-технічної служб, молодшого обслуговуючого персоналу й пожежно-сторожової охорони, визначають залежно від потужності підприємства і типу рухомого складу. Чисельність персоналу експлуатаційної служби залежить від коефіцієнта випуску і кількості автомобілів на АТП і перебуває в процентній залежності від кількості автомобілів. Чисельність персоналу виробничо-технічної служби вибирають за даними залежно від чисельності виробничих робітників і кількості автомобілів на підприємстві [10].

Підберемо кількість необхідних робітників згідно з нормативами і занесемо дані в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Чисельність персоналу управління, молодшого обслуговуючого персоналу та пожежно-сторожової охорони

Функції управління персоналу	Потужність підприємства, од. рухомого складу	
	Тип рухомого складу	Від 100 до 250
1	2	3
Загальне керівництво	Автобуси	2
Техніко-економічне планування	Автобуси	2
Організація праці та заробітної платні	Автобуси	3
Бухгалтерський звіт і фінансова діяльність	Автобуси	4
Комплектування і підготовка кадрів	Автобуси	2
Загальне діловодство і господарське обслуговування	Автобуси	2
Матеріально-технічне постачання	Автобуси	1

## Продовження таблиці 2.12

1	2	3
Молодший обслуговуючий персонал	Автобуси	2
Пожежно-сторожова охорона	Усі види рухомого транспорту	4
Всього		22

Визначимо чисельність працівників експлуатаційної служби АТП та занесемо в таблицю 2.13.

Таблиця. 2.13 – Чисельність працівників експлуатаційної служби АТП

Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію	Кількість автомобілів на підприємстві	Чисельність працівників
	Від 100 до 600	
До 0.8	5	5

Визначимо розподіл персоналу по функціях управління експлуатаційної служби та занесемо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Розподіл персоналу по функціях управління експлуатаційної служби

Найменування функцій управління експлуатаційної служби	Чисельність персоналу
Відділ експлуатації	1
Диспетчерська	2
Гаражна служба	2

Розподілимо чисельність персоналу виробничо-технічної служби та занесемо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Чисельність персоналу виробничо-технічної служби

Численність виробничих робітників, чол	Чисельність персоналу виробничо-технічної служби у % від облікової кількості автомобілів в підприємстві	Чисельність персоналу
	до 100	
від 20 до 50	5	5

Визначимо розподіл персоналу по функціях управління виробничо-технічної служби та занесемо в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Розподіл персоналу по функціях управління виробничо-технічної служби

Найменування функцій управління виробничо-експлуатаційної служби	Чисельність персоналу
1	2
Технічний відділ	1
Відділ технічного контролю	1
Відділ головного механіка	1
Відділ управління виробництвом	1
Виробнича служба	1

Визначаємо кількість водіїв:

$$R_{\text{я}} = \frac{T_{\text{н}}}{\Phi_{\text{м}}};$$

$$R_{\text{ш}} = \frac{T_{\text{н}}}{\Phi_{\text{р}}},$$

де  $T_{\text{н}}$  - річна витрата часу водіями в наряді, год. Річна витрата часу водіями в наряді визначається за формулою:

$$T_{\text{н}} = A_{\text{с}} \cdot D_{\text{роб}} \cdot n_0 \cdot t_0, \quad (2.35)$$

де  $A_{\text{с}}$  - списочна кількість автомобілів

$n_0$  - кількість змін,  $n_0 = 1$ ;

$t_0$  – тривалість робочої зміни,  $t_0 = 10,5$  год.

Для автобусів моделі БОГДАН А701, ЛАЗ-А183:

$$T_H = 45 \cdot 357 \cdot 1 \cdot 10,5 = 168682,5 \text{ (год);}$$

$$R_{\text{я}} = \frac{168682,5}{2070} = 81,5 \approx 82 \text{ чол.}$$

$$R_{\text{я}} = \frac{168682,5}{1820} = 92,6 \approx 93 \text{ чол.}$$

Для автобусів моделі АТАМАН А092:

$$T_H = 65 \cdot 357 \cdot 1 \cdot 10,5 = 243652,5 \text{ (год);}$$

$$R_{\text{я}} = \frac{243652,5}{2070} = 117,7 \approx 118 \text{ осіб.}$$

$$R = \frac{243652,5}{1820} = 133,8 \approx 134 \text{ осіб.}$$

## 2.5 Висновки за розділом 2

1. Виконані кількісні розрахунки, що забезпечують працездатність виробничої структури автобусної технічної служби підприємства.
2. Визначено кількість працівників КП ВТК щодо управління технічним станом автомобілів.

## 3 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ЗМІНИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ШИНИ АВТОБУСА

### 3.1 Механізм протікання зношування шин

Причиною зносу покришок є виникнення тертя протектора по шорсткій поверхні покриття дороги в процесі кочення колеса. При вході і виході із зони контакту відбувається зміна форми бігової доріжки покришки з кільцевої форми до плоскої. При цьому виникають дотичні напруження  $\tau$  і напруга стиснення  $q$ , викликані навантаженням. Напруження стиску в зоні контакту зростають від «0» на границі до максимального значення в центрі плями. Принципова конструкція пневматичної шини представлена на рисунку 3.1. По краях плями контакту, де дотичні напруження більше сили зчеплення елементів протектора, відбувається ковзання, що супроводжується зносом. Разом з тим, тертя і деформація супроводжуються підвищенням температури елементів бігової доріжки. Відомо, що гума є термопластичним матеріалом. Підвищення температури з 0 до 100 °С знижує міцність міжмолекулярних зв'язків в 2-3 рази [11].

Переважаюча кількість факторів, що впливають на інтенсивність зносу покришок, пов'язана з перерозподілом і зміною величин вищезазначених причин.

Поперечні дотичні напруження в зоні контакту пропорційні куту бічного відведення  $Y$ , бічній жорсткості  $K_y$  і по довжині контакту лінійно зростають від нуля до максимального значення.

Для пневматичної шини бічна жорсткість залежить від конструкції каркаса і протектора, а також від внутрішнього тиску, і тому максимальне значення дотичного напруження буде рівним:

$$\tau_{ш} = (K P_{ш} y l) / H, \quad (3.1)$$

де  $H$  - висота профілю шини,  $K$  - коефіцієнт пропорційності.

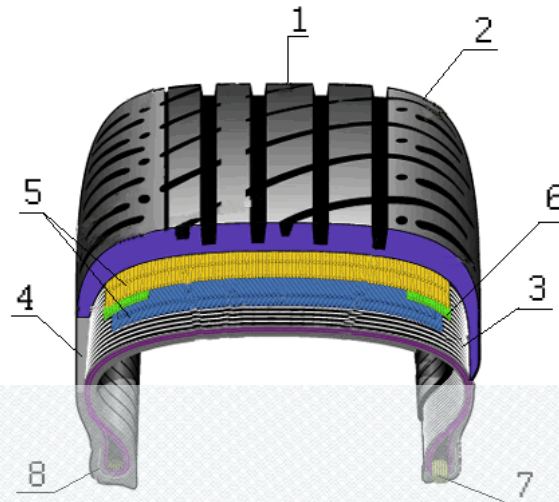


Рисунок 3.1 – Конструкція пневматичної шини: 1 — протектор; 2 — плечовий блок з ламелями; 3 — каркас; 4 — боковина; 5 і 6 — бреккер; 7 — бортове кільце; 8 — борт шини

Величина проковзування шин визначається за виразом:

$$L_{\text{ш}} = K_1 y l_k, \quad (3.2)$$

де  $K_1$  - конструктивний коефіцієнт,  $l_k$  - довжина контакту шини з поверхнею.

При навантаженні колеса, крутний або гальмівний моментом  $M_k$  приймається таким, що поздовжнє дотичне напруження на контакті розподілено по довжині контакту по закону трикутника ( $\tau = 0$  на вході і  $\tau = \tau_T$  на виході з контакту), а величина проковзування визначається за виразом:

$$L_T = K_x (2M_k / k_x R l_k), \quad (3.3)$$

де  $K_x$  - конструктивний коефіцієнт в окружному напрямку;  $k_x$  - жорсткість в окружному напрямку;  $R$  - радіус кочення шини.

Під впливом дотичних напружень виникає проковзування і як наслідок - знос шини. Тому необхідно розглянути механізм зношування гуми в умовах ковзання [12].

За існуючими знаннями знос високоеластичних полімерних матеріалів може бути втомним за допомогою скочування і може бути абразивним. При втомному зносі руйнування поверхневого шару гуми відбувається після багаторазових деформацій його виступами поверхні, що стирається. Втомний знос є основним видом зносу автомобільних шин, при цьому на поверхні протектора не утворюється сліди стирання.

Так як поверхні реальних тіл завжди шорсткі, то контакт між ними завжди дискретний, тобто відбувається в окремих плямах контакту. Плями дотику, які виникають внаслідок спільної дії нормального і поздовжнього навантажень, носять назву фрикційних зв'язків.

Процес тертя і зношування можна представити за трьома послідовними етапами:

- утворення фрикційних зв'язків при змінних деформаціях і температурах які підвищуються;
- порушення фрикційних зв'язків;
- руйнування поверхні.

У загальному випадку розрізняють п'ять видів порушення фрикційних зв'язків:

- мікрорізання і дряпання, які проявляються при наявності гострих виступів на поверхні, що стирається, і великих контактних тисках, коли легко досягається межа міцності матеріалу; відділення матеріалу відбувається в результаті одноразової дії;
- пластичне відтиснення, яке характеризується наявністю тупих виступів при середніх навантаженнях; відділення матеріалу відбувається в результаті великого числа циклів деформації;



– пружне відтискування, при якому матеріал обтікає рухомих виступ, а потім відновлює свою первинну форму; число циклів до руйнування може бути велике, це найбільш типовий випадок при стиранні гуми;

– адгезійний відрив, який обумовлює молекулярну складову сили тертя на поверхні зіткнення; адгезія завжди супроводжує будь-який вид взаємодії, але, як правило, невелика в порівнянні з об'ємною міцністю матеріалу;

– схоплювання поверхонь, що супроводжується глибинним вириванням матеріалу.

Нормальний знос протектора автомобільних шин відбувається при третьому виді порушення фрикційних зв'язків, тобто при пружному відтискуванні.

В результаті багаторазово повторюваних впливів відбувається руйнування і відділення частинок зносу з поверхні тертя. Такий процес руйнування поверхні тертя розглядається як фрикційно-контактна втома матеріалу [13].

Основні закономірності інтенсивності зносу при пружному контакті наступні:

– інтенсивність зносу залежить від навантаження і ступеня, більшою одиниці;

– інтенсивність зносу зростає зі збільшенням коефіцієнта тертя;

– збільшення модуля пружності матеріалу призводить до збільшення інтенсивності зносу;

– інтенсивність зносу знижується при поліпшенні міцності матеріалу.

Схильність до зносу за допомогою скочування спостерігається у м'яких гум, особливо при підвищених навантаженнях.

Типовий рисунок стирання являє собою систему паралельно гребенів і западин, що чергуються, розташованих перпендикулярно напрямку стирання.

Спочатку з'являються розривів і тріщини, що виникають в результаті дії сил тертя, коли напруги зсуву перевищують міцність гуми. Поява рисунка стирання відбувається через підвищення температури нагріву і розм'якшення гуми. Руйнування починаються зазвичай там, де поверхня гуми знаходиться в стані найбільшої відстані.

Якщо виникла тріщина, то подальше руйнування відбувається під дією вже меншого зусилля. Стирання за допомогою скочування може відбуватися лише в певному поєднанні зовнішніх умов і властивостей гуми.

Інтенсивність зносу шин на дорогах зі ґрунтовим покриттям внаслідок зрізу поверхні шашок, подряпин, надривів і т.д. значно вище, ніж на дорогах з асфальтобетонним покриттям, так як має місце абразивний знос.

У реальних умовах експлуатації стирання протекторних гум відбувається за змішаним механізмом зносу. Сумарна інтенсивність зносу визначається співвідношенням окремих видів зносу.

Температура на поверхні тертя є основним чинником, що визначає інтенсивність зношування гуми і її руйнування.

В процесі експлуатації температура шини підвищується під дією сили тертя і через деформацію. З диференціального рівняння балансу теплоти, яка виділилася при терті шини по поверхні дороги, і пішла на нагрівання шини та навколишнього середовища:

$$F_d = C_{\text{ш}} d_t \alpha_T F_{\text{ш}} (t - t_0) d_{\tau}, \quad (3.4)$$

де  $\tau$  - час роботи;

$F$  - сила тертя в місці контакту шини з дорогою;

$F_{\text{ш}}$  - площа охолодження шини;

$t_0$  - температура навколишнього середовища;

$t$  - температура шини;

$C_{ш}$  - теплоємність шини;

$\alpha_T$  - коефіцієнт теплопередачі від шини в навколишнє середовище.

Видно, що підвищення температури шини при інших однакових умовах пропорційно силі тертя:

$$t - t_0 = C_{ш}F \quad (3.5)$$

Всі фактори, які впливають на знос шин, з точки зору їх реалізації з метою збільшення ресурсу шин, доцільно класифікувати по признакам, якими може керувати технічний персонал АТП (рисунок 3.2).

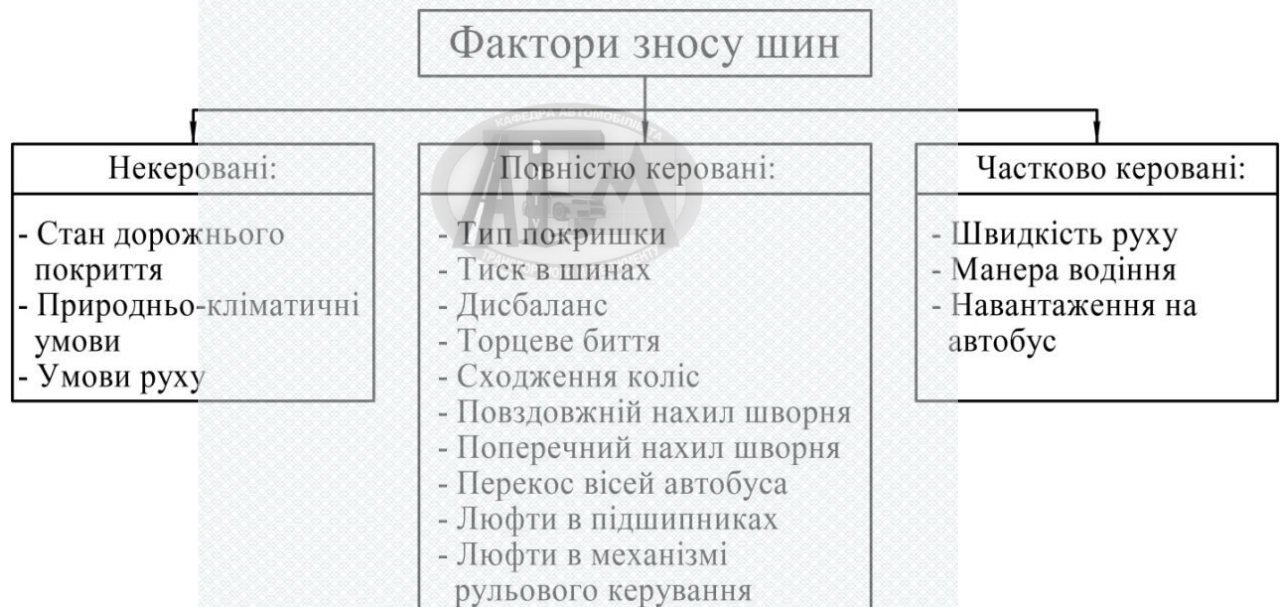


Рисунок 3.2 – Фактори зносу шин

Також, була розроблена класифікація факторів [14], які впливають на ресурс шин міських автобусів в період експлуатації. Схема представлена на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Класифікація факторів, які впливають на ресурс шин міських автобусів в експлуатації

### 3.2 Фактори, які впливають на термін служби шин

#### 3.2.1 Кути встановлення керованих коліс

Великий вплив на знос шин залежить від кутів установки керованих коліс. Неправильне сходження коліс викликає посилений знос шини через додаткове проковзування елементів протектора шин передніх коліс в місці контакту її з дорогою. При великих позитивних значеннях сходження на обох передніх шинах виникає односторонній пилкоподібний (рисунок 3.4) знос по зовнішнім доріжках протектора. При недостатньому сходженні або розбіжності коліс односторонній пилкоподібний знос виникає на внутрішніх доріжках. Розвал справляє помітний вплив на темп зносу при значних відхиленнях від норми. На шині виникає гладкий односторонній знос без явних ознак пилкоподібного зносу. Неправильний розвал коліс викликає помітний знос плечової зони шини по всьому колу, причому знос внутрішньої плечової зони вказує на негативний розвал.



Рисунок 3.4 – Пилкоподібний знос шини

Неправильне сходження передніх коліс призводить до підвищеного бічного ковзання, яке викликає швидке стирання ґрунтозацепів.

При визначенні впливу на знос шин умов руху необхідно враховувати також вплив бічних, вертикальних і кутових переміщень коліс, що виникають при русі автобуса.

Бічні переміщення коліс виникають при зміні колії автобуса. При цьому поступальна швидкість  $V$  центру колеса (рисунок 3.5) дорівнює геометричній сумі швидкості  $V_A$  автобуса і швидкості  $V_K$  колеса в напрямку, перпендикулярному поздовжньої вісі автобуса.

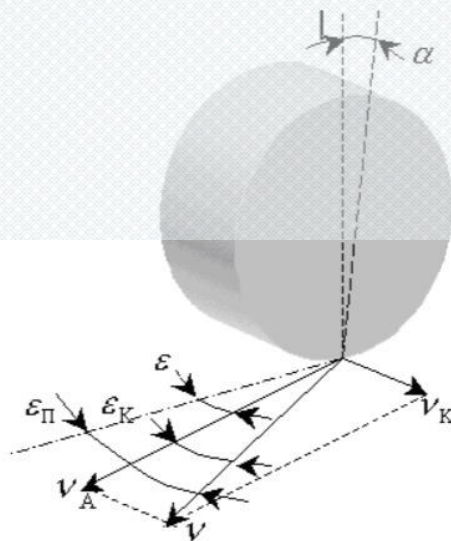


Рисунок 3.5 Схема кочення колеса з кутами сходження  $\epsilon$  і розвалу  $\alpha$

Якщо при зміні колії кути  $\alpha = \varepsilon = 0$ , то проковзування шини за характером і величиною аналогічні проковзуванням при куті відведення (сходження) колеса. Чим більше величина і частота зміни колії і чим менше швидкість руху автобуса, тим більше величина проковзування і зносу шини [15].

Якщо під час руху автобуса  $\varepsilon \neq 0$ ,  $\alpha = 0$  і колія не змінюється, то величина проковзування шини пропорційна куту  $\varepsilon$  між площиною обертання колеса і вектором  $V_a$ . При  $\varepsilon \neq 0$ ,  $\alpha = 0$  і зміні колії величина проковзування шини пропорційна наведеним куту відведення (сходження)  $\varepsilon_{\Pi}$  між площиною обертання колеса і вектором  $V$ , рівним алгебраїчній сумі кутів  $\varepsilon$  і  $\varepsilon_K$ . Необхідно врахувати, що кути установки коліс залежать від величини  $x$  вертикального переміщення колеса (хід колеса).

При вертикальних переміщеннях коліс під час руху автобуса відбувається зміна їх динамічних радіусів  $r_d$ . При вертикальних коливаннях веденого колеса динамічний радіус не залежить від поздовжньої реакції  $R_x$ , яка виникає, а визначається тільки нормальною реакцією  $R_z$ , при різних значеннях яких зберігається рівність.

При кутових переміщеннях коліс під час руху автобуса виникає процес несталого відведення, вплив якого також необхідно враховувати. При коченні колеса з постійним кутом  $\varepsilon$  знос шини викликається в основному проковзуванням в кінці контакту бігової доріжки. Якщо кут  $\varepsilon$  при проходженні точкою протектора довжини контакту змінюється на величину  $\delta\varepsilon$ , то знос шини можна уявити сумою зносів, викликаних  $\varepsilon$  і  $\delta\varepsilon$  за цикл коливань. Насправді поворот колеса на кут  $\delta\varepsilon$  відбувається не миттєво, і додаткові проковзування відповідно зменшуються. Колеса котяться в умовах весь час мінливого відведення, що є однією з причин підвищеного зносу шин коліс автобуса. Великий вплив на характер зміни кутів установки коліс і колії автобуса в процесі руху надає конструкція підвіски і рульового управління.

При русі автомобіля на повороті виникає відцентрова реакція дороги, що викликає їх бічне відведення. Істотний вплив на знос шин наносять

радіуси повороту менше 36,2 м [16]. Вплив радіусу повороту автомобіля на опір коченню і витрата палива вивчають зазвичай при радіусах не більше 50 м. Для визначення інтенсивності зносу шин на круговій траєкторії радіусом  $R_K$  (менше 45м) необхідно значення інтенсивності зносу, викликане дією бічного відведення, помножити на коефіцієнт  $k_R$ :

$$k_R = 1 + \frac{(45 - R_K)^2}{3550}, \quad (3.6)$$

Дотичні контактні напруги при коченні колеса з відведенням особливо зростають в зоні виходу протектора з контакту, що розширює ділянку ковзання протектора відносно дороги і підвищує інтенсивність його зносу. Інтенсивність зносу протектора зі збільшенням кута відведення підвищується нелінійно. Так, зі зростанням кута відведення колеса від 0 до  $\pm 2,0^\circ$ , інтенсивність зносу протектора вантажних шин підвищується 6 разів. При великих кутах відведення колеса інтенсивність зносу протектора шин зростає в ще більшій мірі. При цьому збільшується нерівномірність зносу по його ширині.

Причинами кутових коливань коліс є неоднорідність коліс, особливості кінематики підвіски і рульового приводу, автоколивань коліс, люфти і деформації в системах рульового управління, підвіски і переднього моста, нерівності дороги. При кутових коливаннях коліс виникає процес несталого відведення, який сильно впливає на довговічність шин.

Характерною ознакою зносу шин внаслідок відведення є наявність гострих кромek на виступах протектора. Ці кромки добре відчутні на дотик, якщо провести рукою поперек протектора. Шина, що котиться з бічним відведенням, зношується в кілька разів швидше, ніж при прямолінійному русі.

Для підвищення довговічності шин необхідно зменшити число і інтенсивність прискорень і гальмувань, розробляти і застосовувати в приводі гальм і трансмісії пристрої, що запобігають блокуванню та буксуванню коліс.

Таким чином, шляхи зменшення коливань нормального і дотичного навантажень сприяє зменшенню зносу шин.

### 3.2.2 Стиль водіння

Тягове і гальмівне навантаження на колесо є однією з головних причин, що викликають швидке зношення шин. У годину пік, незважаючи на те, що середньо технічна швидкість руху автотранспорту знижується на 10-15 км / год, різко збільшується число прискорень і гальмувань, зношення шин підвищується в 3 рази. Залежність зносу шин від тягового навантаження зображена на рисунку 3.6.

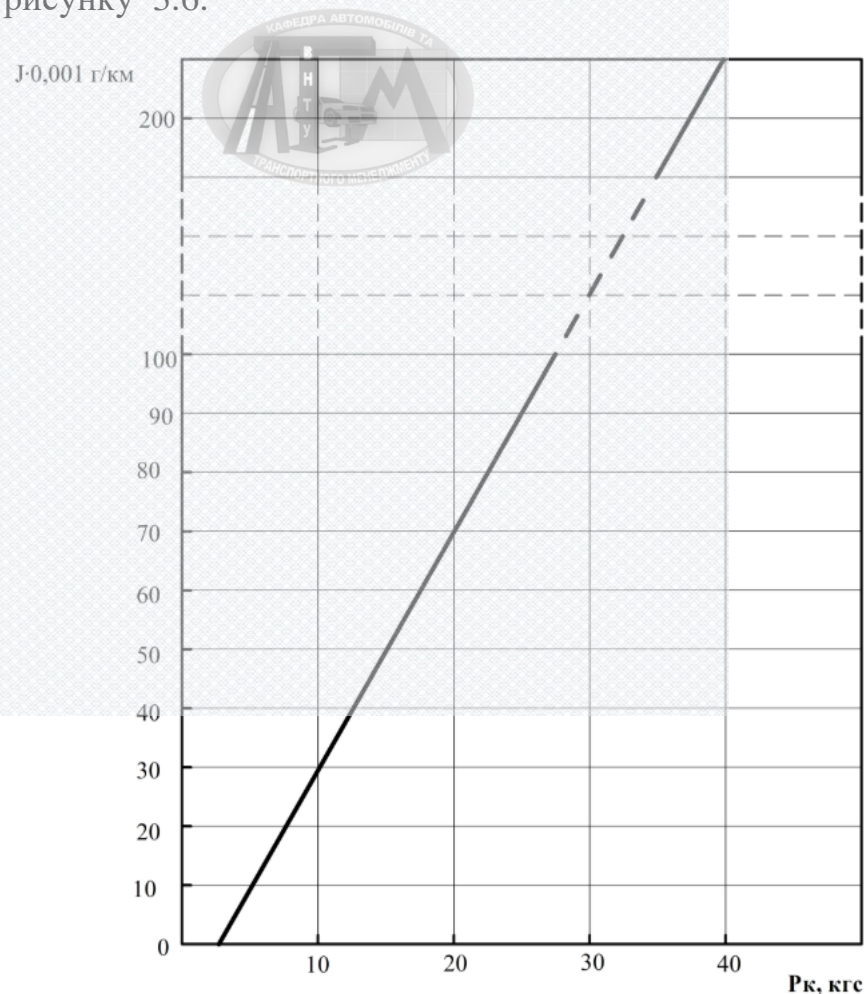


Рисунок 3.6 – Залежність зносу шин від тягового навантаження



При тривалому гальмуванні «юзом» відбувається спочатку підвищений місцевий знос протектора шини «плямами», а потім починають руйнуватися брекер і каркас. Різде зрушення з місця і буксування призводить до зносу протектора аналогічного, що виникає при різкому гальмуванні. Знос шин знаходиться в степеневій залежності від тягової сили [13].

### 3.2.3 Тиск повітря в шинах

При недостатньому тиску повітря в шині найбільші пошкодження отримує каркас покришки по всій окружності бічних стінок - нитки корду починають відшаровуватися від гуми, швидко перетираються і рвуться, відбувається кільцевої злам каркаса, який не піддається ремонту. При роботі шини зі зниженим тиском повітря збільшується опір коченню коліс і внаслідок цього значно зростає витрата палива.

Шина має підвищені деформації у всіх напрямках і, отже, при коченні елементи її протектора більш схильні до проковзування щодо дорожньої поверхні, в результаті чого шина нагрівається [4]. При цьому вона втрачає еластичність, міцність її елементів різко падає, що веде до зниження довговічності, погіршується керуваність автобуса і безпека руху (рис. 3.7).

