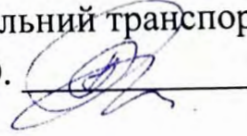


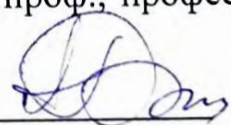
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту


МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА


на тему:

«Покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування»

Виконав: студент 2 курсу,
групи 1АТ-22м, спеціальності
274 – Автомобільний транспорт
Прокопчук Є.О. 

Керівник: д.т.н., проф., професор каф.
АТМ
Кашканов А.А. 
« 11 » _____ 12 _____ 2023 р.

Рецензент: д.т.н., проф., зав. кафедри
ТАМ
Козлов Л.Г. 
« 12 » _____ 12 _____ 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доц. Цимбал С.В. 
« 11 » _____ грудня 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 року

Вінницький національний технічний університет
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.
« 19 » 12 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Прокопчуку Євгену Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування,

керівник роботи Кашканов Андрій Альбертович, д.т.н., професор,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247.

2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2023 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 підприємства; об'єкт дослідження – процес гальмування автомобіля в дорожніх умовах; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст текстової частини:

1 Аналіз передумов розробки заходів з покращення безпеки руху автомобілів в умовах експлуатації.

2 Методичні аспекти оцінювання стабільності гальмівних властивостей автомобілів в умовах експлуатації.

3 Методика та практика забезпечення стабілізації показників ефективності гальмування автомобілів в умовах експлуатації.

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1-3 Тема, мета та завдання дослідження.

4 Коротка характеристика діяльності товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця

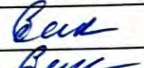
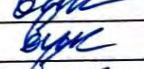
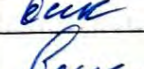
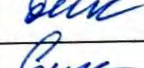
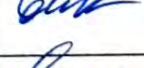

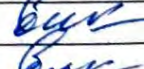
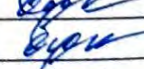



- 5 Аналіз аварійності на автомобільному транспорті України.
 6 Регламентація показників ефективності гальмування автомобілів
 7 Гальмівне керування автомобілів та його вплив на експлуатаційні властивості ТЗ.
 8 Результати теоретичного аналізу функціональної стабільності елементів гальмівних систем автомобілів.
 9, 10 Оцінювання стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні.
 11 Аналіз результатів гальмівної ефективності автомобілів при наявності несправностей гальмівної системи.
 12 Основні наукові і практичні результати, викладені в роботі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кашканов А.А., професор кафедри АТМ	 19.09.23	 4.12.23
Визначення ефективності запропонованих рішень	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ	 07.11.23	 27.11.23
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	19.09-02.10.2023	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	19.09-02.10.2023	
3	Обґрунтування методів досліджень	19.09-02.10.2023	
4	Розв'язання поставлених задач	03.10-20.11.2023	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	21.11-29.11.2023	
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	07.11-27.11.2023	
7	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	07.11-27.11.2023	
8	Нормоконтроль МКР	30.11-04.12.2023	
9	Попередній захист МКР	05.12-07.12.2023	
10	Рецензування МКР	08.12-11.12.2023	
11	Захист МКР	12.12-22.12.2023	

Студент


(підпис)

Прокопчук Є.О.

Керівник роботи


(підпис)

Кашканов А.А.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.016

Прокопчук Є.О. Покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – автомобільний транспорт, освітня програма – автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2023. 96 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 34 назв; рис.: 15; табл.: 22.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено заходи з Покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування. Зокрема на основі аналізу передумов розробки заходів з покращення безпеки руху автомобілів в умовах експлуатації обґрунтовано розробки з покращення роботи рухомого складу підприємства; досліджено методичні аспекти оцінювання стабільності гальмівних властивостей автомобілів в умовах експлуатації; розроблено методику та практику забезпечення стабілізації показників ефективності гальмування автомобілів в умовах експлуатації, визначено ефективність запропонованих рішень; розроблено питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина складається з 12 плакатів із результатами досліджень.

Ключові слова: автомобіль, ефективність гальмування, безпека руху, курсова стійкість, стабільність.

ABSTRACT

UDC 629.016

Prokopchuk E.O. Improvement of traffic safety of vehicles of the limited liability company "DIANALOGISTIK" city of Vinnytsia by stabilizing braking efficiency indicators. Master's qualification thesis on specialty 274 - road transport, educational program - road transport. Vinnytsia: VNTU, 2023. 96 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 34 titles; Fig.: 15; tab.: 22.

In the master's qualification work, measures were developed to improve the safety of the traffic of cars of the limited liability company "DIANALOGISTIK" in the city of Vinnytsia by stabilizing the indicators of braking efficiency. In particular, on the basis of the analysis of the prerequisites for the development of measures to improve the safety of car traffic in operating conditions, the development of improvements to the operation of the company's rolling stock is substantiated; methodical aspects of evaluating the stability of the braking properties of cars under operating conditions were investigated; the methodology and practice of ensuring the stabilization of car braking efficiency indicators in operating conditions were developed, the effectiveness of the proposed solutions was determined; issues of labor protection and safety in emergency situations have been developed.

The graphic part consists of 12 posters with research results.

Key words: car, braking efficiency, traffic safety, directional stability, stability.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ РОЗРОБКИ ЗАХОДІВ З ПОКРАЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	7
1.1 Загальна характеристика діяльності товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця	7
1.2 Рівень безпеки руху в Україні та актуальність тематики дослідження	18
1.3 Методи підвищення безпеки руху автомобілів	22
1.4 Процес гальмування як засіб попередження аварійних ситуацій ...	28
1.5 Регламентація показників ефективності гальмування	29
1.6 Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження	31
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	
2.1 Вплив гальмівного управління на формування експлуатаційних властивостей автомобілів	33
2.2 Аналіз функціональної стабільності елементів гальмівних систем автомобілів	36
2.3 Дослідження стабільності роботи гальмівних механізмів на основі узагальненого рівняння гальмового моменту	41
2.4 Оцінка стабільності розподілу гальмівних сил між осями автотранспортних засобів	46
2.5 Оцінювання стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні	52
2.6 Висновки до розділу 2	64

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА ПРАКТИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	65
3.1 Методика оцінювання стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні	65
3.2 Приклад оцінювання стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні	66
3.3 Оцінювання впливу несправностей на ефективність гальмування автомобіля	69
3.4 Практичні рекомендації щодо стабілізації показників ефективності гальмування	74
3.5 Розрахунок рівня комерціалізації розробок	75
3.6 Висновки до розділу 3	81
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	82
4.1 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	83
4.2 Технічні рішення з безпеки при проведенні робіт з покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування	88
4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях	89
4.4 Висновки до розділу 4	91
ВИСНОВКИ	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	93
ДОДАТОК А (обов'язковий). Ілюстративна частина	97
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Протокол перевірки на плагіат	109
ДОДАТОК В. Математична модель та приклад розрахунку впливу функціональної стабільності гальмових систем АТЗ на їх курсову стійкість при гальмуванні	111

ВСТУП

Актуальність теми. Автомобільний транспорт (АТ) відіграє істотну роль в транспортному комплексі країни, регулярно обслуговуючи численні підприємства різних форм власності та населення. Удосконалення автомобільних доріг, поступове пристосування організму людини до руху з дедалі більшими швидкостями та розвиток конструкції автомобілів дозволяють досягти величезних швидкостей. Зростання швидкостей з усією гостротою постійно ставило перед автомобілістами одну проблему за іншою – необхідність ефективного гальмування автомобіля, стабілізації коліс, керованості, післяаварійної та екологічної безпеки, щоразу був потрібний радикальний перегляд конструкції автомобіля, інші методи керування ним і паралельно суттєва зміна умов руху, якості доріг та управління дорожнім рухом, запровадження нових правил, організації технічного обслуговування [1]. Безпека дорожнього руху стала проблемою номер один в Україні [2, 3]. Щорічно з вини автомобільного транспорту в Україні гине близько 4 тис. осіб та травмується близько 30 тис [2]. У середньому на кожні 200 тис. км. руху водій потрапляє в дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) з тяжкими наслідками. Технічно несправні автомобілів є причиною близько 10% ДТП, у тому числі через несправності [4]: гальмівних систем – 31,8%; рульового керування – 13,6%; шин – 14,3%; приладів освітлення і сигналізації – 20,2%; ходової частини – 6,7%; дзеркал та очищувачів – 7,8%, іншого – 5,6%.

Висока вірогідність виникнення аварійної обстановки спостерігається при експлуатації транспортних засобів з несправними гальмівними системами. Від технічного стану гальмівної системи залежить не лише можливість запобігання ДТП, але і тяжкість їх наслідків. Звідси можна зробити висновок, що чим з більшою ефективністю відбувається гальмування автомобіля, тим менш вірогідна смерть людини в ДТП.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно розпорядження Кабінету Міністрів України (КМУ) від 21 жовтня 2020 р. № 1360-р «Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року», розпорядження КМУ «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» № 430-р. від 30.05.2018 р та Закону України «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» № 2623-III від 05.02.2023 р.;. Дане дослідження є частиною основної наукової тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця на основі розробки заходів зі стабілізації показників ефективності гальмування.

Щоб досягти поставлену мету потрібно вирішити такі задачі:

- дослідити передумови розробки заходів з покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК»;
- виконати аналіз методичних аспектів оцінювання стабільності гальмівних властивостей автомобілів;
- розробити методику забезпечення стабілізації параметрів гальмівних властивостей автомобілів в умовах експлуатації;
- розробити заходи з охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- визначити ефективність запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження – процес гальмування автомобіля в дорожніх умовах.

Предмет дослідження – питання забезпечення стабільності параметрів ефективності гальмування автомобілів в умовах експлуатації.

Методи досліджень. Методологічна основа дослідження – системний підхід до аналізу технічних проблем. Методи досліджень застосовані в роботі: матричний та регресійний аналізи, математичне моделювання, імовірнісно-статистичний підхід.

Наукова новизна одержаних результатів.

Отримали подальший розвиток методи оцінювання та забезпечення стабільності показників ефективності гальмування автомобілів в умовах експлуатації.

Практична значимість отриманих результатів.

Основні результати магістерської кваліфікаційної роботи:

- дозволяють прогнозувати зміну параметрів руху автомобілів при гальмуванні в дорожніх умовах;
- покращують техніко-економічні показники ефективності експлуатації автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця;
- підвищують якість виконання робіт щодо виявлення несправностей гальмової системи автомобілів підприємства, що підвищує їх безпеку в експлуатації.
- дозволяють покращити систему організації технічного обслуговування та поточного ремонту на підприємстві.

Достовірність теоретичних положень магістерської роботи засвідчує коректність використання математичних методів, строгість постановки задач наукового дослідження. Крім того, в роботі виконане порівняння отриманих результатів з відомими, отримана збіжність результатів моделювання і експериментальних даних.

Апробація результатів роботи. Деякі положення роботи доповідались та обговорювались на міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», м. Вінниця, яка проходить з 15 жовтня 2023 року по 20 травня 2024 року у ВНТУ.

Публікації. Деякі положення та результати досліджень за участі автора опубліковані в матеріалах конференції [1].

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ РОЗРОБКИ ЗАХОДІВ З ПОКРАЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

1.1 Загальна характеристика діяльності товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця

Товариство з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» розташоване за адресою: Вінницька область, місто Вінниця, 21019, вулиця Якова Шепеля, будинок 72. Керівником товариства є Середін Людвіг Борисович.

Відповідно до КВЕД-2010 – класифікатора видів економічної діяльності за даним підприємством зарезервовано такі види діяльності:

- (52.10) Складське господарство;
- (46.17) Діяльність посередників в торгівлі продуктами харчування, напоями і тютюновими виробами;
- (49.41) Вантажний автомобільний транспорт;
- (63.11) Оброблення даних, розміщення інформації на веб-вузлах та пов'язана з ними діяльність;
- (70.22) Консультування з питань комерційної діяльності та керування;
- (73.20) Дослідження кон'юнктури ринку, виявлення громадської думки.

На базі підприємства створено автотранспортний підрозділ, який здійснює вантажні перевезення та доставку продуктів харчування в т.ч. доставку заморожених продуктів автомобільним транспортом. Підрозділ також займається поточним ремонтом (ПР) та технічним обслуговуванням (ТО) власного рухомого складу.

Загалом в структуру основних виробничих фондів господарства входять наступні основні засоби: споруди і будинки; обладнання і машини; транспортні засоби; інструменти, інвентар та прилади.

Вартісну оцінку вищезгаданих фондів станом на 2022 р. проведемо по наявним фінансовим даним, які заносимо в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Вартісна оцінка основних виробничих фондів

Основні засоби	Наявні на початок року	Наявні на кінець року
Будинки та споруди	1211125	1211125
Машини та обладнання	434875	434875
Інструменти, прилади та інвентар	5500	5660
Транспортні засоби	1277600	1277526
Разом	2929100	2929186

Проаналізувавши дані таблиці 1.1 можна сказати, що вартість пасивної частини ОВФ, куди входять будинки та споруди на початок і кінець року залишилась стабільною через те, що на протязі звітного року не проводились роботи по будівництву нових будівель та по демонтажу вже існуючих.

Балансова вартість машин та обладнання збільшилась на 0.2% - це пов'язано з проведенням капітальних ремонтів існуючого обладнання та частковим оновленням вже існуючого.

Показники вартості транспортних засобів також зменшились на 0.4% - це пов'язано зі значним зношенням транспорту в цілому, що є одним з показників, який свідчить про те, що транспорт виконує роботу. Зменшення балансової вартості рухомого складу свідчить також про те, що не проводиться оновлення рухомого складу – це є негативною тенденцією.

В цілому автомобільний парк представлений вантажними автомобілями Mercedes-Benz Atego в кількості 18 одиниць та Mercedes-Benz Sprinter 314 CDI – 6 одиниць, MAN TGL – 5 одиниць. Загальний віковий розподіл транспорту заносимо в таблицю 1.2. Розподіл рухомого складу по вантажопідйомності заносимо в таблицю 1.3.

Таблиця 1.2 - Групування автомобілів ТОВ залежно від терміну перебування в експлуатації

Тип автомобіля	Усього	В т.ч., які перебували в експлуатації з моменту випуску заводом виробником				
		до 3 років	від 3,1 до 5 років	від 5,1 до 8 років	від 8,1 до 10 років	більше 10 років
Автомобілі - всього	35					
в тому числі: вантажні	29	2	6	10		11
пасажирські автобуси	-					
пасажирські легкові автомобілі	6	1	2			3

Таблиця 1.3 - Наявність автотранспорту на кінець 2023 року

Найменування показників	Наявність автомобілів, од.	Загальна вантажопідйомність, т (з точністю до 0,1), пасажиромісткість, місць для сидіння
Автомобілі: всього	35	163
За вантажопідйомністю:		
до 1499 кг	--	--
1500-4999 кг	13	52
5000-6999 кг	11	66
7000-9999 кг	5	45
10000-14999 кг	-	-
15000 кг	-	-
Легкові	6	-

Використовуючи звітну документацію про діяльність автотранспорту складемо таблицю 1.4 на основі якої проведемо аналіз діяльності транспорту.

Таблиця 1.4 - Основні результати діяльності ТОВ за 2021 - 2022 рік

Показник	2021р.	2022р.	Абсолютний період	Темп росту, %
1 Автомобіле – дні перебування в господарстві АГ _{госп} , тис.	16,425	16,425	-	-
2.Автомобіле – дні перебування в наряді АГ _н , тис	10,67	11,0	0,33	3,09
3.Відпрацьовано автомобіле-годин АГ _р , тис	91,76	96,8	5,04	5,4
4.Загальний пробіг L _{заг} , тис.км.	950,31	983,4	33,4	3,51
5.Пробіг з вантажем L _в , тис.км	482,3	494,3	1,2	2,48
6.Загальний обсяг перевезень Q, тис.т.	190,7	200,17	9,47	4,98
7.Загальний вантажообіг Р, тис.ткм	1429	1587	158	11,0

Аналізуючи дані таблиці 1.4 стає видно, що в порівнянні з 2021 роком на поточний 2022 рік перебування автомобілів в наряді збільшилось на 3,09%, кількість відпрацьованих рухомим складом годин збільшилась на 5,45%, загальний пробіг збільшився на 3,51%, степінь росту пробігу наявного рухомого складу з вантажем збільшився на 2,48%. Ріст вищезгаданих величин на протязі звітного періоду привів до збільшення обсягів перевезень на 4,97%, а загальний вантажообіг зріс на 11,1%.

Для ефективнішого аналізу виробничо-господарської діяльності транспортного підрозділу скористаємось матричним методом аналізу. Матрична схема дає можливість приблизно оцінити ефективність об'єкта, який аналізується, в усьому різноманітті зв'язків, тому її доречно використовувати на діагностичній стадії аналізу виробничо-господарської діяльності.

Суть методу зводиться до такого. Система головних показників діяльності транспортного підрозділу підприємства зображується за допомогою квадратної матриці, елементи якої – відношення обраних показників з колонки матриці до вихідного показника з рядка вихідні параметри з рядка A_i є активними, а колонки B_j – пасивними .

Під системним матричним діагностичним аналізом розуміємо одночасне узгоджене дослідження сукупності показників виробничо-господарської діяльності транспортного підрозділу підприємства на базі матричної моделі з метою оперативного оцінювання рівня ефективності роботи підрозділу, виявлення внутрішніх резервів, розробки заходів щодо їх реалізації.

Початкові параметри матричної моделі групуються в три групи залежно від їх ролі та значення для процесу виробництва: початкові, проміжні, кінцеві. Для реалізації даного методу складемо п'ять матриць, які покажемо у вигляді таблиць 1.5-1.8.

Таблиця 1.5 – Індексна матриця динаміки цільових елементів за 2021 р.

B_j / A_i		$A_{Г\text{госп}}$	$A_{Г\text{н}}$	$A_{Г\text{р}}$	$L_{\text{заг}}$	$L_{\text{в}}$	Q	P
$A_{Г\text{госп}}$	1	1,000	0,650	5,587	57,858	29,364	11,610	87,002
$A_{Г\text{н}}$	2	1,538	1,000	8,600	120,064	45,201	17,873	133,927
$A_{Г\text{р}}$	3	0,179	0,116	1,000	10,356	5,256	2,078	15,573
$L_{\text{заг}}$	4	0,017	0,011	0,097	1,000	0,508	0,201	1,504
$L_{\text{в}}$	5	0,034	0,022	0,190	1,970	1,000	0,395	2,963
Q	6	0,086	0,056	0,48	4,983	2,529	1,000	7,493
P	7	0,011	0,007	0,064	0,665	0,338	0,133	1,000

За результатами проведеного матричного аналізу можна зробити наступні висновки:

- коефіцієнт випуску на лінію за базисний період складав 0,65, за звітний період він склав 0,67 (таблиця 1.5-1.6);

Таблиця 1.6 – Індексна матриця динаміки цільових елементів за 2022 р.

B _j / A _i		АГ _{госп}	АГ _н	АГ _р	L _{заг}	L _в	Q	P
АГ _{госп}	1	1,000	0,670	5,893	59,872	30,094	12,187	96,621
АГ _р	3	0,170	0,114	1,000	10,159	5,106	2,068	16,395
L _{заг}	4	0,017	0,011	0,098	1,000	0,510	0,204	1,614
L _в	5	0,033	0,022	0,196	1,989	1,000	0,405	3,211
Q	6	0,082	0,055	0,48	4,913	2,469	1,000	8,23
P	7	0,010	0,007	0,061	0,620	0,311	0,126	1,000

Таблиця 1.7 – Асолютні значення цільових елементів

B _j / A _i		АГ _{госп}	АГ _н	АГ _р	L _{заг}	L _в	Q	P
АГ _{госп}	1	1,000	0,970	0,948	0,966	0,976	0,953	0,900
АГ _н	2	1,031	1,000	0,977	0,996	1,006	0,982	0,928
АГ _р	3	1,055	1,023	1,000	1,019	1,029	1,005	0,950
L _{заг}	4	1,035	1,004	0,981	1,000	1,010	0,986	0,932
L _в	5	1,025	0,994	0,972	0,990	1,000	0,976	0,923
Q	6	1,050	1,018	0,995	1,014	1,024	1,000	0,945
P	7	1,111	1,077	1,053	1,073	1,084	1,058	1,000

Таблиця 1.8 – Динаміка цільових елементів матриці.

B _j / A _i		АГ _{госп}	АГ _н	АГ _р	L _{заг}	L _в	Q	P
АГ _{госп}	1	0,000	-0,020	-0,307	-2,015	-0,731	-0,577	-9,619
АГ _н	2	0,046	0,000	-0,200	-0,336	0,265	-0,325	-10,34
АГ _р	3	0,009	0,003	0,000	0,197	0,150	0,010	-0,821
L _{заг}	4	0,001	0,000	-0,002	0,000	0,005	-0,003	-0,110
L _в	5	0,001	0,000	-0,006	-0,019	0,000	-0,010	-0,248
Q	6	0,004	0,001	-0,002	0,070	0,06	0,000	-0,435
P	7	0,001	0,001	0,003	0,045	0,026	0,007	0,000

- час в наряді за базисний період – 8,7 год., за звітний період – 8,8 год., що пов'язано зі збільшенням коефіцієнта випуску налінію;

- середньодобовий пробіг за базисний період складав 120 км, за звітний період він складав 131 км;

- коефіцієнт використання пробігу на базисний період склав 0,51, на звітний період він склав 0,51;

- середня відстань їздки з вантажем на базисний період складала 7,49 км, на звітний період вона збільшилась до 8,23 км.

Важливим фактором внутрішнього середовища організації є стан виробничо-технічної бази.

В склад виробничо-технічної бази гаража входять: адміністративний корпус; виробничий корпус, в якому розташовано чотири тупикових постів ТО і ПР, діють агрегатна, слюсарно-механічна, акумуляторна з зарядною, ремонту і регулювання паливної апаратури дільниці.

Роботи по ТО і ПР автомобілів виконуються на тупикових універсальних постах з оглядовими канавами.

На території ТОВ знаходиться стоянка рухомого складу, автозаправна станція із складом паливно-мастильних матеріалів, мийка із очисними спорудами, котельня та культурно-оздоровчий комплекс.

Для проведення цього аналізу будемо використовувати два відомі методи, які широко застосовуються на практиці: експрес-діагностування і комплексної оцінки.

Техніко – економічні показники призначені для виконання проектних розрахунків при визначенні необхідності реконструкції, розширення і технічного переозброєння даного підприємства для оцінки, співставлення і вибору варіантів проектних рішень.

Для ВТБ встановлені такі нормативні питомі показники:

- чисельність виробничих робітників, чоловік на 1 автомобіль;

- кількість робочих постів для ПР рухомого складу на 1 автомобіль;

- площа виробничо-складських приміщень, м² на 1 рухомого складу;
- площа допоміжних (адміністративно – побутових) приміщень, м² на 1 рухомого складу;
- площа стоянки на 1 автомобіль, м².

Для визначення нормативних показників, які будуть порівняні з реальними, використовують коефіцієнти корегування.

$$R_{pp} = R^e \cdot A_{cn} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7$$

Для умов, які відрізняються від еталонних застосовують такі коефіцієнти:

Pe - нормативне значення показника;

Асп – списочна кількість автомобілів;

K₁ – коефіцієнт, який враховує облікову кількість технологічно сумісних груп автомобілів;

K₂ – коефіцієнт, врахування типу рухомого складу;

K₃ – коефіцієнт, врахування наявності причіпного складу до вантажного РС;

K₄ – коефіцієнт, врахування середньодобового пробігу одиниці РС;

K₅ – коефіцієнт, врахування умов зберігання рухомого складу;

K₆ – коефіцієнт, який враховує категорію умов експлуатації рухомого складу;

K₇ – коефіцієнт, який враховує природно-кліматичні умови експлуатації рухомого складу.

Питомі ТЕПи ТОВ і коефіцієнти корегування наведені в таблиці 1.9.

Чисельність виробничих робітників;

$$R_{pp} = R^e \cdot A_{cn} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7 \quad \text{чол.}$$

де R^e – нормативне значення чисельності виробничих робітників.

Таблиця 1.9 – Розрахунок ТЕПів для ТОВ «ДІАНАЛОГІСТИК»

Показники	Коефіцієнти корегування								
	Пе	К ₁	К ₂	К ₃	К ₄	К ₅	К ₆	К ₇	Пн
Чисельність виробничих робітників									
MB Atego	0,32	1,24	1,2	1,0	0,7	-	1,08	0,95	0,342
MB Sprinter	0,32	1,24	0,75	1,0	0,85	-	1,08	0,95	0,235
MAN TGL	0,32	1,24	1,0	1,0	0,85	-	1,08	0,95	0,346
Кількість робочих постів									
MB Atego	0,1	1,4	0,72	1,0	0,89	-	1,07	0,97	0,093
MB Sprinter	0,1	1,4	0,77	1,0	0,95	-	1,07	0,97	0,114
MAN TGL	0,1	1,4	1,0	1,0	0,95	-	1,07	0,97	0,138
Площа виробничо- складських приміщень, м ²									
MB Atego	19,0	1,35	0,6	1,0	0,76	-	1,07	0,82	10,26
MB Sprinter	19,0	1,35	0,6	1,0	0,88	-	1,07	0,82	13,90
MAN TGL	19,0	1,35	1,0	1,0	0,88	-	1,07	0,82	19,80
Площа адміністративно-побутових приміщень, м ²									
MB Atego	8,7	1,36	0,88	1,0	0,88	-	1,04	0,98	9,33
MB Sprinter	8,7	1,36	1,05	1,0	0,94	-	1,04	0,98	11,14
MAN TGL	8,7	1,36	1,05	1,0	0,94	-	1,04	0,98	11,90
Площа стоянки, м ²									
MB Atego	37,2	-	0,85	1,0	-	1,32	-	-	41,73
MB Sprinter	37,2	-	0,92	1,0	-	1,32	-	-	45,17
MAN TGL	37,2	-	1,0	1,0	-	1,32	-	-	56,96
Площа території, м ²									
MB Atego	120,0	1,3	0,76	1,0	0,92	1,16	1,03	0,93	121,20
MB Sprinter	120,0	1,3	0,87	1,0	0,96	1,16	1,03	0,93	144,77
MAN TGL	120,0	1,3	1,0	1,0	0,96	1,16	1,03	0,93	166,41

Кількість робочих постів:

$$N_n = N_n^e \cdot A_{cn} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де N_n^e – нормативне значення кількості робочих постів.

Площа виробничо-складських приміщень;

$$F = F_{в.с} \cdot A_{cn} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де $F_{в.с}$ – нормативне значення площі виробничо-складських приміщень.

Площа адміністративно-побутових приміщень;

$$F_{a.n} = F_{a.n}^e \cdot A_{cn} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де $F_{a.n}^e$ – нормативне значення площі адміністративно-побутових приміщень.

Площа стоянки (зони зберігання);

$$F_{cm} = F_{cm}^e \cdot A_{cn} \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_5,$$

де F_{cm}^e – нормативне значення площі стоянки (зони зберігання).

Площа території.

$$F_m = F_m^e \cdot A_{cn} \cdot K \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де F_m^e – нормативне значення площі території.

В основі аналізу лежить порівняння фактичних і нормативних значень техніко-економічних показників (табл. 1.10).

Таблиця 1.10 – Техніко – економічні показники по підприємству

ТЕП	Нормативні	Фактичні
1. Чисельність виробничих робітників	14	15
2. Кількість робітничих постів	5	6
3. Площа виробничо – складських приміщень, м ²	518,04	549,5
4. Площа адміністративно-доп. приміщень, м ²	427	443
5. Площа стоянки, м ²	1860	1871
6. Площа території, м ²	5613	5620

Аналізуючи дані таблиці 1.10 видно, що чисельність виробничих робітників відрізняється від нормативної на 2,8%. Кількість постів перевищує потребу, що свідчить про більшу кількість транспорту, для якого розраховувались дані пости. Площа складських приміщень перевищує нормативні значення на 3,09%, площа адміністративно – побутових приміщень більша за необхідну на 3,76%, площа стоянки збільшена на 0,41%, площа території відрізняється від нормативної на 0,13%.

Для постійного, сталого розвитку підприємства потрібно, щоб доходи зростали, змінювались ціни на послуги, а також економія при виконанні робіт. Але і є негативний чинник: це зростання цін на паливо, що змушує підприємство збільшувати видатки на закупівлю пального, тим самим втрачаючи клієнтів, які не спроможні платити.

Як і будь-яке підприємство ТОВ «ДІАНАЛОГІСТИК» дуже сильно залежить від природних ресурсів та енергії. На сучасному етапі розвитку підприємство зіткнулось з проблемою постійного зростання цін на енергоносії, а особливо на паливо. Тому в подальшому вартість палива буде зростати, що для підприємства є негативним чинником та може відбитись на розвитку.

Оскільки підприємство розвивається в ринкових умовах, то воно повинно бути готовим до різних змін державного масштабу та регіону, шукати вигідні пропозиції, нових клієнтів.

Таким чином, аналіз показників ВТБ та діяльності підприємства показує наявність необхідних ресурсів для проведення запланованих наукових досліджень та підтверджує обґрунтованість вибору ТОВ «ДІАНАЛОГІСТИК» в якості базового.

1.2 Рівень безпеки руху в Україні та актуальність тематики дослідження

Сучасний стан аварійності в Україні характеризується наступним розподілом ДТП за видами (табл. 1.11) та причинами (табл. 1.12).

Таблиця 1.11 – Дорожньо-транспортні пригоди за видами за період з 01.01.2022 по 31.12.2022 [2]

Вид автопригоди	ДТП з загиблими або травмованими	Загинуло	Травмовано
ЗІТКНЕННЯ	7387	937	11136
НАЇЗД НА ПІШОХОДА	5284	874	4799
НАЇЗД НА ПЕРЕШКОДУ	2477	448	3162
ПЕРЕКИДАННЯ ТЗ	1660	305	2213
НАЇЗД НА ВЕЛОСИПЕДИСТА	1196	148	1119
НАЇЗД НА ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ЩО СТОЇТЬ	374	52	459
ПАДІННЯ ПАСАЖИРА	209	17	204
НАЇЗД НА ГУЖОВИЙ ТРАНСПОРТ	19	9	27
НАЇЗД НА ТВАРИН	16	0	19
ПАДІННЯ ВАНТАЖІВ	6	1	7
ВСЬОГО по Україні	18 628	2791	23 145

Таблиця 1.12 – Дорожньо-транспортні пригоди за різними причинами за період з 01.01.2022 по 31.12.2022 [2]

Причини	ДТП з загиблими та/або травмованими		
	Усього ДТП	Загинуло осіб	Травмовано осіб
1	2	3	4
ПЕРЕВИЩЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ШВИДКОСТІ	7561	1507	9461
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ МАНЕВРУВАННЯ	3846	343	4830
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ ПРОЇЗДУ ПЕРЕХРЕСТЬ	1467	52	2111
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ ПРОЇЗДУ ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДІВ	1443	111	1450
НЕДОТРИМАННЯ ДИСТАНЦІЇ	843	66	1070
КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ У СТАНІ СП'ЯНІННЯ	790	91	1031
ПЕРЕХІД ПІШОХОДІВ У НЕВСТАНОВЛЕНОМУ МІСЦІ	593	155	467
ПЕРЕВИЩЕННЯ ВСТАНОВЛЕНОЇ ШВИДКОСТІ	469	126	614
ВИЇЗД НА СМУГУ ЗУСТРІЧНОГО РУХУ	418	148	699
НЕВИКОНАННЯ ВОДІЯМИ ВИМОГ СИГНАЛІВ РЕГУЛЮВАННЯ	236	9	312
НЕОЧІКУВАНИЙ ВИХІД НА ПРОЇЗНУ ЧАСТИНУ	233	43	201
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ НАДАННЯ БЕЗПЕРЕШКОДНОГО ПРОЇЗДУ	184	15	257
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ ОБГОНУ	184	33	290
НЕВИКОНАННЯ ПІШОХОДАМИ ВИМОГ СИГНАЛІВ РЕГУЛЮВАННЯ	48	10	43
ПОРУШЕННЯ ПДР ПІШОХОДАМИ У СТАНІ СП'ЯНІННЯ	47	15	34

Продовження табл. 1.12

1	2	3	4
ПЕРЕВТОМА, СОН ЗА КЕРМОМ	46	20	48
ПОРУШЕННЯ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПАСАЖИРОМ	46	5	42
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ ЗУПИНКИ І СТОЯНКИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ	44	8	44
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ	43	13	37
КЕРУВАННЯ НЕСПРАВНИМ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ	39	4	57
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ ПРОЇЗДУ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДІВ	16	10	14
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ	10	3	9
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ БУКСИРУВАННЯ	7	1	6
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ УТРИМАННЯ АВТОДОРИГ ТА ВУЛИЦЬ	6	2	6
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ КОРИСТУВАННЯ ЗОВНІШНІМИ СВІТЛОВИМИ ПРИЛАДАМИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	5	1	8
ПОРУШЕННЯ ВИМОГ ПДР ПОГОНИЧЕМ ТВАРИН	2	0	2
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ ПРОЇЗДУ ЗУПИНОК ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	2	0	2
ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ ПРОЇЗДУ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ТА ВЕЛИКОВАГОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	0	0	0
ВСЬОГО по Україні	18 628	2791	23 145

Аналіз таблиць 1.11, 1.12 показує, що щорічно з вини автомобільного транспорту в Україні гине близько 4 тис. осіб та травмується близько 30 тис. осіб. Як видно з таблиць, швидкість руху транспортних засобів (ТЗ) є основним чинником, який впливає на безпеку руху, він залежить від умов експлуатації,

динамічних якостей ТЗ. У той же час, швидкість руху надає вирішальний вплив на основні та додаткові показники ефективності роботи ТЗ. Високі швидкості руху ТЗ повинні компенсуватися їх оснащенням ефективним засобами пасивної та активної безпеки. Саме активні засоби є запорукою належного рівня параметрів гальмування автомобіля, стабілізації коліс, керованості, які необхідно підтримувати в експлуатаційний період.

Річна продуктивність вантажних автомобілів в тоннах і тонно–кілометрах визначається за виразами

$$P_{\Gamma} = \frac{D_{\Gamma} \cdot \alpha_B \cdot T_H \cdot q \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_a}{l_{\Gamma} + V_a \cdot \beta \cdot t_{np}} \quad \text{т/ГОД,} \quad (1.1)$$

$$W_{\Gamma} = \frac{D_{\Gamma} \cdot \alpha_B \cdot T_H \cdot q \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_a \cdot l_{\Gamma}}{l_{\Gamma} + V_a \cdot \beta \cdot t_{np}} \quad \text{т·км/ГОД,} \quad (1.2)$$

де D_{Γ} – кількість робочих днів в рік;

α_B – коефіцієнт випуску автомобілів на лінію;

T_H – час наряду за добу, год;

q – вантажопідйомність автомобіля, т;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності;

β – коефіцієнт використання пробігу;

V_a – середня технічна швидкість руху, км/год;

l_{Γ} – довжина навантаженої їзди, км;

t_{np} – час простою під вантаженням і розвантаженням, год.

З формул (1.1) і (1.2) видно, що продуктивність вантажних автомобілів із збільшенням кількості робочих днів в році, вантажопідйомності, коефіцієнта використання вантажопідйомності, часу у наряді зростає за законом прямої лінії.

Продуктивність в ткм/год і т/год із збільшенням середньої технічної швидкості і коефіцієнта використання пробігу зростає за законом гіперболи. По

цьому ж закону змінюється продуктивність в ткм/год залежно від довжини навантаженої їздки.

Умови експлуатації автомобілів суттєво впливають на собівартість транспортної роботи. Спрощений аналіз собівартості можна виконати за наступним виразом

$$C_{\bar{b}} = \frac{l}{q \cdot \gamma} \cdot \left(\frac{R_{nep} \cdot V_a + R_{noc}}{V_a \cdot \beta} + \frac{R_{noc} \cdot t_{np}}{l_{\Gamma}} \right) \text{ грн/т} \cdot \text{км}, \quad (1.3)$$

де R_{nep} – змінні витрати, віднесені до 1 км. пробігу;

R_{noc} – постійні витрати на 1 час;

t_{np} – час простою під навантаження – розвантаження, ч;

l_{Γ} – довжина навантаженої їздки, км.

Змінні витрати залежать від швидкості і умов роботи автомобілів. Ці витрати складаються з вартості паливно-мастильних матеріалів, вартості шин, вартості профілактичного обслуговування і ремонту автомобілів, амортизаційних відрахувань і заробітної плати водіїв. Практично не залежать від швидкості ТЗ і умов роботи постійні витрати за 1 годину.

Ефективність роботи автомобільного транспорту визначається не лише продуктивністю і собівартістю, але і безпекою дорожнього руху (БДР). Розвиток автотранспорту приносить не лише суспільні і економічні вигоди, але, на жаль, приводить до зростання ДТП з каліцтвами і смертю людей.

1.3 Методи підвищення безпеки руху автомобілів

Основні заходи, спрямовані на підвищення безпеки руху автомобілів, можна об'єднати в 5 груп [5].

1. Вдосконалювання системи підготовки та перепідготовки водіїв, інженерно-технічних працівників (ІТП):

- щорічне навчання водіїв по основах БДР;
- удосконалювання професійної майстерності водіїв ТЗ;
- виконання встановлених вимог стажування водіїв ТЗ.
- щорічне навчання ІТП, зв'язаних з рухом транспортних засобів, питаннями БДР по спеціальній програмі зі здачею заліків;

2. Поліпшення медичного та санітарного обслуговування водіїв, контролю за станом здоров'я:

- передрейсові, міжрейсові та післярейсові медичні огляди;
- обов'язкові періодичні повторні медичні огляди у встановлений термін;
- створення мережі мобільних медичних пунктів з метою контролю за станом здоров'я водіїв, які знаходяться на лінії.

3. Покращення технічного стану ТЗ, покращення дорожніх умов, вдосконалення організації перевезень, контролю роботи водіїв на лінії:

- контроль дотримання та якості ТО і ПР ТЗ;
- впровадження контрольно-діагностичних комплексів з оцінювання технічного стану ТЗ;
- створення системи моніторингу стану автомобільних доріг для формування та своєчасного вживання заходів із забезпечення безпечних умов руху на маршрутах роботи ТЗ;
- розробка загальнодержавних вимог із забезпечення безпеки пасажирських перевезень;
- виконання Положення, яке регламентує правила роботи та відпочинку водіїв ТЗ;
- підвищення безпеки руху ТЗ, які працюють на міжміських і приміських маршрутах пасажирського транспорту;
- створення системи оперативного контролю роботи водіїв на лінії;
- удосконалення індивідуальної роботи з водіями.