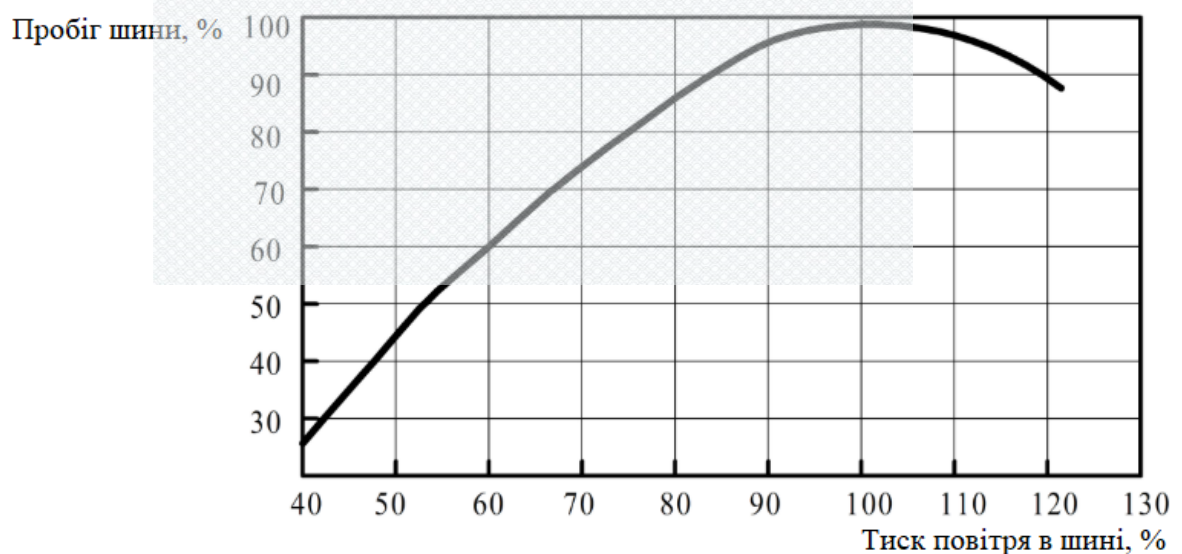
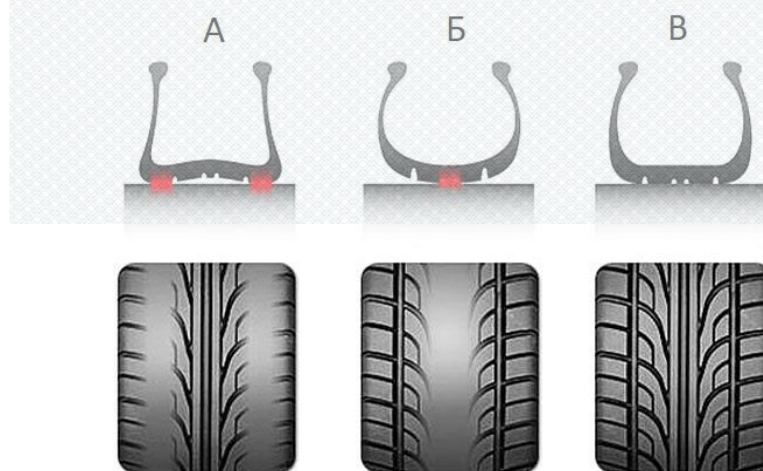


Рисунок 3.7 – Вплив тиску повітря в шині на її пробіг

Від зниження тиску повітря в шині залежать як абсолютна величина зносу покриття, так і характер зносу. Знос протектора збільшується, незважаючи на збільшення площі контакту шин і зменшення середнього питомого тиску її на дорогу. Це пояснюється збільшенням деформації бігової поверхні шини, внаслідок чого збільшується нерівномірний розподіл навантаження по площі контакту. При зниженому тиску повітря в шині середня частина протектора розвантажується, прогинаючись всередину шини, від чого в плечовій зоні протектора збільшується навантаження, що викликає підвищений тиск матеріалу. В результаті протектор сильно зношується в плечовій зоні (по краях бігової доріжки) і менше в середині (рис. 3.8 а), де утворюється увігнутий пояс. Причому в плечовій зоні завжди розвивається більш висока температура, ніж в інших частинах покриття [15]. Шкідливіше знижений тиск повітря в шинах для ведучих коліс, так як стінках з'являється додаткове тертя шин, що збільшує руйнування каркаса.

Збільшення тиску повітря в шинах проти норми також призводить до зниження довговічності шин: зростають напруги в нитках корду каркаса, що призводять до його прискореного старіння, збільшується питомий тиск шини на дорогу і з'являється передчасний знос протектора в його середній частині (рис. 3.8 б).



А – знижений тиск; Б – збільшений тиск; В – оптимальний тиск

Рисунок 3.8 – Зношення, внаслідок неправильного тиску в шині

Зменшуються амортизаційні властивості гуми і збільшується ударні навантаження. Перенапруження ниток корду з плином часу призводить до передчасного розриву каркаса.

Слід зазначити все ж, що знос шин від підвищеного тиску повітря менше, ніж від зниженого. Оптимальний тиск повітря залежить від умов експлуатації.

### 3.2.4 Вагове перевантаження шин

Перевантаження шин має місце при загальному перевантаженні автобуса. Характер пошкоджень покриття залишається приблизно таким же, як і при їзді на шинах зі зниженим тиском, тільки більше, що пояснюється збільшенням напружень в нитках корду каркаса, великим нагріванням, особливо в плечовій зоні покриття, а також підвищенням і нерівномірним розподілом питомого тиску на площі контакту шини з дорогою [5].

Перевантаження шини не може бути повністю компенсовано підвищенням тиску повітря в ній, так як це викличе значне збільшення напруги в нитках корду каркаса.

До перевантаження шин також призводить зниження внутрішнього тиску повітря в одній з шин здвоєного колеса. Вплив вагового навантаження на пробіг шини зображено на рисунку 3.9.

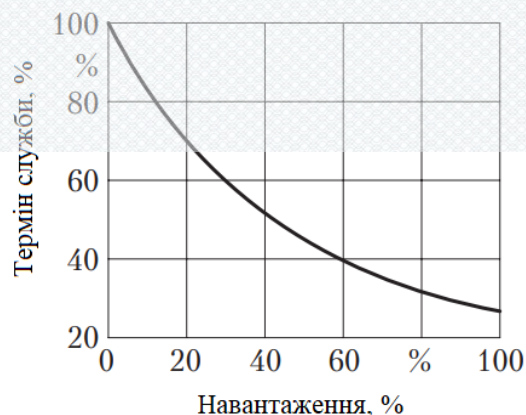


Рисунок 3.9 – Вплив вагового навантаження на пробіг шини

Також, як при зниженому тиску повітря, при перевантаженні шини збільшуються втрати потужності автобуса на кочення коліс і витрата палива.

### 3.2.5 Швидкість руху

В результаті збільшення швидкості руху і частоти циклів деформацій шини зростає динамічне навантаження на шину, тобто збільшується тертя по дорозі, ударне навантаження, деформація матеріалу і різко підвищується температура в шині. Вплив високої швидкості руху на шини проявляється тим сильніше, чим триваліше рух, більше вагове навантаження і гірші дорожні умови [6].

Практично висока швидкість може привести до збільшеного стирання протектора, іноді з викришування частинок гуми, до ослаблення зв'язку між спаями гуми і тканиною покриття з можливим їх розшаруванням і до відставання латок на відремонтованих ділянках покриття. Вплив швидкості руху на пробіг шини показано на рисунку 3.10.

Шина зношується нерівномірно практично на всіх експлуатаційних швидкостях руху автобуса.

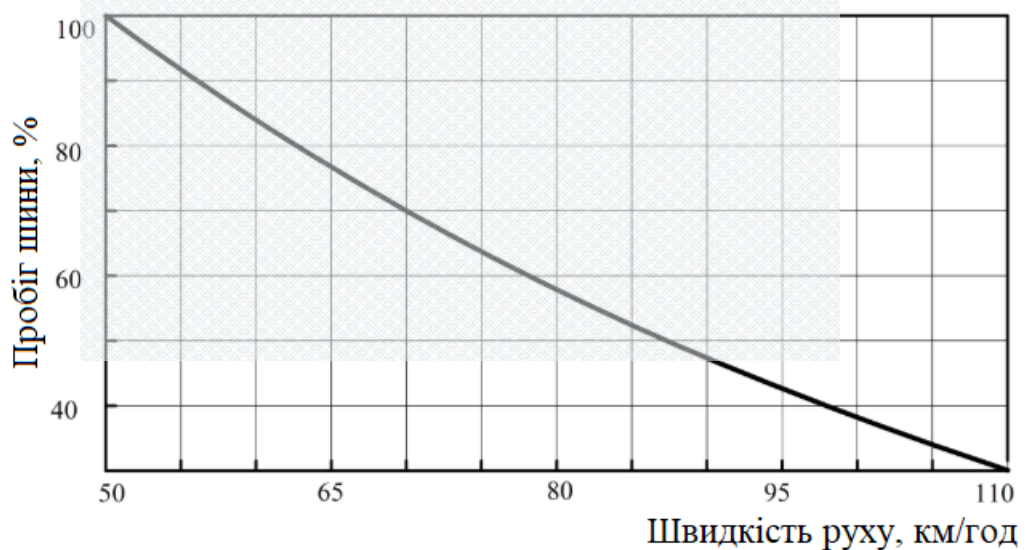


Рисунок 3.10 – Вплив швидкості руху автобуса на ресурс шини

### 3.2.6 Вплив на знос шин дорожніх, кліматичних умов та їх конструкції

У початковий період експлуатації спостерігається підвищена інтенсивність зносу протектора. Це пояснюється загальною «непритертістю» протектора до дороги і концентрацією дотичних напружень і нормальних тисків в певних місцях рисунка. Крім цього, виявляється збільшення шляху проковзування виступів протектора в зоні деформації в зоні контакту покриття з площиною дороги.

Стан опорної поверхні дороги надає більший вплив на коефіцієнт тертя, ніж тип рисунка протектора. Коефіцієнт тертя нових шин на різних дорогах може відрізнятись в 5 разів (від 1 до 0,2), в той час як діапазон зміни коефіцієнта тертя шин з різним рисунком протектора на тих же дорогах в межах 0,55-0,20 [17].

Поряд з дорожніми умовами на пробіг шин великий вплив мають кліматичні умови, від яких залежить як температура і вологість навколишнього повітря, так і в деякій мірі дорожні умови. Зміна температури навколишнього повітря тягне за собою зміну температури нагріву шини і відповідні зміни міцності шинних матеріалів, значно зношується протектор і зменшується загальний пробіг шин.

Зі збільшенням температури навколишнього повітря відбувається зниження герметичності шини внаслідок збільшення дифузії повітря через стінки камери. У літню пору року спостерігається, що знос шин значно більший, ніж в зимовий час. Так, знос шин взимку на твердому дорожньому покритті приблизно на 25 - 30% менше, ніж влітку. Однак в умовах низької температури можливий передчасний знос шин внаслідок втрати гумою еластичності і появи крихкості.

### 3.2.7 Особливості конструкції та неоднорідність шини

Завдяки більш високій жорсткості брекера в порівнянні з діагональними шинами, радіальні шини мають знижені деформації в зоні контакту, що призводить до зменшення ковзання і теплоутворення при русі

(на 20-30 С). Тому пробіг радіальних шин на 20 - 70% вище пробігу аналогічних діагональних [9].

Металокорд, володіючи високою теплостійкістю і теплопровідністю, сприяє зменшенню напруги і більш рівномірному розподілу температури в тілі покриття. Зазначене поліпшення умов роботи гуми в шині забезпечує збереження її фізико-механічних властивостей. Термін служби шин з металокордом приблизно в 2 рази більше, ніж у шин з капронових кордом, експлуатованих в аналогічних умовах.

Рисунок протектора проектується з урахуванням умов роботи шини (призначення шини можна припустити по рисунку її протектора) з метою забезпечення невеликої інтенсивності зносу і хорошого зчеплення з дорогою. При збільшенні висоти рисунка підвищуються ресурс і зчеплення шини з ґрунтовою і сніжною дорогою, але на дорозі з твердим покриттям зростають втрати на кочення, температура, знос і ймовірність руйнування шини.

На знос шини і її зчеплення з дорогою впливає також радіус поперечної кривизни бігової доріжки. Його вибирають так, щоб забезпечити по можливості рівномірний розподіл нормальних напружень по ширині контакту.

Спеціалізація шин для різних дорожньо-кліматичних умов і умов перевезень дозволяє збільшити ресурс шин до 10%.

Однак, чим досконаліше дорожнє покриття, підвіска автомобіля і вище швидкість руху, тим очевидніше стає вплив неоднорідності коліс на їх коливання і довговічність шин.

Силова неоднорідність знижує довговічність шин. Наприклад, місцевий знос бігової доріжки може бути викликаний неоднорідністю шини, а також биттям гальмівного барабана. Для з'ясування причини зносу слід дане колесо поміняти місцями з іншим і постежити за їх зносом. Силова неоднорідність також може бути причиною зміни величини відведення автомобіля. Конічний ефект можна виявити по зміні напрямку відведення автомобіля після перестановки коліс в межах однієї осі. При перевертанні шини зберігається

напрямок дії кутового ефекту, тому для виявлення останнього необхідно на місце контрольованого колеса встановити інше, з однорідною шиною.

Неоднорідність розподілу мас колеса оцінюють його неврівноваженістю, кількісною характеристикою якої є дисбаланс.

Дисбаланс - векторна величина, що дорівнює добутку неврівноваженої маси на її ексцентриситет.

Сума всіх векторів дисбалансів колеса, розташованих в різних площинах, перпендикулярних осі колеса, дорівнює головному вектору дисбалансів колеса, величина якого називається статичним дисбалансом. Фізичний сенс статичного дисбалансу полягає в тому, що одна з радіальних відцентрових сил, що виникають під час обертання колеса, не зрівноважується сумою інших відцентрових сил (рис. 3.11).

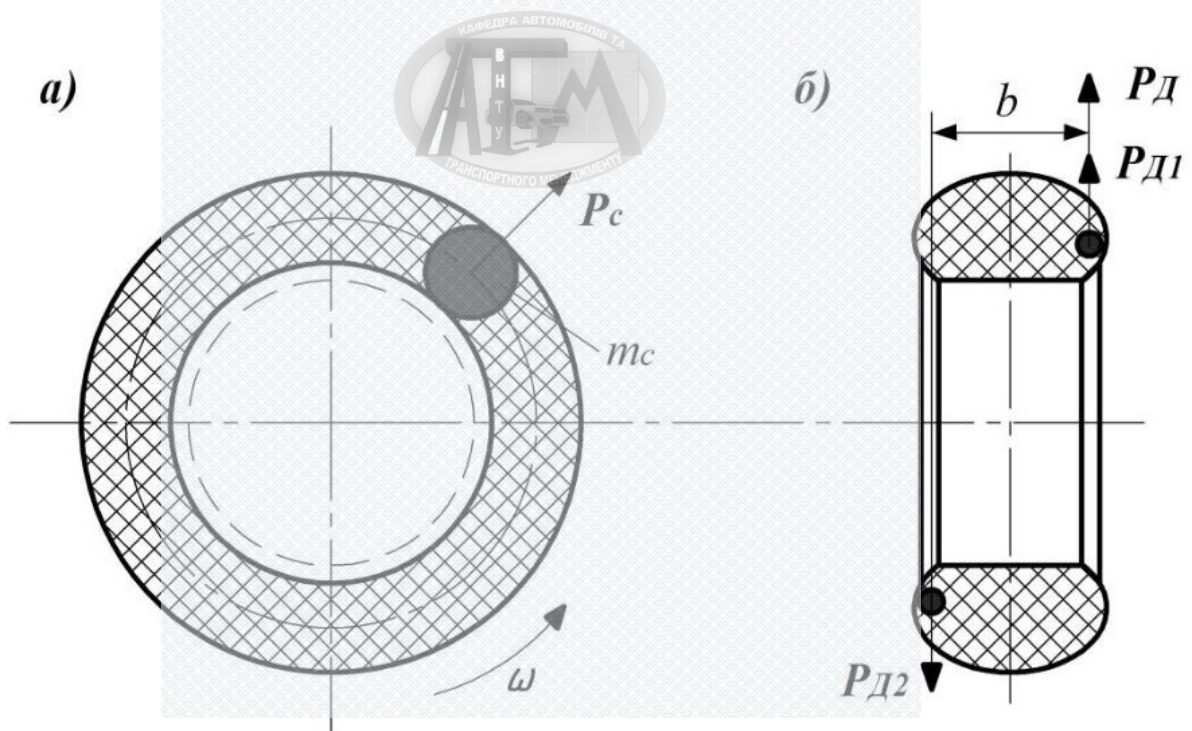


Рисунок 3.11 – Дія сил при статичній (а) і динамічній (б) неврівноваженості колеса

Величина цієї сили прямо пропорційна неврівноваженою масою  $m_c$ , радіусу  $r$ , на якому вона знаходиться від центру обертання колеса і квадрату кутової швидкості колеса:

$$P_c = m_c r^2 \quad (3.7)$$

При русі автомобіля відцентрова сила  $P_c$  змінюється як за величиною, так і за напрямком. Діючи вгору, ця сила прагне відірвати колесо від дороги. Діючи вниз, вона притискає його до дороги. Як результат її дії, помічений підвищений знос шин і підшипників коліс. Сила тим більше, чим більше швидкість руху автомобіля. Неврівноважені маси  $m$  можуть виникнути при виробництві шин в результаті геометричної неврівноваженості її поперечного перерізу, неправильної збірки шини, камери, диска і місцевих ремонтів шин.



### 3.2.8 Рекомендації по експлуатації шин

Заміну зношених шин на нові доцільно проводити на початку осінньо-зимового сезону. Це сприятиме збільшенню ресурсу шин. Нові шини на початковому етапі експлуатації мають високу інтенсивність зносу протектора. На мокрих і слизьких покриттях знос в кілька разів менше, ніж на сухих дорогах, особливо при літніх температурах.

Шина вважається зношеною, якщо знос протектора досяг граничної величини або в покришці виникли будь-які пошкодження - порізи (розриви) ниток корду, розшарування каркаса, здуття протектора або боковини, наскрізні пробої, відриви бортів і ін.

Гранична залишкова висота рисунка протектора встановлена 2 мм для автобусів [15]. Деякі шини мають індикатори зносу - поперечні виступи по дну канавок протектора (в шести перетинах), висота яких дорівнює граничній. Шина повинна бути знята, якщо при рівномірному зносі



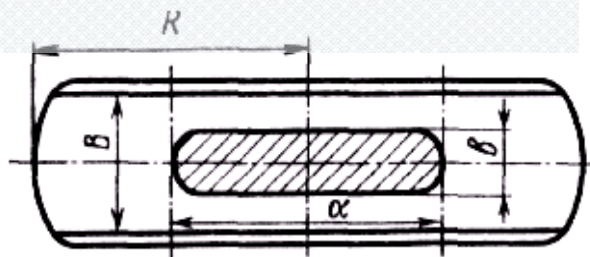
протектора індикатор з'явився в одному перерізі, при нерівномірному - в двох.

При відсутності індикаторів вимірювання залишкової висоти протектора слід проводити в місцях найбільшого зносу.

Згідно з Правилами експлуатації автомобільних шин [15], граничним зносом рисунка протектора вважається такий знос, коли залишкова висота виступів рисунка протектора має мінімально допустиму величину на площі, ширина якої дорівнює половині ширини бігової доріжки протектора, а довжина дорівнює  $1/6$  довжини кола шини по середині бігової доріжки протектора, або при нерівномірному зносі - на сумарній площі такої ж величини. У практичній діяльності зручніше виходити з того, що площа сумарного граничного зносу протектора не повинна перевищувати ділянки його бігової доріжки, рівного по довжині половині радіуса шини.

### 3.3 Цикли експлуатації шини

Першим циклом експлуатації шини вважається період її роботи до зносу протектора (рис. 3.12) або будь-якого пошкодження, яке неможливо усунути в умовах АТП. Другим (і наступним) циклом - робота шини на новій біговій доріжці, навареною на зношену покришку при відсутності серйозних пошкоджень її конструктивних елементів. Ці шини прийнято називати відновленими.



R - радіус шини, B - ширина профілю.

Рисунок 3.12 – Площа граничного зносу рисунка протектора

Основною причиною зняття шин автобусів є знос протектора до граничної величини. У автобусів в умовах експлуатації КП ВТК не часті випадки пошкодження шин, що призводить до списання в утиль всього лише 15% усіх шин, які знімаються з експлуатації. Причини (якщо всі – 100%): наскрізні пошкодження протектора 5%; односторонній знос 4%; посилений знос по краях бігової доріжки 6%; та інші причини (таблиця 3.1). У більшості випадків ці ушкодження є наслідком необережного водіння автобуса, його перевантаження, поганий стан доріг.

Таблиця 3.1 – Розподіл несправностей шин автобусів

Причина пошкодження	Число відмов	%
Посилений знос рисунка протектора по краях бігової доріжки	3	18,75
Одностороннє зношення	2	12,5
Вздуття по боковині	1	6,25
Розрив бортового кільця і боковини	0	0
Механічні пошкодження (пробиття) боковини	6	37,5
Злам каркаса	0	0
Наскрізні пошкодження протектора	4	25
Разом	16	100

#### 3.4 Вплив пневматичної шини на керованість та стійкість руху автомобіля

Найважливіша характеристика, яка включає в себе як бічну, так і кутову жорсткості, є бічне відведення колеса. Цей параметр, значуще впливає

на КСР автомобіля. Негативний вплив на КСР вносить саме бічне відведення колеса оскільки, воно змінює однозначність зв'язку між змінами напрямку руху та траєкторії переміщення його контакту.

В деяких роботах явище відведення пояснюється як відхилення траєкторії шини від площини її обертання на деякий кут  $\delta$  (рис. 3.13). Або ж, це явище пояснюють як відхилення вектора швидкості колеса  $V_x$  відносно його повздовжньої площини на деякий кут  $\delta$  при умові кочення колеса без проковзування при дії бічних сил (рис. 3.14)

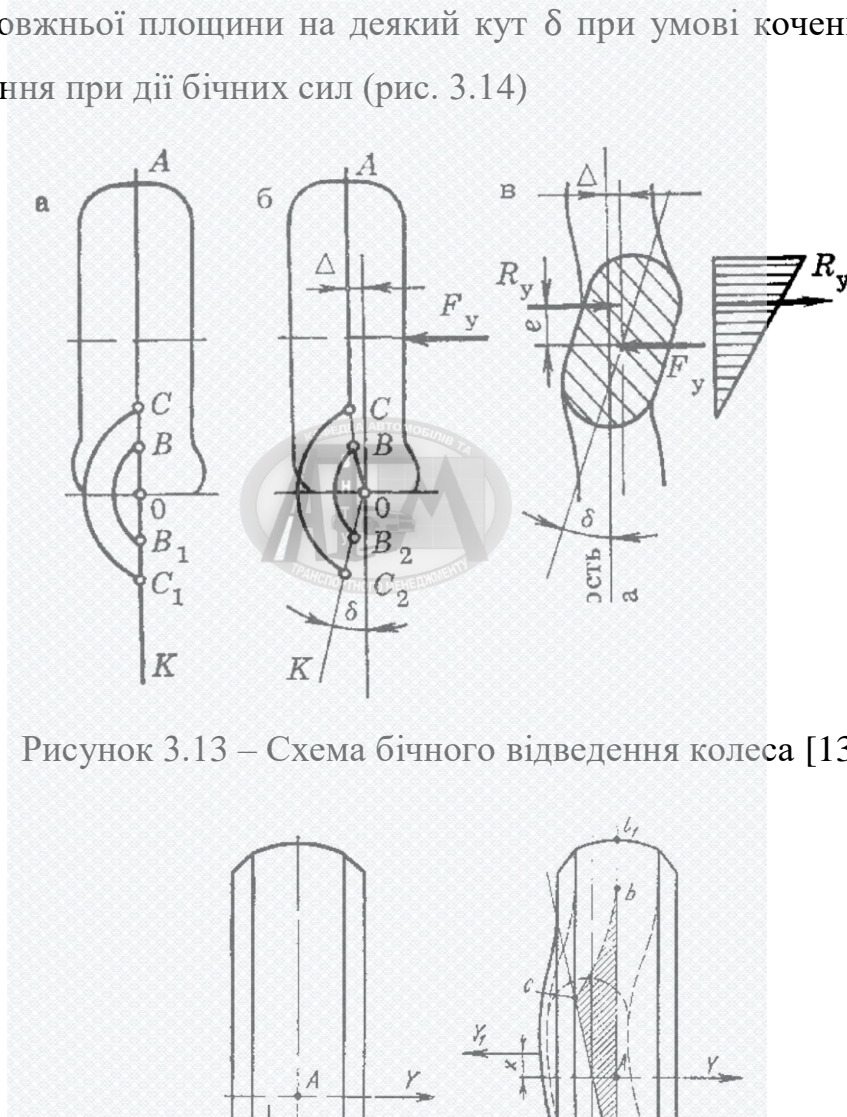


Рисунок 3.13 – Схема бічного відведення колеса [13]

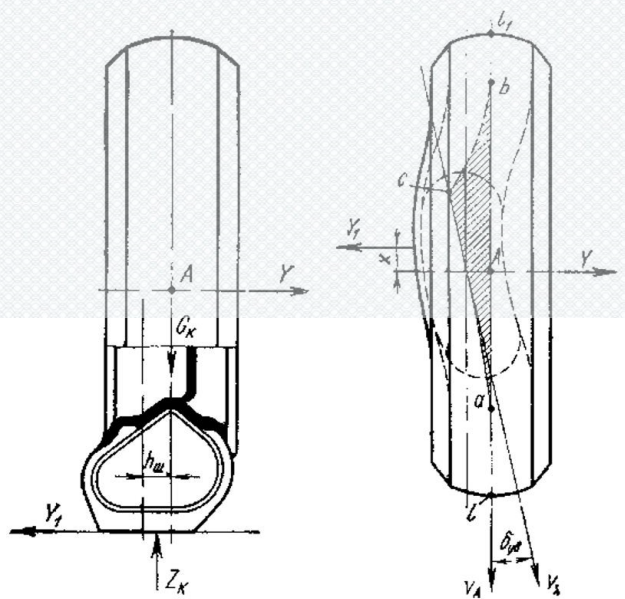


Рисунок 3.14 – Бічне відведення колеса [13]

Я.М. Певзнер представив своє бачення вирішення цієї проблеми у вигляді залежності бічної сили  $Y$  та куту відведення  $\delta$  [16].

$$Y = K_y \delta \quad (3.8)$$

де  $K_y$  – коефіцієнт, який характеризує опір відведення колеса.

Ця теорія найменується лінійною і в ній присутні деякі недоліки. Для того, щоб нею скористатися, потрібно мати масив значень які відповідають коефіцієнту  $K_y$ , кожен з яких би відповідав кожному значенню нормального навантаження. Окрім того, від кожного коефіцієнту  $K_y$  буде створено ще досить велику множину значень в залежності від того, наскільки буде змінюватися тягова сила. В свою чергу від тиску повітря в шинах ще буде створений масив значень. Так як, отримати вище наведену кількість параметрів досить складно, під час досліджень користуються лише мінімальною кількістю значень  $K_y$ .

Вивчення бічного відведення вивчалось по 2-х напрямках.

Перший – теоретичне вивчення динамічних та кінематичних параметрів неголономних систем з класичними неголономними зв'язками. Другий – експериментальне дослідження зв'язків та залежностей між бічними силами, які діють, та кутами відведення що виникли внаслідок дії цих сил.

Теорії, які основані на використанні рівнянь кінематичних зв'язків, актуально застосовувати несталою відведення колеса при значному рівні відношення  $\frac{\theta l_B}{v}$  [11] ( $l_B$  – довжина відбитка контакту,  $v$  – швидкість руху,  $\theta$  – кутова швидкість колеса).

Проте, даним теоріям належать такі недоліки як:

1. Вони виходять з урахуванням незначних кутів повороту коліс та відведення.

2. Вони засновані на тому, що у контакті шини з дорожньою поверхнею не має проковзувань.

3. Вони мають велику кількість параметрів, які отримані з моделі колеса в статиці, а не динаміці.

4. Вони мають кривизну середньої лінії шини в зоні контакту аналогічну кривизні траєкторії колеса, яке рухається.

Експериментально доведено, що ковзання завжди присутнє незалежно від величини бічної сили.

Для знаходження залежності  $Y=f(\delta)$ , проведено досить багато як теоретичних, так і експериментальних досліджень. Головний напрям, це апроксимація емпіричних залежностей та пошук теоретичних залежностей, які отримані в результаті комп'ютерного моделювання кочення шини.

Для визначення бічних сил, А.С. Литвиновим [16] було запропоновано наступну методику:



$$Y = k_y \delta \quad (3.9)$$

При умові [17]:

$$k_y = k_{y0} \varepsilon_\delta \quad (3.10)$$

де  $k_{y0}$  – коефіцієнт опору відведенню при залежності  $Y=f(\delta)$

$$\varepsilon_\delta = \frac{\mu_\delta G_k \varphi}{k_{y0} \delta} \left( 2 - \frac{\mu_\delta G_k \varphi}{k_{y0} \delta} \right), \quad (3.11)$$

де  $\mu_\delta$  – коефіцієнт залежності форми контактної площадки і характеру розподілу елементарних нормальних реакцій;

$\mu_\delta = 0,425$  – рівномірний розподіл елементарних нормальних реакцій,

$\mu_\delta = 0,5$  – при прямокутній формі контактної площадки;

$\varphi$  – коефіцієнт зчеплення коліс з опорною поверхнею.

I. Рокар наводить формулу для визначення бічної сили, яка знайшла широке розповсюдження в дослідженнях керованості і стійкості автомобіля:

$$Y = \frac{k\delta}{\sqrt{1 + x^2\delta^2}}, \quad (3.12)$$

де  $x = \frac{k}{\varphi z}$ ;

$\varphi$  – коефіцієнт поперечного ковзання;

$z$  – вертикальне навантаження на колесо.

### 3.5 Висновки за розділом 3

1. Виконано аналітичне дослідження щодо механізмів зносу та руйнування еластичних рушіїв автомобілів. Доведено, що силова зона контакту шини з дорогою є джерелом для руху та маневрування автобусів.
2. Виокремлено фактори геометрії структури автомобіля, які дієво впливають на термін працездатності шин.
3. Розглянуто вплив пневматичної шини на керованість і стійкість руху автобуса.

## 4 ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ КОЧЕННЯ КОЛЕСА АВТОМОБІЛЯ

### 4.1 Передмова

Розвиток автомобільної промисловості має на сьогодні динамічні темпи розвитку. Усі автомобільні заводи намагаються підвищити рівень якості своєї продукції, підвищити експлуатаційні якості, надійність, комфортабельність, динаміку, а також рівень безпеки, як при русі автомобіля, так і при дорожньо транспортних пригодах. Але реалізувати усі ці якості можна тільки за допомогою високовиробничих шин. Як не дивно, але тільки шини були та залишаються головним елементом, який відповідає за передачу сили від автомобіля дорозі, і як слідство за безпеку руху, динаміку, задоволення від керування.

Виробники шин також підвищують якість своєї продукції [18]. А для цього необхідно багато інженерних, дослідницьких випробувань та розробок. Досліджуються та вивчаються різні матеріали, компоненти, їх комбінації, також вивчаються сили, які породжуються між поверхнею дороги та колеса. При русі автомобіля шинами повинні створюватися та передаватися бічні сили, моменти коліс, як приводного зусилля двигуна так і тормозні. Від складу суміші резини колеса може поліпшуватися керування, зменшуватися шуми та витрати палива, а також поліпшуватися курсова стійкість автомобіля.

В даній роботі вивчаються властивості пневматичних автомобільних шин; як різні дорожні умови впливають на курсову стійкість автомобіля, його безпеку на дорозі [16].

### 4.2 Основні поняття та визначення

При русі легкового автомобіля по дорожньому полотну виникає багато сил та моментів. Це сили та моменти двигуна, гальмівні, гіроскопічні,

інерційні, зчеплення та інші. Усі вони і характеризують рух автомобіля, при чому кожний час змінюючись.

Усі сили та моменти, які виникають при русі, розраховують за допомогою диференціальних рівнянь. При розрахунках завжди приймають якісь допуски, погрішності. Ця умова виникає за деяких причин: якісь сили дуже малі, вони майже ні як не впливають на розрахунки, якісь сили просто не влучені до диференціальних рівнянь, у силу того що про них нічого невідомо.

Розглянемо стійкість незбудженого руху керованих коліс автомобіля. За незбуджений рух приймаємо рівномірний та прямолінійний рух автомобіля по горизонтальній шорсткій поверхні, при якому керовані колеса котяться в вертикальній площині без ковзання, а їх центри мас рухаються прямолінійно з постійною швидкістю.

Колесо має пружні зв'язки з дорогою та кузовом автомобіля в вертикальній та горизонтальній площині. У зв'язку із тим, що маса коліс значно менша за масу кузова, в першому приближенні будемо враховувати, що при збудженні коліс корпус автомобіля не збуджується і колеса здійснюють коливання між дорогою та кузовом автомобіля. Враховуючи те що усі колеса автомобіля однакові, роздивимось одне колесо.

В якості розрахункової моделі механічної системи приймемо відоме колесо з пневматичною шиною, пружно підвішене до кузова автомобіля та яке має пружний зв'язок із дорогою. Відносно корпусу автомобіля колесо має два ступеня вільності, для яких в якості координат візьмемо  $\theta$  - кут повороту колеса навколо вертикальної вісі AA при зміні напрямку руху та  $\psi$  - кут повороту навколо горизонтальної вісі автомобіля (див. рис. 4.1). В дійсності вертикальна вісь шкворня AA має невеликий кут в вертикальній площині, паралельній поздовжній вертикальній площині автомобіля (кут  $\beta$ ). При незбудженому русі  $\theta = const$  та  $\psi = const = 0$ .



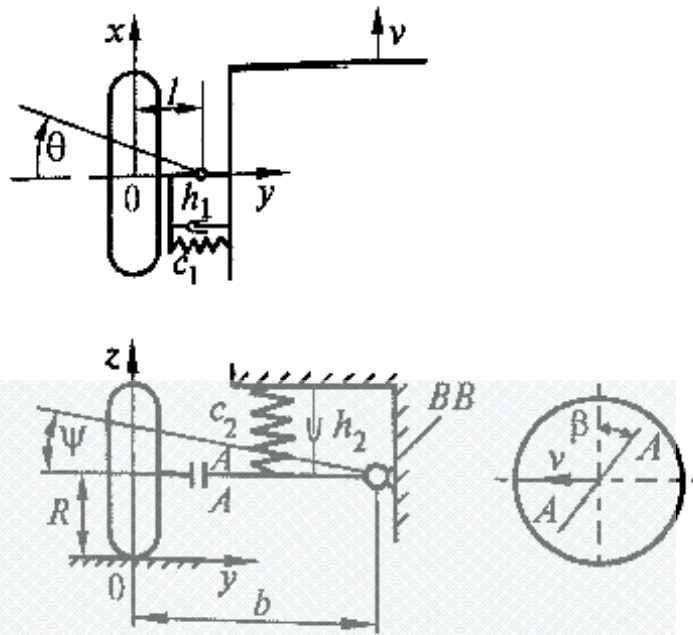


Рисунок 4.1 – Схема закріплення колеса

У збудженому русі відхилення  $\theta$  та  $\psi$  будемо вважати малими величинами, їх квадратами та добутками, а також квадратами і добутками їх швидкостей будемо нехтувати.

Введемо поступову, що рухається із автомобілем, прямокутову систему координат  $Oxyz$  із початком в точці перетинання вертикального діаметру колеса при незбудженому русі із площиною дороги. Напрямок осей координат:  $Oz$  - вертикально вгору,  $Ox$  - у напрямку руху автомобіля,  $Oy$  - вправо (див. рис. 4.1). За для складання рівнянь збудженого руху зв'язки змінимо силами, які діють на механічну систему, причому нас цікавлять не ті сили, що діють у незбудженому стані, а їх прирощення, які визвано відхиленнями коліс на кути  $\theta$  та  $\psi$ . Характеристики пружних зв'язків механічної системи із корпусом автомобіля та дорогою будемо враховувати лінійними, а сили – пропорційними відхиленнями  $\theta$  та  $\psi$ .

Система сил, яка розподілена по плямі контакту колеса з дорогою, приводимо до центру  $O$  – початку координат  $Oxyz$  (рис. 4.2). Отримаємо головний вектор системи сил:

$$\bar{R} = X\bar{i} + Y\bar{j} + Z\bar{k} \quad (4.1)$$

Та головний момент цієї системи:

$$\bar{M}_0 = M_x\bar{i} + M_y\bar{j} + M_z\bar{k} \quad (4.2)$$

де  $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$  - орти системи координат;  $X, Y, Z$  – складові головного вектора;

$M_x, M_y, M_z$  - складові головного моменту (досі невідомі).

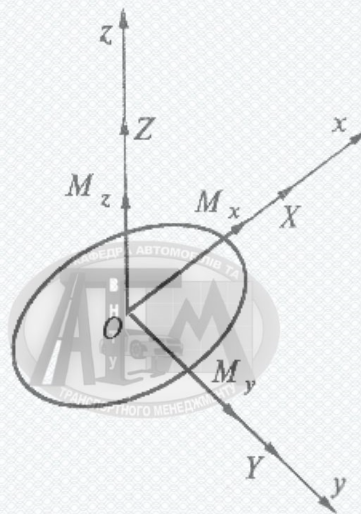


Рисунок 4.2 – Візуалізація моментів і сил, які діють по осях

Для складання диференціальних рівнянь збудженого руху скористаймося теоремою про зміну моменту кількості руху відносно осі обертання: похідна по часу від моменту кількості руху механічної системи відносно будь якої вісі рівняється моменту зовнішніх сил, які діють на механічну систему відносно тієї ж вісі:

$$\frac{dK_y}{dt} = M_y \quad (4.3)$$

де  $K_y$  - момент кількості руху;

$M_y$  - момент зовнішніх сил, які діють на механічну систему, відносно вісі  $y$ .

Приймаючи до уваги те, що момент кількості руху при обертанні дорівнює добутку моменту інерції на кутову швидкість та приймаючи моменти інерції постійними величинами, отримаємо два диференціальних рівняння відносно узагальнених координат  $\theta$  та  $\psi$  :

$$J_1 \ddot{\theta} = -h_1 \dot{\theta} - c_1 \theta + Xl - M_z + i_k \Omega \dot{\psi} \quad (4.4)$$

$$J_2 \ddot{\psi} = -h_2 \dot{\psi} - c_2 \psi - YR + Zb + M_x - i_k \Omega \dot{\theta} \quad (4.5)$$

де  $J_1, J_2, h_1, h_2, c_1, c_2$  - моменти інерції, коефіцієнти демпфування, коефіцієнти жорсткості рульового керування та підвіски автомобіля, які відносяться до зміни координат  $\theta$  та  $\psi$  ;  
 $i_k \Omega$  - коефіцієнт гіроскопічного моменту.

При кутових відхиленнях колеса, що обертається, виникають гіроскопічні моменти, які дорівнюють добутку моменту інерції  $i_k$  колеса відносно вісі власного обертання, кутовій швидкості власного обертання колеса  $\Omega = v/R$  та кутовій швидкості вимушеного повороту колеса зі своєї площини.

Напрямок гіроскопічного моменту можна визначити по правилу Жуковського: при подачі вісі гіроскопу вимушеної процесії вісь гіроскопу прагне найменшим шляхом встановитись паралельно вісі вимушеної процесії таким чином, що напрямок векторів кутових швидкостей співпадали. При спробі повернути вісь гіроскопу вчиняє тиск на підшипники, що призводить до виникнення гіроскопічного моменту того ж напрямку. Наприклад, якщо надіслати колесу вимушену процесію навколо вертикальної вісі із кутовою швидкістю  $\dot{\theta}$ , то виникне гіроскопічний момент  $M_G$ , який буде намагатися

повернути колесо навколо горизонтальної вісі, та навпаки (рис. 4.3). На підставі цього положення і виставлено знаки у рівняннях (4.4 та 4.5) для гіроскопічних моментів.

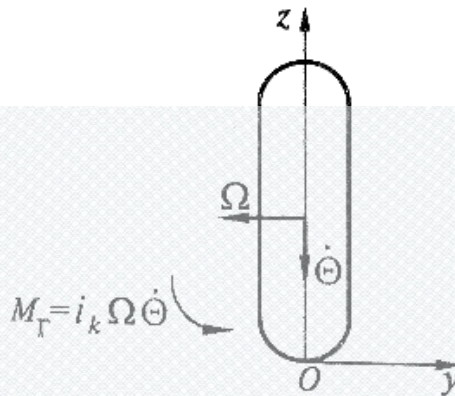


Рисунок 4.3 – Візуалізація умов щодо дії гіроскопічного моменту

#### 4.2.1 Реакції зв'язків колеса з дорогою

Введемо невелике припущення непринципового характеру: у зв'язку з тим, що сила і момент опору коченню малі у зрівнянні з другими силами, будемо їх нехтувати. Розподіленні сили у плямі контакту та, як слідство, складовими головного вектору та головного моменту у першому приближенні прийняті пропорційно відхиленням  $\theta$  та  $\psi$ . Представимо їх наступними лінійними залежностями:

$$X = 0, \quad Y = k\theta, \quad Z = -c_{uz}z = -c_{u\psi}b\psi$$

(4.6)

$$M_x = -c_\psi\psi, \quad M_y = 0, \quad M_z = c_\theta\theta.$$

де  $c_{uz}; k$  - коефіцієнти радіальної та поперечної жорсткості шини;

$c_\psi, c_\theta$  - коефіцієнти кутової жорсткості шини.

Ці коефіцієнти визначають з експерименту та для малих відхилень  $\theta$  та  $\psi$  приймають постійними.

Сили зв'язків, які виражено у формулах (4.6), назвемо квазістатичними, оскільки вони визначаються хоча і при різних, але постійних значеннях кутів  $\theta$  та  $\psi$  кочення колеса. Виникають динамічні сили реакцій, при яких качання колеса супроводжується його коливанням. Маємо першу задачу динаміки, коли по заданому руху треба визначити сили. Як відомо цю задачу можна визначити завжди.

Роздивимося збуджений рух колеса із змінними у часі координатами  $\theta$  та  $\psi$ . У силу малості відхилень  $\theta$  та  $\psi$  та лінійності постановки задачі динамічні реакції знайдемо окремо від зміни кожної координати. Умови для задач сформуємо наступним чином:

1)  $\psi = const = 0, \theta = \theta(t)$  - кочення колеса із постійним радіусом та перемінною швидкістю його центра (рис. 4.4);

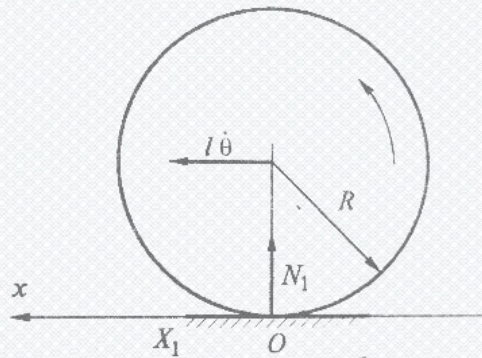


Рисунок 4.4 – Схема кочення колеса з постійним радіусом та перемінною швидкістю його центру

2)  $\theta = const = 0, \psi = \psi(t)$  - кочення колеса із перемінним радіусом та постійній швидкості центра колеса у напрямку незбудженого руху (рис. 4.5).

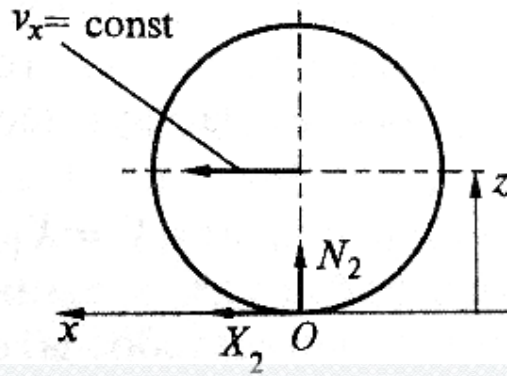


Рисунок 4.5 – Схема кочення колеса з перемінним радіусом та постійною швидкістю центру

Для визначення динамічних реакцій приймемо теорему о зміні моменту кількості руху відносно вісі – див. (4.3).

В першій задачі момент кількості руху відносно вісі колеса дорівнює добутку моменту інерції колеса  $i_k$  відносно його вісі на кутову швидкість його обертання. При коченні без ковзання кутова швидкість дорівнює  $l\dot{\theta}/R$ , де  $R$  - радіус колеса при незбудженому русі (див. рис. 4.4). На підставі (4.3) диференціальне рівняння кочення колеса:

$$\frac{d}{dt} \left( i_k \frac{l\ddot{\theta}}{R} \right) = -X_1 R \quad (4.7)$$

Звідки при  $i_k = const$  отримуємо динамічну реакцію

$$X_1 = -i_k \frac{l}{R^2} \ddot{\theta} \quad (4.8)$$

Як результат зміни кутової швидкості колеса при незмінному радіусі.

В другій задачі момент кількості руху відносно вісі колеса знаходять так же, як і в першій:

$$K_y = i_k \omega \quad (4.9)$$

Але у рівнянні кутової швидкості  $\omega = v/z$ ,  $v = const$ , а  $z = z(t)$  - змінний радіус гойдання, який обумовлений відхиленням координати  $\psi$ ,

$$z = R + b\psi, \quad R = const. \quad (4.10)$$

На підставі теореми (4.3) маємо:



$$\frac{d}{dt}(i_k \omega) = -X_2 z \quad (4.11)$$

Приймаємо  $i_k = const$ , отримуємо:

$$i_k \frac{d}{dt} \left( \frac{v}{z} \right) = -i_k \left( \frac{vz}{z^2} \right) = -i_k \frac{vb}{z^2} \psi \quad (4.12)$$

Зневажаючи малою, в зрівнянні із  $R$ , величиною  $b\psi$ , остаточно знаходимо:

$$X_2 = \frac{i_k bv}{R^3} \psi \quad (4.13)$$

Повна динамічна реакція опірної поверхні на колесо, яке з'явилося лише у напрямку координатної вісі  $O_x$ , складається з двох частин:

$$X = X_1 + X_2 = i_k \frac{l}{R^2} \ddot{\theta} + \frac{i_k b v}{R_3} \dot{\psi} \quad (4.14)$$

На підставі рівняння можна виключити, що перша частина сили  $X$ , пропорційна  $\ddot{\theta}$ , сприяє зниженню власної частоти при коливаннях колеса відносно вертикальної вісі AA; друга, пропорційна  $\dot{\psi}$ , буде збільшувати коливання координати  $\theta$ .

Підставимо значення реакцій зв'язку із (4.6) та (4.14) в рівняння (4.4) та (4.5). Отримаємо

$$\left( J_1 + i_k \frac{l^2}{R^2} \right) \ddot{\theta} = -h_1 \dot{\theta} - (c_1 + c_\theta) \theta + i_k \Omega \left( 1 + \frac{bl}{R^2} \right) \dot{\psi} \quad (4.15)$$

$$J_2 \ddot{\psi} = -h_2 \dot{\psi} - (c_2 + c_\psi) \psi - c_{uu} b^2 \psi - kR \theta - ik \Omega \dot{\theta} \quad (4.16)$$

Введемо визначення та представимо диференціальне рівняння збудженого руху колеса у вигляді

$$\ddot{\theta} + \varepsilon_1 \dot{\theta} + \omega_2^1 \theta + b_{12} \dot{\psi} = 0 \quad (4.17)$$

$$\ddot{\psi} + \varepsilon_2 \dot{\psi} + \omega_2^2 \psi + c_{21} \theta + b_{21} \dot{\theta} = 0 \quad (4.18)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{h_1}{J_1^*}, \quad \omega_1^2 = \frac{c_1 + c_\theta}{J_1^*}, \quad b_{12} = -\frac{i_k \Omega}{J_1^*} \left( 1 + \frac{lb}{R^2} \right),$$

$$J_1^* = J_1 + i_k \frac{l^2}{R^2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{h_2}{J_2^*}, \quad (4.19)$$



$$\omega_2^2 = \frac{c_2 + c_\psi + c_u b}{J_2}, \quad c_{21} = \frac{kR}{J_2}, \quad b_{21} = \frac{i_k \Omega}{J_2}.$$

Значення  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \omega_1, \omega_2$  є подвійними коефіцієнтами затихання та частотами власних коливань парціальних систем із урахуванням взаємодії колеса з дорогою.

Збуджений рух колеса виражається однорідною лінійною системою диференціальних рівнянь (4.17) та з (4.18) постійними коефіцієнтами. Ці рівняння коливань механічної системи із двома ступенями вільності. Якщо звільнити колесо від зв'язку з опорною поверхнею, то утворюються дві не пов'язані між собою порційні коливальні системи, квадрати власних частот котрих:

$$\omega_\theta^2 = \frac{c_1}{J_1}, \quad \omega_\psi^2 = \frac{c_2}{J_2}, \quad J_1 = \frac{i_k}{2} + ml^2. \quad (4.20)$$

Вільні коливання порційних систем будуть затихаючими у зв'язку із наявністю в них опорів.

Якщо у піднятої домкратом машині розкрутити колесо та визвати коливання якої-небудь порційної системи, то завдяки утворенню гіроскопічного зв'язку виникнуть коливання і в другій порційній системі, але гіроскопічний зв'язок не здійснює роботи і тому не викликає наростаючих коливань. Механічна система також буде стійкою.

Взаємозв'язок колеса, що обертається, та дорогою посилює зв'язок між порційними системами, вносить у цей зв'язок нову якість – можливість надходження енергії в систему, яке при деякій швидкості та співвідношеннях параметрів системи може призводити до нестійкого руху, тобто до зростання коливань. Ця енергія надходить через опорну площину

від автомобіля, який рухається з постійною швидкістю. Динамічна сила реакції

$$X_2 = \frac{i_k b v}{R^3} \dot{\psi} \quad (4.21)$$

пропорційна кутовій швидкості  $\dot{\psi}$ , створює момент для збільшення координати  $\theta$ .

Проведемо аналіз стійкості системи (4.17) та з (4.18). Підставив її рішення у вигляді

$$\theta = Ae^{\lambda t}, \quad \psi = Be^{\lambda t} \quad (4.22)$$

у (4.17) та з (4.18), отримаємо два однорідних алгебраїчних рівняння відносно невідомих А та В:

$$A(\lambda^2 + \varepsilon_1 \lambda + \omega_1^2) + B(\lambda b_{12}) = 0, \quad (4.23)$$

$$A(\lambda b_{21} + c_{21}) + B(\lambda^2 + \varepsilon_2 \lambda + \omega_2^2) = 0 \quad (4.24)$$

Нетривіальному рішення відповідає рівняння нуля визначника цієї системи:

$$\begin{vmatrix} \lambda^2 + \varepsilon_1 \lambda + \omega_1^2 & \lambda b_{12} \\ \lambda b_{21} + c_{21} & \lambda^2 + \varepsilon_2 \lambda + \omega_2^2 \end{vmatrix} = 0. \quad (4.25)$$

Після розв'язання визначника, отримаємо характеристичне рівняння для  $\lambda$ :

$$\lambda^4 + \lambda^3(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) + \lambda^2(\omega_1^2 + \omega_2^2 + \varepsilon_1\varepsilon_2 - b_{12}b_{21}) + \lambda(\varepsilon_1\omega_2^2 + \varepsilon_2\omega_1^2 - b_{12}c_{21}) + \omega_1^2\omega_2^2 = 0. \quad (4.26)$$

Запишемо його у стандартній формі:

$$a_0\lambda^4 + a_1\lambda^3 + a_2\lambda^2 + a_3\lambda + a_4 = 0, \quad (4.27)$$

де

$$a_0 = 1, \quad a_1 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2, \quad a_2 = \omega_1^2 + \omega_2^2 + \varepsilon_1\varepsilon_2 - b_{12}b_{21}, \quad (4.28)$$

$$a_3 = \varepsilon_1\omega_2^2 + \varepsilon_2\omega_1^2 - b_{12}c_{21}, \quad a_4 = \omega_1^2\omega_2^2.$$

На підставі критерію Гурвіца [16] усі корні та частини комплексно-сопряжних коренів характеристичного рівняння (4.27) будуть заперечувальними, отже, незбуджений рух колеса буде стійким асимптотично, якщо усі коефіцієнти характеристичного рівняння (4.27) та третій мінор Гурвіца будуть позитивними, тобто для стійкості необхідно та достатньо:

$$1) a_0 > 0, \quad a_1 > 0, \quad a_2 > 0, \quad a_3 > 0, \quad a_4 > 0, \quad (4.29)$$

$$2) \Delta_3 = a_1a_2a_3 - a_0a_3^2 - a_1^2a_4 > 0.$$

У (4.28) коефіцієнти  $a_2$  та  $a_3$  мають складові з заперечувальними знаками. Так як завжди  $b_{12} < 0$ , то  $a_2 > 0$  та  $a_3 > 0$ . Отже, виповнюється перша умова із (4.29). Якщо у механічній системі відсутні розсіювання

енергії, тобто  $\varepsilon_1 = 0$ ,  $\varepsilon_2 = 0$ , то коефіцієнт  $a_1 = 0$ . Система буде знаходитися на межі стійкості, і в цьому випадку неможна на підставі теореми Ляпунова про стійкість по першому приближенню зробити висновок, буде система стійкою або ні. Відкинуті члени другого і більш високого порядків в диференціальних рівняннях можуть корінним чином вплинути на висновки про характер руху.

У реальній механічній системі тертя є завжди, виходячи з цього висновку про стійкість, можна зробити з аналізу третього мінору Гурвіца. Для стійкості необхідно і достатньо мати  $\Delta_3 > 0$ .

Підставив сюди рівняння коефіцієнтів із (4.28) та зробивши деякі перетворювання, отримаємо:

$$\Delta_3 = (\varepsilon_1 \omega_2^2 + \varepsilon_2 \omega_1^2 - b_{12} c_{21}) [\varepsilon_1 \omega_1^2 + \varepsilon_2 \omega_2^2 + (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(\varepsilon_1 \varepsilon_2 - b_{12} b_{21}) + b_{12} c_{21}] - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)^2 \omega_1^2 \omega_2^2. \quad (4.30)$$

Два значення в цьому рівнянні залежать від швидкості  $v$ . Оскільки  $\Omega = v/R$ , з урахуванням (4.19) представимо їх у наступному вигляді:

$$b_{12} c_{21} = -v \frac{i_k k}{J_1^* J_2} \left( 1 + \frac{lb}{R^2} \right), \quad (4.31)$$

$$b_{12} b_{21} = -v^2 \frac{i_k^2}{J_1^* J_2 R^2} \left( 1 + \frac{lb}{R^2} \right).$$

Після підстави коефіцієнтів у рівняння (4.30) отримаємо багаточлен відносно швидкості  $v$ , яку знаходимо:

$$\Delta_3 = H_0 v^3 + H_1 v^2 + H_2 v + H_3, \quad (4.32)$$

з котрого при  $\Delta_3 = 0$  можна визначити  $v = v_{кр}$ .

#### 4.2.2 Сили тертя ковзання та кочення колеса з дорогою

Сила тертя ковзання у випадку сухого тертя майже в усіх випадках виникає за рахунок механічного тертя між нерівностями поверхонь об'єктів та зчепленням між молекулами обох тіл в зонах безпосереднього контакту. В приблизних розрахунках можна вважати, що сила  $F$  тертя ковзання прямо пропорційна силі  $N$  нормального тиску між поверхнями об'єктів, що труться (закон Амонтона):



$$F = fN, \quad (4.33)$$

де  $f$  - безрозмірний коефіцієнт тертя ковзання, який залежить від властивостей матеріалу об'єктів.

В дійсності коефіцієнт тертя залежить від багатьох інших факторів: якості обробки поверхонь, наявності на тілах засмічень, швидкості ковзання та інше. Тому його визначають на підставі експериментальних даних, отриманих для випадків, які сходні із розрахунковою задачею. Коефіцієнт  $f_0$ , відповідний граничній силі тертя покою, зазвичай більше коефіцієнта кінематичного тертя.

Часто замість коефіцієнта тертя  $f$  користаються кутом тертя  $\varphi$ , який пов'язаний із  $f$  співвідношенням  $tg\varphi = f$ . Кут  $\varphi_0 = arctgf_0$  дорівнює тому найменшому куту нахилу площини к горизонту, при якому тіло, що лежить на ній, починає ковзати донизу під дією сили тяжіння.

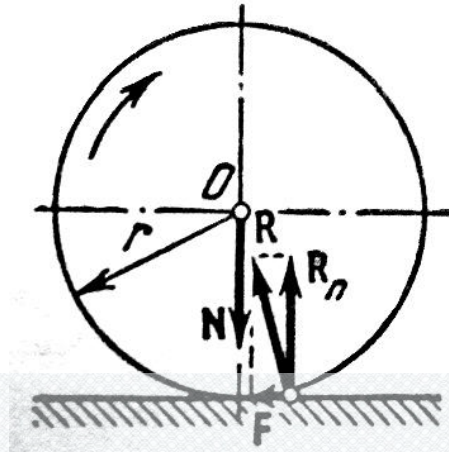


Рисунок 4.6 – Схема дії сил і реакцій при коченні колеса

При коченні по плоскій поверхні об'єктів, які мають форму круглих циліндрів або куль, виникають не тільки пружні, але і пластичні деформації. Тому лінія дії реакції  $R$  площини не співпадає з лінією дії сили  $N$  нормального тиску (рис. 4.6). Нормальна до площини складова  $R_n$  сили  $R$  чисельно дорівнює  $N$ , а горизонтальна складова  $F$  уявляє собою силу тертя кочення. У першому приближенні можна вважати (закон Кулона), що

$$F = k \frac{N}{r}, \quad (4.34)$$

де  $r$  - радіус об'єкта, що котиться,

$k$  - коефіцієнт тертя кочення, який має розмірність довжини та яка залежить від матеріалу об'єктів, стану їх поверхонь та цілого ряду інших факторів.