4. Підвищення ефективності діяльності служб безпеки руху:

- планування та реалізація заходів з попередження ДТП;
- облік, систематизація та аналіз ДТП, участь в їхньому службовому розслідуванні;
- реалізація системи моніторингу виконання підвідомчими організаціями вказівок та наказів з питань безпеки дорожнього руху;
- вебінари та тренінги з обміну досвідом із забезпечення безпеки автомобільних перевезень з підведенням підсумків на рівні громад та в загальнодержавних заходах;
- створення мережі спеціалізованих опорних пунктів по розробці і впровадженню досягнень науково-технічного прогресу і передового досвіду по безпеці перевезень;
- випуск кінофільмів, відеофільмів, презентацій, публікацій з питань БДР;
- впровадження автоматизованої системи моніторингу та аналізу ДТП.

5. Вдосконалення роботи з кадрами:

- організація роботи кабінетів з безпеки руху на АТП та їх облаштування;
- організація роботи водіїв-інструкторів з БР по удосконалюванню професійної майстерності і підвищенню дисципліни водіїв на лінії;
- матеріальне стимулювання водіїв за безаварійну роботу;
- регулярна атестація по БДР керівників служб АТП, інших організацій автомобільного транспорту, а також працівників служб безпеки руху.

Планування роботи щодо попередження ДТП покращує виконання задач управління безпекою руху на транспорті (рис. 1.1).

Ефективне керування діяльністю по забезпеченню БДР є головною метою (1). Для досягнення цієї мети необхідно реалізувати цілі більш низького рангу – цілі другого порядку:

- проведення на підприємстві комплексу заходів щодо безпеки дорожнього руху (1.1);

- підготовка працівників підприємства з питань безпеки руху та стимулювання зацікавленості працівників в її забезпеченні (1.2);
- управління скороченням числа аварійних ситуацій (1.3);
- координація роботи організацій, зв'язаних з дорожнім рухом, постановка обґрунтованих вимог до цих організацій по забезпеченню ними БДР і контроль за виконанням цих вимог (1.4).

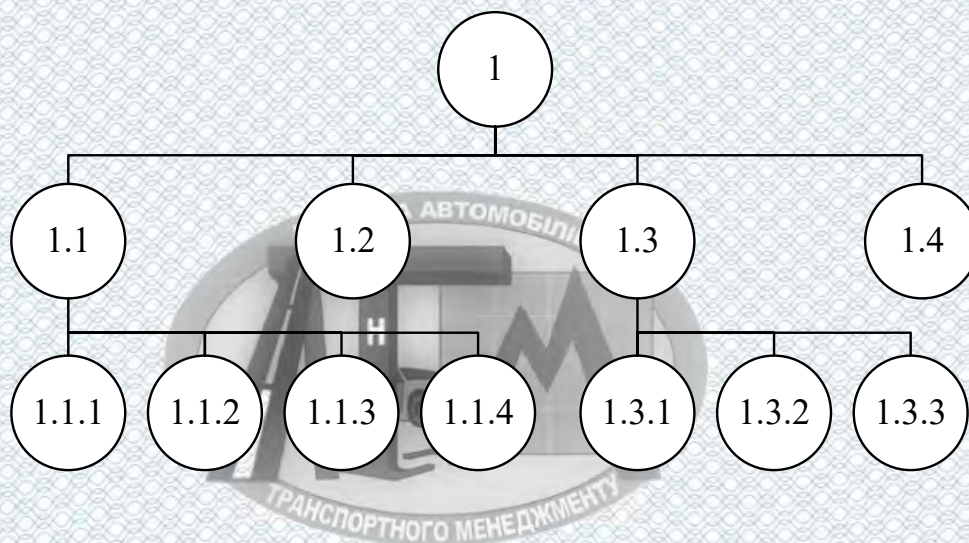


Рисунок 1.1 – «Дерево цілей» по проблемі керування БДР

В свою чергу, цілі 1.1 і 1.3 складаються з цілей третього порядку. Ціль 1.1 включає:

- розроблення та впровадження нормативних і методичних матеріалів із забезпечення безпеки перевезень (1.1.1);
- введення обов'язків по забезпеченню БДР для всіх ІТП АТП і виконання цих обов'язків (1.1.2);
- координацію роботи усіх служб АТП (технічної, кадрової, експлуатації, БР, медичної тощо), їх націленість на кінцевий результат (1.1.3);
- забезпечення виконання усіма працівниками АТП обов'язків по БДР (1.1.4).

Ціль 1.3 досягається шляхом:

- уведення довгострокового планування заходів щодо скорочення аварійних ситуацій та реалізація запланованих заходів (1.3.1);
- оцінювання та аналіз ефективності запланованих заходів (1.3.2);
- впровадження сучасних науково-технічних розробок в області забезпечення безпеки дорожнього руху (1.3.3).

Кінцевою метою рішення проблеми забезпечення безпечних перевезень пасажирів та вантажів на транспорті є мінімізація випадків загибелі та травмування людей у ДТП (рис. 1.2).

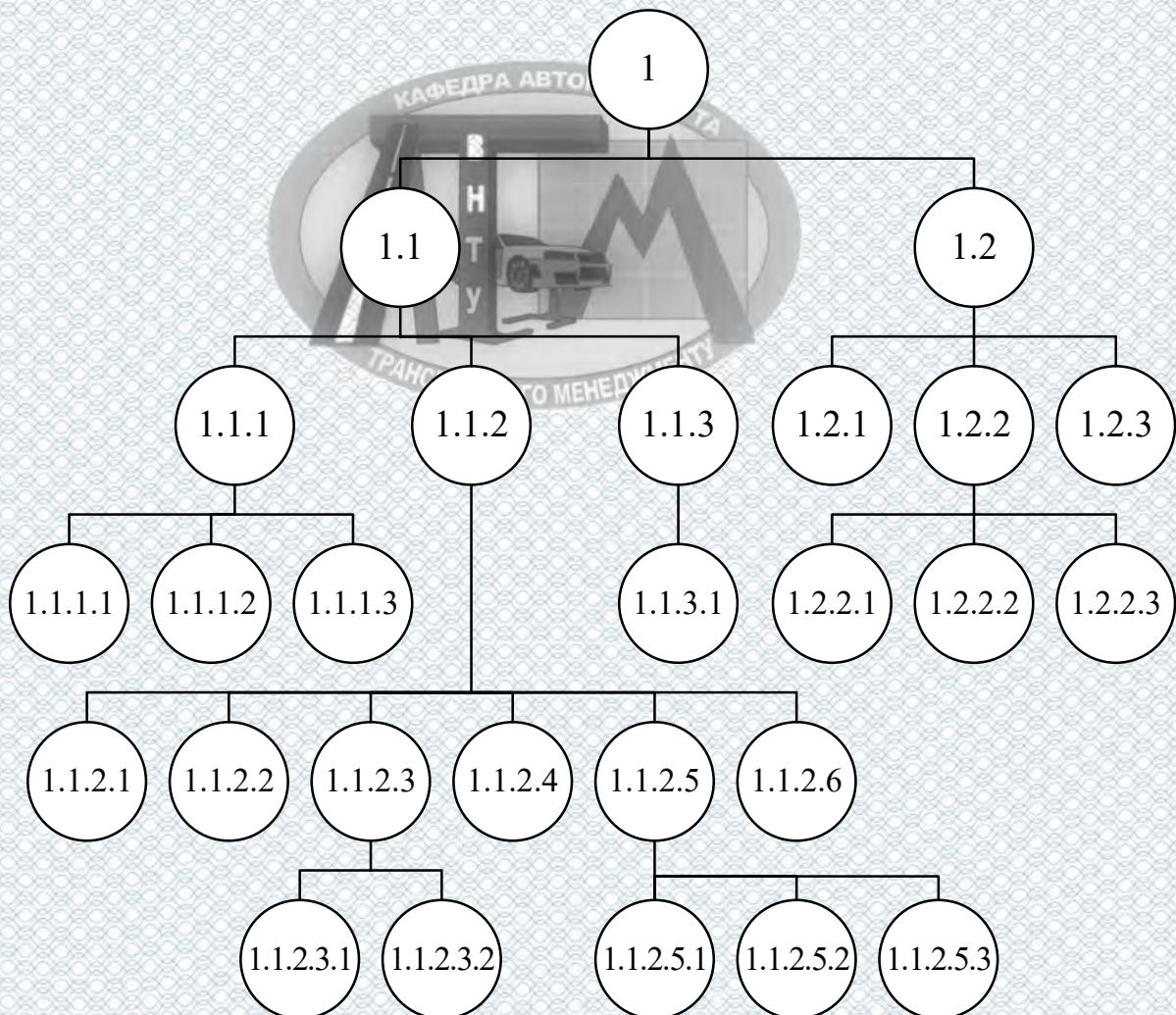


Рисунок 1.5 – «Дерево цілей» по проблемі мінімізації травматизму

Досягнення цієї головної мети (1) реалізується шляхом втілення двох цілей другого рангу: скорочення кількості аварійних ситуацій (1.1) та зниження ваги їх наслідків (1.2).

Ціль 1.1 містить у собі наступні задачі:

- покращення якісного складу водіїв на підприємстві (1.1.1);
- підвищення надійності водіїв (1.1.2);
- створення та підтримка здорового соціально-психологічного клімату в колективі підприємства (1.1.3).

Ціль 1.2 включає:

- вдосконалення пасивної безпеки ТЗ (1.2.1);
- оперативну допомогу потерпілим в ДТП та інші дії водіїв щодо забезпечення післяаварійної безпеки (1.2.2);
- попередження випадків неорганізованого перевезення пасажирів та вантажів чи перевезення пасажирів на ТЗ, не призначених для цих цілей (1.2.3).

В свою чергу, ціль 1.1.1 припускає:

- мінімізацію плинності кадрів серед «надійних» водіїв (1.1.1.1);
- моніторинг та відсторонення від роботи «небезпечних» водіїв (1.1.1.2);
- організацію системи запобігання прийому на роботу «небезпечних» водіїв (1.1.1.3).

Ціль 1.1.2 припускає:

- оптимізацію балансу між почуттям небезпеки та впевненістю у водіїв (1.1.2.1);
- підтримку (покращення) працездатного стану водіїв (1.1.2.2);
- підвищення дисциплінованості та високої професійної відповідальності водіїв (1.1.2.3);
- підтримку (покращення) професійної майстерності водіїв (1.1.2.4);
- організацію системи забезпечення адаптації молодих водіїв чи таких, що нещодавно приступили до роботи на підприємстві (1.1.2.5);
- виявлення «проблемних» водіїв та роботу з ними (1.1.2.6).

Досягнення цілі 1.2.2 можна забезпечити:

- шляхом евакуації пасажирів та водія з ТЗ (1.2.2.1);
- виклику «швидкої допомоги» (1.2.2.2);
- надання постраждалим первинної медичної допомоги (1.2.2.3).

В рамках провадження заходів третьої групи, спрямованих на попередження ДТП, були проведені експериментальні дослідження при технічному контролі комерційного автотранспорту. Результати проведених експериментів показали, що близько 30% з них мали несправності, при наявності яких забороняється експлуатація ТЗ. В 29% від загальної кількості несправних ТЗ були несправності гальм, в 20% – рульових керувань та в 19% – несправності світлотехніки [6]. Таким чином, обрана тематика дослідження є актуальною.

1.4 Процес гальмування як засіб попередження аварійних ситуацій

Гальмова система необхідна на ТЗ для зниження його швидкості, зупинки та утримання на місці.

Гальмова сила, яка виникає між колесом та дорогою, спрямована проти напрямку обертання колеса, вона перешкоджає обертанню колеса. Максимальне значення гальмової сили на колесі залежить від навантаження, що припадає на колесо, від можливостей механізму, що створює цю силу, від зчеплення шини з дорогою. За умови рівнозначущості усіх факторів, які визначають гальмову силу, ефективність системи гальмування ТЗ залежатиме в першу чергу від конструкції механізмів, які забезпечують гальмування автомобіля [7-9].

На сучасних ТЗ з метою підвищення безпеки дорожнього руху встановлюють кілька гальмівних систем, які за призначенням поділяють на робочу; допоміжну; запасну; стоянкову [10, 11].

Під час експлуатації ТЗ гальмівні системи працюють в інтенсивному режимі, що призводить до спрацювання поверхонь спряжених деталей гальмівних механізмів, їх приводів. У разі не виходу величини спрацювання за

межі, встановлені заводами-виробниками, нормальна робота гальмівних систем не порушується. В іншому випадку виникають несправності, які потребують негайного усунення, оскільки нормальне функціонування гальмівних систем є запорукою безпеки дорожнього руху.

Обов'язки контролю та нагляду за технічним станом вузлів та механізмів, що забезпечують безпеку руху, покладені на співробітників Патрульної поліції, які мають право затримати транспортний засіб, аж поки не усунуть несправності, якщо технічний стан та обладнання транспортного засобу не відповідають вимогам Правил дорожнього руху.

Але навіть якщо несправності, що виникли в дорозі, і були виявлені, то водій згідно з пунктом [31.5] Правил дорожнього руху України повинен вжити заходів для їх усунення, а при неможливості це зробити повинен рухатися до місця стоянки або ремонту. В більшості випадків відбувається останнє, тому що усунення несправностей в дорожніх умовах є практично неможливим.

Однак абсолютно немає гарантії, зважаючи на психологію більшості водіїв, що технічно несправний автомобіль буде рухатися до місця стоянки або ремонту.

Таким чином, потенційно небезпечні для населення транспортні засоби потрапляють на поживавлені вулиці міст та сіл, створюючи загрози для життя та здоров'я інших учасників дорожнього руху.

1.5 Регламентация показників ефективності гальмування

Основною властивістю, що забезпечує активну безпеку ТЗ, є гальмівна динаміка, яка пов'язана з конструктивними можливостями гальмівної системи (ГС), технічним станом ГС та ефективністю дії ГС в різних умовах експлуатації.

Залежно від призначення ГС ТЗ розрізняють чотири типи систем: робоча, допоміжна, аварійна (запасна), стоянкова.

Вимоги до ГС встановлюються як для автомобілів, що сходять з конвеєра, так і тих, які знаходяться в експлуатації. При цьому для ГС автомобілів, що експлуатуються, враховується певне, в межах 10% (Правила № 13 ЄЕК ООН) зниження вимог щодо гальмівних властивостей.

Ефективність гальмування і стійкість автомобіля при гальмуванні (ефективність дії ГС) в експлуатації згідно ДСТУ 3649:2010 перевіряють на стендах (табл. 1.13) і в дорожніх умовах (табл. 1.14). Для показників ефективності встановлені нормативні значення та умови (ДСТУ 3649:2010), за якими визначається відповідність вимогам безпеки.

Таблиця 1.13 – Показники, які застосовуються при перевірках ГС на стендах

Найменування показника	Гальмівна система				
	робоча		запасна	стоянкова	
	Стій- кість	Ефектив- ність	Ефектив- ність	Ефективність	
		гальмува ння	гальмування	споряд- женою	дозволеною максимальною
Питома гальмівна сила	–	+	+	+	+
Відносна різниця гальмівної сили на колесах осі	+	–	–	–	–
Блокування коліс автомобіля на роликівому стенді*	–	+	+	+	+

*Замість показника питомої сили допускається використовувати для АТЗ без АБС

Зокрема, для перевірки на стенді встановлено значення зусилля на органі керування робочої, запасної та стоянкової ГС, значення питомих гальмівних сил, значення відносної різниці гальмових сил коліс вісі (відсоток від найбільшого значення), вимоги щодо взаємодії робочої та запасної гальмівних систем.

Таблиця 1.14 – Показники, які застосовуються при перевірках ГС в дорожніх умовах

Найменування показника	Гальмівна система				
	робоча		запасна	стоян- кова	допо- міжна
	Стійкість	Ефективність гальмування	Ефективність гальмування		
Гальмовий шлях	–	+	+	–	–
Усталене сповільнення*	–	+	+	–	+
Час спрацювання гальмової системи	–	+	–	–	–
Коридор (смуга) руху	+	–	+	–	–
Ухил дороги, ТЗ на якому повинен фіксуватись нерухомо	–	–	–	+	–
*Використовується тільки замість показника гальмового шляху					

Засоби вимірювань, які залучаються при перевірці, повинні бути метрологічно повірені та працездатні. Похибка вимірювань не повинна бути більшою за такі значення [10]:

- для гальмової сили $\pm 3,0\%$;
- для зусилля на органі керування $\pm 4,0\%$;
- для параметрів часу $\pm 0,01$ с;
- для тиску стисненого повітря $\pm 3,0 \%$;
- для маси транспортного засобу $\pm 3,0\%$.

АТЗ піддають перевірці при «холодних» гальмівних механізмах.

1.6 Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження

На основі проведеного аналізу передумов розробки заходів з покращення безпеки руху автомобілів в умовах експлуатації та аналізу діяльності товариства

з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця, в подальшому в магістерській кваліфікаційній роботі слід розв'язати такі задачі:

- виконати аналіз методичних аспектів оцінювання стабільності гальмівних властивостей автомобілів;
- розробити методику забезпечення стабілізації параметрів гальмівних властивостей автомобілів в умовах експлуатації;
- розробити заходи з охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- визначити ефективність запропонованих рішень.



РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1 Вплив гальмівного управління на формування експлуатаційних властивостей автомобілів

Розвиток конструкцій автомобілів, розширення використання електроніки і інформаційних технологій для управління колісними машинами вимагає перегляду стратегії наукових досліджень, напрямів розробки вказаних машин і їх елементів [11-13].

З рисунка 2.1 видно, що участь гальмівного управління у формуванні експлуатаційних властивостей колісних машин. Досліджується можливість використання роздільного гальмування бортів машини для підвищення її маневреності. У зарубіжній літературі достатньо велика кількість публікацій про системи динамічної стабілізації курсу автомобілів шляхом пригальмовуванням коліс відповідного борту при виникненні занесення виходить за рамки процесу гальмування.

Для підвищення прохідності можливе використання гальм на провідних колесах для блокування диференціала у разі буксування одного з них. Таким чином, управляючи не тільки гальмівною системою в цілому, але і гальмівними механізмами окремих коліс можна істотно поліпшити ряд експлуатаційних властивостей колісних машин. Маючи електричний, пневматичний або гідросиловий гальмівний привід, колісні клапани, керовані від бортового комп'ютера і датчиків параметрів руху, можна здійснювати оптимальне управління машиною (рис 2.2).