Пара сил  $R_n$  та  $N$ , які прикладено до тіла, що котиться, створює момент тертя  $M$ , який дорівнює:

$$M = Fr = kN. \quad (4.35)$$

### 4.2.3 Взаємодія сил у плямі контакту

На практиці при русі колеса по дорозі сили, які діють тільки в одному напрямку, у поздовжньому чи поперечному, є ідеальними умовами. У більшості випадків виникає накладання обох компонентів сил. Поздовжні та поперечні сили векторно складаються у так названу «результативну», сумарну силу. Досить наглядно та приблизно до практики, ці співвідношення демонструє діаграма поздовжніх та бічних сил.

Урахування взаємодії поздовжніх і поперечних складових сил у плямі контакту на основі поняття еліпса тертя наведено нижче

$$\left(\frac{Y}{Y_{\max}}\right)^2 + \left(\frac{F}{F_{\max}}\right)^2 \leq 1. \quad (4.36)$$

Схема, що характеризує взаємовплив поздовжніх і поперечних сил у плямі контакту наведена на рис. 4.7.

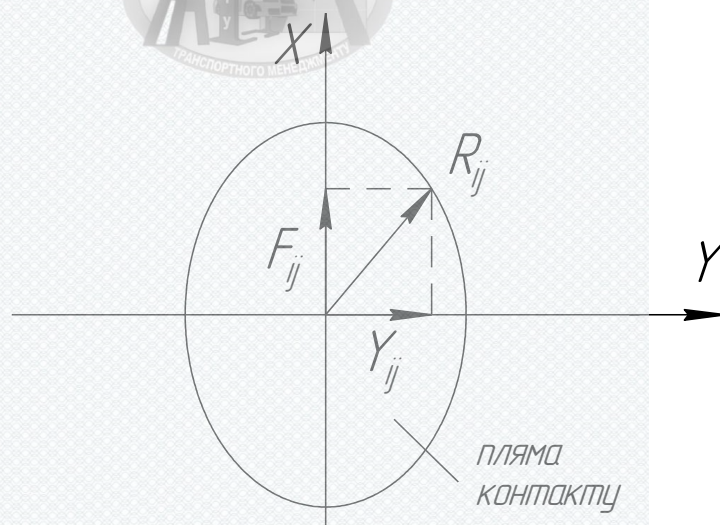


Рисунок 4.7 – Еліпс сил тертя: схема одночасної дії поздовжніх і поперечних сил у плямі контакту

Рівняння еліпсу

$$\left(\frac{Y_{ij}}{Y_{ij}^{\max}}\right)^2 + \left(\frac{F_{ij}^*}{F_{ij}^{\max}}\right)^2 = 1, \dots \quad (4.37)$$

де  $F_{ij}^{\max}$ ,  $Y_{ij}^{\max}$  - пів вісі еліпсу тертя, які дорівнюють

$$F_{ij}^{\max} = N_{ij} \phi_x^{\max}; \quad Y_{ij}^{\max} = N_{ij} \phi_y^{\max}. \quad (4.38)$$

Величина поздовжньої сили вважається сталою

$$F_{ij}^* = N_{ij} \phi_x. \quad (4.39)$$

Бічна сила, що реалізується, визначається за нелінійною гіпотезою Рокара

$$Y_{ij}^* = \frac{N_{ij} \bar{\chi}_\delta \delta_{ij}}{\sqrt{1 + \left( \frac{\bar{\chi}_\delta \delta_{ij}}{\phi_0} \right)^2}}, \quad (4.40)$$

де  $\bar{\chi}_\delta$  - безрозмірний коефіцієнт опору відведення; задається як функція безрозмірного вертикального навантаження на колесо (ця залежність є близькою до лінійної відносно безрозмірного вертикального навантаження).

### 4.3 Обґрунтування загальних конструктивних параметрів стенду карусельного типу

#### 4.3.1 Постановка задачі

Задачею практичної реалізації підходу по визначенню сил бічного уводу на стенді карусельного типу потребує попереднього теоретичного обґрунтування як самої ідеї, яка лежить в його основі (математичного



моделювання процесу), так і раціонального вибору конструктивних параметрів, які забезпечать рішення поставленої задачі для різних типорозмірів існуючих та перспективних моделей шин.

#### 4.3.2 Аналіз останніх досліджень та публікацій

У динаміці колісних екіпажів однією з найважливіших характеристик, яка визначає стійкість та маневреність, є залежність сил відведення від кута відведення.

Найбільш поширений метод визначення сил бічного відведення є випробування на барабанному стенді – колесо встановлюється на барабан так, щоб при обертанні барабана реалізувати відведення. У процесі експерименту виміряють бічну силу  $Y$  при фіксованому значенні кута відведення  $\delta$ . При такому методі можна розвивати великі швидкості. До недоліків можна віднести: 1) погіршення силової картини у плямі контакту циліндричної поверхні барабану; 2) спосіб кріплення колеса не дає можливостей проаналізувати характеристики несталого відведення.

Стенд карусельного типу вільний від вказаних вище недоліків та дозволяє розширити галузь досліджень на несталій уведення [9]. Якісний аналіз динаміки колісної зчіпки у кругових режимах було проведено у роботі [12], яка є теоретичною основою для створювання стенду карусельного типу. На даний момент повний комплексний аналіз математичної моделі карусельного типу був відсутній, що заважало обирати масові та геометричні параметри стенду та робочий діапазон кутових швидкостей.

#### 4.3.3 Кінематична характеристика установки

Пружне колесо має властивості уводу [16] – вектор швидкості може не співпадати з поздовжньою симетрією колеса; кут між вектором швидкості у плямі контакту і поздовжній площині симетрії називається кутом відведення. При цьому на колесо діє сила у плямі контакту, яка називається силою відведення. Реальна природа цих сил має достатньо складну структуру

(включаючи консервативні, дисипативні та позиційні неконсервативні сили). Граничні значення сил відведення пов'язано з характеристиками сил зчеплення між колесом та опорною поверхнею, які протидіють ковзанню колеса у поперечному напрямку.

У стенді карусельного типу силу уводу можна оцінити по величині поперечної поставної сил інерції  $\bar{F}^u$ , остання є відомою функцією параметрів  $v$  та  $x$ , в свою чергу, параметр  $x$  визначається кутом складання. У стаціонарному режимі момент поперечної поставної сили інерції урівноважується моментом сили відведення  $Y(\delta)$ , цей факт і лежить в основі підходу визначення сил відведення на стенді карусельного типу.

Кут складання  $\varphi$  задає взаємне розташування ланки АВ, що ведеться, та водила ОА.

Перерахуємо елементи стенду: ОА – водило; АВ=L<sub>1</sub> – елемент, що ведеться; В – колесо;  $v$  – швидкість точки А; С – центр мас;  $\bar{F}^u$  - сила інерції;  $\bar{Y}$  - бічна сила уводу;  $\varphi$  - кут складання;  $\omega$  - кутова швидкість водила;  $\delta$  - кут відведення;  $x = \frac{v \cdot \cos \varphi}{\omega}$  - відстань від центру обертання О до вісі причепа.

Визначення кінематичних характеристик руху причепа:

$$\bar{V}_B = \bar{V}_A + [(\bar{\omega} - \bar{\Phi}) \times \bar{AB}] \quad (4.41)$$

В координатній формі:

$$\begin{aligned} v_x &= v \cdot \cos \varphi \\ v_y &= L_\omega - V \sin \varphi \end{aligned} \quad (4.42)$$

Кут відведення знаходимо по формулі:

$$\delta = \arctan\left(\frac{-v \sin \varphi + (\omega - \Phi)L}{v \cos \varphi}\right) \quad (4.43)$$

де  $L=AB$  – загальна довжина причепа від точки зчіпки до центру колеса (м);

$\omega$  - кутова швидкість водила;

$\Phi = \varphi$  - відносна кутова швидкість елемента АВ.

Рівняння руху причепа може бути отримано на підставі теореми про зміну кінетичного моменту відносно вертикальної осі, яка проходить через точку зчіпки:

$$J_Z \ddot{\varphi} = \sum M_Z(\bar{F}_i) \quad (4.44)$$

При визначенні моменту сил відносно вертикальної осі, яка проходить через точку зчіпки, також врахуємо силу інерції переносного руху:

$$(J_1 + M_1 d_1^2) \ddot{\varphi} = -M_1 d_1 \omega v \cos \varphi + L_1 Y_3 \quad (4.45)$$

де  $J_Z$  - момент інерції тіла відносно вертикальної осі, яка проходить через

точку зчіпки на підставі теореми Гюйгенса  $J_Z = J_1 + M_1 d_1^2$ ;

$M_1$  - маса напівпричепа, кг;

$J_1$  - центральний момент інерції напівпричепа,  $\text{кгм}^2$ ;

$b_1 = CB$  - відстань від центру мас напівпричепа до центру колеса, м;

$d_1 = AC$  - відстань від точки зчіпки до центру мас напівпричепа, м;

$L_1 = b_1 + d_1$  - загальна довжина напівпричепа від точки зчіпки до центру колеса, м;

$R$  - довжина водила, м;

$v = R \cdot \omega$  - лінійна швидкість точки зчіпки, м/с.

Зрівнявши праву частину диференціального рівняння (4.40) нулю, отримаємо рівняння для визначення невідомого стаціонарного режиму руху, який задається кутом складання  $\varphi^*$  ( $\ddot{\varphi} = 0, \dot{\varphi} = 0$ ).

Кут складання  $\varphi$  та швидкість  $v$  визначають стаціонарне значення кута  $\delta$ : значення плеча  $x$  дає можливість визначити  $\delta$  та проекцію сили інерції на поперечну ось причепа  $\delta = \delta(\varphi)$ .

При математичному моделюванні залежність сили відведення прийнята у вигляді наступної нелінійної функції:

$$Y = \frac{k\delta}{\sqrt{1 + \frac{k\delta^2}{k^2 Z^2}}}$$

де  $Z = M_1 \cdot 9,81 \cdot d_1 / L_1$  - реакція опорної поверхні на колесо, Н;

$\delta$  - коефіцієнт бічного відведення, Н/рад;

$k$  - коефіцієнт зчеплення (залежить від зносу шини та стану опорної поверхні).

Задаючи фіксовані значення кутової швидкості водила, у ході моделювання отримаємо відповідні величини кута складання  $\varphi$ , кута відведення  $\delta(\varphi)$ , поперечної складової від сили інерції  $\overline{F}_Y^u(\varphi)$  та бічної сили  $Y(\delta)$ .

$$\delta(\varphi) = \arctan\left(\frac{-v \sin \varphi + \omega L}{v \cos \varphi}\right)$$

$$F_Y^u(\varphi) = M_1 \cdot \omega^2 \cdot x \quad (4.46)$$

$$x = \frac{v \cdot \cos \varphi}{\omega}$$

$$Y(\delta) = F_Y^u \cdot d_1 / L_1 \quad (4.47)$$

#### 4.4 Моделювання стенду карусельного типу

Розглянуто можливість дослідження параметрів безпеки кочення еластичного колеса за допомогою існуючих способів і устаткування і комп'ютерного моделювання кочення пневматичної шини по колу. Наведено основні значення контрольованих факторів.

Для випробування шин використовується велика кількість різних стендів, пристроїв, приладів тощо, які виготовлені в різних країнах вищими навчальними і дослідницькими закладами, заводами і концернами.

Цей великий перелік обладнання містить дуже складні дослідні комплекси, що дозволяють вирішувати кардинальні завдання розвитку шин, а також нескладні, але оригінальні пристрої, призначені для досягнення локального завдання. Все різноманіття обладнання об'єднує мета сьогодні - створення інтелектуальних еластичних пневматичних шин.

При відсутності можливості проведення випробувань на існуючих стендах потрібно визначитися зі способом і обладнанням для дослідження відведення еластичного колеса.

Основною метою роботи є обґрунтування можливості використання комп'ютерної моделі стенду карусельного типу для визначення кута відведення при русі колеса по колу.

Раніше було вже розроблено установку карусельного типу, яка призначена для дослідження відведення еластичних шин і дозволяє визначити кут відведення еластичного колеса по значенням двох параметрів. На її основі було розроблено стенд карусельного типу, із зміненою кареткою кріплення колеса. А саме розроблено каретку для встановлення спарених коліс. (Рис.4.8) Виходячи з того, що переважна більшість автобусів, та вантажних автомобілів на ведучій осі мають спарені колеса, дана розробка являється досить актуальною на сьогоднішній день. Розроблена модель стенду представлена на рисунку 4.9.

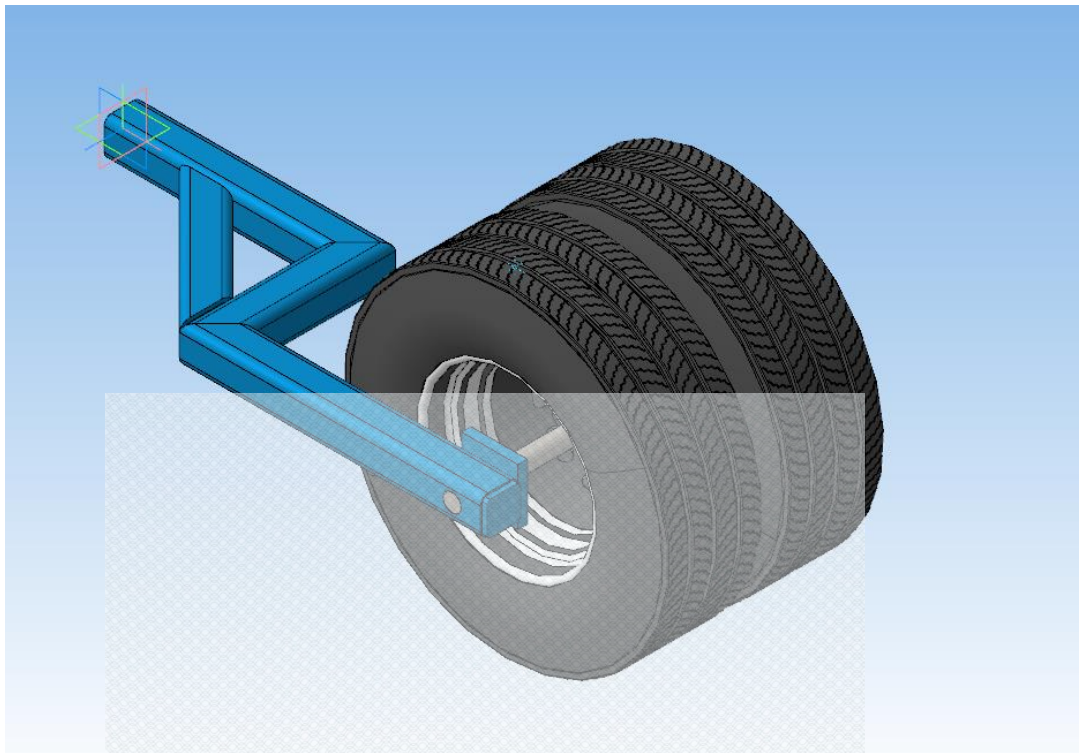
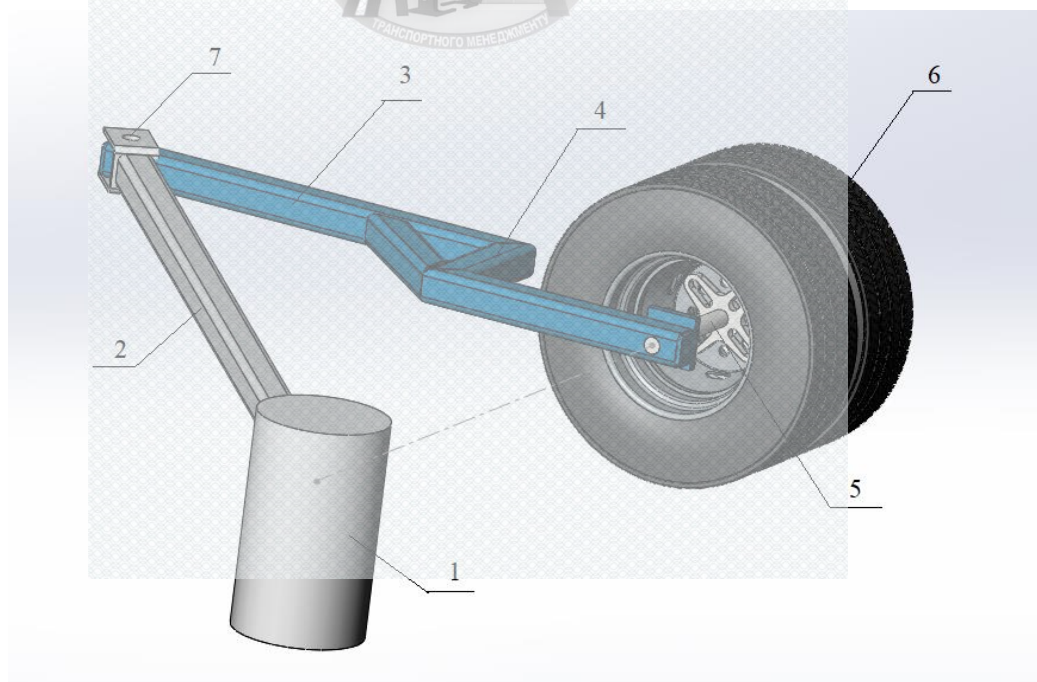


Рисунок 4.8 – Каретка для спарених коліс



1 – двигун; 2 – водило; 3 – ведене плече; 4 – каретка; 5 – маточина;  
6 – колеса; 7 – шарнір з одним ступенем вільності

Рисунок 4.9 - Модель стану карусельного типу зі здвоєними колесами

За допомогою даного станду, можна експериментально визначати велику кількість параметрів, таких як (рис.4.10): траєкторія руху колеса, відцентрова сила, напрям вектора швидкості, кут відведення колеса, кут складання та найголовніше – бічну силу, яка діє на колесо.

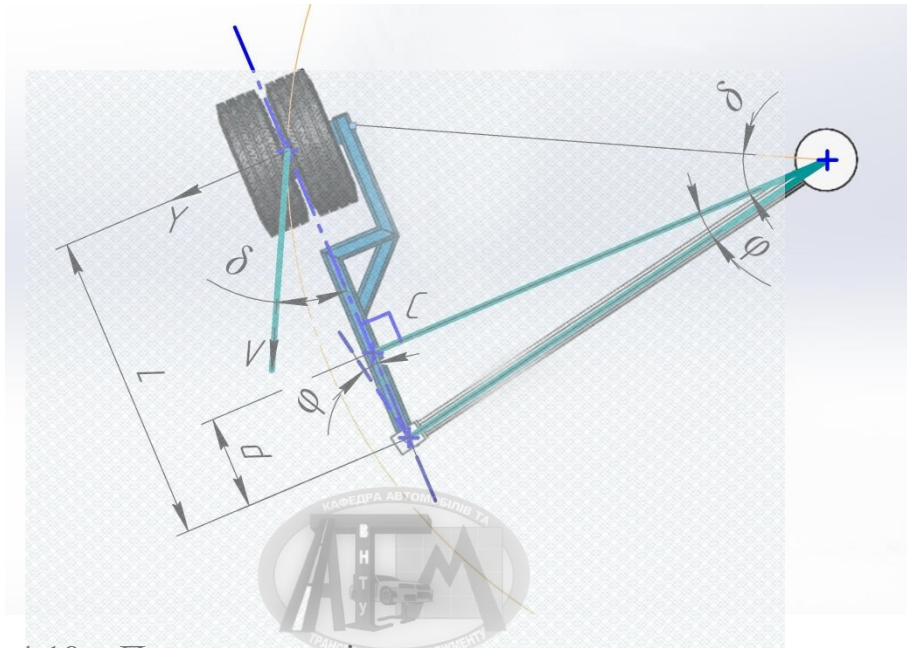


Рисунок 4.10 – Принципова кінематична схема станду карусельного типу

Отже, на мою думку, для підбору здвоєних коліс, доцільно визначити траєкторії (рис. 4.11) коліс, які є в наявності, та виходячи з отриманих результатів підбирати їх. Це дозволить отримувати максимально зближені по параметрам тандеми шин.

Провівши діагностування характеристик бічного відведення можливе отримання характеристики КСР – біфуркаційної множини, що наведена на рисунку 4.12 [12,16].

Вигляд біфуркаційної множини обумовлений дією бічних сил, що, в свою чергу, визначаються відведеннями еластичних коліс автомобіля. Можна прогнозувати наявність трьох стаціонарних режимів руху автомобіля в зоні 1, причому один з них буде стійким, а два інші – нестійкими. Для множини режимів руху, що характеризуються сукупністю точок  $B_n$  у зоні 2 (вище графіка) не існує стійких стаціонарних режимів – будь-які значення

параметрів швидкості  $v$  або курсового кута повороту  $\theta$  (із цієї області) викликають втрату курсової стійкості автомобіля – це зона нестійких режимів руху.

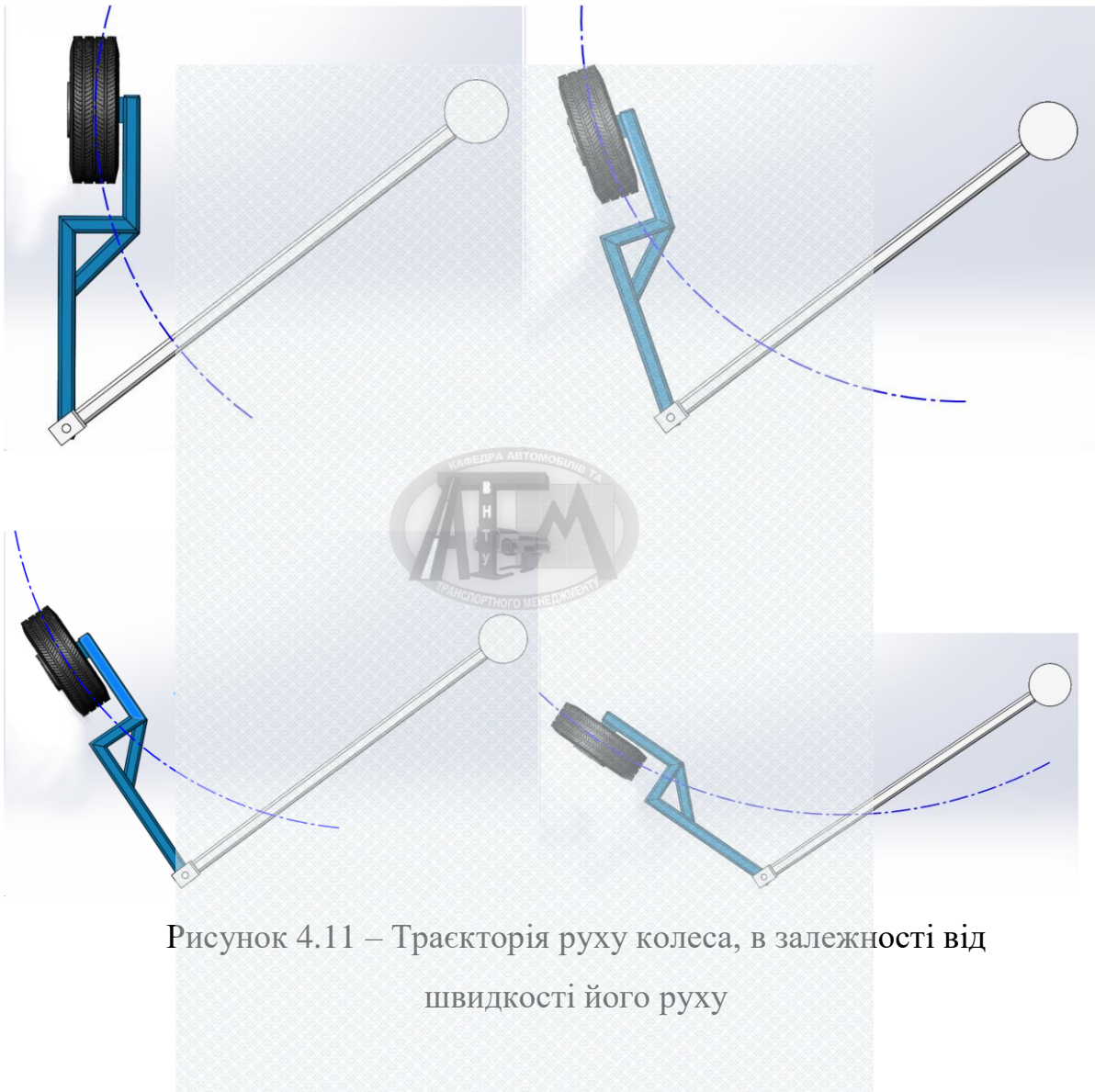


Рисунок 4.11 – Траекторія руху колеса, в залежності від швидкості його руху

Точка А (вершина біфуркаційної діаграми або точка повернення) характеризує умови втрати стійкості стаціонарного режиму руху автомобіля і визначає максимальну критичну швидкість руху. Самі криві графіка, що ведуть від точки А до горизонтальної вісі, відповідають граничним значенням параметрів  $v$  та  $\theta$  і визначають момент втрати стійкості колових стаціонарних режимів руху автомобіля.



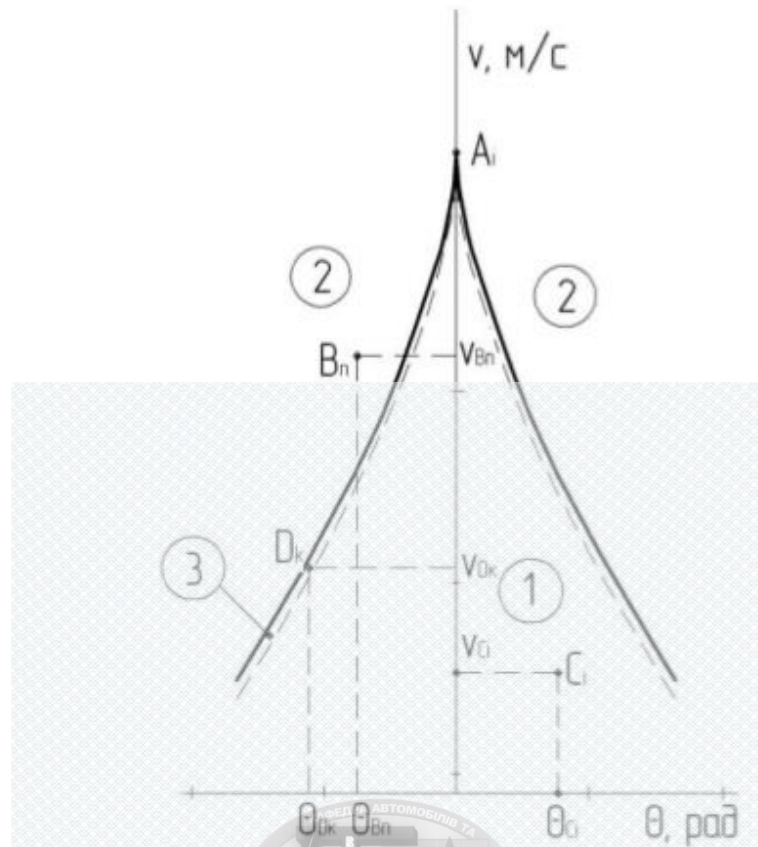


Рисунок 4.12 – Біфуркаційна множина

Особливої уваги заслуговує зона 3, що перебуває в безпосередній близькості під кривими на всій їхній протяжності, і де відбувається зміна курсової стійкості стаціонарного руху. Запас стійкості в цій зоні практично нульовий, тому в експлуатації необхідно уникати режимів руху, що характеризуються сукупністю точок  $D_K$  в зоні 3. Таким чином, використовуючи результати вимірювання відведення для вісі під час руху автомобіля та математичне моделювання, можна прогнозувати наступні ймовірні зони (для керуючих параметрів  $v$  і  $\theta$ ): найбільш сприятлива (зона 1 з параметрами  $v_1$  і  $\theta_1$ ); недопустима при експлуатації (зона 2); критична або гранична зона, що потребує додаткового дослідження (зона 3).

#### 4.5 Висновки за розділом 4

1. Сформовано модель кочення еластичного колеса та розглянуті сили й моменти, які значуще впливають на динаміку обертання шини.

2. Отримані характеристичні рівняння у стандартній формі, що дозволяють виявити можливість стійкого кочення колеса. Для того, щоб динамічна система була стійка, необхідно і достатньо щоб усі 7 діагональних мінорів були додатні.