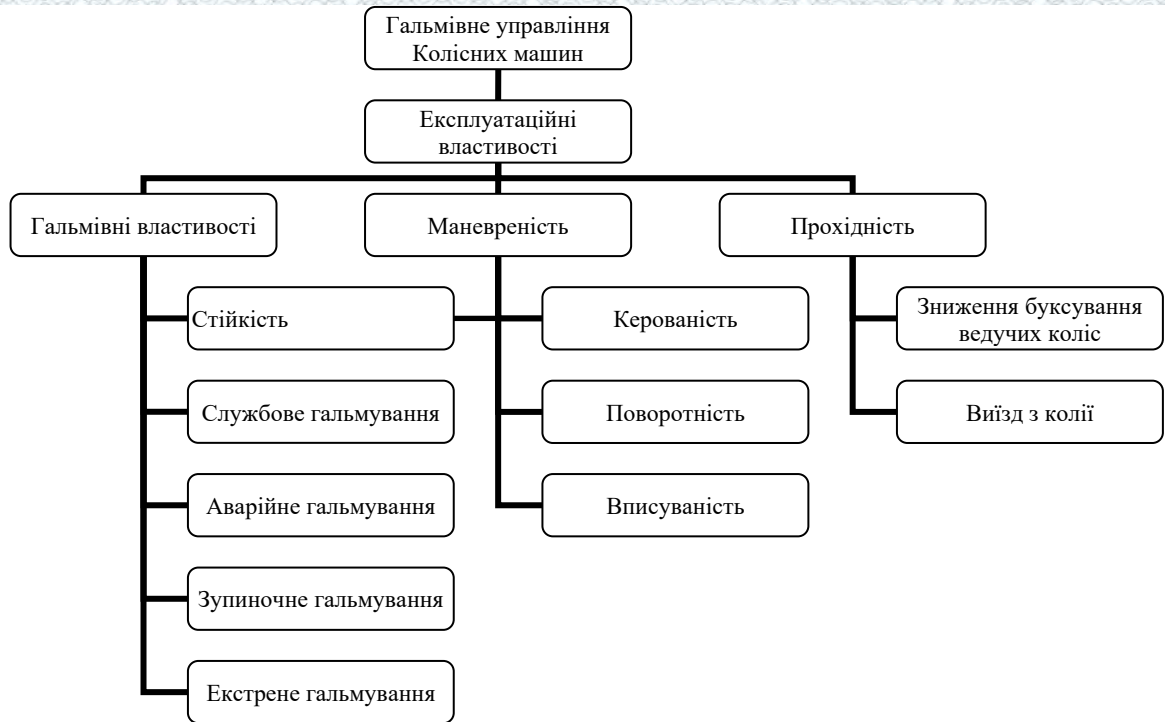
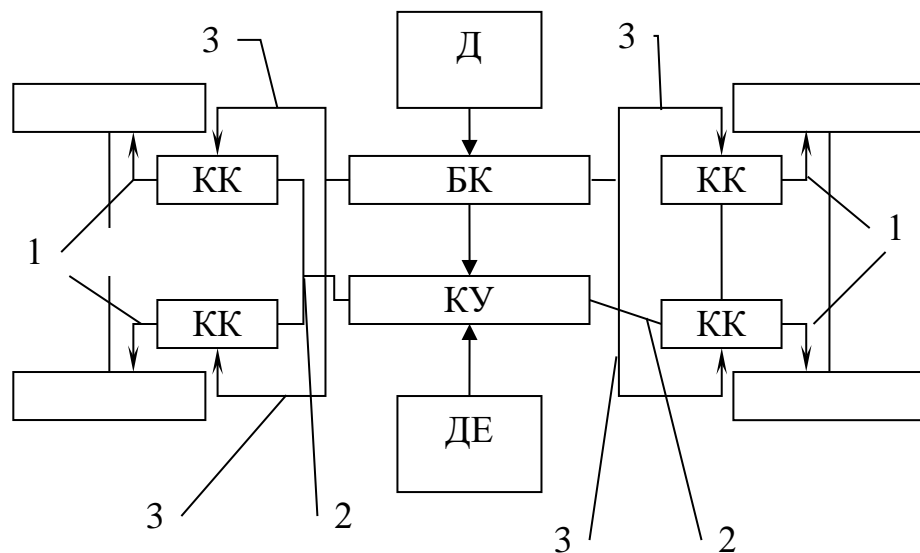


Рисунок 2.1 – Вплив гальмівного керування на формування експлуатаційних властивостей колісних машин [12]



1 - магістраль приводу гальма (ПГ) колісного; 2 - магістраль ПГ одного моста;
3 - ланцюг керування клапаном колісним (КК); КК - клапан колісний; БК - комп'ютер бортовий;
КУ - кран керування гальмівної системи; Д - датчики параметрів руху; ДЕ - джерело енергії

Рисунок 2.2 – Блок-схема незалежного керування колісними гальмами

Впровадження нової елементної бази і інформаційних технологій в конструкції автомобілів і тракторів супроводжується боротьбою новаторів і консерваторів, що є об'єктивним і природним процесом. Крім того, споживач повинен бути упевнений у тому, що у разі відмови електронних пристроїв він зуміє забезпечити безпечну зупинку машини традиційною гальмівною системою. В цьому випадку традиційні пристрої повинні забезпечити залишкову ефективність гальмування, що відповідає нормативним вимогам. З погляду забезпечення безпеки руху ми можемо побудувати певну ієрархічну послідовність часткових відмов гальмівного керування як мехатронну систему (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Бажана ієрархічна послідовність часткових відмов гальмівного керування

З розвитком автомобільних мехатронних систем, забезпеченням їх надійності можлива послідовна відмова від традиційних дублюючих елементів. Таким чином, розвиваючи мехатронні системи управління автомобілями і

тракторами (зокрема, процесом гальмування) необхідно зберігати як дублюючі елементи традиційні механічні гальмівні системи [11, 12, 14, 15].

2.2 Аналіз функціональної стабільності елементів гальмівних систем автомобілів

Стабільність величин моментів, створюваних гальмівними механізмами робить вплив не тільки на величину гальмівного шляху, але і на стійкість автотранспортного засобу. Нерівномірність гальмових моментів на колесах різних бортів приводить до появи додаткового моменту, який розвертає машину в площині дороги.

Для оцінки стабільності вихідних показників гальмівних механізмів використовують так звану гальмівну характеристику, що виражає залежність внутрішнього передавального числа гальма від коефіцієнта тертя μ . Мірою чутливості гальма до зміни коефіцієнта тертя μ є коефіцієнт чутливості

$$E = \frac{\partial c}{\partial \mu}, \quad (2.1)$$

де c – коефіцієнт ефективності (внутрішнє передаточне число) гальмівного механізму.

Коефіцієнт чутливості являється безпосередньо мірою чутливості гальмівного механізму. Використовується також і відносна чутливість гальма

$$e = \frac{\partial c}{\partial \mu} \cdot \frac{\mu}{c} = \frac{E\mu}{c} \quad (2.2)$$

Оскільки гальма з малим c мають, як правило, і мале значення E .

Наступні критерії, що оцінюють гальмівні механізми:

- коефіцієнт стабільності гальмівного моменту

$$\alpha_{cm} = \frac{M_{Tcp}}{M_{Tmax}}, \quad (2.3)$$

де M_{Tcp} M_{Tmax} - середнє і максимальне значення гальмівного моменту,

- коефіцієнт коливання гальмівного моменту

$$\gamma = \frac{M_{Tmin}}{M_{Tmax}}, \quad (2.4)$$

де M_{Tmin} - мінімальне значення гальмівного моменту,

- коефіцієнт ефективності гальмування

$$\beta_{сэф} = \frac{\alpha_{cm}}{T^2} \quad (2.5)$$

- приведена ефективність гальма

$$\delta_{эфт} = \frac{\beta_{эф} \cdot n}{h} = \frac{\alpha_{cm}}{h \cdot T^2}, \quad (2.6)$$

де n - число однакових гальмувань;

h - лінійний знос за одиничне гальмування (або за цикл однакових гальмувань).

Виконання найжорсткіших вимог міжнародних і національних стандартів по ефективності гальмування ТЗ нерозривно пов'язане з потребою підвищення енергоємності гальмових механізмів. Під енергоємністю гальмових механізмів розуміють здатність останніх розсіювати найбільшу кількість енергії

загальмовуваної машини без зниження показників ефективності гальмування до граничного рівня. Надмірне нагрівання гальмових механізмів призводить до зниження коефіцієнта тертя фрикційних поверхонь та зростання зносу фрикційних накладок.

Забезпечення високої ефективності і стабільності дії можливе при забезпеченні наступних умов:

- раціональному виборі типу гальмівних механізмів для даної колісної машини,
- забезпеченні необхідного теплового режиму і умов охолодження фрикційних поверхонь,
- забезпеченні рівномірної енергонавантажуваності фрикційних пар гальмівного механізму, гальмівних механізмів однієї осі, гальмівних механізмів різних осей, а також гальм тягача і причепа,
- застосування гальмівних механізмів з негативним серводією (негативним зворотним зв'язком по гальмівному моменту).

Найраціональнішим типом гальмового механізму є такий, що має узгоджений розподіл тепла тертя, генерованого по поверхні, зі спрямуванням теплових потоків, які відводяться від нагрітих поверхонь. Коли теплові потоки, що відводяться, невідомі на етапі проектування, необхідно прагнути до рівномірної генерації тепла по поверхнях тертя.

Слід зазначити, що не всі вживані в автотракторобудуванні типи гальмових механізмів мають можливість забезпечити рівномірний розподіл генерованого тепла по поверхнях тертя. У стрічковому і барабанному гальмах через змінність тиску за площею тертя при однаковій швидкості ковзання епюра потужності тертя (яка характеризує розподіл тепла, що генерується) відповідає епюрі тиску. У дисковому гальмі є можливість узгодження характеристик зносу фракційних матеріалів, закону розподілу контактного тиску із швидкістю ковзання і формою фрикційних накладок, що дає

можливість одержати більш рівномірний розподіл температури по поверхнях тертя [11, 16].

Тривалість динамічної стадії процесу гальмування визначається швидкодією гальмівного приводу. Швидкодія гальмівного приводу зв'язана із швидкістю передачі тиску робочого тіла від джерела енергії до виконавчих пристроїв гальмівних механізмів. Основною причиною зниження швидкодії гальмівного приводу є зміна властивостей робочого тіла (рідини або повітря) під впливом температури, а також утворення пробок і звужень прохідного перетину в трубопроводах. Найменшу швидкодію має пневмопривід гальм. При цьому він більш схильний і до температурних дій, оскільки при низьких температурах в трубопроводах і апаратах застигає конденсат, що створює пробки.

Гідростатичний привід, у зв'язку із застосуванням гальмівних рідин із стабільними температурними властивостями, володіє вищою надійністю. Основною причиною утворення пробок в трубопроводах може бути змішування робочих рідин різних сортів або механічні пошкодження (утворення вм'ятин на трубках).

Нестабільність розподілу гальмових сил між колесами однієї осі чи бортами, як вже наголошувалося вище, приводить до появи повертаючого моменту і занесення ТЗ. Нестабільність розподілу гальмових сил між осями може призвести до випереджаючого блокування задніх коліс, що, кінець кінцем, також приводить до занесення машини.

Застосування дискових гальм відкритого типу, володіючих вищою, в порівнянні з іншими типами гальмівних механізмів, стабільністю гальмівного моменту дозволило підвищити не тільки стабільність розподілу гальмівних сил між бортами, але і між осями машини. Установка дискових гальм відкритого типу на передніх колесах і барабанних гальм на задніх колесах легкових автомобілів стало поширеною схемою. Така схема установки гальмівних механізмів балу обумовлена (свого часу) простішим технічним рішенням приводу стоянки на задні барабанні гальма. При цьому враховувалося, що

нерівномірність задніх гальм робить менший вплив на стійкість колісної машини, ніж нерівномірність передніх. З появою нових технічних рішень приводу стоянки дискових гальм відкритого типу проблеми застосування дискових гальм на всіх колесах легкових автомобілів не стало. На автомобілях середнього і високого класів стали застосовуватися дискові гальма на всіх колесах (при цьому на передні колеса встановлюють вентильовані гальмівні диски).

Регулятори гальмівних сил запобігають випереджаючому блокуванню задніх коліс і забезпечують максимальне використання зчіпної ваги колісної машини при гальмуванні до моменту блокування коліс. Нестабільність характеристик регулятора гальмових сил може призвести до появи небезпеки випереджаючого блокування задніх коліс при екстреному гальмуванні ТЗ і занесення автомобіля. Відомі регулятори гальмівних сил підрозділяються на три категорії залежно від використання командного сигналу на спрацьовування (включення):

- клапани, що реагують на тиск; клапани, що реагують на уповільнення;
- клапани, що реагують на навантаження.

Проведений розрахунково-експериментальний аналіз стабільності вказаних типів регуляторів гальмівних сил показав, що клапани, що реагують на уповільнення (інерційні регулятори гальмівних сил) дозволяють забезпечити вимоги стандартів до розподілу гальмівних сил між осями легкових автомобілів всіх класів, включаючи передньоприводні, при максимальних коливаннях їх повної маси. З погляду відповідності дійсних характеристик регулювання ідеальним за умов зчеплення інерційні регулятори гальмівних сил мають перевагу перед регуляторами, що спрацьовують по тиску, але поступаються регуляторам, що реагують на зміну навантаження. Проте, оскільки інерційні регулятори не мають схильних до руйнування механічних елементів, що пов'язують їх з підвіскою автомобіля, вони значно більш надійні, ніж регулятори, що спрацьовують по навантаженню. У зв'язку з цим, застосування останніх є

переважним. Запропоновані і досліджені конструкції стабільних регуляторів розподілу гальмівних сил між осями, реагуючим на тиск, але що має програму, що дозволяє забезпечувати випереджаюче блокування передніх коліс при всіх завантаженнях автомобіля і при будь-якому значенні коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою. При цьому досягається максимальне використання зчіпної ваги машини. Таким чином, можливе забезпечення найстабільнішої характеристики регулятора розподілу гальмівних сил між осями [14-16].

2.3 Дослідження стабільності роботи гальмівних механізмів на основі узагальненого рівняння гальмового моменту

В роботі [14] отримані інваріантні рівняння гальмівного моменту багатодискового і барабанного гальмівних механізмів. Їх використання дозволить нам отримати з використанням елементів булевої алгебри узагальнене рівняння гальмівного моменту для різних типів фрикційних пар

$$M_{\Gamma} = P_{np} \cdot R_2 \cdot Q_1 \{ \exp[Q_2 \mu (1 - Q_3)] - \exp[(-Q_2 \mu Q_3)] \} \quad (2.7)$$

де P_{np} - приводне зусилля, що створює гальмівний момент;

R_2 - габаритний радіус ротора гальмівного механізму;

μ - коефіцієнт тертя між елементами фрикційної пари;

Q_1, Q_2 - конструктивні коефіцієнти, залежні від геометричних параметрів фрикційних пар (таблиця 2.1);

Q_3 - коефіцієнт, залежний від знака зворотного зв'язку в гальмівному механізмі; при позитивній дії $Q_3=0$, а при негативній $Q_3=1$.

В таблиці 2.1 представлені величини: α_n - кут обхвату стрічки, μ_1 - коефіцієнт тертя в направляючих гальмівних дисках, Z - число поверхонь тертя, K_R - відношення зовнішнього і внутрішнього радіусів тертя гальмівних дисків, a, c, e - геометричні параметри барабанного гальмівного механізму.

Таблиця 2.1 – Конструктивні коефіцієнти

Тип гальмівного механізму	Q_1		Q_2	
	Розрахункова формула	Діапазон чисельних значень	Розрахункова формула	Діапазон чисельних значень
Стрічковий	1	1	α_H	0-6,28
Дисковий	$\frac{1}{\mu_1(K_R+1)}$	2,5- ∞	$\frac{\mu_1 z(K_R+1)^2}{2K_R}$	0-2,67
Барабанний	$\frac{(a+b)}{e}$	2- ∞	$\frac{e}{c}$	0-1

Для гальмівних механізмів з декількома паралельно працюючими фрикційними парами узагальнене управління гальмівного моменту прийме вигляд:

$$M_T = \sum_{i=1}^{m_n} P_{npi} \cdot R_{tii} \cdot Q_1 \{ \exp[Q_{2i} \cdot \mu_i \cdot (1 - Q_{3i})] - \exp[-Q_{2i} \cdot \mu_i \cdot Q_{3i}] \} \quad (2.8)$$

де m_n - число паралельно працюючих фрикційних пар.

В роботі відзначено, що багатодискові гальма можуть мати тільки негативну серводію ($Q_3=1$).

Проведемо оцінку стабільності гальмівного моменту (див. рівняння (2.7)) з використанням як критерій показника чутливості гальмівного моменту M_T до зміни коефіцієнта тертя μ

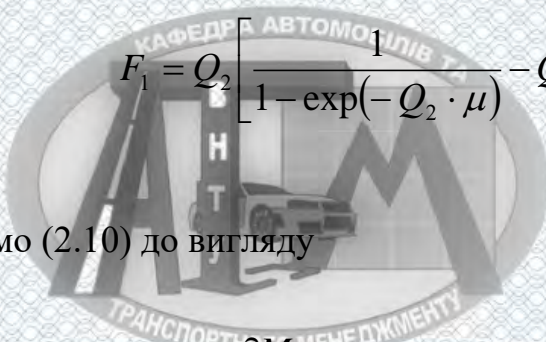
$$\frac{\partial M_T}{\partial \mu} = P_{np} \cdot R_r \cdot Q_1 \{ Q(1 - Q_3) \exp[Q_2 \cdot \mu(1 - Q_3)] + Q_2 \cdot Q_3 \exp(-Q_2 \cdot \mu \cdot Q_3) \} \quad (2.9)$$

Перетворивши (2.9) з урахуванням (2.7), одержимо:

$$\frac{\partial M_T}{\partial \mu} = M_T \cdot Q_2 \left[\frac{1}{1 - \exp(-Q_2 \cdot \mu)} - Q_3 \right]. \quad (2.10)$$

При $\frac{\partial M_T}{\partial \mu} = 0$ гальмівний механізм буде володіти ідеальною стабільністю. Цю умову можна виконати при рівності нулю правої частини (2.10), що реалізується при $Q_3=1$ і $Q_2=\infty$.

Введемо функцію

$$F_1 = Q_2 \left[\frac{1}{1 - \exp(-Q_2 \cdot \mu)} - Q_3 \right] \quad (2.11)$$


і перетворимо (2.10) до вигляду

$$\frac{\partial M_T}{\partial \mu} = M_T \cdot F_1 \quad (2.12)$$

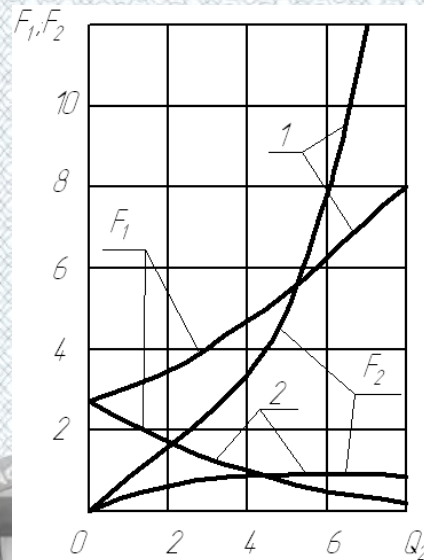
Чутливість гальмівного моменту до зміни коефіцієнта тертя μ при заданому гальмівному моменті M_T визначається безрозмірною функцією F_1 . Аналогічно введемо безрозмірну функцію для визначення гальмівного моменту

$$F_2 = \{ \exp[Q_2 \cdot \mu(1 - Q_3)] - \exp(-Q_2 \cdot \mu \cdot Q_3) \} \quad (2.13)$$

Що дозволить записати рівняння гальмівного моменту у вигляді:

$$M_T = P_{np} \cdot R_T \cdot Q_1 \cdot F_2 \quad (2.14)$$

Функції F_1 і F_2 залежать від коефіцієнтів Q_2 і Q_3 , а також від μ . На рис. 2.4 приведена залежність $F_1 = F_1(Q_2)$ і $F_2 = F_2(Q_2)$ для гальмівних механізмів з позитивним ($Q_3=0$) і негативним ($Q_3=1$) серводією при $\mu=0,35$.