3. Обґрунтовано загальну конструктивну структуру стенду карусельного типу для оцінки відведення еластичних рушіїв.



## 5 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПЛИВУ ЕЛАСТИЧНИХ РУШІЇВ КТЗ НА ДОВКІЛЛЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

### 5.1 Оцінка ефективності впливу еластичних шин на екологічні показники країни

5.1.1 Соціальні та макроекономічні наслідки техногенного навантаження колісного дорожнього транспорту на довкілля в Україні

Згідно з інформацією Світової організації охорони здоров'я, Україна посідає перші місця у світі за рівнем смертності на душу населення, спричиненої забрудненням атмосферного повітря [18,19]. Для прикладу на рисунку 5.1 зображено смог (інтегральна дія викидів ДВЗ і системи “Колесо - Дорога”) у м. Києві станом на січень 2020 року [20,21].

За даними Європейського агентства з навколишнього середовища щорічна смертність людей від забруднення повітря тільки зваженими частинками (PM<sub>2.5</sub>) у сім разів перевищує смертність від ДТП.



На фотографії – м. Київ, проспект Перемоги, січень 2017 р.

Рисунок 5.1 – Смог у місті Київ, проспект Перемоги [20].

### 5.1.2 Соціальні та макроекономічні наслідки техногенного навантаження колісного дорожнього транспорту на довкілля

За оцінкою Організації економічного співробітництва і розвитку, щорічні економічні збитки від забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом у східно- і центральноевропейських країнах становили 3...4 % від ВВП.

Щорічні макроекономічні збитки від ліквідації забруднення довкілля автотранспортом в Україні оцінюють орієнтовно в еквіваленті 2...3 млрд. євро за самими помірними оцінками. Можна припустити, що наведені оцінки можуть бути заниженими і проблема має навіть більш загрозливий характер. Для прикладу, на рисунку 5.2 зображена візуалізація забруднення міста Києва оксидами азоту (NO<sub>x</sub>) станом на 2010 рік.

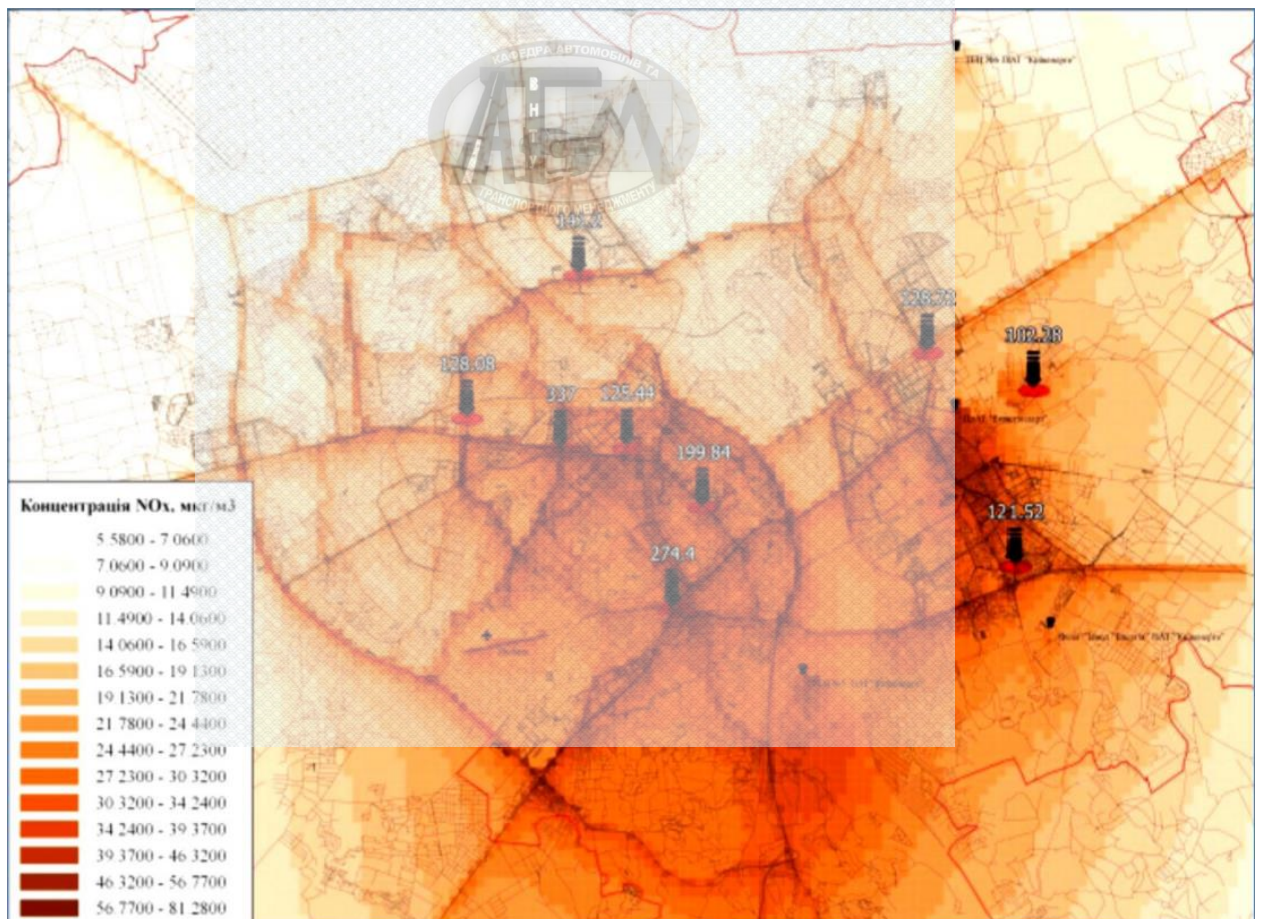


Рисунок 5.2 – Візуалізація забруднення м. Києва оксидами азоту (NO<sub>x</sub>)

За сценарієм впровадження екологічно сприятливого міського транспорту та перспективних транспортних систем в цілому є можливим

розв'язання проблеми [22]. В майбутньому необхідно кардинально зменшити викиди забруднюючих речовин в місцях масового скупчення людей у місті Києві: NO<sub>x</sub> – до 20 разів; SO<sub>2</sub>– до 4,5 разів; CO – до 8 разів; PM<sub>2.5</sub>– до 14 разів (рис. 5.3). Сумарний тиск на довкілля (і, відповідно, негативні наслідки від забруднення міста) можуть бути зменшені до 18 разів.

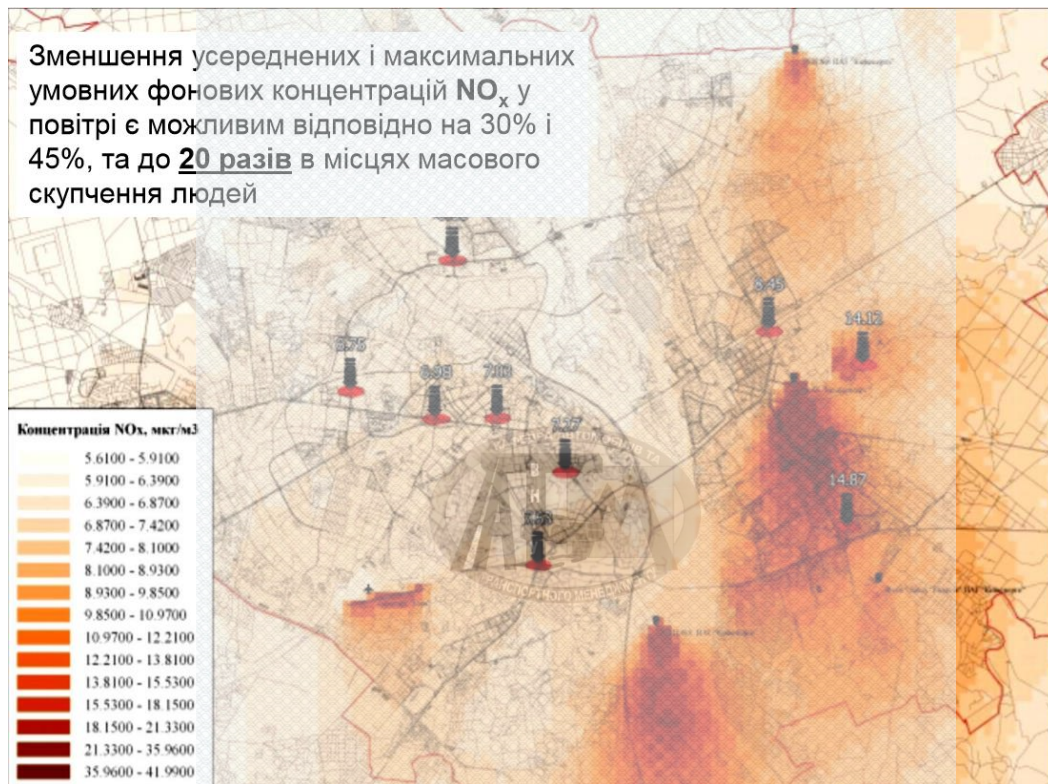


Рисунок 5.3 – Візуалізація концентрацій NO<sub>x</sub> у повітрі в місцях великого скупчення людей

Значущість негативного впливу на довкілля викидів з системи “колесо – дорога” однакова з токсичними наслідками дії ДВЗ на первинну природу.

Однак, цей процес ще підлягає кропіткому та довгому розгляду.

### 5.1.3 Вплив відпрацьованих шин на довкілля України та планету

В Україні щороку з'являється біля 180 тис тон автомобільних покришок, які вийшли з експлуатації. З них переробляються біля 10%, решта йде на захоронення. ЄС щорічно виводить з експлуатації приблизно 3,19 млн.

т. покриток (рис. 5.4), 91% з них переробляють. Матеріал використовують повторно або отримують з нього енергію.

ELT management | A global state of knowledge on collection rates, recovery routes, and management methods

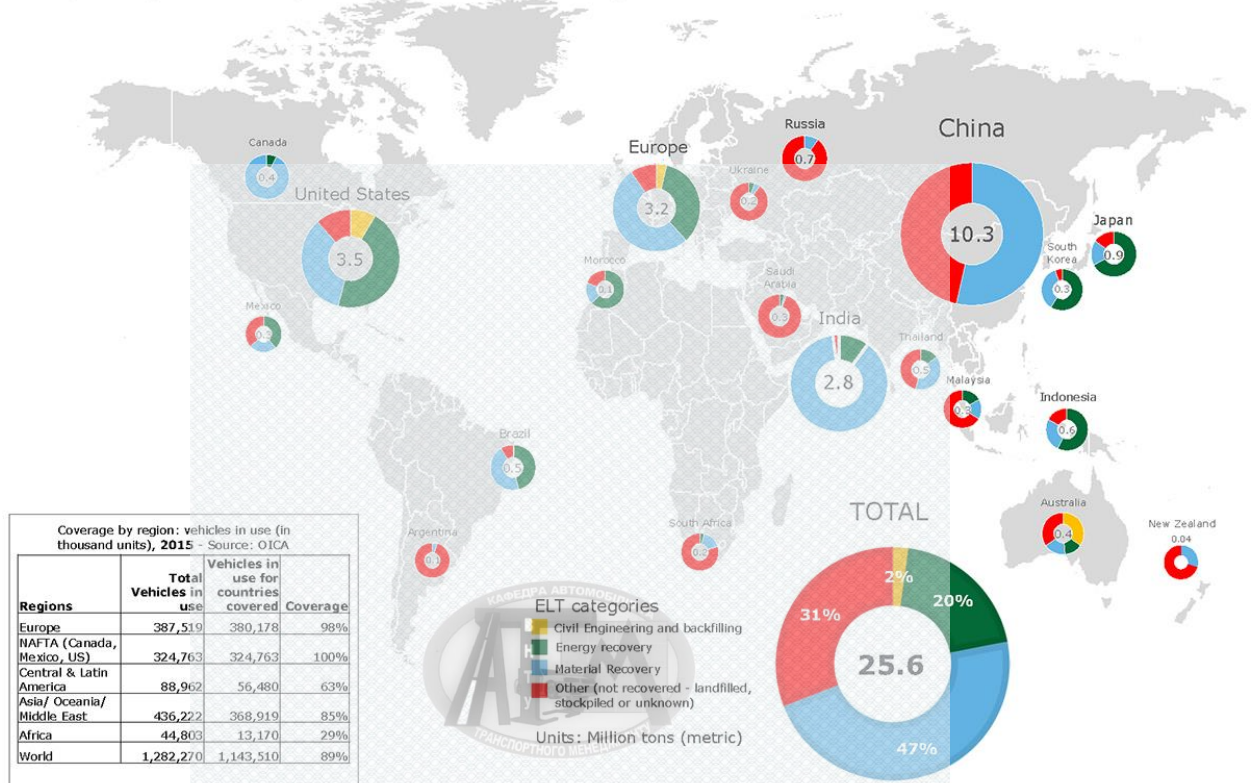


Рисунок 5.4 – Візуалізація статистичних даних про захоронення та переробку еластичних рушіїв на планеті

В Україні є 2 заводи по виробництву шин, «Росава» та «Дніпрошина». Завод «Росава» знаходиться в м. Біла Церква. Це найбільший завод в Україні по виготовленню пневматичних шин. «Дніпрошина» територіально знаходиться у м. Дніпро. Завод займається виготовленням пневматичних шин та гумо-технічних виробів.

З 2008 року в ЄС діє директива, яка покладає на виробників автопокришок відповідальність за їх переробку. Компанії, які переробляють шини, фінансуються за рахунок додаткового податку. За кожну перероблену шину такі фірми отримували в середньому 1,4 євро.

В Україні, на сьогоднішній день, недостатній рівень переробки шин. Їх можуть просто викидають на сміттєзвалища, які в свою чергу, становлять дуже велику небезпеку для навколишнього середовища та ризик для здоров'я населення. На шинних звалищах, найчастіше стаються пожежі, які легко розпочинаються і можуть тривати місяці. Це призводить до великої шкоди нашому довкіллю. Також, звалища покришок служать притулком значущої сукупності різних комах, наприклад комарів, які можуть поширювати вагому кількість захворювань. Незаконні звалища шин (а такі в Україні існують) забруднюють первинну природу (землі, ліса, воду). В деяких країнах є спеціальні правила та закони, які забезпечують регулювання управління здачі на переробку покришок, які вичерпали свій життєвий цикл.

КП ВТК передає шини, що є непрацездатними для утилізації на пункти переробки, які існують в зоні тяжіння шинних заводів країни.

## 5.2 Загальний огляд хімічного складу шин

Нижче розглянуто хімічний склад шин для оцінки важливості ресурсозбереження. Шини є важливою сполучною ланкою між дорогою і автомобілем. Дивно, але від плями контакту розміром з долоню безпосередньо залежать рівень безпеки руху автомобілів на дорозі та величина викидів з системи “колесо - дорога”. Саме це змушує виробників автомобільних шин строго дотримуватися технологічного процесу виготовлення еластичних рушіїв.

Всі інгредієнти сучасної гумової суміші для еластичної автомобільної шини можна розділити на п'ять функціональних груп (рис. 5.5):

1. Полімери (натуральні і синтетичні каучуки).
2. Активні та інертні наповнювачі (газова сажа, окис цинку і каолін, крейда та важкий шпат).
3. Стабілізатори (нафтопродукти, анілін та віск).
4. Активатори і прискорювачі процесів (сірка та азот).

## 5. Спеціальні компоненти (пігментні масла, смоли, короткі волокна).



Рисунок 5.5 – Основні інгредієнти сучасної гумової суміші для виготовлення автомобільних еластичних шин

Залежно від вимог до гумової суміші, в матеріал додають синтетичні каучуки. Наприклад, каучуки на основі кремнійорганічних сполук забезпечують високу еластичність при низьких або при високих температурах, а каучуки на основі фторорганічних сполук поєднують високу термостійкість і хімічну стійкість. Вуглецева сажа, окис цинку і каолін збільшують міцність і опір стиранню, а антиокислювачі запобігають старінню гуми. Смоли, парафіни і жирні кислоти пом'якшують гумову суміш, а барвники надають їй остаточний колір.

Значущу роль в технологічному процесі відіграють активатори і прискорювачі вулканізації. Як правило, це з'єднання, що містять сірку або азот. Вони істотно скорочують час і знижують температуру протікання процесу.

Сучасний процес змішування компонентів також зазнав серйозних змін. Для досягнення точного дозування і однорідної маси в сучасній шинній промисловості використовуються спеціальні автоматизовані машини, що



працюють за принципом великого складного міксеру. Крім своєї основної функції вони дозують компоненти та черговість їх подачі, регулюють температуру і інтенсивність змішування компонентів.

Технологи шинних компаній ведуть постійну кропітку роботу над удосконаленням гумових сумішей для підвищення характеристик еластичних рушіїв в тих чи інших умовах експлуатації. Один виробник заявляє про додавання арамідних волокон, що поліпшують характеристики міцності, інший експериментує з додаванням апельсинового масла, що збільшує опір впливу високих температур. Але на даний момент не існує формули гуми однаково ефективною при сильних морозах зимою і високої температури жарким літом. Різні компоненти використовують для створення великого спектру важливих властивостей сучасних еластичних рушіїв.

На даний момент існує три типи гумових сумішей для протекторів шин легкових автомобілів: літній, зимовий і всесезонний. Це обумовлено тим, що гумова суміш протектора здатна якісно працювати тільки в спочатку заданому температурному режимі (рис.5.6).

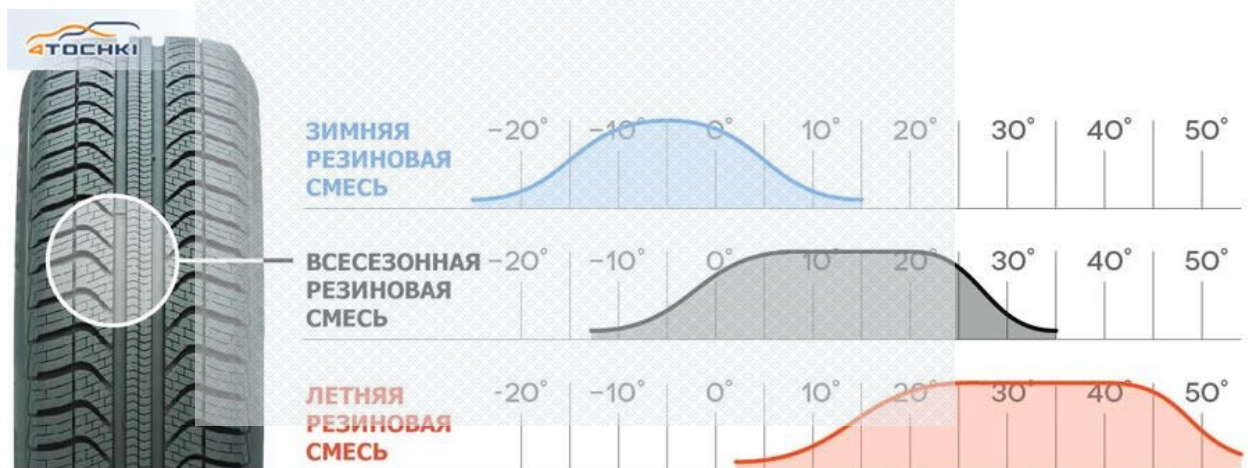


Рисунок 5.6 – Три температурні режими для використання шин, в залежності від складу їхньої суміші: А – зимня; Б – для всіх сезонів; Д – літня.

Так, в зимовий склад гуми спочатку закладені компоненти, що зберігають еластичність гуми при низьких температурах. Протектор автомобільної шини, виготовлений із зимового компаунда, буде ефективно працювати при мінусових температурах, але виявиться занадто м'яким для використання в літню пору. Влітку він буде швидко зношуватися і не зможе забезпечувати належного рівня керуваності. Гумова суміш для літніх шин має в своєму складі компоненти, що запобігають передчасному зносу під впливом високих температур. При низьких температурах протектор літніх шин твердіє, стаючи схожою на пластик, повністю втрачаючи зчіпні властивості на зимових дорогах.

### 5.3 Процес виробництва автомобільних шин

Загальний процес виробництва шин можна умовно розділити на п'ять етапів: виготовлення гумової суміші, виготовлення деталей покришок, збірка шини, вулканізація та перевірка якості готового виробу [18].

На етапі виготовлення гумових сумішей відбувається змішування різних компонентів до отримання однорідної маси. Це відбувається в спеціальному змішувачі закритого типу при нагріванні до 120 градусів Цельсія. Для різних типів сумішей, які використовуються в різних частинах еластичного рушія, використовуються різні компоненти, інтенсивність змішування і температура процесу.

Для виробництва одного типу шин потрібно кілька різних за складом гумових сумішей. Один тип гуми використовується у виробництві протектора, а інші - призначені для виготовлення деталей шин.

На етапі виготовлення деталей оболонки рушія відбувається підготовка матеріалів, що підсилюють конструкцію шини: просочення, сушка, термообробка і гумування. Гумуванню піддаються бортові кільця, текстильний корд і сталевий в брекері. Останнім етапом у виготовленні компонентів є надання деталям кінцевої остаточної форми.

Всього в провадженні однієї покришки використовується до 30 компонентів, більшість з яких грають роль підсилювачів конструкції шини. Готові деталі надходять на дуже складний верстат для збірки шин (рис.5.7). На сучасних підприємствах такий верстат являє собою автоматизовану комплексну систему, що працює під управлінням оператора (збирача). Він складається з обертових барабанів, на яких збираються заготовки, і подає пристрої для постачання збирача компонентами для збірки.



Рисунок 5.7 Загальний вигляд фрагменту верстату для збирання шин

Збирання шин є найскладнішим процесом, який, незважаючи на механізацію і автоматизацію має велику частку ручних операцій. На одному барабані збирається каркас шини, а на іншому його бічна частина. Після закінчення складання барабани поєднують і притискають заготовки, надаючи їм форму шини. Як правило, на заводах встановлено одночасно декілька складальних верстатів, які працюють для виробництва малогабаритних, середньогабаритних і великогабаритних еластичних рушіїв.

Для процесу вулканізації заготовки шини надходить до пресу (вулканізатор, рис. 5.8), де формується протектор, а гумова суміш необхідну еластичність. Для цього її поміщають в вулканізаційну прес-форму, де мембрана під тиском гарячої води і пара формує певний рисунок протектора.

Процес протікає при високій температурі, що активує процес вулканізації, при якому сірка, що міститься в гумовій суміші створює зв'язок з ланцюжками полімерів. У цей момент каучук переходить від пластичного технічного стану до еластичного.

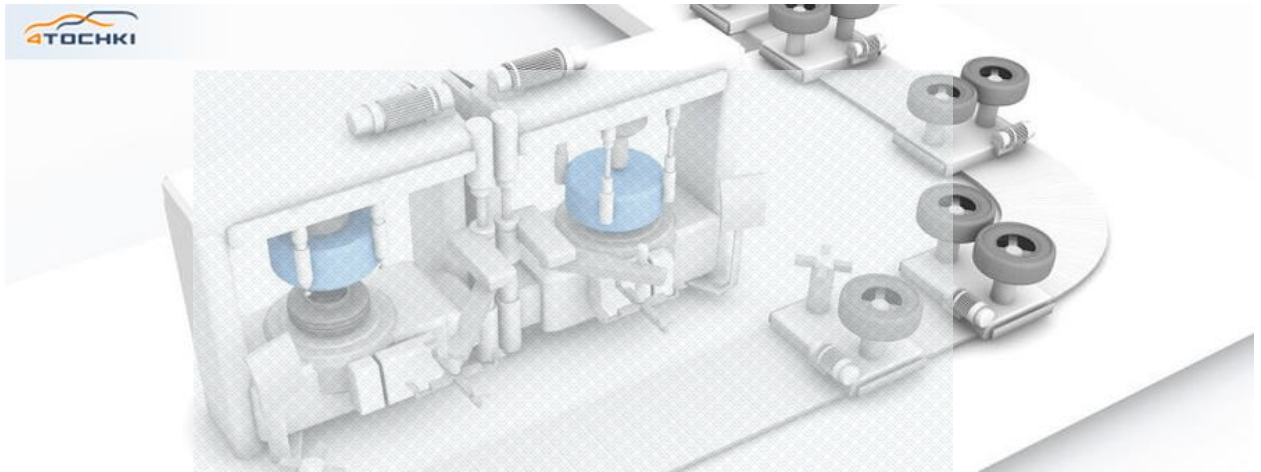


Рисунок 5.8 – Фрагмент комплексу обладнання для процесу вулканізації

У кожного виробника свій окремий власний процес контролю якості, що забезпечує дотримання внутрішніх норм і міжнародних стандартів. Як правило, він складається з двох етапів. На першому етапі шини проходять візуальний огляд, а на другому діагностичну перевірку на спеціальному обладнанні. Візуальний огляд дозволяє виявити зовнішні дефекти, які можуть вплинути на експлуатаційні характеристики шини. Далі шина надходить через спеціальне обладнання, на якому вимірюється її вага та рівень балансування, внутрішня будова і рівень характеристик під силовим навантаженням.

За результатами проходження контролю якості шини маркуються згідно типорозміру, індексам швидкості і навантаження і складуються.

## 5.4 Ефективність ресурсозбереження та переробки використаних еластичних рушіїв КТЗ

Питання щодо ресурсозбереження на сьогоднішній день дуже актуальне, оскільки такі види корисних копалин як руда, нафта, вугілля, природний газ є невідновлюваними джерелами енергії. Тому доцільно розглядати переробку шин з можливістю повторного використання її складових елементів. На рисунку 5.9 візуалізовано принципову схему життєвого циклу еластичних рушіїв.



Рисунок 5.9 – Життєвий цикл шини

З представленого на попередній схемі ЖЦ можна побачити, що при правильній переробці шин (за умови отримання гумової крихти, текстилю та найголовніше – металокорду), можна не використовувати значну частину природних ресурсів, що в свою чергу призведе до покращення екологічної

ситуації на планеті. Не потрібно буде видобувати руду, кам'яновугільний кокс, природний газ, нафту, вугілля у тих кількостях, в яких потрібно було б видобувати їх для створення шин з самого початку її ЖЦ. Отже, питання переробки шин досить актуальне та заслуговує, на мою думку, першочергового розгляду.

На сьогоднішній день, у світі існує декілька важливих аспектів повторного використання шин та їх переробки. З моєї точки зору, найперспективніше це подрібнення шини, для отримання гумової крихти та піроліз, для отримання палива.

Процес подрібнення шин на гумову крихту знайшов велику популярність серед економічно розвинутих країн. Існує декілька видів означеного процесу, а саме подрібнення вибухом та механічний.

Щодо подрібнення вибухом, то процес полягає в наступному, виріб охолоджується до наднизьких температур з наступним подрібненням направленою ударною хвилею. Для заморозки використовуються криогенні камери, а ударна хвиля формується спеціальним електричним пристроєм або підривом невеликої кількості вибухової речовини. Така технологія переробки зношених автомобільних шин вимагає установки та використання дорогого устаткування, що економічно вигідно тільки для великих підприємств з великими обсягами сировини.

А ось механічний метод має широке застосування в світі. Суть процесу полягає в поетапному механічному впливі на сировину з отримання необхідних розмірів фракції гумової крихти і інших продуктів.

Весь процес переробки шин можна розбити на кілька етапів, на кожному з яких використовується певний тип верстатів і механізмів.

Основні технологічні етапи дроблення покришок і види обладнання, яке застосовується на кожному з них:

1. На першій стадії переробки відбувається сортування шин за типорозміру, що необхідно для настройки обладнання під певні габарити

покришок. Саме дроблення починається з вирізки бортових кілець на спеціальному вирубному верстаті.

2. Другий етап подрібнення шин відбувається з використанням гідравлічних ножиців, механічних різаків або гільйотин, за допомогою яких відбувається різка на стрічки і шматки середніх розмірів.

3. Процес дроблення триває в спеціальній шредерній установці, де великі шматки гуми подрібнюються до невеликих розмірів від 2 до 10 кв. см, які надходять на наступну технологічну операцію.

4. На цьому етапі відбувається остаточне подрібнення сировини до необхідних фракцій. Використовуються роторні млини (рис. 5.10) з чотиригранними ножами або інше обладнання, здатне витримувати величезні механічні навантаження.

5. Після повного подрібнення відпрацьованих шин необхідно отриману гумову крихту відокремити від побічних продуктів: рубаного металевого корту і текстильних відходів. Для цього використовуються магнітні та повітряні сепаратори.

6. На заключному етапі отримана гумова крихта пропускається через спеціальне вібросито (рис. 5.11), де відбувається поділ по фракціях. Отриманий матеріал фасується і відправляється на подальшу переробку.



Рисунок 5.10 – Роторні млини для подрібнення шин

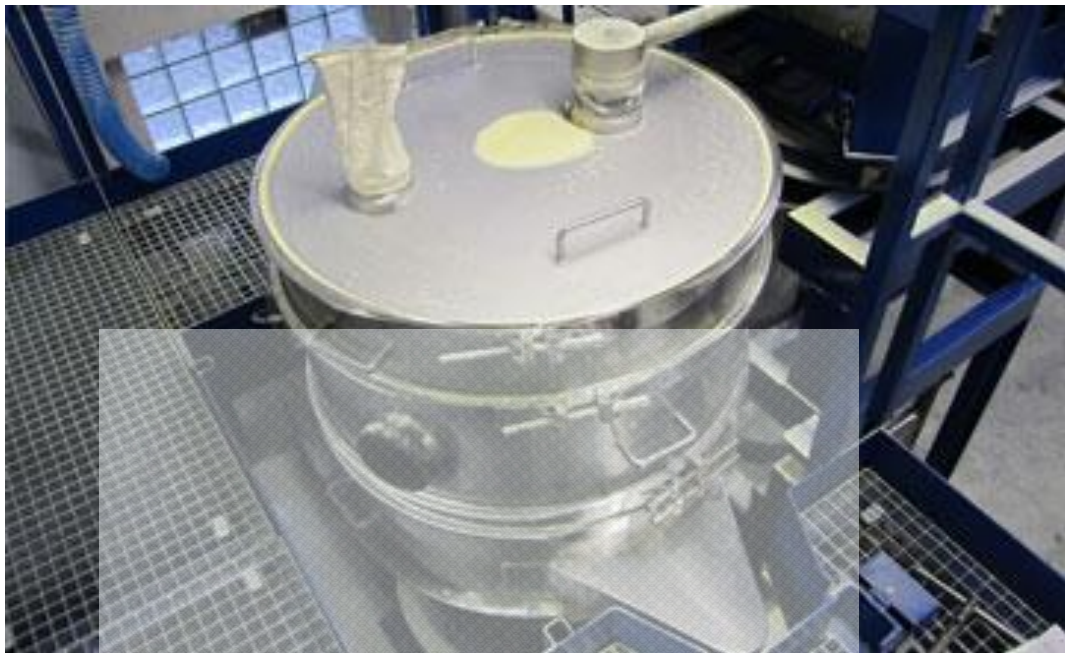


Рисунок 5.11 – Вібросито

Незважаючи на всю технологічність даного методу, в гумовій крихті, після такої переробки все таки можуть бути мілкі фракції металу, що буде в подальшому впливати на якість виробів, для яких призначена була гума крихта.

У 2019 році, українськими винахідниками було запропоновано удосконалений метод такого перероблення шин. В цілому, він не сильно відрізняється від класичного методу, вся новизна їхнього методу полягає у тому, що на самому першому етапі відпрацьована покришка потрапляє на лінію і проходить через кілька датчиків. Вони визначають кількість металу і гуми, її шари. Після цього покришка розрізається на три частини: дві боковини і протектор. Потім протектор, де зосереджена велика частина металу, поміщається в індуктор. Індуктор працює за принципом мікрохвильової печі: нагріває метал всередині гуми, не пошкоджуючи і не перегріваючи гуму. Витягнутий метал за допомогою ультразвуку очищається від тліючих залишків гуми. При нагріванні також утворюється газ, який



можна використовувати для опалення або охолодження системи переробки. У покриві знаходиться надмірна дорога сталь, яка має високу ліквідність. Її можна використовувати або продавати.

Потім гума потрапляє в шредери, а потім в центрифугу, де відділяється від текстилю. На фінальній стадії лінія виробляє гумову крихту діаметром одна тисячна міліметра.

Найпоширеніше застосування гумової крихти це створення різного роду гумових покриттів, які призначені для дитячих ігрових майданчиків, відкритих спортивних майданчиків, бігових доріжок, тенісних кортів та інших об'єктів для різних видів спорту (рис. 5.12). Так само, безшовні покриття з крихти широко застосовуються для облаштування пішохідних зон, як покриття де відсутнє ковзання для входів та сходів.

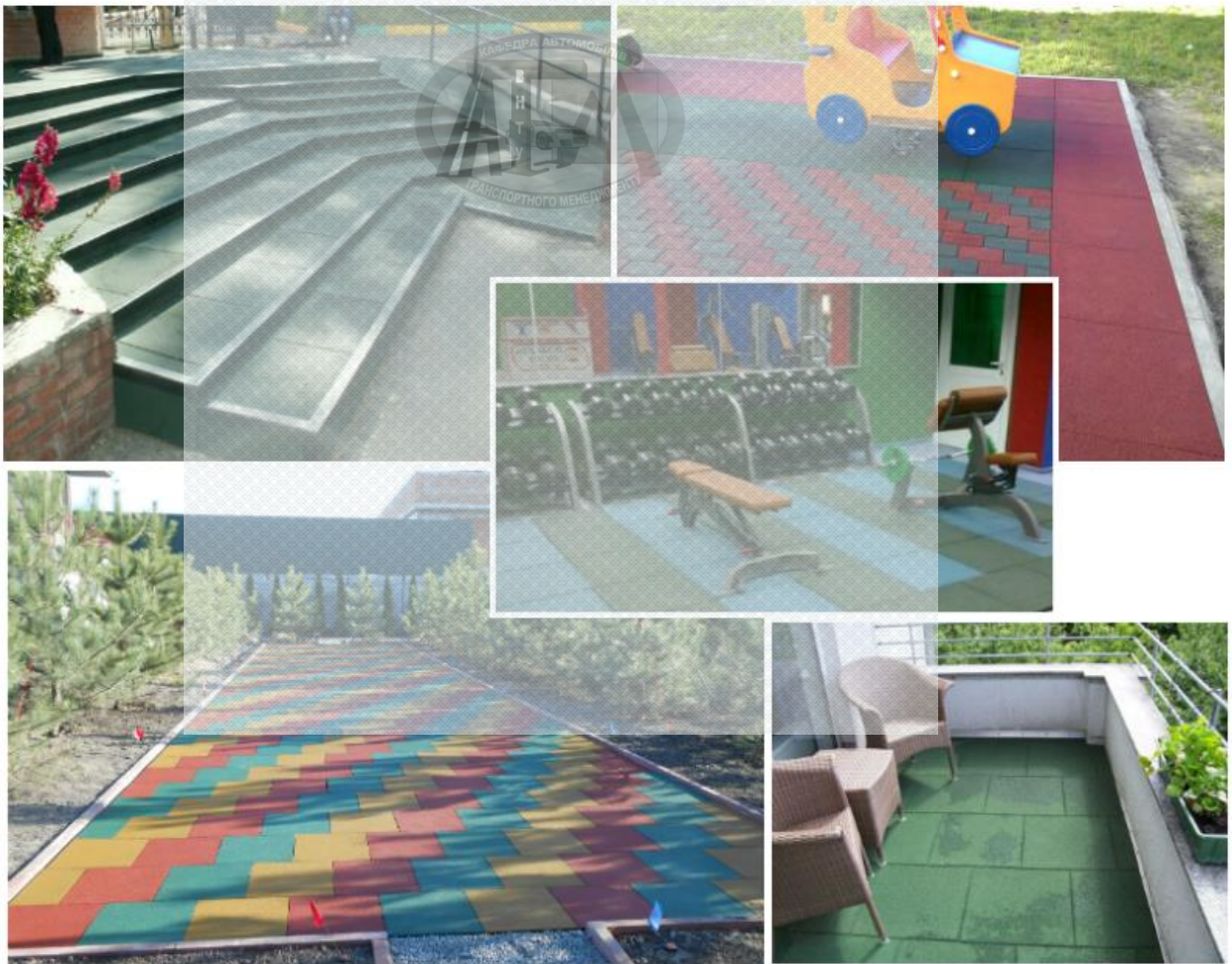


Рисунок 5.12 – Сфери застосування гумових покриттів, виготовлених з перероблених шин

## 5.5 Висновки за розділом 5

1. Шкідливі та токсичні викиди збурюючих речовин з динамічної системи «колесо - дорога» по негативному впливу на довкілля мають такий же рівень, як викиди з ДВЗ.

2. Визначені проблеми в процесі утилізації автомобільних шин.

3. Успішними акцентами діяльності по захисту довкілля та ресурсозбереженню є повторне використання матеріалів відпрацьованих шин для створення нових рушіїв, а також виготовлення предметів для дому та спорту.



## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Аналіз умов праці

Аналізуються умови праці на шиноремонтній дільниці. При виконанні ремонту на робітників можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори [23,24]. До них належать:

- наявність в повітрі робочої зони шкідливих аерозолів та газів;
- підвищення або пониження температури;
- застосування високих напруг;
- підвищений рівень вібрації і шуму;
- недостатня освітленість робочої зони;
- наявність теплового випромінювання.

Психофізіологічні: фізичні перевантаження; нервово-психічні перевантаження (монотонність роботи, емоційні перевантаження).

Організація та проведення робіт на дільниці, розташування та експлуатація устаткування повинні відповідати Правилам з техніки безпеки і виробничої санітарії при проведенні робіт [15].

### 6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

#### 6.2.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Мікроклімат нормується в залежності від категорії робіт та періоду року, від того постійне чи непостійне робоче місце. Мікроклімат характеризується наступними показниками:  $T$  - температура повітря,  $t^{\circ}\text{C}$ ;  $I$  - відносна вологість повітря,  $W, \%$ ;  $V$  - інтенсивність теплового опромінення,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ; - швидкість руху повітря,  $\text{м}/\text{с}$ . Параметри мікроклімату наведені в табл. 4.1 [15] за ГОСТ 12.1.005-88.

Категорія робіт Пб - енерговитрати 200-250 ккал/год (233-290Вт).

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Категорія робіт	Період року	Температура, °С					Відносна вологість, %;		Швидкість руху, м/с;	
		Оптимальна	Допустима верхня		Допустима нижня		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Постійне робоче місце	Непостійне робоче місце	Постійне робоче місце	Непостійне робоче місце				
Пб	Холод.	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	>0,4
Пб	теплій	20-25	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5

Таблиця 6.2 – Шкідливі речовини та їх ГДК

Відсоток опромінення поверх тіла людини	Більше 50	25-30	Менше 25
Допустима інтенсивність теплового опромінення, Вт/м <sup>2</sup>	35	70	100

Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинна перевищувати встановлених норм.

Для вилучення шкідливих викидів від місць їх виникнення необхідно встановити місцеві відсмоктувачі. Аварійна вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну не нижче загально обмінної. Забороняється працювати у виробничих приміщеннях де виділяються шкідливі речовини при несправній або відключеній вентиляції.

ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони приведені в табл. 6.3.

Викиди в атмосферу із системи вентиляції слід розташовувати на відстані від приймальних пристроїв не менше 10 м по горизонталі, або 6 м по вертикалі при цьому горизонтальній відстані менше 10м. Викиди із систем місцевих відсмоктувачів слід розміщувати на висоті не менше 2 м над найвищою точкою кривлі, а викиди аварійної вентиляції - не менше 3 м від рівня землі.

Таблиця 6.3 – Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпеки
	Максимально разова	Середньо добова	
Бензин	5	1,5	4
Ацетон	0,35	0,35	4
Спирт метиловий	1	0,5	3
Уайт-спірит	3	1	4
Толуол	0,6	0,6	3

Кількість повітря, необхідного для розчинення шкідливих аерозолів до ГДК при повинна бути не менше 38700 м<sup>3</sup>/кг при швидкості руху створюваного місцевими витягами > 1,3 м/с. У приміщенні використовується приточно-витяжні системи вентиляції й місцеві витяги. Повітроводи повинні систематично очищатися від пилу, щоб кількість зваженого в повітрі й осілого пилу не могли створити вибухонебезпечні повітряні суміші в об'ємі більш 1% від об'єму приміщення.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані опаленням та загальнообмінною вентиляцією.

Для обігріву і створення у приміщеннях показників мікроклімату повинно застосовуватись опалення. Передбачається водяна система опалення, яка повинна забезпечувати рівномірне прогрівання повітря в приміщеннях, можливість місцевого регулювання або вимикання, зручність у експлуатації і доступ до ремонту.

### 6.2.2 Виробниче освітлення

Природне освітлення нормується за СНіП II-4-79. Відповідно до [15] природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення - (КПО) або е.

$$e = E_{\text{вн}}/E_{\text{зов}} * 100\%, \quad (6.1)$$

де  $E_{\text{вн}}$  – внутрішня природна освітленість у приміщенні в місці, що розглядається, лк;  $E_{\text{зов}}$  – зовнішня природна освітленість дифузним світлом всього небосхилу, замірена одночасно з  $E_{\text{вн}}$ , лк.

Для умов, що розглядаються в проекті (розряд робіт (IV), система природнього освітлення (бокове,), пояс світлового клімату (IV)), нормативне значення коефіцієнта  $e^{\text{III}}_{\text{min}}$ , для IV-го поясу світлового клімату дорівнює 1,5 [2,16] (Додаток В). Для світлових поясів IV, V:

$$e^{\text{IV,V}} = e^{\text{III}} \cdot m \cdot c = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,01 \quad (6.2)$$

де  $m$  і  $c$  – відповідно, коефіцієнти світлового та сонячного клімату, значення яких наводяться в [2,16].

Штучне освітлення. Нормується величина освітленості  $E$  в люксах [14,15].

Для умов, що розглядаються в проекті (розряд робіт (IV), підрозряд робіт (б)), система освітлення (комбіноване), тип джерела освітлення – люмінісцентні, світлодіодні, нормативне значення освітленості 500 лк [14,15].

Для забезпечення наведеного значення  $E$  передбачено: люмінісцентні лампи типу SGF21 потужністю – 21 Вт і світловим потоком 1677 лм; переносний світлодіодний ліхтар типу AHL361, світловим потоком 36-90 лм.

### 6.2.3 Виробничий шум.

Відповідно до СНіП II-12-77 [14,15] нормуються допустимі рівні звукового тиску  $L=20lg(P_1/P_0)$ , дБ ( $P_1$  – середньоквадратичне значення звукового тиску, Па за період часу, що розглядається, і  $P_0$  – значення звукового тиску на нижньому порозі чутливості в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц) залежно від частоти, характеру

робіт і характеру шуму (нормування за граничними спектрами – ГС), або допустимі рівні звуку  $L_A=20lg(P_A/P_0)$ , дБа ( $P_A$  – середньоквадратичне значення звукового тиску з урахуванням корекції А шумоміра) залежно від характеру робіт і характеру шуму (Додаток Д).

Для умов, що розглядаються в проекті, чи умов виконання роботи (шино монтажні роботи, шум електромагнітного та механічного походження) допустимі рівні звукового тиску повинні відповідати ГС, а рівні звуку  $L_A$  не повинні перевищувати 80 дБа - дивись табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкополосного (тонального) шуму за ГОСТ 12.1003-83

Характер Робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБа
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для тонального і непостійного шуму допустимі значення  $L$  та  $L_A$  на 5 одиниць менші.

Джерелами шуму в умовах, що розглядаються в роботі, є: шиномонтажний стенд, балансувальний стенд, стенд для рихтування дисків, компресор.

Очікуваний рівень шуму дорівнює: 85 дБ.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено: установка компресора в окреме приміщення, та звукоізоляція цього приміщення.

#### 6.2.4 Виробничі вібрації

Відповідно за ГОСТ 12.1.012-90 [14,15] нормуються допустимі величини віброшвидкості (м/с) чи віброприскорення (м/с<sup>2</sup>), або логарифмічні рівні віброшвидкості  $L=20\lg(V1/V0)$ , дБ ( $V1$  – середньоквадратичне значення віброшвидкості за повний період часу, м/с,  $V0 = 5 \cdot 10^{-8}$ , м/с – вихідне значення віброшвидкості) залежно від частоти коливань, їх виду (транспортні, транспортно-технологічні, технологічні, вібрації робочого інструменту чи робочих місць), напрямку (X, Y, Z) і часу дії протягом зміни.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, є компресор.

Можливі параметри вібрацій, виходячи з вібраційних характеристик компресора, знаходяться в межах 70-92 дБ.

Для умов, що розглядаються в проекті параметри вібрацій не повинні перевищувати логарифмічні рівні вібрації, 108 дБ за умови, що компресор в іншому приміщенні, або 115 дБ – якщо компресор знаходиться локально в приміщенні [14,15].

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: установка компресора в окреме приміщення, та звукоізоляція цього приміщення; установка резинових подушок на ніжки компресора, що може знизити шум до 70 дБ.

### 6.3 Технічні рішення щодо безпечного виконання робіт

#### 6.3.1 Техніка безпеки

Безпека щодо організації робочих місць регламентується інструкцією розробленою на основі Правил охорони праці України від 13.01.97 № 5, також визначає обов'язки монтувальників шин, установлює вимоги безпеки при виконанні шиномонтажних робіт.

Проведення шиномонтажних робіт (зняття і установлення коліс на транспортні засоби, монтаж і демонтаж шин) на підприємстві повинно здійснюватися на спеціально відведеній ділянці (посту) із застосуванням



спеціального устаткування, пристроїв та інструменту, передбачених технологічною документацією.

Робота на ділянці монтування шин повинна проводитися тільки при працюючій загальнообмінній припливно-витяжній вентиляції.

При виконанні робіт монтувальник шин повинен працювати тільки в спецодязі, спецодяг слід використовувати за своїм призначенням.

Під колеса, що не підіймаються, необхідно підкласти упорні колодки не менше двох, а під вивішену частину автомобіля - спеціальну підставку (козелок).

В автобусів, які обладнані пневморесорами, для зняття (установлення) колеса після вивішування (підіймання) кузова і встановлення під нього підставки необхідно підійняти задню або передню вісь і встановити під нею другу підставку.

В'їзд (виїзд) в приміщення і постановка автомобілів на шиномонтажний пост повинні здійснюватися з дозволу та під керівництвом відповідальної особи (бригадира, майстра, начальника ділянки).

Перед зняттям колеса необхідно перевірити положення замкового кільця, ослабити затягнення гайки, автомобіль вивішити на спеціальному підйомнику або за допомогою іншого підйимального механізму (спеціальних пристроїв для підіймання автобуса безпосередньо за диск колеса, домкрату тощо).

Плунжер гідравлічного, пневматичного підйомника у робочому (піднятому) положенні повинен бути надійно зафіксований упором (штангою), що гарантує неможливість довільного опускання підйомника.

Перед виважуванням частини автомобіля домкратом (спеціальним пристроєм для підіймання автобуса безпосередньо за диск колеса тощо) необхідно встановити його на горизонтальну неслизьку площадку, зупинити двигун (крім випадків накачування або підкачування шин від компресора автомобіля), включити знижену передачу, загальмувати автомобіль стоянковим гальмом.

### 6.3.2 Електробезпека

Зона шиномонтажу відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом (струмопровідні підлоги).

Для захисту людей від небезпеки ураження електричним струмом використані такі технічні засоби захисту: виконане занулення корпусів електричних машин, електричних апаратів, освітлювачів, каркасів розподільчих щитів, щитів керування, металевих кабельних конструкцій; блокування рубильника, пускачів електроприладів.

## 6.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація (НС) — порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єктах або територіях, спричинене аварією, катастрофою, епідемією, стихійним лихом, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосуванням засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських і матеріальних втрат, а також велике зараження людей і тварин.

### Розрахункова частина.

Проведемо оцінку можливості евакуації частини міста з використанням рухомого складу КП «Вінницька транспортна компанія». Чисельність населення 9000 чоловік. Відстань до пункту евакуації 60 кілометрів. Середня швидкість руху 70 км/год.

На сьогоднішній день автобусний парк комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» нараховує 58 автобусів великого класу та 8 автобусів малого класу (табл. 6.5).

Розрахунок необхідної кількості автобусів

Проведемо розрахунок кількості людей, яких можна евакуювати за одну їзду усім рухомим складом підприємства:

$$N_{\text{люд.}} = \sum n_{\text{пасаж}} \cdot n_{\text{авт}} \quad (6.3)$$

де  $n_{\text{авт}}$  – загальна кількість автобусів,  $n_{\text{пасаж}}$  – загальна пасажиромісткість автобусів.

$$N_{\text{люд}} = 100 \cdot 23 + 106 \cdot 35 + 43 \cdot 8 = 6354 \text{ (осіб)}$$

Таблиця 6.5 – Характеристика парку КП «Вінницька транспортна компанія»

Марка автобуса	Пасажиромісткість люд.	Середня швидкість руху км/год	Кількість автобусів, шт
ЛАЗ-А183 D1	100	70	6
ЛАЗ-А183 FO	100		2
Богдан А70110	100		15
Богдан А70130	106		5
Богдан А70132	106		30
Богдан А 092 G6	43		8

Отже за першу хвилю автобусний парк зможе евакуювати 6354 людей задіявши 66 автобусів. Далі проведемо розрахунок кількості автобусів для евакуації решти жителів міста ( $9000 - 6354 = 2646$  людей).

Залишається евакуювати 2646 людей. В автопарку є автобуси Богдан А70130 та Богдан А70132, їх найдоцільніше використати для подальшої евакуації населення, оскільки їх найбільше у автобусному парку та їх пасажиромісткість найбільша. Розрахуємо необхідну кількість автобусів:

$$n_{\text{авт}2} = N_{\text{люд.2}} / n_{\text{пасаж}}, \quad (6.4)$$

де  $N_{\text{люд.2}}$  – кількість людей, яка залишилася після першої хвили евакуації 2646 людей,  $n_{\text{пасаж}}$  – загальна пасажиромісткість автобуса Богдан А70132.

$$n_{\text{авт}2} = 2646 / 106 \approx 24,96 \text{ автобусів.}$$

Приймаємо  $n_{\text{авт}2} = 25$  автобусів. Отже, евакуацію доцільно провести всім рухомим складом підприємства в дві хвили, при цьому повторно задіяти ще 25 автобусів Богдан А70132.

Розрахунок необхідного часу для евакуації населення міста.

Проведемо розрахунок потрібного часу для першої хвили евакуації населення міста:

$$t_{\text{еваку}1} = S/\vartheta, \quad (6.5)$$

де –  $S$  – відстань до пункту евакуації,  $\vartheta$  – середня швидкість руху.

$$t_{\text{еваку}1} = 60/70 = 0,85 \text{ год} = 52 \text{ хвилини}$$

Для першої хвили евакуації необхідно 52 хвилини, проте слід врахувати ще час на посадку висадку пасажирів 10хв. Отже, час на евакуацію першої хвили буде 62 хвилини.

Проведемо розрахунок потрібного часу для другої хвили евакуації населення міста:

$$t_{\text{еваку}2} = (S \cdot 2)/\vartheta, \quad (6.6)$$

де –  $S \cdot 2$  – відстань до пункту евакуації з урахуванням того, що 25-м автобусам потрібно повернутися до місця посадки людей.

$$t_{\text{еваку}2} = (60 \cdot 2)/70 = 1,71 \text{ год} = 104 \text{ хв}$$

Для другої хвили евакуації необхідно 104 хвилини, проте також слід врахувати ще час на посадку висадку пасажирів 10хв. Отже, час на евакуацію другої хвили буде 114 хвилини. Загалом на евакуацію потрібно затратити  $62\text{хв} + 114\text{хв} = 176$  хв илин або 2 год 56хв илин.

Отже, для евакуації 9000 чоловік, потрібно буде провести 2 хвили евакуації. При першій хвили задіяти весь автобусний парк КП «Вінницька транспортна компанія», а саме 66 автобусів, для другої хвили евакуації – 25 автобусів. Орієнтовано, для евакуації усього населення необхідно 2 год 56хв.

## ВИСНОВКИ

У першому розділі розглянуто основні напрями діяльності КП «ВТК». Виконаний аналіз структури рухомого складу автобусів. Досліджено можливі джерела щодо ініціювання зменшення порушень стійкості руху автобусів на місцевих маршрутах Вінниці.

У другому розділі проведений розрахунок виробничої програми з технічної експлуатації автобусів КП «ВТК».

Третій розділ присвячений аналітичному дослідженню чинників виникнення і розвитку процесів зношування та руйнування еластичних рушіїв автобусів. Розглянуто особливості кочення автомобільних шин з відведенням. Виокремлено механізм зміни технічного стану еластичних рушіїв, яка порушує працездатність коліс.

Було досліджено вплив різних етапів життєвого циклу еластичного рушія на навколишнє середовище і життєдіяльність людини. Шкідливі та токсичні викиди збурюючих речовин з динамічної системи «колесо - дорога» по негативному впливу на довкілля мають такий же рівень, як викиди з ДВЗ. Визначені проблеми в процесі утилізації автомобільних шин. Успішними акцентами діяльності по захисту довкілля та ресурсозбереженню є повторне використання матеріалів відпрацьованих шин для створення нових, виготовлення предметів для дому та спорту.

Таким чином, значуще підвищення ефективності виконання функцій перевезення пасажирів автобусами КП «ВТК» може бути досягнуто за рахунок наведених нижче дій по управлінню працездатністю еластичних рушіїв.

1. Треба врахувати дієвість некерованих ВТК факторів, які повинні вірно вибрати спеціалісти КП (знос та руйнування дороги, організація руху і аварійності на дорозі, вчасна реакція на природні негаразди тощо ).

2. Кваліфіковано виконувати у ВТК всі необхідні для працездатності шин технічні впливи (вибір рушіїв, діагностування і регулювання кутів

установки коліс та їх балансування, перманентний контроль: виду і величини зносу протектора та руйнування рушія, навантаження на колеса і відведення здвоєних коліс, геометрії та розподілу мас компонентів кузова, які впливають на силовий баланс руху, тощо).

3. Контролювати у ВТК і частково управляти наступними факторами: швидкістю руху КТЗ, стилем керування водія, навантаженням автобуса.

4. Ураховувати результати аналізу актів списання шин, які перманентно виконують провідні спеціалісти ВТК, щодо технічного стану та причин виведення рушіїв з експлуатації і корегувати управління працездатністю коліс.

5. Відстежувати своєчасність здачі шин на утилізацію.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Соляник К. В. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року: основні положення, пріоритети та питання практичної реалізації. Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2022. С. 20-21.

2. Климпуш О. Д. Стан, проблеми, тенденції автомобільного транспорту як підґрунтя до розвитку автомобільної галузі. Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2022. С. 22-24.

3. Про важливий досвід наукового дослідження та практичного зниження аварійності на автодорогах Німеччини / Хорст Бруннер та інші. Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2022. С. 31-33.

4. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05. 04. 2001 р. № 2344ІІІ // Відомості Верховної Ради України. 2001. № 22.

5. Велісевич М. К., Поспішна О. В. Концептуальні аспекти запровадження в Україні критеріїв якості послуг пасажирського автомобільного транспорту з використанням досвіду Євросоюзу. Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2022. С. 56-59.

6. Свіргун А. В., Макаров В. А. До аспекту аналізу перспективної зміни структури колісного транспортного засобу. Матеріали XI-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 13-14 квітня 2023 року: збірник наукових праць. Міністерство освіти і науки України, Вінницький

національний технічний університет [та інш.]. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 305-307.

7. Макаров В.А., Хребет, В.М., Дугельний В.Г. Про один підхід до оцінки впливу жорсткісної неоднорідності еластичної пневматичної шини на стійкість руху дорожнього транспортного засобу. Вісник Центрального наукового центру Транспортної академії України. 2000. Вип. 3. С. 95–96.

8. Вербицький В.Г., Макаров В.А., Костенко А.В. До питання про вплив розташування шин із жорсткісною неоднорідністю на курсову стійкість руху легкового автомобіля. Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. 2007. №2. С. 7 – 15.

9. Макаров В.А., Костенко А.В., Петров О.В., Кулієв Р.А. Лабораторія для дослідження властивостей пневматичних автомобільних шин. Вісник ДонНАСА. 2005. Вип. 7 (55). С. 101 – 104.

10. Кукурудзяк Ю.Ю., Рудь О. В., Кукурудзяк Л.В. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту: навч. пос. Вінниця: ПП «Едельвейс і К», 2010. 336 с.