1 - позитивний зворотний зв'язок; 2 - негативний зворотний зв'язок

Рисунок 2.4 – Залежність $F_1 = F_1(Q_2)$ і $F_2 = F_2(Q_2)$

Аналіз графіків, приведених на рис. 2.4 з урахуванням значень в таблиці 2.1, приводить до, здавалося б, парадоксального висновку про те, що найбільшою стабільністю гальмівного моменту володіють стрічкові гальма з негативним зворотним зв'язком (з приводом на набігаючу гілку стрічки). Барабанні гальма одночасно можуть мати фрикційні пари як з позитивним так і негативною серводією. Проведемо аналіз стабільності барабанного гальмівного механізму, що має заклинюючі (активні) колодки. При цьому приймемо, що привід гальма гідравлічний (гальмо з рівними приводними зусиллями). Гальмівні колодки мають однакову геометрію, тобто коефіцієнти Q_1 і Q_2 для обох колодок однакові. Безрозмірні функції у цьому випадку прийме вигляд:

$$F_1 = Q_3 \frac{1 + \exp(-2Q_2 \cdot \mu)}{1 - \exp(-2Q_2 \cdot \mu)} \quad (2.15)$$

$$F_2 = \exp(Q_2 \cdot \mu) - \exp(Q_2 \cdot \mu) \quad (2.16)$$

Графіки залежності (2.15) і (2.16) при $\mu=0,35$ приведені на рис. 2.5. Порівняльний аналіз графіків, приведених на рис. 2.4 і рис. 2.5 показує, що гальмо з однією активною і однією пасивною колодкою володіє меншою чутливістю до зміни коефіцієнта тертя μ , чим гальмо з двома активними колодками. Це підтверджує відомі раніше факти.

Запропонована методика оцінки стабільності гальмівних механізмів за допомогою узагальненого рівняння гальмівного моменту дозволяє на стадії проектування автомобілів і інших колісних машин виконувати вибір раціонального типу гальмівних механізмів і оптимізацію їх геометричних параметрів. Наприклад, аналіз даних таблиці 2.1 показує, що найбільш стабільними є стрічкові гальма з негативним зворотним зв'язком, потім слідують багатодискові гальма, оскільки має найбільше значення Q_2 .

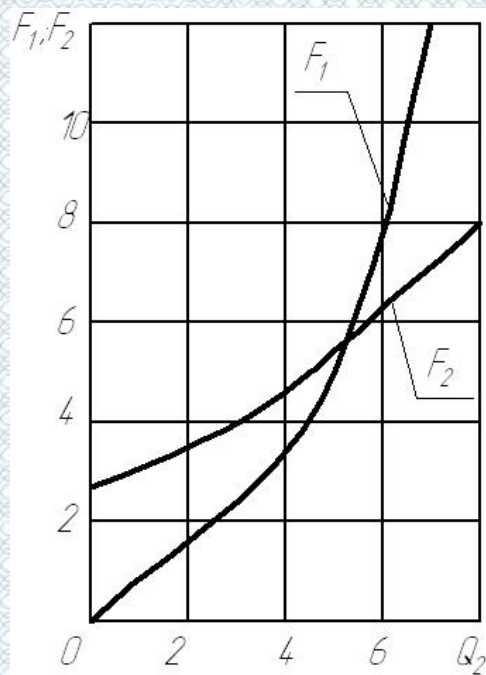


Рисунок 2.5 – Залежність $F_1(Q_2)$ і $F_2(Q_2)$ для барабанного гальма з рівними

приводними зусиллями і однаковими геометричними параметрами гальмівних колодок при $\mu=0,35$.

Самим нестабільними є барабанні гальмівні механізми. Якщо забезпечити необхідний тепловий режим гальмівних механізмів, то можна прогнозувати появу на колісних машинах стрічкових гальм з негативною серводією.

2.4 Оцінка стабільності розподілу гальмівних сил між осями автотранспортних засобів

Розподіл гальмівних сил між осями колісної машини робить вплив на ефективність гальмування, що досягається без блокування коліс і курсову стійкість. Дійсний коефіцієнт розподілу гальмівних сил відрізняється від ідеального β_i (забезпечуючого одночасне наближення до межі блокування передніх та задніх коліс) на величину

$$\Delta\beta = \frac{P_{T1}}{P_{T1} + P_{T2}} - \beta_i = \frac{P_{T1}}{P_{T1} + P_{T2}} - \frac{b + \varphi \cdot h}{L} \quad (2.17)$$

де P_{T1}, P_{T2} - гальмівні сили на колесах передньої і задньої осей відповідно;

b - відстань від центру задньої осі ТЗ до проекції центру мас колісної машини на горизонтальну площину;

h - висота центру мас колісної машини;

L - подовжня колісна база;

φ - коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою.

Фактичний коефіцієнт розподілу гальмової сили на передню вісь:

$$\beta_o = \frac{P_{T1}}{P_{T1} + P_{T2}} = \frac{1}{(1 + P_{T2})/P_{T1}} \quad (2.18)$$

Для зручності подальшого аналізу приведемо вираз (2.18) до інваріантного експоненціального вигляду. Припустимо, що знаменник (2.18) є сумою двох перших членів ряду Маклорена. Якщо обмежитися двома цими членами ряду, то вираз (2.18) можна записати у вигляді:

$$\beta_{\delta} = \exp\left(-\frac{P_{T2}}{P_{T1}}\right) \quad (2.19)$$

$$\ln\beta_{\delta} = -\frac{P_{T2}}{P_{T1}} \quad (2.20)$$

Параметри P_{T1} і P_{T2} можуть відрізнятися від реальних значень, оскільки залежать від певного числа нестабільного числа нестабільних чинників (радіусу коліс, коефіцієнта тертя фрикційних пар гальм, приводних зусиль). Для оцінки впливу зміни вказаних параметрів на величину β_{δ} доцільно використовувати теорію помилок. Виразимо (2.20) в диференціальному вигляді:

$$d\ln\beta_{\delta} = -d\left(\frac{P_{T2}}{P_{T1}}\right) \quad (2.21)$$

або

$$\frac{d\beta_{\delta}}{\beta_{\delta}} = -d\left(\frac{P_{T2}}{P_{T1}}\right) \quad (2.22)$$

Приходячи до кінцевих приростів і розглядаючи їх щодо розрахункової величини дійсного коефіцієнта розподілу гальмівної сили на передню вісь, отримаємо:

$$\Delta\beta'_{\partial 1} = -\beta_{\partial 0} \Delta\left(\frac{P_{T2}}{P_{T1}}\right) \quad (2.23)$$

де $\Delta\beta'_{\partial 1}$ - відхилення дійсного коефіцієнта розподілу гальмівної сили на передню вісь, обумовлене нестабільністю співвідношення P_{T2}/P_{T1} ;

$\Delta\left(\frac{P_{T2}}{P_{T1}}\right)$ – відхилення співвідношення P_{T1}/P_{T2} від розрахункового значення

$$\Delta\left(\frac{P_{T2}}{P_{T1}}\right) = \frac{\Delta P_{T2} \cdot P_{T1} - \Delta P_{T1} \cdot P_{T2}}{P_{T1}^2} = \frac{P_{T2}}{P_{T1}} \cdot \left(\frac{\Delta P_{T2}}{P_{T2}} - \frac{\Delta P_{T1}}{P_{T1}} \right) \quad (2.24)$$

Підставляючи залежність (2.24) і (2.23) з урахуванням, що $P_{T2}/P_{T1} = \ln \beta_{\partial 0}$, одержимо:

$$\Delta\beta'_{\partial 1} = \left(\frac{\Delta P_{T2}}{P_{T2}} - \frac{\Delta P_{T1}}{P_{T1}} \right) \beta_{\partial 0} \ln \beta_{\partial 0} \quad (2.25)$$

Переходячи до відносних відхилень (погрешностей), одержимо:

$$\delta\beta'_{\partial 1} = (\delta P_{T2} - \delta P_{T1}) \cdot \ln \beta_{\partial 0} \quad (2.26)$$

де $\delta\beta'_{\partial 1}, \delta P_{T2}, \delta P_{T1}$, - відносні відхилення величини $\beta'_{\partial 1}, P_{T2}, P_{T1}$ від розрахункових значень

$$\delta\beta'_{\partial 1} = \Delta\beta_{\partial 1} / \beta_{\partial 0} \quad (2.27)$$

$$\delta P_{T2} = \left(\frac{\Delta P_{T2}}{P_{T2}} \right) \quad (2.28)$$

$$\delta P_{T1} = \left(\frac{\Delta P_{T1}}{P_{T1}} \right) \quad (2.29)$$

Для забезпечення курсової стійкості колісної машини при гальмуванні необхідно, щоб $\Delta\beta \geq 0$. Оскільки у виразі (2.26) величина $\ln\beta_{\partial} \leq 0$, то потрібно прагнути того, щоб реалізувати позитивне значення $\delta\beta'_{\partial}$. При негативних значеннях δP_{T2} і δP_{T1} потрібно, щоб $\delta P_{T2} \leq \delta P_{T1}$ (ураховуючи, що ці величини негативні $|\delta P_{T2}| \geq |\delta P_{T1}|$).

Проведемо оцінку того, наскільки впливає нерівномірність гальмівних сил на колесах однієї осі на відхилення розподілу гальмових сил між осями від розрахункового значення. Якщо розглядати гальмівні сили на кожному колесі окремо, то рівняння (2.18) прийме вигляд

$$\beta_{\partial} = \frac{P_{T11} + P_{T12}}{P_{T11} + P_{T12} + P_{T21} + P_{T22}} = \frac{1}{1 + \frac{P_{T21} + P_{T22}}{P_{T11} + P_{T12}}} \quad (2.30)$$

Замінюючи залежність (2.27) експоненціальної, одержимо

$$\beta_{\partial} = \exp\left(-\frac{P_{T21} + P_{T22}}{P_{T11} + P_{T12}}\right) \quad (2.31)$$

де $P_{T11}; P_{T12}$ – гальмівні сили, але окремих колесах передньої осі;

$P_{T21}; P_{T22}$ – гальмівні сили, але окремих колесах задньої осі.

Припустимо, що $P_{T21} \geq P_{T22}$ і $P_{T11} \geq P_{T12}$ і, перетворюючи до вигляду

$$\beta_{\partial} = \exp\left(-\frac{P_{T21}}{P_{T11}} \cdot \frac{1 + P_{T22}/P_{T21}}{1 + P_{T12}/P_{T11}}\right) \quad (2.32)$$

$$\ln \beta_{\delta} = \exp \left(- \frac{P_{T21}}{P_{T11}} \cdot \frac{1 + P_{T22} / P_{T21}}{1 + P_{T12} / P_{T11}} \right) \quad (2.33)$$

Диференціал функції декількох змінних $\left(\frac{P_{T21}}{P_{T11}}; \frac{P_{T22}}{P_{T21}}; \frac{P_{T12}}{P_{T11}} \right)$.

$$d \ln \beta_{\delta} = \frac{\partial \ln \beta_{\delta}}{\partial (P_{T21} / P_{T11})} \cdot d(P_{T21} / P_{T11}) + \frac{\partial \ln \beta_{\delta}}{\partial (P_{T22} / P_{T21})} \cdot d(P_{T22} / P_{T21}) + \frac{\partial \ln \beta_{\delta}}{\partial (P_{T12} / P_{T11})} \cdot d(P_{T12} / P_{T11}) \quad (2.34)$$

Частинні похідні

$$\frac{\partial \ln \beta_{\delta}}{\partial (P_{T21} / P_{T11})} = \left(\frac{1 + P_{T22} / P_{T21}}{1 + P_{T12} / P_{T11}} \right) \quad (2.35)$$

$$\frac{\partial \ln \beta_{\delta}}{\partial (P_{T22} / P_{T21})} = \left(\frac{P_{T21}}{P_{T11}} \cdot \frac{1}{1 + P_{T12} / P_{T11}} \right) \quad (2.36)$$

$$\frac{\partial \ln \beta_{\delta}}{\partial (P_{T12} / P_{T11})} = \left(- \frac{P_{T21}}{P_{T11}} \cdot \frac{1 + P_{T22} / P_{T21}}{(1 + P_{T12} / P_{T11})^2} \right) \quad (2.37)$$

Підставляючи (2.35), (2.36), (2.37), в (2.34) і переходячи до кінцевих перетворень, одержимо

$$\begin{aligned} \frac{\Delta \beta_{\delta}}{\beta_{\delta}} &= \left(\frac{1 + P_{T22} / P_{T21}}{1 + P_{T12} / P_{T11}} \right) \cdot \Delta \left(\frac{\Delta P_{T21}}{P_{T11}} \right) - \left(- \frac{P_{T21}}{P_{T11}} \cdot \frac{(P_{T22} / P_{T21})}{1 + P_{T12} / P_{T11}} \right) + \\ &+ \left(\frac{P_{T21}}{P_{T11}} \cdot \frac{1 + P_{T22} / P_{T21}}{(1 + P_{T12} / P_{T11})^2} \right) \cdot \Delta \left(\frac{\Delta P_{T12}}{P_{T11}} \right) \end{aligned} \quad (2.38)$$

Якщо розглядати відхилення параметрів щодо початкових (розрахункових) значень, то $P_{T21} = P_{T22}$; $P_{T11} = P_{T12}$; $P_{T21}/P_{T11} = \ln \beta_{\partial 0}$. В цьому випадку, після перетворень рівняння (2.38) прийме вигляд

$$\Delta\beta'_{\partial 1} + \Delta\beta''_{\partial 1} = -\beta_{\partial 0} \cdot \left\{ \frac{1}{2} \ln \beta_{\partial 0} \cdot \left[\Delta \left(\frac{P_{T12}}{P_{T11}} \right) - \Delta \left(\frac{P_{T22}}{P_{T21}} \right) \right] + \Delta \left(\frac{P_{T21}}{P_{T11}} \right) \right\} \quad (2.39)$$

або, враховуючи співвідношення $\Delta\beta'_{\partial 1} = -\beta_{\partial 0} \cdot \Delta \left(\frac{P_{T21}}{P_{T11}} \right)$, одержимо

$$\Delta\beta''_{\partial 1} = -\frac{1}{2} \ln \beta_{\partial 0} \cdot \left[\Delta \left(\frac{P_{T12}}{P_{T11}} \right) - \Delta \left(\frac{P_{T22}}{P_{T21}} \right) \right] \quad (2.40)$$

Введемо поняття коефіцієнтів нерівності гальмівних сил на колесах передньої $\Delta_1 = \Delta \left(\frac{P_{T12}}{P_{T11}} \right)$ і задньої $\Delta_2 = \Delta \left(\frac{P_{T22}}{P_{T21}} \right)$ осей. При прийнятих раніше допущеннях ці коефіцієнти повинні знаходитися в межах $[0;1]$. Рівняння (2.40) прийме вигляд

$$\Delta\beta''_{\partial 1} = -\frac{1}{2} (\Delta_1 - \Delta_2) \ln \beta_{\partial 0} \quad (2.41)$$

Таким чином при оцінці погрешностей регулювання розподілу гальмівних сил між осями необхідно враховувати три компонента

$$\Delta\beta = \Delta\beta_0 + \Delta\beta'_1 + \Delta\beta''_1 \quad (2.42)$$

де $\Delta\beta_0$ - теоретична погрішність, обумовлена недосконалістю вибраного способу регулювання (відмінність дійсної характеристики регулювання від ідеальної);

$\Delta\beta_1'$ - погрішність, створювана за рахунок нестабільності співвідношення гальмових сил на задніх і передніх колесах;

$\Delta\beta_1''$ - додаткова погрішність, обумовлена нерівністю гальмівних сил на колесах окремих осей.

Аналізуючи залежність (2.41) можна зробити висновок про те, що для отримання $\Delta\beta_0'' > 0$ необхідно мати $\Delta_2 > \Delta_1$, тобто передні колеса повинні мати меншу нерівномірність гальмівних сил, в порівнянні із задніми.

Запропонована методика дозволяє здійснювати оцінювання якості регулювання розподілу гальмових сил між осями колісної машини з урахуванням нестабільності гальмівних сил на колесах.

2.5 Оцінювання стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні

Стабільність траєкторії руху ТЗ оцінюють з умов стійкого руху. Теорія стійкості руху в сучасному розумінні була сформульована наприкінці 19 століття академіком А.М. Ляпуновим. Дослідження в цьому напрямку були продовжені Певзнером Я.М., Гредескулом А.Б., Литвиновим А.С., Іларіоновим В.А., Хачатуровим А.А., Антоновим Д.А., Брянським Ю.А., Гуревичем Л.В., Гячевим Л.В., Косолаповим Г.М., Мартинюком А.А., Сахном В.П., Подригалом М.А., Волковим В.П. та багатьма іншими.

Стійкість – це властивість ТЗ, яка визначається здатністю ТЗ зберігати задану траєкторію руху під час дії на нього зовнішніх сил, що намагаються відхилити ТЗ від цієї траєкторії при зафіксованих колесах [9, 11, 14, 17, 19]. Розрізняють курсову і траєкторну стійкість. Траєкторна стійкість - властивість

автомобіля з достатньою точністю прямувати по заданій криволінійній траєкторії, курсова стійкість – не змінювати напрямок руху (прямувати по прямій).

Стійкість ТЗ визначається бічними реакціями дорожа, прикладеними до його коліс. Якщо бокові сили, що виникли, наприклад, від поперечного ухилу дорожа, від відцентрового ефекту при повороті, вітру тощо, менше граничної величини бічної реакції, колесо буде рухатись за заданою траєкторією і незначно відхиляться від неї тільки за рахунок бічного уводу. Якщо ж ця границя перевищена, починається бічне ковзання, і колесо втрачає стійкість. Отже, колесо буде стійким, якщо [9, 19]:

$$R_{\Sigma} = \sqrt{X^2 + Y^2} \leq \varphi_{\max} \cdot Z, \quad (2.55)$$

де R_{Σ} - сумарна реакція, що діє в площині контакту колеса з опорною поверхнею, кН;

X, Y, Z - відповідно подовжня, бокова та нормальна реакції в контакті колеса з опорною поверхнею;

φ_{\max} - найбільше значення коефіцієнта зчеплення для даного покриття за оптимального проковзання коліс ТЗ.

Зрозуміло, що чим сильніше гальмується колесо (більше X), тим гірша стійкість ТЗ.

Потужність гальм сучасних ТЗ дозволяє водію заблокувати колеса. В такому випадку можливі:

- втрата траєкторної стійкості при блокуванні передніх коліс;
- втрата курсової стійкості при блокуванні задніх коліс.

Якщо ТЗ відхилився від прямолінійного напрямку руху на 20° , занос вже неможливо припинити навіть повним розгальмовуванням та енергійним маневром за допомогою рульового керування [11].

Випробування, які проведені на легкових автомобілях [9], показали, що при одночасному блокуванні чи при випереджаючому блокуванні передніх коліс ТЗ, як правило, не втрачає курсову стійкість. У разі блокування задніх коліс раніше передніх на 0,5 с і більше, то відбувався занос автомобіля. При блокуванні одного заднього колеса занос не відбувається до блокування іншого.

Враховуючи технологічні та конструктивні особливості, ДСТУ 3649:2010 допускає деяке відхилення величини гальмівних сил між різними колесами під час гальмування, а також нерівномірність спрацювання колісних гальм однієї осі. Тому ТЗ при гальмуванні може розвертатись навколо свого центра ваги, проте в процесі розвороту ТЗ не повинен виходити за габарити смуги руху шириною 3,5 м (рис. 2.6).