11. Вербицький В.Г., Макаров В.А., Костенко А.В. Дослідження курсової стійкості руху легкового автомобіля при зміні вертикального навантаження на шини з жорсткісною неоднорідністю. Автошляховик України: Окремий випуск. Вісник Центрального наукового центру ТАУ. – 2007. Вип. 10. С. 133 –138.

12. Макаров В.А., Костенко А.В., Петров О.В. До питання про забезпечення стійкості руху автомобіля шляхом використання шин з перемінною або різною жорсткістю. Управління проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал. 2005. №2 . С. 83 – 87.

13. Willumeit H.P. Modelle und Modellierungsverfahren in der Fahrzeugdynamik / von Hans-Peter Willumeit. – Stuttgart; Leipzig: Teubner, 1998. – 404 s.

14. Шифрин Б.М. Моделювання взаємодії пневматика з дорожнім покриттям. Держ. льотна академія України.-Кіровоград, 2007. 14с.



15. Правила дорожнього руху України відповідно до постанови Кабінету Міністрів України №790 від 09.11.2016, №151 від 22.03.2017, №660 від 30.08.2017, №883 від 10.11.2017, №860 від 15.11.2017, №553 від 11.07.2018.

16. Поліпшення курсової стійкості руху легкового автомобіля за підтримки еластичних рушіїв : монографія [Електронний ресурс] / В. А. Макаров, Т. В. Макарова, Д. В. Борисюк, О. В. Вдовиченко ; за заг. ред. В. А. Макарова. Вінниця : ВНТУ, 2022.

17. Pacejka H.B. The magic formula tyre model/H.B. Pacejka, E. Bakker//Prog. IstCollog. Models for Vehicle Dynamic Analysis. Delft, 1991.– Amsterdam: Swits and Zeitlinger. – P.1- 13. P. Zeranski. Das Reifenmoment, Tire moment. Dresden Technische Universität, Germany DR. 5 p. Kraftfahrzeugtechnik, July 1973, s. 211–215.

18. Петрук В.Г., Прокопенко В.О., Турчик П.М. Оцінка впливу на навколишнє середовище шинної промисловості.иЗбірник матеріалів II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. Вінниця, 2009. С. 73-76.

19. Сергієнко М.І., Васильченко А.І., Веремєнко М.П. Проблема утилізації автомобільних шин та шляхи її вирішення. Збірник наукових праць НТК «Енергетика. Екологія. Людина», розділ «Інженерна екологія». К., 2009. С. 338-341.

20. Клименко О. А. Прогнози розвитку автомобільного транспорту, споживання різних видів енергії, викидів забруднювальних речовин і впливу на довкілля на період до 2050 року за різними сценаріями соціально-економічного розвитку та підходами до державного регулювання. Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2022. С. 42-46.

21. Лисак Р. С., Самойленко І. В., Сингаївська І. В. Підвищення рівня екологічної безпеки транспортного підприємства методами дизайн-

мислення. Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2022. С. 92-94.

22. Чернега В. Ю.; Мамчур В. В.; Макаров В. А. До питання поглиблення дослідження ефективності функціонування системи «колесо-дорога». Матеріали XI-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 13-14 квітня 2023 року: збірник наукових праць. Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 344-346.

23. Про охорону праці : Закон України від 14.10 1992 р. № 2695-ХІІ.  
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>.



ДОДАТОК А  
«Ілюстративна частина»



# ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**Підвищення ефективності функціонування автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» шляхом вдосконалення заходів підтримки працездатності еластичних рушіїв**

Керівник роботи д.т.н., професор

Макаров В.А.

Розробив студент гр. 1АТ-21мз

Мамчур В.В.

**Мета дослідження** – визначення напрямів поліпшення стійкості руху автобусів в умовах міста Вінниці.

**Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:**

- аналіз діяльності КП «Вінницька транспортна компанія»;
- розрахунок виробничої програми КП «Вінницька транспортна компанія»;
- дослідження впливу зносу, руйнування та бічного відведення шин на курсову стійкість руху автобусів;
- оцінка впливу еластичних рушіїв на екологічні показники та ресурсозбереження;
- охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

**Об'єкт дослідження** – автобус, що рухається на еластичних шинах.

**Предмет дослідження** – аналіз зміни технічного стану та бічного відведення шини автобусів.

## Основні функції комунального підприємства

Забезпечення надання послуг з перевезення пасажирів наземним автомобільним та електротранспортом (тролейбус, трамвай, електробус)

Покращення рівня якості транспортних послуг

Забезпечення ефективного управління міським наземним транспортом загального користування

Створення максимально зручного середовища для його подальшого розвитку

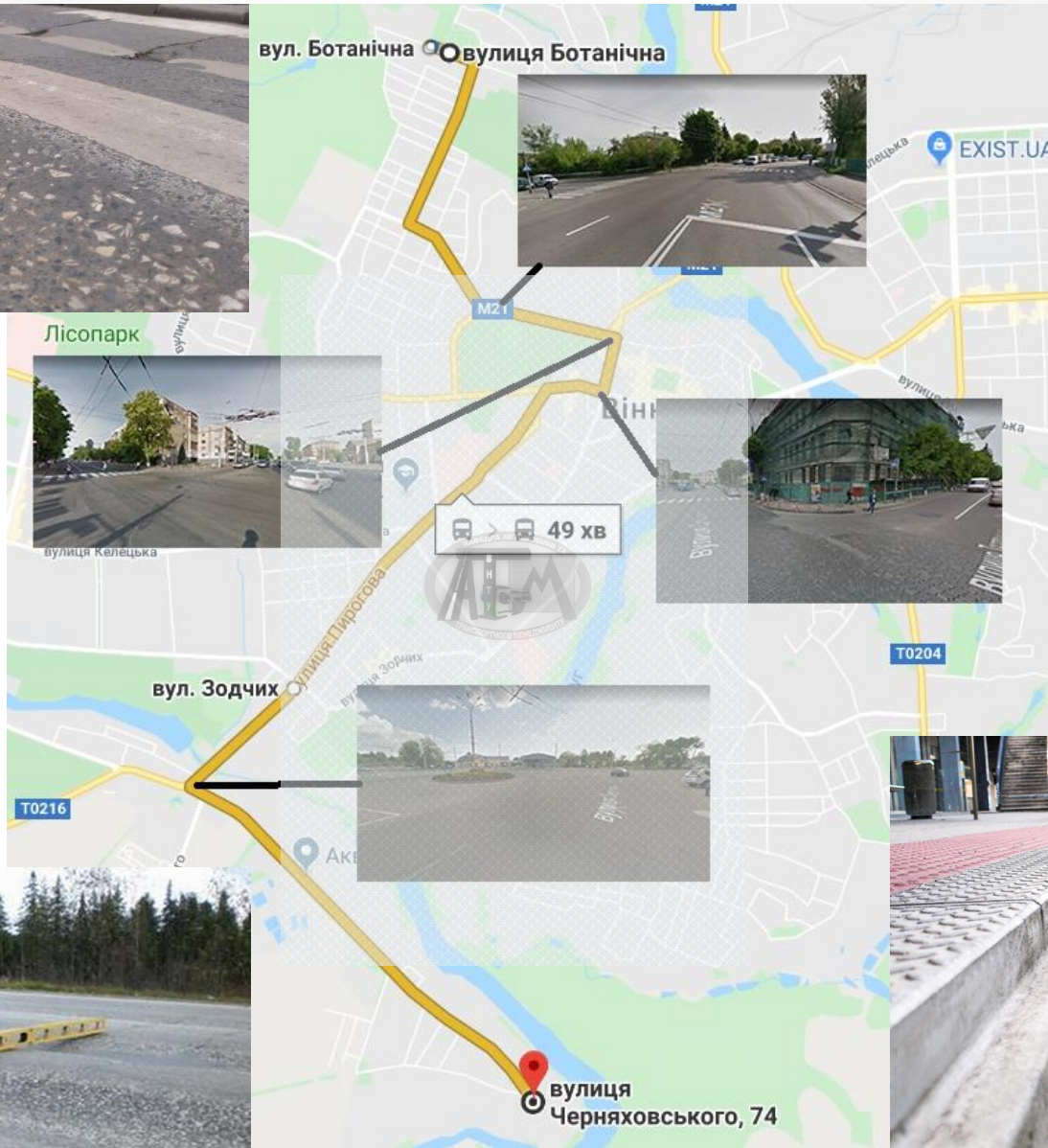
# ФРАГМЕНТ АВТОБУСНОГО ПАРКУ КП «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»



# ПЕРЕЛІК ВИПАДКОВИХ ЗБУРЮЮЧИХ ФАКТОРІВ НА МАРШРУТАХ

- Випадкові збуджуючі дії, які обмежують площу маневрування автобуса.
- Нанесення розмітки на дорогу
- Сезонне облаштування придорожньої території.
- Ремонт тролейбусних комунікацій.
- Проведення ремонтних робіт проїзної частини.
- Зупинка сторонніх автомобілів на автобусних зупинках
- Порушення профілю дорожнього покриття, внаслідок руху вантажного транспорту.
- Посторонні предмети на полосі руху автобуса.
- Небезпечні маневри інших учасників дорожнього руху.
- Просадка асфальту навколо люків та зливових каналізацій





## Фактори зносу шин

### Некеровані:

- Стан дорожнього покриття
- Природньо-кліматичні умови
- Умови руху

### Повністю керовані:

- Тип покришки
- Тиск в шинах
- Дисбаланс
- Торцеве биття
- Сходження коліс
- Повздовжній нахил шворня
- Поперечний нахил шворня
- Перекос вісей автобуса
- Люфти в підшипниках
- Люфти в механізмі рульового керування

### Частково керовані:

- Швидкість руху
- Манера водіння
- Навантаження на автобус

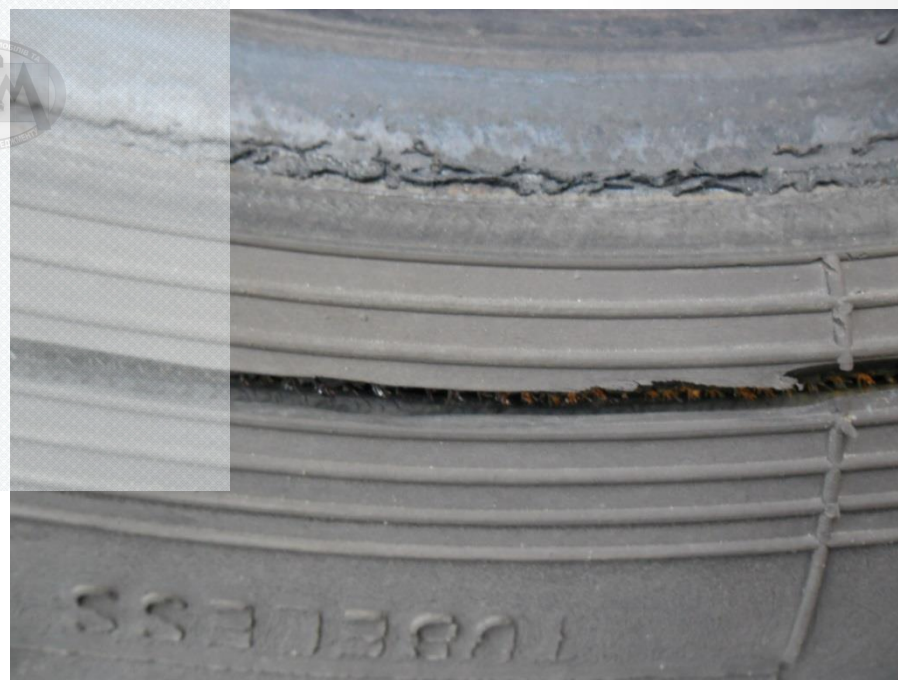
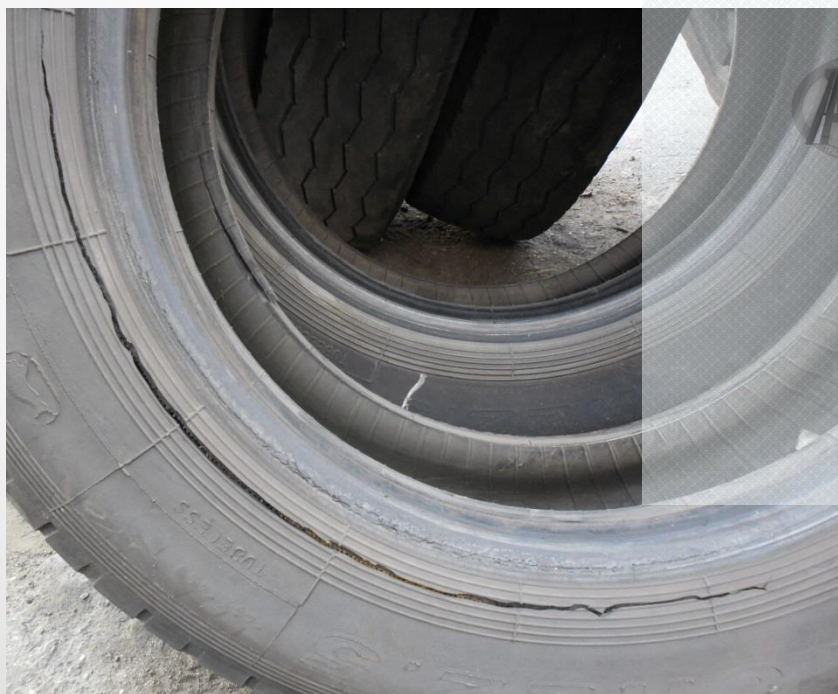
## ПРИКЛАДИ ПОШКОДЖЕНЬ ШИН

Бічний поріз шини об бордюр



# ПРИКЛАДИ ПОШКОДЖЕНЬ ШИН

Не своєчасно проведений ремонт шини



# Пилкоподібний знос

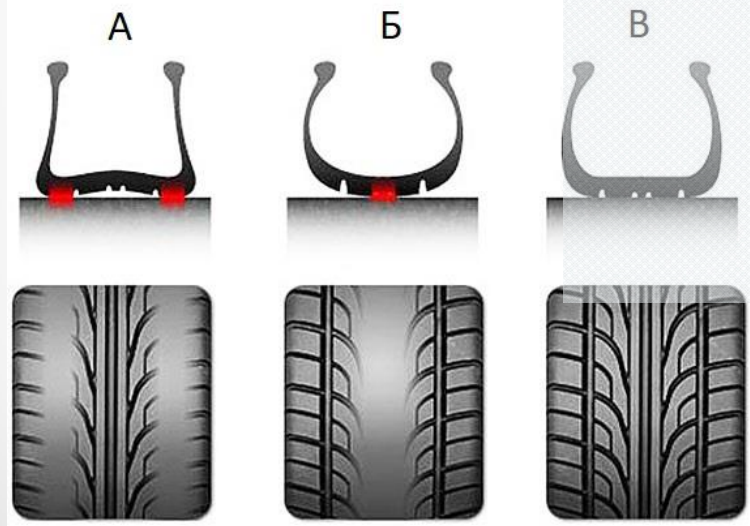
# ХАРАКТЕРНІ ВИДИ НЕРІВНОМІРНОГО ЗНОСУ ШИН