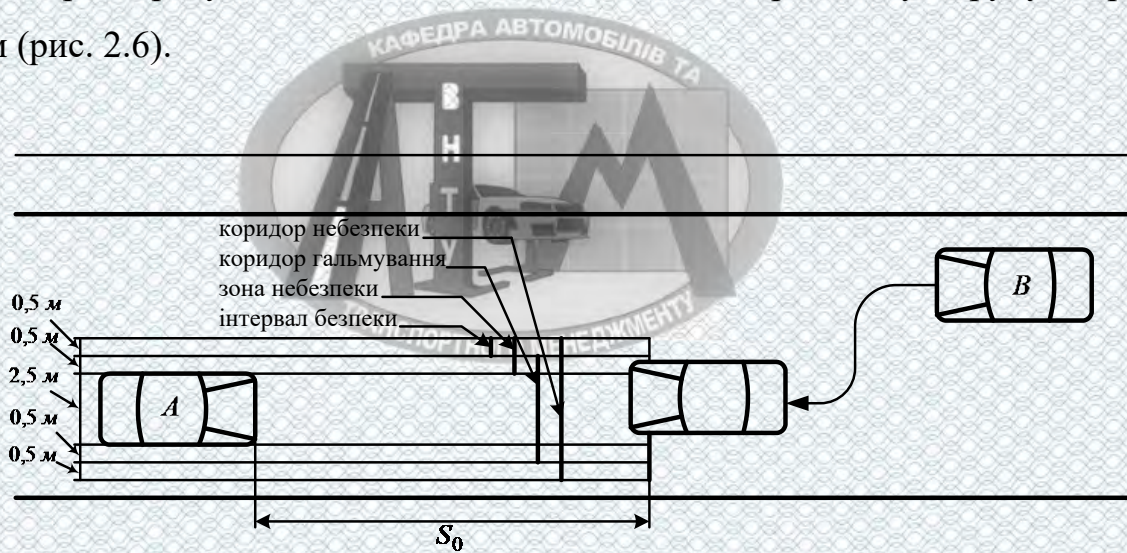


Рисунок 2.6 – Коридор безпеки

Враховуючи інтервал безпеки 0,5 м, ширина коридору безпеки складе 4,5 м.

Таким чином, для забезпечення безпеки руху автомобіля необхідно, щоб гальмовий шлях S_2 не перевищував нормованої величини, що визначається за ДСТУ 3649:2010. Також, не можна допускати вихід ТЗ за межі заданого коридору (смуги) руху, який може виникає при заносі (розвороті). Умовою гранично допустимого розвороту автомобіля є вираз [11]:

$$\frac{B_d}{2} \leq y + \frac{L_a}{2} \sin \gamma + \frac{B_a}{2} \cos \gamma, \quad (2.56)$$

де B_d - ширина смуги руху;

y - поперечне відхилення центра мас;

L_a та B_a - довжина і ширина ТЗ;

γ - кут розвороту повздовжньої осі ТЗ.

Постановка задачі та ідея алгоритму.

Будемо вважати відомими:

- множину факторів, що впливають на зміну траєкторії руху автомобіля при гальмуванні;
- умови руху автомобіля: тип і стан дорожнього покриття, дорожні ухили;
- навантаження автомобіля та його розподіл;
- схему сил, які діють на автомобіль при гальмуванні.

Необхідно: розробити алгоритм, який дозволяє оцінити траєкторію руху автомобіля при гальмуванні, по фіксованому вектору факторів впливу, тобто визначити відхилення осі автомобіля від заданої траєкторії руху.

Ідея методу, запропонованого нижче для рішення цієї задачі, полягає в наступному. Розглянемо ситуацію, коли автомобіль рухається по рівній горизонтальній асфальтованій дорозі, яка не має поперечного ухилу (відсутня бокова сила P_y), але центр ваги автомобіля зміщений в повздовжньому напрямку на деяку величину Δx , а в поперечному на Δy (рис. 2.7).

В цьому випадку курсова стійкість автомобіля (відхилення осі автомобіля на кут γ від траєкторії руху) буде залежати від величини дотичних реакцій

$R_{x1(2)}^{л(п)}$, $R_{y1(2)}^{л(п)}$ (індекси 1 і 2 позначають передню і задню осі, п і л – праві і ліві

колеса), діючих на його колеса, зміщення Δx , Δy та якості зчеплення з дорожнім покриттям.

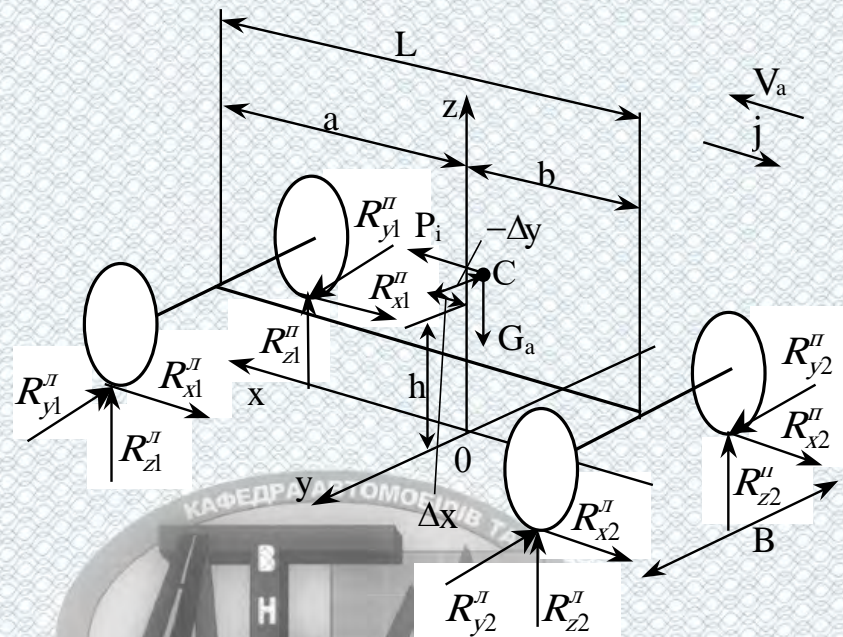


Рисунок 2.7 – Основні сили, діючі на автомобіль при гальмуванні

Величина цих реакцій залежить від прикладеного до кожного колеса гальмового моменту M_{Γ} , який викликає реактивну гальмову силу:

$$P_{\Gamma} = \frac{M_{\Gamma}}{r_k}, \quad (2.57)$$

де r_k - радіус колеса.

Ця сила направлена протилежно руху і прикладена горизонтально до поверхні дороги (тангенційна гальмова сила). Її величина обмежується силою зчеплення коліс автомобіля з дорогою:


$$P_{\varphi} = R_z \cdot \varphi, \quad (2.58)$$

де R_z – нормальна реакція дороги,

φ - коефіцієнт зчеплення.

Оскільки умовою виникнення заносу є нерівність $R_x > P_\varphi$, то стійкість проти заносу буде тим більша, чим більша сила зчеплення P_φ та менша тангенційна реакція R_x , яка визначається гальмовою силою P_T .

Таким чином, якщо відомі $R_{x1(2)}^{л(п)} = f_1(M_{л(п)}^{л(п)})$ та $R_{y1(2)}^{л(п)} = f_2(M_{л(п)}^{л(п)})$, можна скласти рівняння моментів відносно миттєвого центру повороту автомобіля і знайти величину повертаючого моменту $M_{п}$. Тоді кутове прискорення, що виникає від дії цього моменту, можна визначити за формулою:



$$\varepsilon = \frac{M_{п}}{I}, \quad (2.59)$$

де I – момент інерції автомобіля відносно вертикальної осі Oz , що проходить через його центр ($I = G_a \cdot (a - x) \cdot (b + x)$ [17]).

Кут відхилення осі автомобіля від траєкторії руху:

$$\gamma = \frac{\varepsilon t^2}{2} = \frac{M_{п} t^2}{2I}, \quad (2.60)$$

де t – час руху.

Бокове зміщення автомобіля від початкового положення (перед гальмуванням):

$$S_b = S \cdot \operatorname{tg}(\gamma), \quad (2.61)$$

де S – гальмовий шлях автомобіля (при $\gamma = 0^\circ$), м.

Реакції, що діють на автомобіль при гальмуванні.

Оскільки автомобільне колесо котиться в гальмовому режимі, то поздовжня реакція R_x визначається за формулою:

$$R_x = \frac{M_\Gamma}{r_k} + f \cdot R_z + \frac{I_k \cdot j}{r_k^2}, \quad (2.62)$$

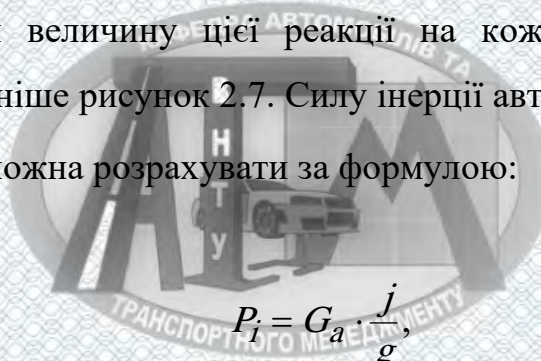
де f – коефіцієнт опору кочення;

I_k – момент інерції колеса відносно його осі обертання;

j – сповільнення автомобіля.

А при повному блокуванні колеса $R_x = R_z \cdot \varphi$.

Щоб знайти величину цієї реакції на кожному з коліс автомобіля, розглянемо детальніше рисунок 2.7. Силу інерції автомобіля P_i , яка виникає під час гальмування, можна розрахувати за формулою:



$$P_i = G_a \cdot \frac{j}{g}, \quad (2.63)$$

де G_a – вага автомобіля;

g – прискорення вільного падіння (9,8 м/с²).

Оскільки сила інерції P_i , яка виникає при сповільненні колеса, дорівнює тангенційній гальмовій силі P_Γ , то сповільнення автомобіля можна знайти:

$$j = \frac{M_\Gamma \cdot g}{r_k \cdot G_a}, \quad (2.64)$$

де $M_\Gamma = M_{\Gamma 1}^II + M_{\Gamma 1}^III + M_{\Gamma 2}^II + M_{\Gamma 2}^III$.

За рахунок дії цієї сили та в залежності від величини зміщення центру ваги Δx , Δy виникає перерозподіл навантаження між осями та колесами автомобіля. Відповідно рис. 2.7 при розгляді рівноваги моментів відносно точок контакту

передньої та задньої осей з дорогою нормальні реакції на передню і задню осі можна виразити залежностями:

$$R_{z1} = G_a \cdot \frac{(b + \Delta x) + h \cdot \frac{j}{g}}{L},$$

$$R_{z2} = G_a \cdot \frac{(a - \Delta x) - h \cdot \frac{j}{g}}{L}. \quad (2.65)$$

Формули (2.65) не враховують можливе поперечне зміщення центру ваги Δy . Якщо врахувати це, то нормальні реакції кожного з коліс визначаються наступним чином:

$$R_{z1}^I = \frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \frac{j}{g} \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a;$$

$$R_{z1}^{II} = \frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \frac{j}{g} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a;$$

$$R_{z2}^I = \frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \frac{j}{g} \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a;$$

$$R_{z2}^{II} = \frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \frac{j}{g} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a. \quad (2.66)$$

Враховуючи те, що сповільнення при гальмуванні в основному залежить від гальмових моментів, прикладених до коліс автомобіля, а його величину можна визначити за формулою (2.64), із (2.66) маємо:

$$\begin{aligned}
 R_{z1}^I &= \frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \frac{M_r}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a; \\
 R_{z1}^{II} &= \frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \frac{M_r}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a; \\
 R_{z2}^I &= \frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \frac{M_r}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a; \\
 R_{z2}^{II} &= \frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \frac{M_r}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a.
 \end{aligned} \tag{2.67}$$

При повному блокуванні коліс на горизонтальній дорозі сповільнення автомобіля визначається якістю зчеплення:

$$j = g \cdot \varphi. \tag{2.68}$$

В цьому випадку формули для визначення нормальних реакцій приймуть вигляд:


$$\begin{aligned}
 R_{z1}^I &= \frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \varphi_1^I \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a; \\
 R_{z1}^{II} &= \frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \varphi_1^{II} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a;
 \end{aligned}$$

$$R_{z2}^I = \frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \varphi_2^I \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a;$$

$$R_{z2}^{II} = \frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \varphi_2^{II} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a. \quad (2.69)$$

Підставляючи знайдені значення нормальних реакцій (2.66), (2.67) на кожному з коліс автомобіля та його сповільнення (2.64), (2.68) в (2.62), отримаємо вирази для визначення повздовжніх реакцій R_x :

1) при неповному блокуванні колеса:



$$R_{x1}^I = \frac{M_{r1}^I}{r_k} + f \cdot \left(\frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \frac{M_r}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) + \frac{I_k \cdot M_r \cdot g}{r_k^3 \cdot G_a},$$

$$R_{x1}^{II} = \frac{M_{r1}^{II}}{r_k} + f \cdot \left(\frac{G_a \cdot \left((b + \Delta x) + h \cdot \frac{M_r}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) + \frac{I_k \cdot M_r \cdot g}{r_k^3 \cdot G_a},$$

$$R_{x2}^I = \frac{M_{r2}^I}{r_k} + f \cdot \left(\frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \frac{M_r}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) + \frac{I_k \cdot M_r \cdot g}{r_k^3 \cdot G_a},$$

$$R_{x2}^{II} = \frac{M_{r2}^{II}}{r_k} + f \cdot \left(\frac{G_a \cdot \left((a - \Delta x) - h \cdot \frac{M_r}{r_k \cdot G_a} \right)}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) + \frac{I_k \cdot M_r \cdot g}{r_k^3 \cdot G_a}; \quad (2.70)$$

2) при повному блокуванні колеса:

$$\begin{aligned}
 R_{x1}^I &= \left(\frac{G_a \cdot ((b + \Delta x) + h \cdot \varphi_1^I)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) \cdot \varphi_1^I, \\
 R_{x1}^{II} &= \left(\frac{G_a \cdot ((b + \Delta x) + h \cdot \varphi_1^{II})}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) \cdot \varphi_1^{II}, \\
 R_{x2}^I &= \left(\frac{G_a \cdot ((a - \Delta x) - h \cdot \varphi_2^I)}{2L} + \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) \cdot \varphi_2^I, \\
 R_{x2}^{II} &= \left(\frac{G_a \cdot ((a - \Delta x) - h \cdot \varphi_2^{II})}{2L} - \frac{\Delta y}{2B} \cdot G_a \right) \cdot \varphi_2^{II}.
 \end{aligned} \tag{2.71}$$

Бічну реакцію, яка діє на автомобіль під час гальмування можна визначити якщо відомі $R_{z1(2)}^{I(II)}$ та $R_{x1(2)}^{I(II)}$ за формулою:

$$R_{y1(2)}^{I(II)} = \sqrt{\left(R_{z1(2)}^{I(II)} \cdot \varphi_{1(2)}^{I(II)} \right)^2 - \left(R_{x1(2)}^{I(II)} \right)^2}. \tag{2.72}$$

Рівняння відхилення автомобіля від заданої траєкторії руху.

Визначивши реакції, які діють на загальмований автомобіль, знаходимо величину моменту, який намагається повернути автомобіль на деякий кут γ від траєкторії руху. Припустимо, що миттєвий центр повороту автомобіля співпадає з його центром ваги, тоді розглянувши рівновагу автомобіля відносно цього центру на основі рис. 2.8 отримаємо:

$$\begin{aligned}
 M_{II} &= \left(R_{x1}^{II} + R_{x2}^{II} \right) \cdot \left(\frac{B}{2} + \Delta y \right) - \left(R_{x1}^I + R_{x2}^I \right) \cdot \left(\frac{B}{2} - \Delta y \right) - \\
 &\quad - \left(R_{y1}^{II} - R_{y1}^I \right) \cdot (a - \Delta x) - \left(R_{y2}^I - R_{y2}^{II} \right) \cdot (b + \Delta x) + G_a \cdot \Delta y \cdot \frac{j}{g}.
 \end{aligned} \tag{2.73}$$

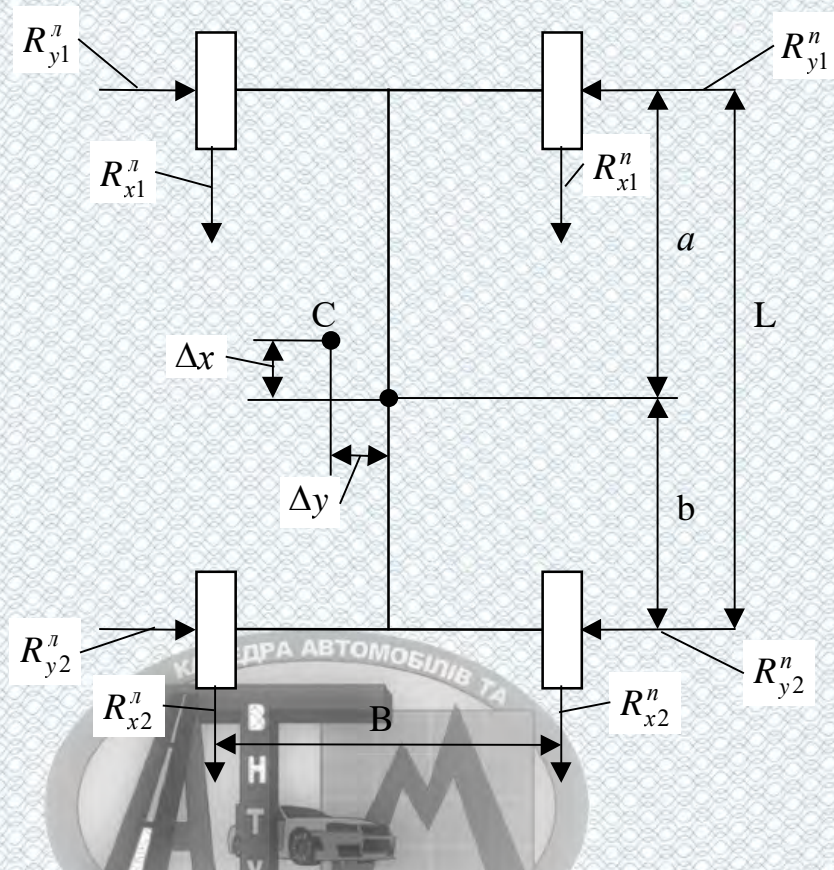


Рисунок 2.8 – Схема реакцій, які сприймає автомобіль в горизонтальній площині

Кутове прискорення автомобіля під дією моменту M_{II} із (2.59):

$$\varepsilon = \frac{M_{II}}{G_a \cdot (a - x) \cdot (b + x)} \quad (2.74)$$

Після підстановки отриманого значення кутового прискорення в (2.60), маємо функцію зміни курсового кута автомобіля в часі:

$$\gamma = \frac{M_{II} \cdot t^2}{2 \cdot G_a \cdot (a - x) \cdot (b + x)} \quad (2.75)$$

Бокове зміщення автомобіля від початкового положення (перед гальмуванням) із (2.61):

$$S_b = S \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{M_H \cdot t^2}{2 \cdot G_a \cdot (a - x) \cdot (b + x)} \right), \quad (2.76)$$

де S – гальмовий шлях автомобіля, якщо б він рухався без зміщення, м.

При службовому гальмуванні гальмовий шлях автомобіля в певний момент часу можна знайти за формулою:

$$S = V_n \cdot t - 0.5 \cdot j \cdot (t - t_2) \cdot (t - t_2 - t_3), \quad (2.77)$$

де V_n - швидкість автомобіля перед гальмуванням, м/с,

j - сповільнення автомобіля, м/с²,

t - час гальмування, с,

t_2 - час запізнення спрацювання гальмового приводу, с,

t_3 - час зростання уповільнення при гальмуванні, с.

Дослідження адекватності запропонованого алгоритму на реальних ДТП показало похибку прогнозування в межах 10%.

2.6 Висновки до розділу 2

За результатами виконаних у другому розділі досліджень встановлено вимоги до експлуатаційної безпеки АТЗ та параметри, які визначають стабільність показників ефективності гальмування; теоретично обґрунтовано методичні підходи щодо діагностування технічного стану АТЗ та аналізу стабільності їх гальмівних властивостей для забезпечення вимог експлуатаційної безпеки. Отже поставлені завдання для цього розділу виконані.