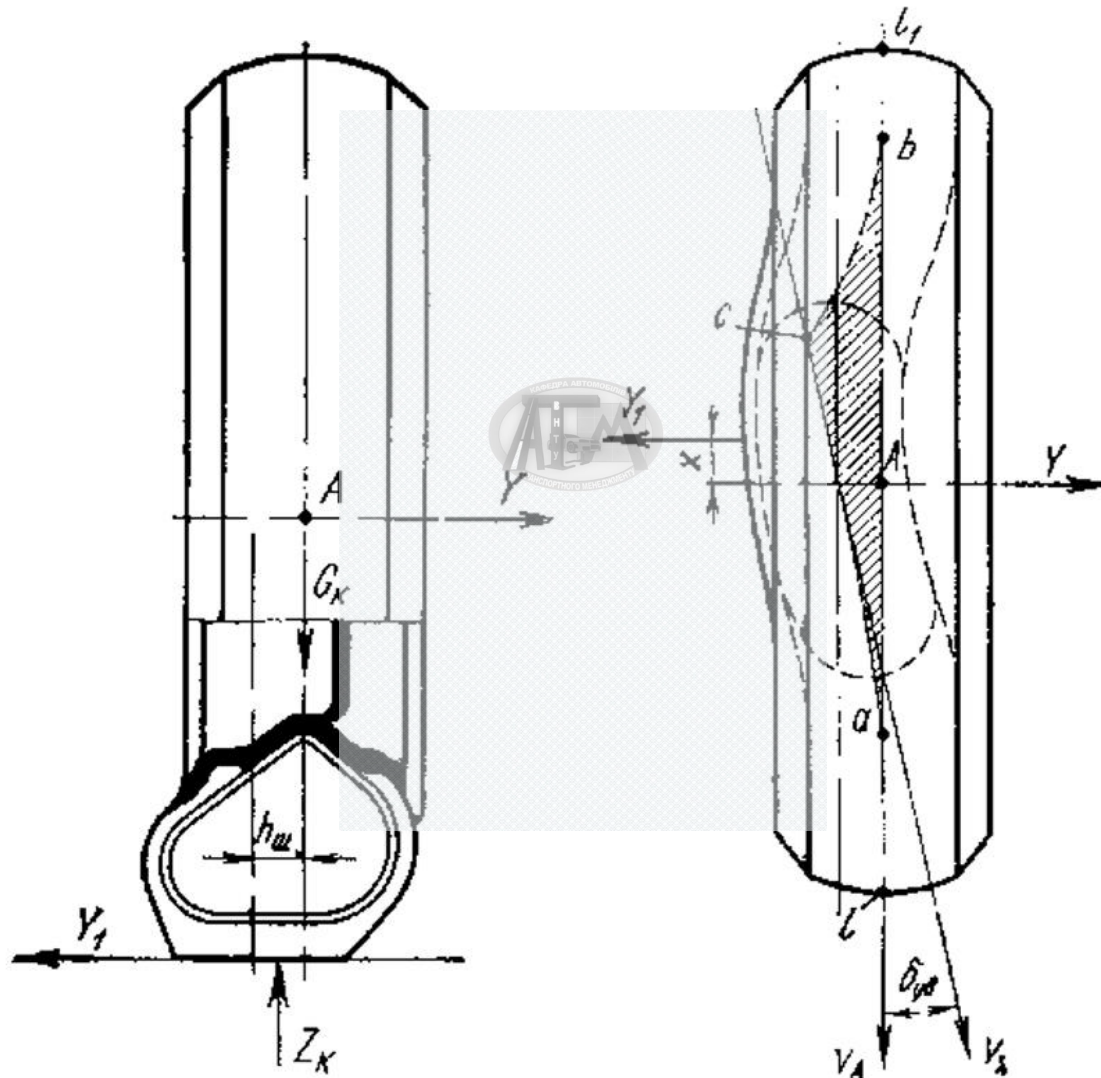
# Односторонній знос



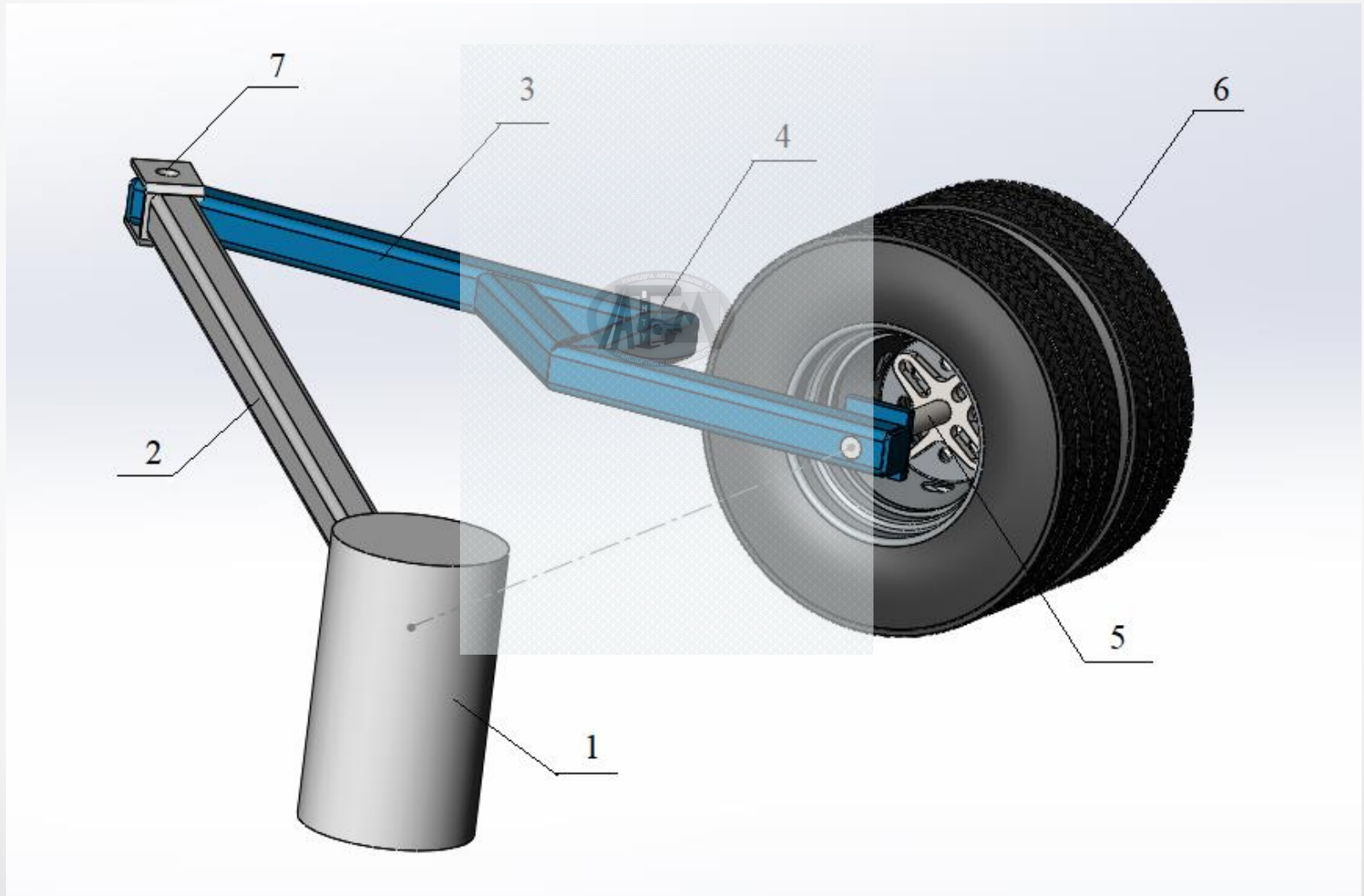
# Знос в залежності від ТИСКУ В ШИНІ



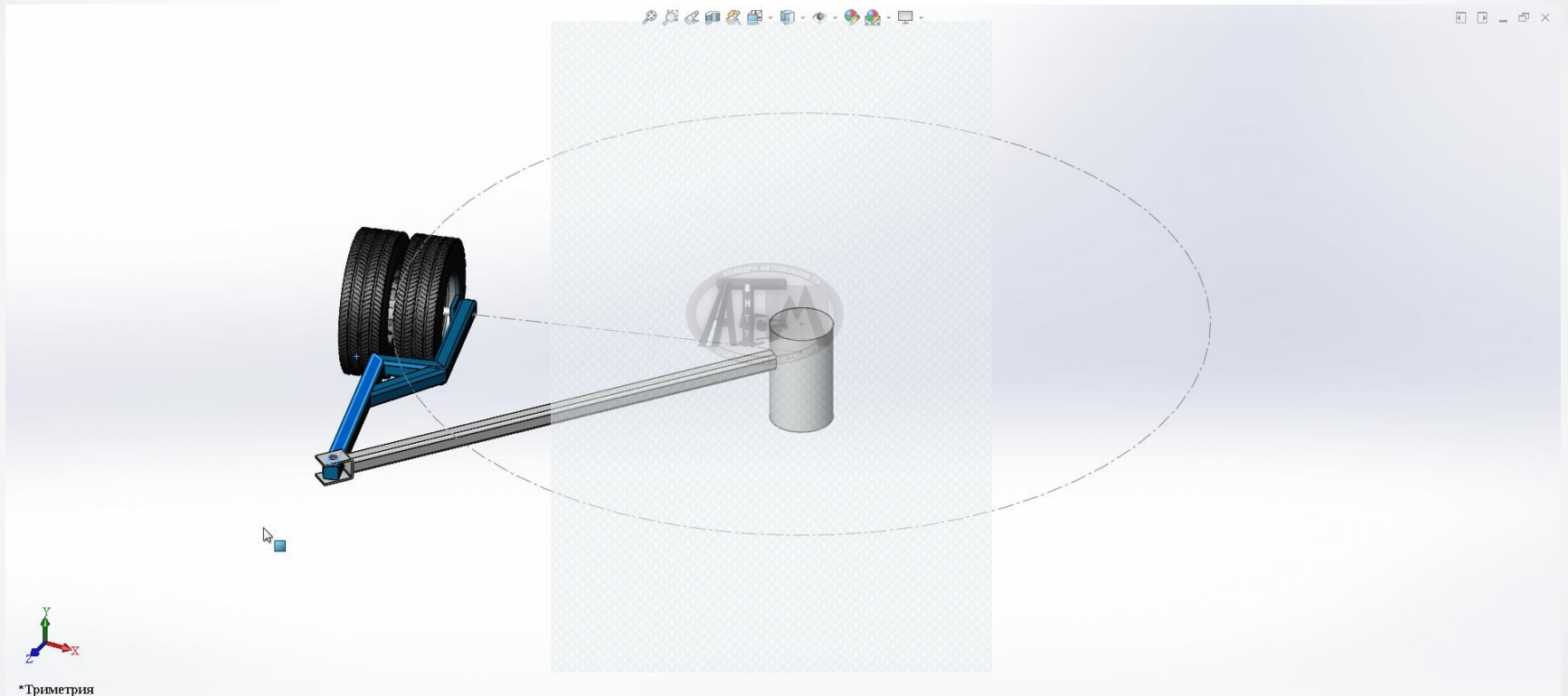
## БІЧНЕ ВІДВЕДЕННЯ КОЛЕСА



# СТЕНД КАРУСЕЛЬНОГО ТИПУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ЗДВОЄНИХ КОЛІС

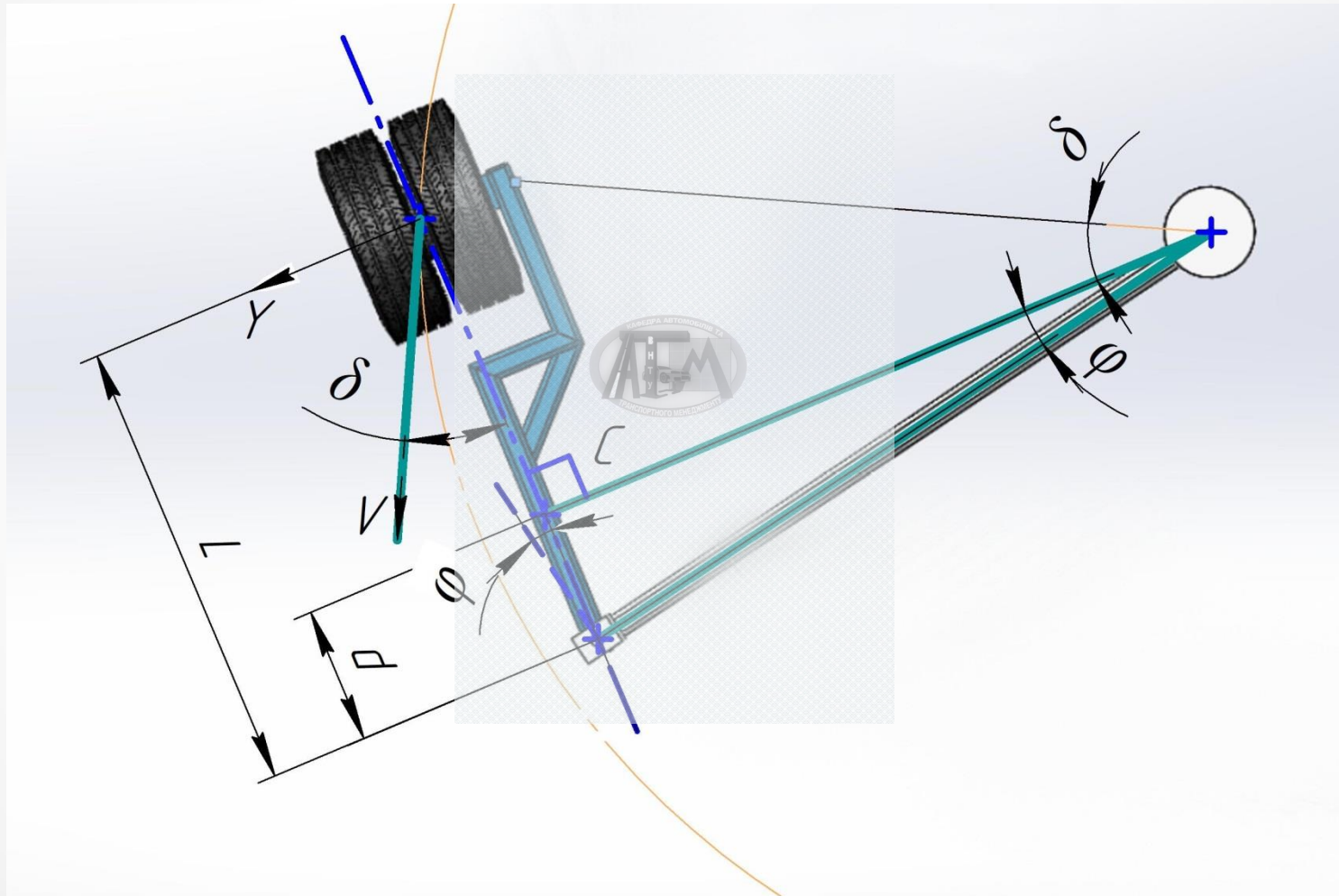


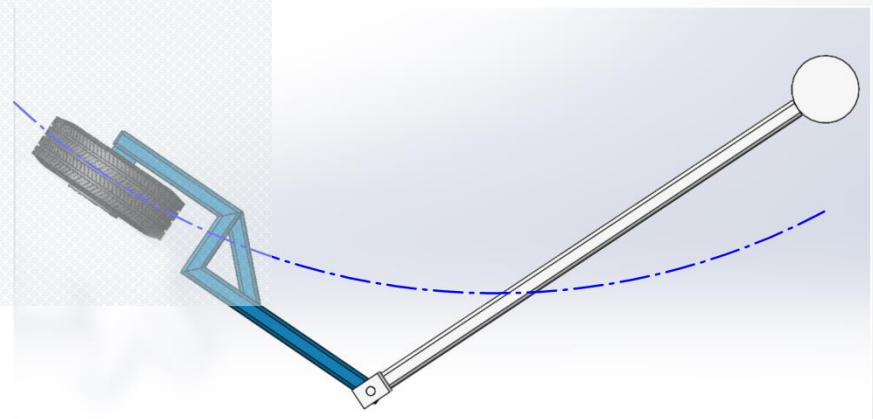
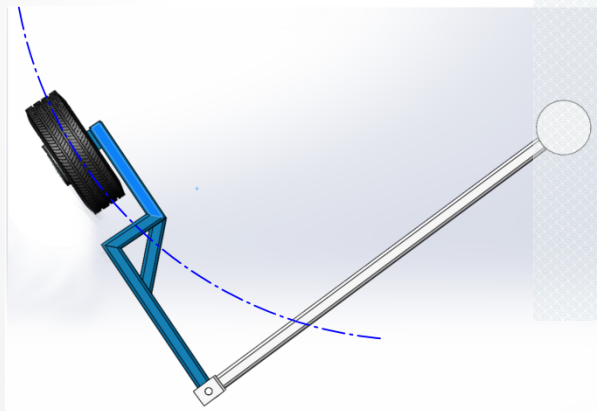
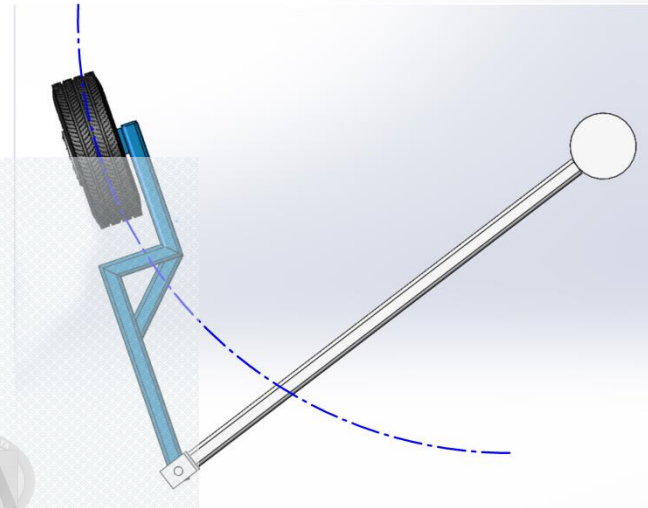
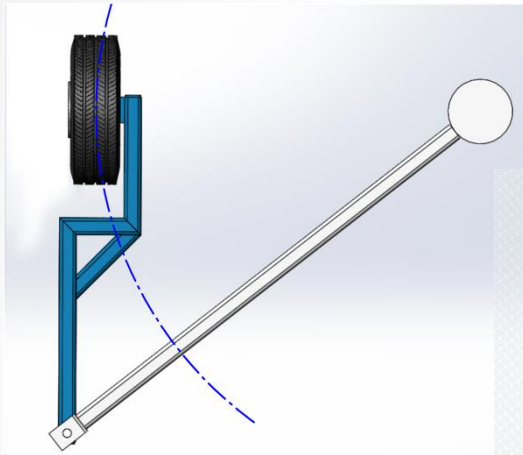
# ПРИНЦИП РОБОТИ СТЕНДА



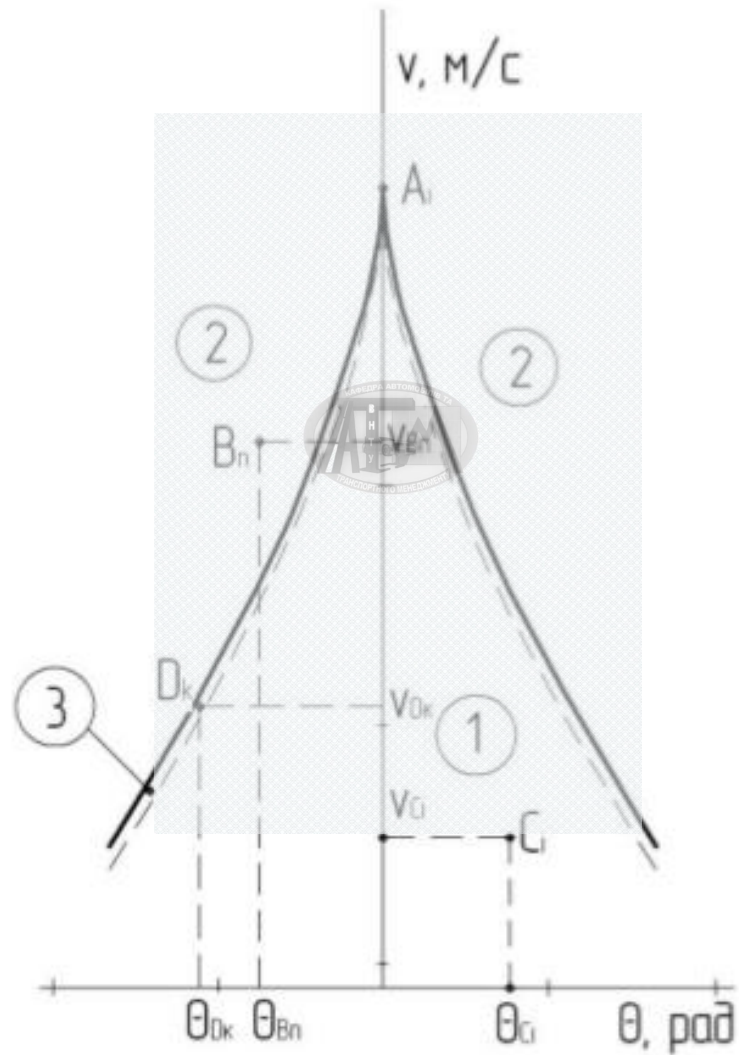


## ПАРАМЕТРИ, ЯКІ ВИМІРЮЮТЬСЯ





## БІФУРКАЦІЙНА МНОЖИНА



# МОДЕЛЮВАННЯ КОЧЕННЯ КОЛЕСА

Схема дії сил і реакцій  
при коченні колеса

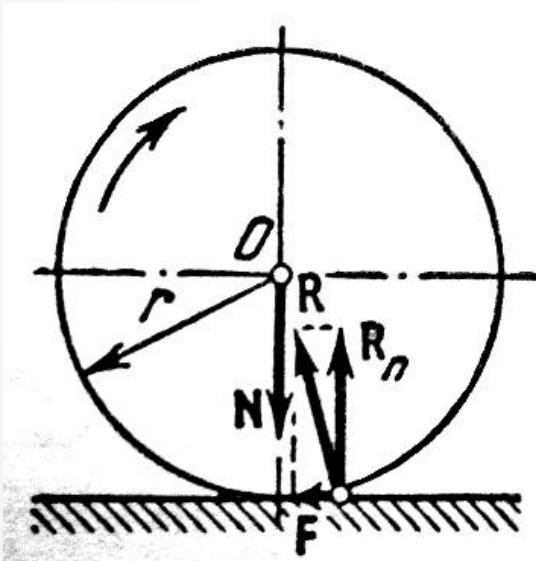
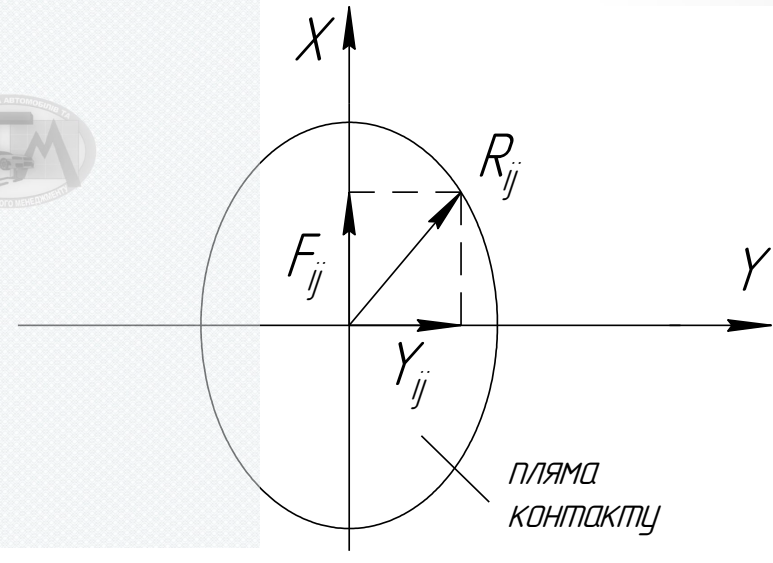
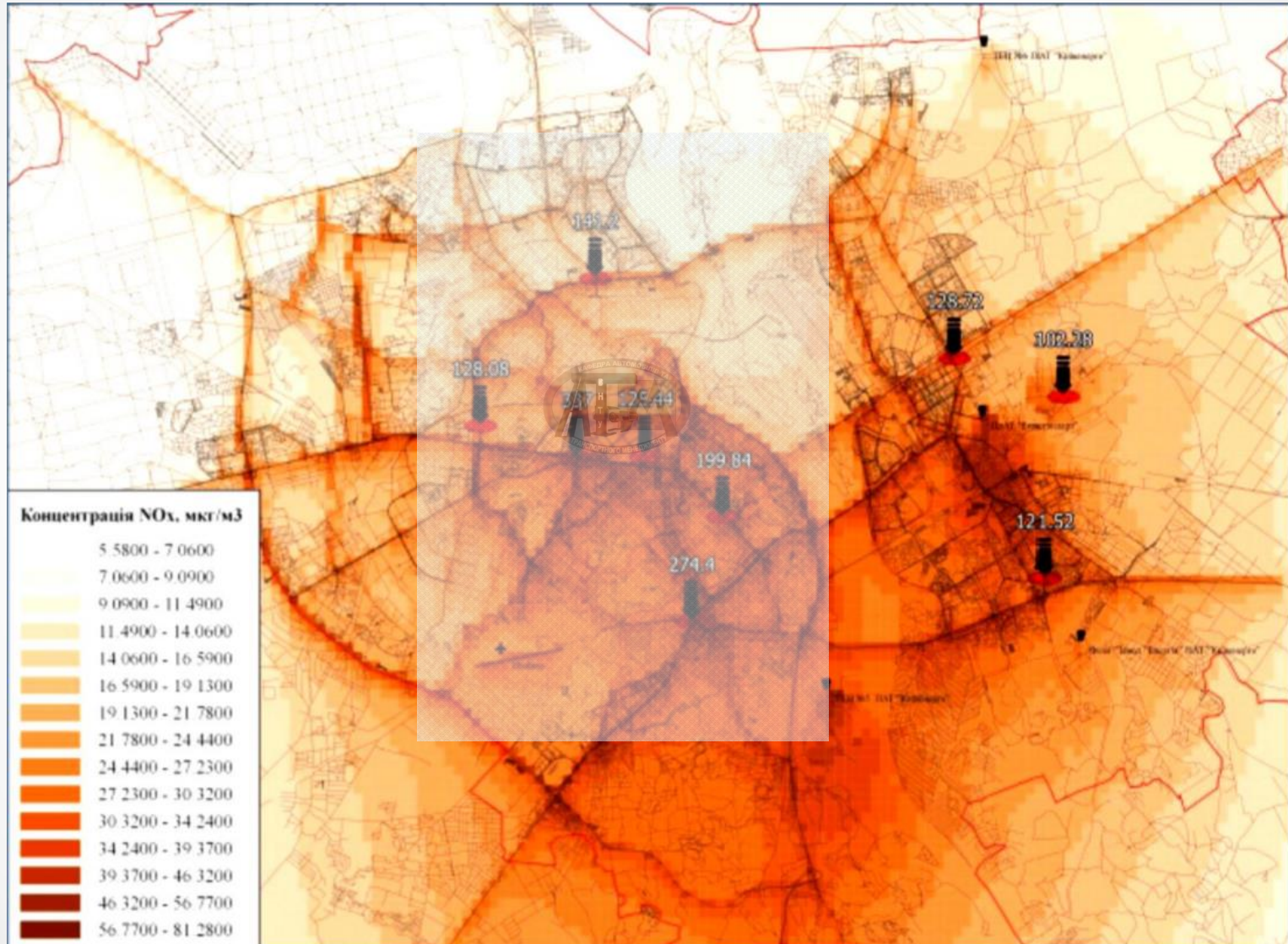


Схема одночасної дії поздовжніх і  
поперечних сил у плямі контакту  
(еліпс сил тертя)

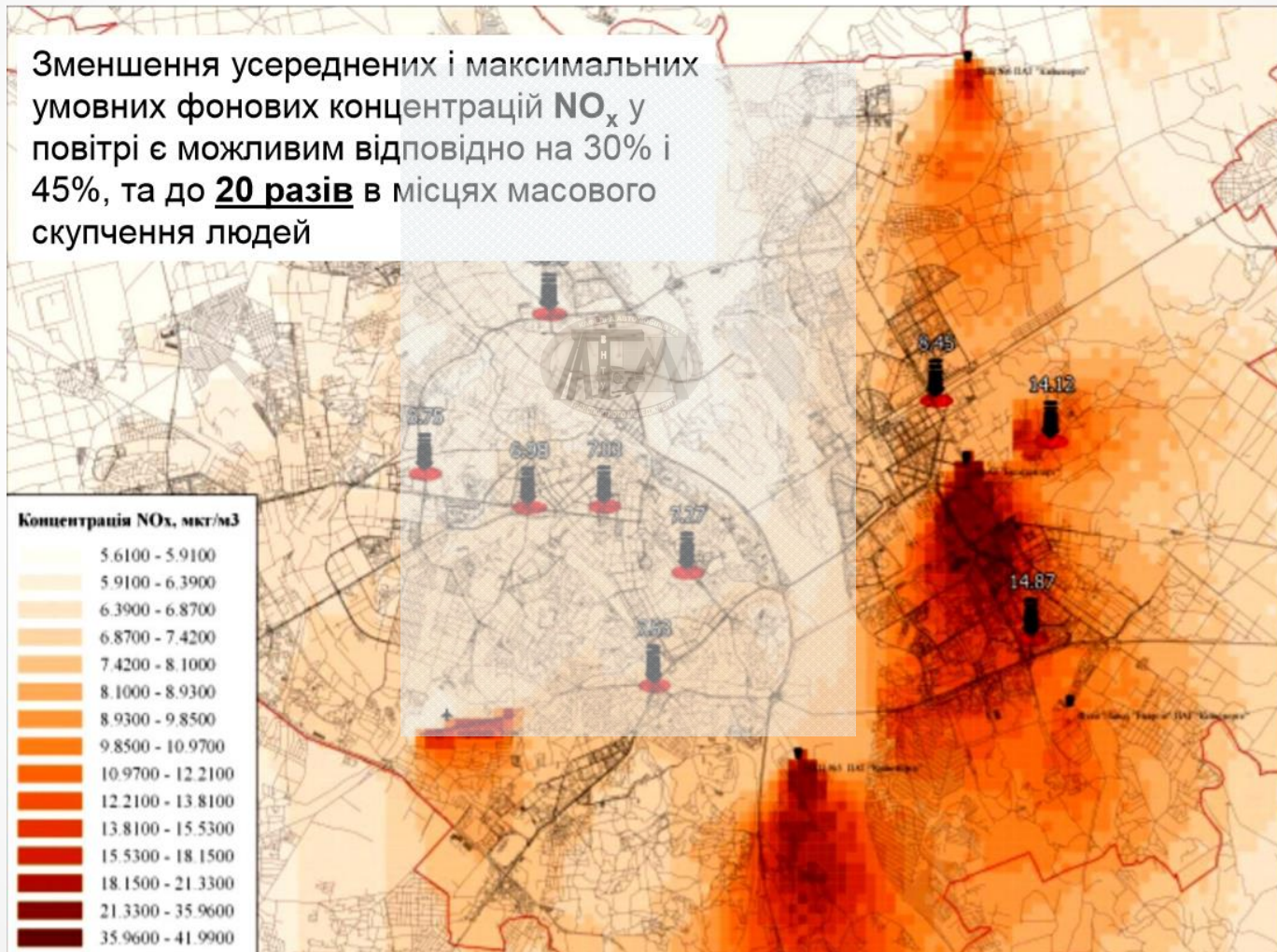


# ЗАБРУДНЕННЯ М. КИЄВА ОКСИДАМИ АЗОТУ (NOx) 18

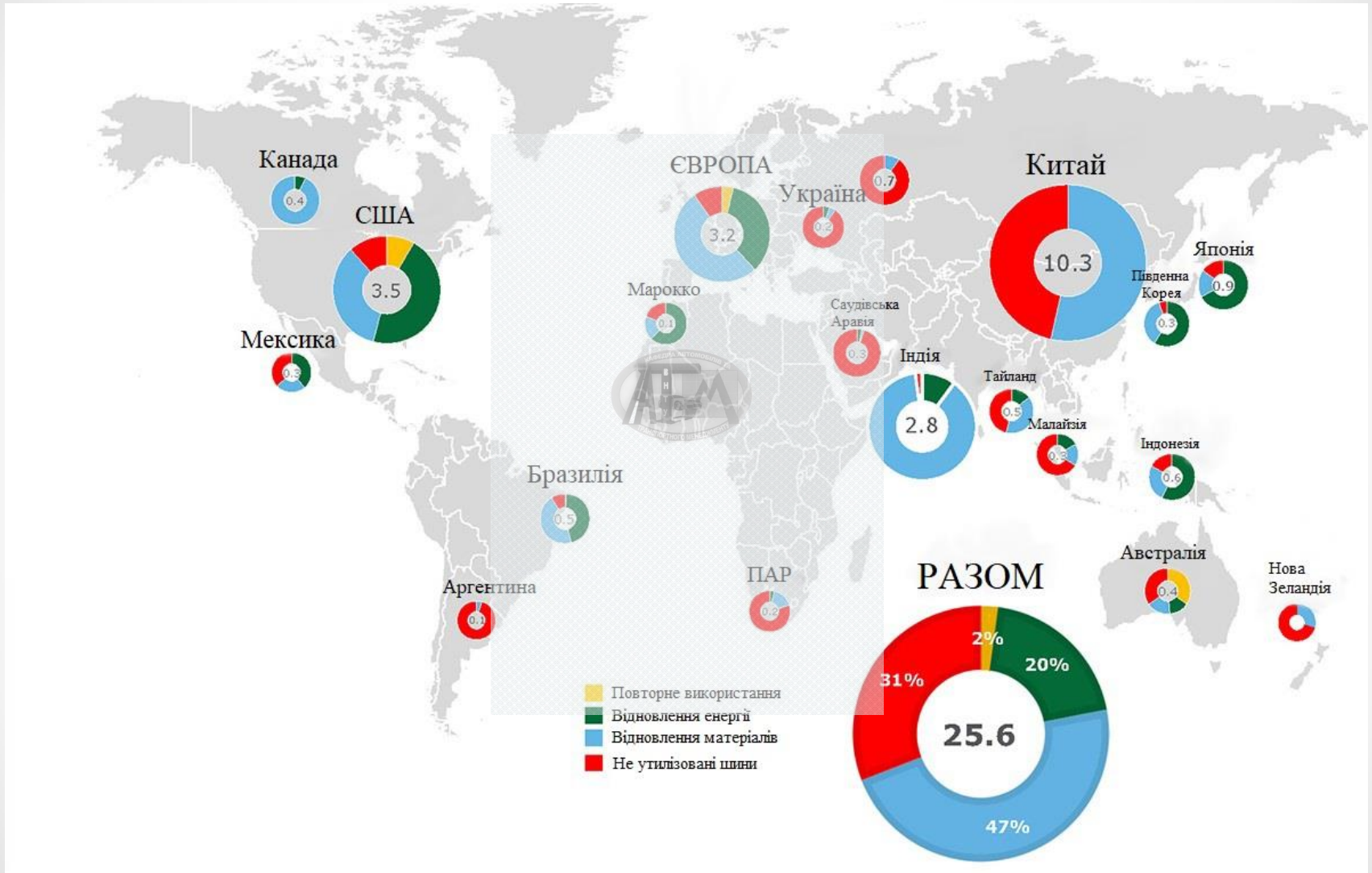


# ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО СПРИЯТЛИВОГО ТРАНСПОРТУ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

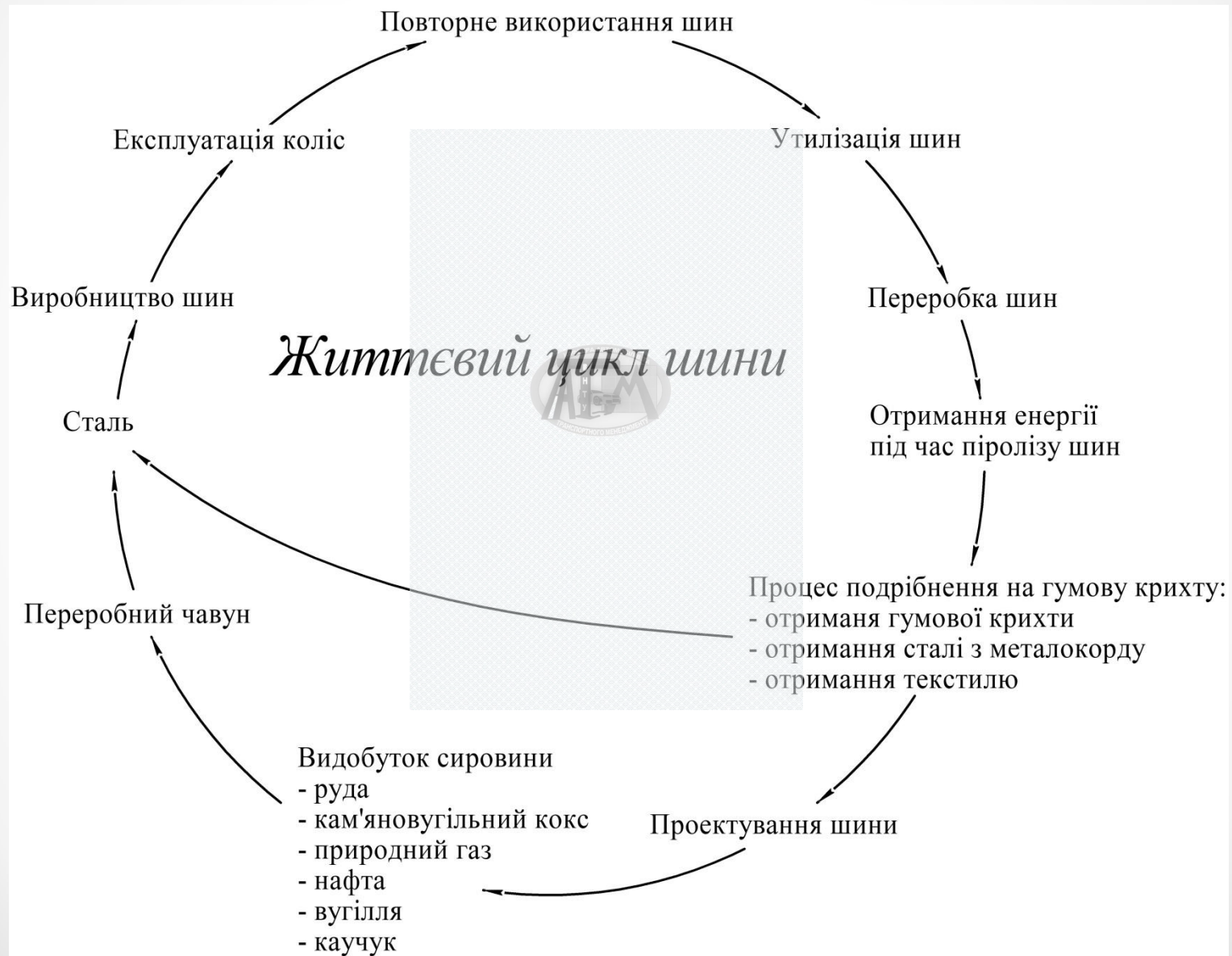
19



# СТАТИСТИКА УТИЛІЗАЦІЇ ШИН В СВІТІ



# ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ШИН





# ВИРОБИ З ГУМОВОЇ КРИХТИ



1. Розглянуто основні напрями діяльності КП «ВТК».
2. Проведений розрахунок виробничої програми з технічної експлуатації автобусів КП «ВТК».
3. Третій розділ присвячений аналітичному дослідженню чинників виникнення і розвитку процесів зношування та руйнування еластичних рушіїв автобусів.
4. Було досліджено вплив різних етапів життєвого циклу еластичного рушія на навколишнє середовище і життєдіяльність людини.

Підвищення ефективності виконання функцій перевезення пасажирів автобусами КП «ВТК» може бути досягнуто за рахунок наведених нижче дій.

1. Треба урахувати дієвість некерованих ВТК факторів, які повинні вірно вибрати спеціалісти КП (знос та руйнування дороги, організація руху і аварійності на дорозі, вчасна реакція на природні негаразди тощо ).
2. Кваліфіковано виконувати у ВТК всі необхідні для працездатності шин технічні впливи (вибір рушіїв, діагностування і регулювання кутів установки коліс та їх балансування, перманентний контроль: виду і величини зносу протектора та руйнування рушія, навантаження на колеса і відведення здвоєних коліс, геометрії та розподілу мас компонентів кузова, які впливають на силовий баланс руху, тощо).
3. Контролювати у ВТК і частково управляти наступними факторами: швидкістю руху КТЗ, стилем керування водія, навантаженням автобуса.
4. Ураховувати результати аналізу актів списання шин, які перманентно виконують провідні спеціалісти ВТК, щодо технічного стану та причин виведення рушіїв з експлуатації і корегувати управління працездатністю коліс.
5. Відстежувати своєчасність здачі шин на утилізацію.

## ДОДАТОК Б

«Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень»



ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення ефективності функціонування автобусів комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія" шляхом вдосконалення заходів підтримки працездатності еластичних рушіїв

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту  
(кафедра, факультет)

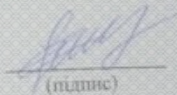
Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 97,9 % Схожість 2,1 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

  
(підпис)

Цимбал О.В.  
(прізвище, ініціали)

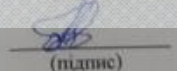
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи

  
(підпис)

Мамчур В.В.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Макаров В.А.  
(прізвище, ініціали)