РОЗДІЛ 3.

МЕТОДИКА ТА ПРАКТИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

3.1 Методика оцінювання стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні

Відхилення автомобіля від заданої траєкторії руху являється основним показником, що характеризує курсову стійкість автомобіля. Успішний розв'язок задачі оцінки траєкторії руху загальмованого автомобіля під час розслідування ДТП полегшує виявлення справжніх причин його виникнення.

Задачу оцінки стабільності траєкторії руху при гальмуванні можна рішення на основі математичної моделі та алгоритму, поданого в підрозділі 2.6, за таким алгоритмом.

1. Збір початкових даних

Оцінення траєкторії руху ТЗ при гальмуванні потребує наявності відомостей про такі фактори:

- колія ТЗ, м;
- база ТЗ, м;
- висота центру мас ТЗ, м;
- відстань від центру мас до передньої осі ТЗ, м;
- маса ТЗ, кг;
- зміщення центру мас ТЗ, м (поперечне, повздовжнє);
- радіус колеса ТЗ, м;
- момент інерції колеса ТЗ, $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;
- коефіцієнт опору коченню коліс ТЗ;
- коефіцієнт зчеплення для кожного колеса ТЗ з дорогою;
- гальмівні моменти на колесах ТЗ, $\text{кг} \cdot \text{м}$;

- час спрацьовування приводу гальма, с;
- час наростання сповільнення, с;
- швидкість автомобіля перед гальмуванням, км/г.

2. Оцінка стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні. Вона провадиться наступним чином:

2.1 Визначаємо нормальні реакції автомобіля (R_z) за формулами (2.67), якщо колесо не було повністю заблоковане, або (2.69) при повному блокуванні.

2.2 Визначаємо повздовжні реакції автомобіля (R_x) за формулами (2.70) при неповному блокуванні колеса, або (2.71), якщо колесо було повністю заблоковане.

2.3 Бічну реакцію (R_y), яка діє на автомобіль під час гальмування розраховуємо за формулою (2.72)

2.4 Визначивши реакції, які діють на загальмований автомобіль, знаходимо величину моменту M_n , який намагається повернути автомобіль на деякий кут γ від заданої траєкторії руху за формулою (2.73).

2.5 Підставляючи отримане значення M_n в (2.74), маємо функцію зміни курсового кута автомобіля (γ) в часі.

2.6 Бокове зміщення автомобіля від початкового положення (перед гальмуванням) в певний момент часу можна знайти за формулою (2.75).

Таким чином, використавши описаний вище алгоритм, можна оцінити траєкторію руху автомобіля при гальмуванні.

3.2 Приклад оцінювання стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні

На ТОВ «ДІАНАЛОГІСТИК» експлуатується група пасажирських легкових автомобілів, з якими з початку 2023 року трапилось два ДТП з причини

нестабільної роботи гальмової системи. Тому гальмові властивості саме цих автомобілів обираємо для подальшого дослідження.

Оцінювання стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні розглянемо на прикладі конкретної ситуації, розгляд якої дасть змогу оцінити наскільки стабільність роботи гальмових механізмів впливає на курсову стійкість автомобіля.

На розгляд експертів поставлена задача дослідження траєкторії руху загальмованого автомобіля, якщо відомо:

1. Автомобіль Daihatsu Terios рухався зі швидкістю близько 50 км/год в умовах дощової погоди при мокрому асфальті та виїхав на смугу зустрічного руху в результаті застосування гальм.

2. Проїжджа частина дороги має асфальтове покриття, мокре, горизонтального профілю, ширина – 15,1 м, сліди гальмування коліс ТЗ на проїзній частині відсутні.

3. Коефіцієнт зчеплення для кожного колеса $\varphi=0,7$.

4. Гальмівні моменти на колесах, кг·м – переднє ліве: $M_{\Gamma}=34$; переднє праве: $M_{\Gamma}=34$; заднє ліве: $M_{\Gamma}=30$; заднє праве: $M_{\Gamma}=15$.

5. Радіус колеса $r_{\Gamma}=0.23$ м, момент інерції колеса $I_k=0.073$ кг·м·с²; коефіцієнт опору коченню $f=0.017$; час спрацювання приводу гальма $t_2=0.2$ с; час наростання сповільнення $t_3=0.4$ с.

Підставляючи вихідні дані у формули за алгоритмом, розробленим в п. 3.2, визначаємо нормальні реакції автомобіля (R_z), поздовжні реакції автомобіля (R_x), бічні реакції (R_y), які діють на автомобіль під час гальмування.

Визначивши реакції ,які діють на загальмований автомобіль ,знаходимо величину моменту M_n який намагається повернути автомобіль на деякий кут γ від заданої траєкторії руху.

Підставляючи отримане значення M_n , маємо функцію зміни курсового кута автомобіля (γ) в часі:

$$\gamma = 43,188t^2$$

Бокове зміщення автомобіля від початкового положення (перед гальмуванням) в певний момент часу можна знайти за формулою:

$$S_b = 13,89t - 0,535(t-0,2)(t-0,6)tg(43,188t^2)$$

Оскільки курсовий кут приймає додатні значення, то траєкторія автомобіля в результаті гальмування буде відхилятися вліво (рис. 3.1). Результати розрахунків показують, що реакції на лівих колесах більше ніж на правих при невеликій різниці приводних гальмових моментів, в результаті чого праві колеса раніше блокуються при гальмуванні (виходять на "юз") ніж ліві. Тому у коліс, які перейшли на "юз", сила зчеплення менше, при цьому сила інерції автомобіля розвертає автомобіль в сторону коліс, що мають більше зчеплення з дорогою, в даному випадку - вліво. Це призвело до раптового заносу автомобіля на смугу зустрічного руху.



Рисунок 3.1 – Вплив стабільності роботи гальмівних механізмів

Daihatsu Terios на курсову стійкість автомобіля

Характер зміни траєкторії можна визначити дослідивши отримані функції $\gamma = f(t)$ та $S_b = f(S, t)$. Функцію $S_b = f(S, t)$ доцільно розглядати лише на відрізку зростання.

Для автоматизації найбільш трудомістких процедур прогнозування поведінки загальмованого автомобіля була розроблена програма в середовищі MathCAD. Теоретичною основою програми є результати розділу 2

Програма дозволяє дослідити діючі реакції та курсовий кут автомобіля, як функції часу.

Для моделювання необхідно знати вихідні параметри, які залежать від дорожніх умов, конструкції ТЗ, його технічного стану.

Алгоритм та текст програми подано в додатку В.

3.3 Оцінювання впливу несправностей на ефективність гальмування автомобіля

Згідно Правил дорожнього руху України експлуатація транспортних засобів з несправною гальмовою системою заборонена. Але в практиці можливі випадки, коли несправності гальмової системи виникають в дорозі. В такій ситуації рух автомобіля до найближчого технічного сервісу необхідно здійснювати з безпечною швидкістю тобто такою, що дозволяє зупинити автомобіль не створюючи аварійної ситуації.

Аналіз несправностей гальмової системи автомобіля Mercedes-Benz Atego дозволяє виділити такі випадки її роботи в процесі експлуатації:

1. Гальмують усі колеса автомобіля, тоді його сповільнення на горизонтальній дорозі можна визначити за формулою

$$j = g \cdot \varphi, \quad (3.1)$$

де g – це прискорення вільного падіння, м/с²;

φ – коефіцієнт зчеплення.

2. Не гальмує одне переднє колесо

$$j = \frac{(L + a) \cdot g \cdot \varphi}{2L + h_g \cdot \varphi}, \quad (3.2)$$

де L – база автомобіля, м;

a – відстань від центру мас до передньої осі автомобіля, м.

h_g – висота центру мас, м.

3. Не гальмує одне заднє колесо

$$j = \frac{(L + b) \cdot g \cdot \varphi}{2L - h_g \cdot \varphi}, \quad (3.3)$$

де b – відстань від центру мас до задньої осі автомобіля, м.

4. Гальмує тільки одне переднє колесо

$$j = \frac{b \cdot g \cdot \varphi}{2L - h_g \cdot \varphi}. \quad (3.4)$$

5. Гальмує тільки одне заднє колесо

$$j = \frac{a \cdot g \cdot \varphi}{2L + h_g \cdot \varphi}. \quad (3.5)$$

6. Гальмують тільки передні колеса

$$j = \frac{b \cdot g \cdot \varphi}{L - h_g \cdot \varphi}. \quad (3.6)$$

7. Гальмують тільки задні колеса

$$j = \frac{a \cdot g \cdot \varphi}{L + h_g \cdot \varphi}. \quad (3.7)$$

8. Гальмують колеса тільки однієї сторони

$$j = \frac{g \cdot \varphi}{2}. \quad (3.8)$$

Згідно виконаних у розділі 1, 2 теоретичних досліджень в якості критеріїв ефективності гальмування приймається гальмовий шлях і сповільнення автомобіля. Відповідно до діючого в Україні ДСТУ 3649:2010 гальмовий шлях будемо визначати за формулою

$$S_{\Gamma} = \frac{v_0}{3,6} (\tau_{cn} + 0,5\tau_n) + \frac{v_0^2}{26j_{уст}}, \quad (3.9)$$

де v_0 – початкова швидкість гальмування, км/год;

τ_{cn} – проміжок часу від початку гальмування транспортного засобу (ТЗ) до моменту виникнення сповільнення (гальмівної сили), с;

τ_n – тривалість наростання сповільнення, с;

$j_{уст}$ – усталене сповільнення ТЗ, м/с².

Сповільнення визначаємо за формулами (3.1)-(3.8).

Автомобіль Mercedes-Benz Atego має одне із широко розповсюджених на сьогодні компонувальних рішень – компонування автомобілів з переднім розташуванням двигуна та задніми ведучими і передніми керованими колесами (рис. 3.2). База автомобіля складає $L = 4160$ мм.

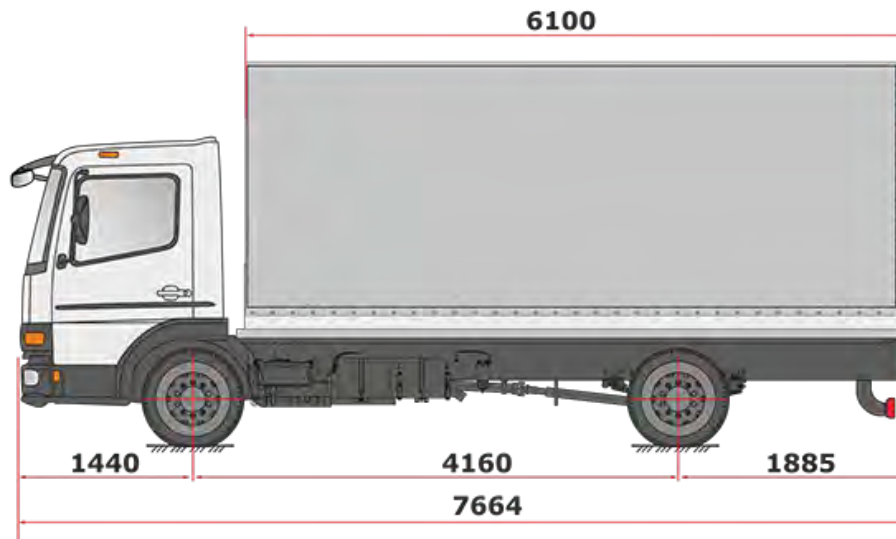


Рисунок 3.2 – Габаритні розміри автомобіля Mercedes-Benz Atego 1018

Тоді для даного автомобіля координати центру мас будуть

$$a = (0.65 \dots 0.7) \cdot L = 0.678 \cdot 4160 = 2820 \text{ мм.}$$

$$b = L - a = 4160 - 2820 = 1340 \text{ мм.}$$

Координата центру мас по висоті

$$h_g = (0.3 \dots 0.35) \cdot L = 0.324 \cdot 4160 = 1348 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт зчеплення для сухого асфальтобетону – $\varphi = 0,8$.

Час запізнення спрацьовування гальмового приводу – 0,15 с.

Час наростання сповільнення – 0,3 с.

Початкова швидкість гальмування – 40 км/год.

Отримані результати зведемо в табл. 3.1 і проаналізуємо.

Таблиця 3.1 – Аналіз результатів гальмівної ефективності

Несправність	Стале сповільнення, м/с ²	Коефіцієнт втрати ефективності	Гальмовий шлях, м	Коефіцієнт втрати ефективності
–	7,848	1,000	11,199	1,000
Не гальмує одне переднє колесо	5,829	0,743	13,923	1,243
Не гальмує одне заднє колесо	5,960	0,759	13,691	1,222
Гальмує тільки одне переднє колесо	1,452	0,185	45,856	4,095
Гальмує тільки одне заднє колесо	2,355	0,300	29,542	2,638
Гальмують тільки передні колеса	3,411	0,435	21,429	1,913
Гальмують тільки задні колеса	4,226	0,538	17,941	1,602
Гальмують колеса тільки однієї сторони	3,924	0,500	19,064	1,702

Як видно з цієї таблиці найбільша втрата ефективності гальмування спостерігається у випадку, коли гальмує тільки одне переднє колесо; найменша – коли не гальмує одне переднє колесо. Крім того, присутня велика імовірність виникнення заносу автомобіля при гальмуванні внаслідок нерівномірного розподілу гальмівних зусиль.

3.4 Практичні рекомендації щодо стабілізації показників ефективності гальмування

Автотранспортні засоби повинні забезпечувати необхідні показники ефективності гальмування не лише на початку, але і на протязі усього періоду експлуатації, при будь-якому поєднанні зовнішніх дій і внутрішніх збурень в гальмівному управлінні.

Внутрішні зміни (збурення) в гальмівному управлінні можуть бути оборотними і необоротними, а також - усуненими в результаті технічного обслуговування або ремонту. До числа оборотних змін, що роблять вплив на ефективності гальмування машини, відноситься зміна коефіцієнта тертя гальмівних пар. Це пов'язано з нагрівом гальмівних пар в результаті інтенсивних, частих або тривалих гальмувань, а також попаданням вологи або бруду. Оцінку здатності гальмівного управління пристосовуватися до вказаних змін проводять при гальмівних випробуваннях [16]. Оцінку ефективності гальмування при нагрітих гальмах здійснюють в процесі випробувань I і II. Крім того, передбачений спеціальний етап випробувань - визначення термонагруженості і ефективності охолодження гальмівних механізмів. В стандарті [11] передбачений також етап випробувань, що полягає у визначенні залишкової ефективності і відновлюваності «мокрих» гальмівних механізмів. До числа незворотних змін, які впливають на ефективність процесу гальмування, відноситься зміна властивостей рідини або повітря (робочого тіла), використовуваних в гальмівному приводі. Ці зміни роблять вплив на збільшення часу спрацьовування гальмового приводу, зменшення тиску в приводі та гальмових моментів на колесах. Погіршення передавальної функції гальмового приводу може спричинитися утворенням корок, відкладень, вм'ятинами на внутрішніх поверхнях трубопроводів. Для пневматичного гальмового приводу представляє небезпеку утворення конденсату.

До числа змін в гальмівному управлінні, що усувається при технічному обслуговуванні або ремонті відносяться збільшений зазор між поверхнями гальмівної пари і неприпустимий знос останніх.

Застосування дискових гальм замість барабанних дозволяє збільшити стабільність показників ефективності гальмування.

3.5 Розрахунок рівня комерціалізації розробок

До показників комерційної ефективності розробок відносять ефективність вкладених інвестицій та період їх окупності. Також виконується оцінення суми, дохідності, індексу дохідності, строку окупності розробки.

Для визначення ефективності інвестиції розраховується сума поточних вартостей усіх прогнозованих грошових потоків NPV (з урахуванням ставки дисконтування), при цьому, критерієм прийнятності є значення $NPV \geq 0$

$$NPV = PV - I ; \quad (3.15)$$

де I – поточна вартість витрат, потрібних для впровадження розробки;

$I = I_0$ – розмір вхідних інвестицій при разовому вкладенні коштів.

Якщо інвестиції здійснюються у декілька етапів, значення I_t знаходиться шляхом приведення витрат за кожний рік до поточної дати

$$I = \sum_{t=0}^n I_t = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t}, \quad (3.16)$$

де I_t – сума інвестицій в t -му періоді;

PV – поточна вартість прибутків, знаходиться шляхом приведення доходу за кожний рік до поточної дати.

$$PV = \sum_{t=0}^n PV_t = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (3.17)$$

де CF_t – надходження коштів за період t ;

n – кількість періодів;

r – ставка дисконтування.

Якщо $NPV > 0$, то використання розробки принесе прибуток, якщо $NPV < 0$, то впровадження розробки є збитковим, якщо $NPV = 0$, то впровадження не збиткове, але і не прибуткове.

Витрати на створення та комерціалізацію розробок складаються з поточних та інвестиційних витрат.

Поточні витрати розраховуються відповідно до норм з урахуванням:

- діючих цін, тарифів;
- встановлених нормативів оплати за трудові і природні ресурси;
- нормативів відрахувань;
- правил і норм розрахунків організацій з банком;
- інших видатків.

Складові інвестиційних витрат на комерціалізацію розробок:

- витрати на науково-дослідні, конструкторські, експериментальні, технологічні та проектні роботи;
- витрати на виготовлення та випробування дослідних зразків;
- плата за ліцензії;
- витрати на придбання та освоєння нового обладнання;
- витрати на створення виробничих площ, пов'язаних з комерціалізацією розробок;
- витрати персонал;
- витрати на запобігання негативних екологічних та соціальних наслідків;
- інші необхідні видатки.

Попередню оцінку проекту розробки здійснюють за таким показником, як приведений оціночний ефект (*ПОВ*). Показник є аналогом чистої поточної вартості

$$ПОВ = \sum_{e=1}^{ЖЦП} \frac{BP + ЛВ + СР \pm EP - ПВ + A - B}{(1 + r_{fkmn})^t}, \quad (3.18)$$

де *BP* – виручка від реалізації нової продукції;

ЛВ – виторг від продажу майна та інтелектуальної власності, що створюється учасниками проекту;

СР – вартісна оцінка соціального результату проекту;

EP – вартісна оцінка екологічного результату проекту;

ПВ – поточні витрати проекту;

A – амортизаційні відрахування;

B – обсяг планових вкладень для реалізації проекту;

r_{fkmn} – дисконтна ставка;

ЖЦП – планований життєвий цикл проекту.

Критерієм прийнятності для подальшого розгляду проекту є значення $ПОВ > 0$. Якщо $ПОВ < 0$, розробки здійснювати недоцільно, тому що вони будуть неприбутковими.

Для визначення ефективності інвестицій у відносному значенні (%) використовуються інші показники.

Модифікована внутрішня норма рентабельності *MIRR* розраховується з формули:

$$\sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t} = \frac{\sum_{t=0}^n CF_t \times (1+d)^{n-t}}{(1+MIRR)^n}, \quad (3.19)$$

де d – норма рентабельності реінвестицій.

Проект є прийнятним для ініціатора, якщо $MIRR$ більша дисконтної ставки.

Дисконтований індекс прибутковості DPI . Критерієм прийнятності є значення $DPI \geq 1$. Значення $DPI < 1$ свідчить про збитки. Коли $DPI = 1$ немає ні прибутків, ні збитків

$$DPI = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t}}. \quad (3.20)$$

За даним показником ранжують проекти, які мають приблизно однакові значення NPV , але різні обсяги інвестицій. Вигіднішим буде той з них, який забезпечує більшу ефективність вкладень.

Оцінку фінансових ризиків роблять за показниками:

1) Час, потрібний для відшкодування інвестиційних витрат з урахуванням часової вартості грошей PV -payback (роки). Значення PV -payback має бути мінімальним

$$PV\text{-payback} = n, \text{ при якому } \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} > I_0. \quad (3.21)$$

2) Коефіцієнт безпеки фінансування проекту (F_{sec}). Цей показник може набувати значення від 0 до 1. Він характеризує відносну міру резерву безпеки проекту. Використовується для оптимізації структури джерел фінансування проекту

$$F_{sec} = \frac{IFF - WACC}{IRR}, \quad (3.22)$$

де IRR – внутрішня норма прибутковості,

$WACC$ – середньозважена вартість капіталу.

Різниця ($IRR - WACC$) характеризує запас фінансової стійкості проекту.

Внутрішня норма прибутковості (IRR) визначає максимально прийнятну ставку дисконту, коли можна інвестувати кошти без втрат для власника. Її можна знайти з формули:

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t - I_t}{(1 + IRR)^t} = 0. \quad (3.23)$$

Середньозважена вартість капіталу ($WACC$, %) використовується для визначення можливості збільшення прибутковості компанії при реалізації певних інвестицій, стратегій, проектів

$$WACC = \frac{E \cdot y + D \cdot b \cdot (1 - R_{tax})}{D + E}, \quad (3.24)$$

де E – обсяг власного капіталу (грн.),

D – обсяг запозичених коштів (грн.),

Y – необхідна або очікувана прибутковість від власного капіталу (%),

B – необхідна або очікувана прибутковість від запозичених коштів (%),

R_{tax} – ставка податку на прибуток для компанії (%).

Формула використовується для власного і запозиченого капіталу. Якщо в капіталі присутні привілейовані акції зі своєю вартістю, то необхідно ввести в формулу додаткові складові для кожного джерела капіталу.

Поточну вартість витрат, необхідних для виконання наукових досліджень із забезпечення стабільності гальмівних властивостей автомобілів визначаємо на основі поточних та інвестиційних витрат:

– витрат на підготовку програми виконання досліджень із забезпечення стабільності гальмівних властивостей автомобілів – 4500 грн.;

– витрат на проведення теоретичних досліджень з оцінювання стабільності гальмових властивостей автомобілів в умовах експлуатації – 11700 грн.;

– витрат на придбання, транспортування, монтаж, наладку, освоєння нового обладнання, проведення експерименту та обробку експериментальних даних – 68000 грн.;

– витрат на набір і навчання персоналу – 2400 грн.;

– витрат на виробничі площі, безпосередньо пов'язані з комерціалізацією розробок – 7740 грн.;

– витрат, пов'язаних з необхідністю підвищення безпеки при роботі з обладнанням – 2550 грн.;

– інших видатків – 960 грн.

Таким чином поточна вартість витрат становить – 97850 грн. (при вкладенні усіх коштів одноразовою виплатою).

Поточна вартість прибутків PV з врахуванням строку окупності розробок (3 роки), планованим надходженням прибутків в розмірі 45000 грн. і ставкою дисконтування в 10 % становить:

$$PV = \sum_{t=0}^n PV_t = \frac{45000}{(1+0,1)^1} + \frac{45000}{(1+0,1)^2} + \frac{45000}{(1+0,1)^3} = 111900(\text{грн.})$$

Отже, оцінка поточної вартості прогнозованого грошового потоку NPV (з урахуванням ставки дисконтування) становить:

$$NPV = PV - I = 111900 - 97850 = 14050(\text{грн.})$$

Отже, з вище виконаних розрахунків видно, що впровадження результатів виконаних наукових досліджень із забезпечення стабільності гальмівних властивостей автотранспортних засобів виправдане.

3.6 Висновки до розділу 3

За результатами виконаних у третьому розділі досліджень розроблено методику забезпечення стабільності гальмівних властивостей автотранспортних засобів в умовах експлуатації. Отже поставлені завдання для цього розділу виконані.



РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Завдання впровадження системи управління охороною праці – всестороння підтримка виконання вимог, що цілком ліквідують, нейтралізують чи знижують до нормованих значень вплив на працюючих небезпечних та шкідливих виробничих факторів, забезпечують усунення джерел небезпеки, ізолювання від них працівників, використання засобів, які усунуть небезпечні ситуації та підвищують технічну безпеку.

Незадовільний рівень охорони праці спроможний стати причиною соціально-економічних проблем працюючих та членів їх сімей. Тому соціально-економічне значення охорони праці полягає у: зростанні продуктивності праці, зростанні сукупного національного продукту, скороченні виплат за лікарняними та компенсаційних виплат за важкі умови праці тощо.

В даному розділі наводиться розгляд небезпечних, шкідливих і уражаючих для працівника і навколишнього середовища чинників, що виникають під час проведення покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування. В ньому висвітлюються, в тому числі, технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки при проведенні покращення, безпека у надзвичайних ситуаціях.

В процесі покращення даного процесу на працівників впливають ті або інші небезпечні і шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп згідно [22].

Фізичні НШВФ: понижена або підвищена температура повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці, підвищений рівень статичної електрики, відсутність або недостатність природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони, підвищена яскравість світла, відбита або пряма блискучість.

Психофізіологічні НШВФ: нервово-психічні перевантаження: розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці.

4.1 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Мікроклімат та склад повітря робочої зони.

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря, а також інтенсивності теплового випромінювання.

Якщо за технологічними вимогами, технічними і економічними причинами оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату.

Визначаємо для приміщення, в якому проводяться роботи з покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іа.

Відповідно до [23] допустимі параметри температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні для холодного та теплого періодів року наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі показники мікроклімату [23]

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Іа	21-25	18-26	75	≤0,1
Теплий	Іа	22-28	20-30	55 при 28°С	0,1-0,2

Перепад температури повітря вздовж висоти робочої зони допускається до 3°C. Для опромінення менше 25% поверхні тіла працівника, допустима інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м².

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), які використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, для контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, що використовуються в даному виробничому приміщенні наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	Параметр, що нормується	Значення	Клас небезпеки
Бензин	ГДК, мг/м ³	100	4
Пил нетоксичний	ГДК, мг/м ³	0,15	4
Іони n ⁺ , n ⁻	число іонів в 1 см ³ повітря	50000	–

Для забезпечення нормованих показників мікроклімату та чистоти повітря робочої зони передбачено:

- 1) у приміщенні має бути встановлена система кондиціонування для теплого і опалення для холодного періодів року;
- 2) з метою підвищення вологості повітря потрібно використовувати зволожувачі або розташовувати місткості з водою за типом акваріумів поблизу опалювальних приладів;
- 3) застосування витяжної вентиляції, яка видаляє забруднення або нагріте повітря з приміщення, а також за допомогою неї контролюється швидкість руху повітря і вологість.

Виробниче освітлення.

З метою забезпечення гігієнічних раціональних умов на робочих місцях великі вимоги висуваються щодо якісних та кількісних показників освітлення.

З погляду задач зорової роботи в приміщенні, в якому проводяться роботи з покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування, згідно [24] знаходимо, що вони відносяться до III розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – великий та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд г.

Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості для штучного освітлення наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Нормативні значення КПО та мінімальні освітленості для штучного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізн., мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО, %	
						комбіноване		загальне	Природне освітлення (бокове)	Суміщене освітлення (бокове)
						всього	у т. ч. від загального			
Високої точності	0,3-0,5	III	г	великий	середній	400	200	200	2	1,2

Оскільки приміщення розташоване у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом 315°, то за таких обставин КПО розраховується за формулою [24, 25]

$$e_N = e_H m_N [\%], \quad (4.1)$$

де e_n – табличне значення КПО, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

За відомими значеннями отримаємо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N,b} = 2 \cdot 0,9 = 1,8 (\%);$$

$$e_{N,c} = 1,2 \cdot 0,9 = 1,1 (\%).$$

З метою забезпечення нормованих значень показників освітлення передбачено:

1) при недостатньому природному освітлені в світлий час доби доповнення штучним завдяки використанню люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;

2) застосування штучного освітлення в темний час доби.

Виробничі віброакустичні коливання.

Зважаючи на те, що при експлуатації пристроїв крім усього іншого устаткування використовується обладнання, робота якого супроводжується шумом та вібрацією, необхідно передбачити шумовий та вібраційний захист.

Визначено, що приміщення, в якому проводиться робота з покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування може мати робочі місця із шумом та вібрацією, який генерується двигунами системи вентиляції.

З метою запобігання травмуванню працюючих під дією шуму та вібрації вони підлягає нормуванню. Головним документом стосовно виробничого шуму, діючим на території нашої країни, є [26], згідно з яким нормовані рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в виробничих

приміщеннях не мають перевищувати значень, які наведено у таблиці 4.4. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці 4.5 для 1-ї категорії (транспортна).

Таблиця 4.4 – Нормовані рівні шуму і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблиця 4.5 – Нормовані рівні вібрації [27]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц						Коректовані рівні віброприскорення, дБА
2	4	8	16	31,5	63	
68	65	65	71	77	83	62

З метою забезпечення допустимих параметрів віброакустичних коливань в приміщенні запропоновано такі заходи:

- 1) своєчасне проведення профілактичного ремонту;
- 2) здійснення контролю рівнів шуму та вібрації.

Виробничі випромінювання

Проведений аналіз умов праці показав, що приміщення, де проводиться робота з покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів показані у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання, амплітудна чи кутова модуляція)

Номер діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль, λ	ГДР, В/м
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25
6	Гептаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3 \cdot \lg \lambda$
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30-300 МГц	10-1 м	3

Для забезпечення захисту та досягнення нормативних рівнів випромінювань необхідно застосовувати екранні фільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

4.2 Технічні рішення з безпеки при проведенні робіт з покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування

Безпека щодо організації робочих місць.

Конструкція робочого місця, взаємне розташування його елементів і його розміри мають відповідати антропометричним, психофізіологічним та фізіологічним характеристикам працівника, а також характеру праці [28].

Конструкція робочого столу повинна забезпечувати можливість оптимального розміщення на робочій поверхні обладнання, що використовується, з урахуванням його кількості, розмірів, конструктивних особливостей та характеру роботи, яка виконується.

У випадку розміщення робочих місць у приміщеннях з джерелами шкідливих та небезпечних промислових факторів, вони зобов'язані розташовуватися в абсолютно ізольованих кабінетах з природним освітленням та організованим повітрообміном. Площа, на якій розташовується одне робоче місце для обслуговуючого персоналу, має становити не менше $6,0 \text{ м}^2$, об'єм приміщення – не менше ніж 20 м^3 , висота – не менше $3,2 \text{ м}$ [29].

Інтер'єр приміщень потрібно оздоблювати дифузно-віддзеркалювальними матеріалами з коефіцієнтом відбиття: стелі $0,7-0,8$; стін $0,4-0,5$; підлоги $0,2-0,3$. Поверхня підлоги повинна бути рівною, не слизькою, без вибоїн, мати антистатичні властивості, зручною для вологого прибирання. Не дозволяється застосовувати під час оздоблення інтер'єру полімери, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

Електробезпека.

Будь-які додаткові електричні системи, вмонтовані в базовий автомобіль, повинні бути відокремлені від електричних систем базового автомобілю, кузов або шасі не повинні використовуватися як заземлення для додаткових кіл.

Всі кола в додатковій системі повинні мати окремий захист від перевантаження.

Всі кола повинні бути чітко визначені, кабелі повинні мати чітке маркування в точках з'єднання та з максимальним інтервалом 1 м вздовж його довжини [30, 31].

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Заходи покращення безпеки руху автомобілів.

Процес гальмування є основним засобом попередження аварійних ситуацій.

Підвищення стійкості проти заносу при гальмуванні здійснюється вибором коефіцієнту розподілу гальмівних сил між осями і застосуванням регуляторів гальмівних сил, що перешкоджають випереджаючому блокуванню задніх коліс.

Згідно вимог чинного стандарту (ДСТУ 3649:2010) кут повороту поздовжньої осі автомобіля наприкінці гальмування має складати не більше 15° .

Для зменшення схильності до розвитку заносу автомобіля і ліквідації занесення в процесі гальмування слід адаптувати керуючий вплив гальмівної системи автомобіля в процесі експлуатації до його вагового стану і динамічній зміні вертикальних навантажень на колесах. При цьому керуючий вплив гальмівної системи слід вводити в початковий період гальмування, коли зростаючі гальмівні сили на обох осях не перевищують свого граничного значення по зчепленню з дорогою.

Запобігти заносу автомобіля при гальмуванні робочою системою, яка не обладнана електронною системою управління гальмуванням, можна шляхом застосування регуляторів гальмівних сил, які змінюють співвідношення гальмівних сил на колесах передньої і задньої осей в залежності від статичного і динамічного перерозподілу вертикальних реакцій на колесах [32].

Для запобігання або зниження ймовірності засліплення водіїв при організації дорожнього руху в даний час можуть бути застосовані такі заходи: взаємне видалення зустрічних потоків транспортних засобів або їх повна ізоляція (односторонній рух); установка протизасліплюючих пристроїв на смузі, що розділяє зустрічні потоки; контроль стану стаціонарного освітлення, в тому числі застосування прожекторів на будівельних майданчиках, залізничних станціях, розташованих поблизу від доріг. Найбільш надійною організаційною мірою попередження засліплення водіїв в містах є введення одностороннього руху. Збільшення ширини розділової смуги є найбільш ефективним заходом для запобігання ДТП, пов'язаних з осліпленням. Фахівці вважають, що для виключення засліплення ширина смуги повинна бути 20 м для автомагістралей і 7 м для доріг в містах.

На вулицях і дорогах без стаціонарного освітлення особливе значення для забезпечення безпеки має оптичне орієнтування водіїв. Воно допомагає водієві більш чітко сприймати межі проїзної частини і смуг руху, а також визначати напрямок дороги. До засобів оптичного орієнтування, ефективним в темний час доби, можна віднести поздовжню розмітку проїзної частини. Розмітку виконують світловідбиваючою фарбою або доповнюють рефлектуючими пристроями, вбудованими в поверхню дороги. Світловідбиваючі елементи необхідно також використовувати на вертикальних напрямних пристроях, застосування яких передбачено нормативними документами.

Пожежна безпека.

Згідно [33] незалежно від типу автомобіль повинен бути обладнаний одним портативним вогнегасником.

4.4 Висновки до розділу 4

Під час виконання даного розділу було розглянуто такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки під час проведення покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування, безпека у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі було проведено наукові дослідження, спрямовані на мінімізацію рівня аварійних ситуацій та випуск на лінію справних з технічної точки зору ТЗ товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» на основі розробки заходів зі стабілізації показників ефективності гальмування. Зокрема було зроблено:

- досліджено передумови розробки заходів з покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК»;
- виконано аналіз методичних аспектів оцінювання стабільності гальмівних властивостей автомобілів;
- розроблено методику забезпечення стабілізації параметрів гальмівних властивостей автомобілів в умовах експлуатації;
- розроблено заходи з охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- визначити ефективність запропонованих рішень.

Основні результати магістерської кваліфікаційної роботи:

- дозволяють прогнозувати зміну параметрів руху автомобілів при гальмуванні в дорожніх умовах;
- покращують техніко-економічні показники ефективності експлуатації автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця;
- підвищують якість виконання робіт щодо виявлення несправностей гальмової системи автомобілів підприємства, що підвищує їх безпеку в експлуатації.
- дозволяють покращити систему організації технічного обслуговування та поточного ремонту на підприємстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кашканов А.А., Єфременюк Д.А., Прокопчук Є.О. Напрямки забезпечення надійності та безпеки руху автомобілів в процесі експлуатації. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», 15 жовтня 2023 року – 20 травня 2024 року, Вінниця: ВНТУ. [Електронний ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/19251/15946>.
2. Статистика. Патрульна поліція України. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (дата звернення 23.09.2023).
3. Кашканов А. А., Пальчевський О. В. Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2022. №1(18). С. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.
4. Розподіл кількості ДТП за видами технічних несправностей транспортних засобів // Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України. URL: <https://www.ndekc.te.ua/news/rol-tehnchnogo-stanu-transportnih-zasobv-u-zabezpechenn-bezpeki-dorozhnogo-ruhu> (дата звернення 07.11.2023).
5. Кашканов А. А., Грисюк О. Г. Безпека руху автомобільного транспорту : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2005. 177 с.
6. Тишківський І.Р., Кашканов А.А. Проблема підвищення конструктивної безпеки автотранспортних засобів в системі забезпечення безпеки дорожнього руху. Збірник тез доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Підвищення надійності машин і обладнання», 16-18 квітня, 2014 року. Кіровоград: КНТУ, 2014. С. 45-48.
7. Варфоломєєв В.М., Волошина Н.А. Економіко-математичне моделювання в оптимізації функціонування транспортних машин. Харків: ХНАДУ, 2005. 160 с.

8. Кашканов А.А., Грисюк О.Г. Безпека руху автомобільного транспорту: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2005. 177 с.
9. Кашканов А. А., Ребедайло В. М., Кашканов В. А. Оцінка експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів в умовах неточності вихідних даних : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2010. 148 с.
10. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби: вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання (Прийнято та надано чинності: наказ Держспоживстандарту України від 28 грудня 2010 р. № 630).
11. Bosch Automotive Handbook. 9th Edition. / [Reif K., Dietsche K.-H. & others]. Karlsruhe : Robert Bosch GmbH, 2014. 1544 p.
12. Волков В.П., Вільський Г.Б. Теорія руху автомобіля : підручник. Суми : Університетська книга, 2010. 320 с.
13. Редзюк А.М. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку. К.: ДП «Державтотранс НДІ » 2005. 400с.
14. Радєйка, Н. В. Tire and Vehicle Dynamics (Elsevier, 2012). doi: 10.1016/C2010-0-68548-8.
15. Jazar R.N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. 2nd Ed. NY: Springer, USA, 2014. DOI: 10.1007/978-1-4614-8544-5.
16. Буренніков Ю. А., Кашканов А. А., Ребедайло В. М. Автомобілі: робочі процеси та основи розрахунку : навчальний посібник МОНМС України. Вінниця: ВНТУ, 2013. 283 с.
17. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобілів та тракторів: Навч. посібн. Суми.: Сумський національний аграрний університет, 2015. 213 с.
18. Сахно В. П., Макаров В.А., Костенко А.В. Курсова стійкість руху автомобілів та її характеристики. Проблеми транспорту : зб. наук. праць. Київ : НТУ. 2009. С. 222-230.
19. Kashkanov A., Semenov A., Kashkanova A. et al. Estimating the effectiveness of electric vehicles braking when determining the circumstances of a

traffic accident. Sci Rep 13, 19916, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47123-7>.

20. Волков В. П., Грищук І. В., Грищук Ю. В., Волков Ю. В., Володарець М.В. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. Харків: ФОП Панов А.М., 2018. 299 с.

21. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни “Економічне обґрунтування інноваційних рішень в галузі транспорту” для студентів спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт» денної та заочної форми навчання / Уклад. В. В. Біліченко, С. О. Романюк. Вінниця : ВНТУ, 2016. 63 с.

22. Батлук В. А., Кулик М. П., Яцюк Р. А. Охорона праці : навчальний посібник. Третє видання, доповнене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. 388 с.

23. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

24. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

25. Бондаренко Є. А., Дрончак В. О. Освітлення виробничих приміщень : довідник. Вінниця : ВНТУ, 2011. 61 с.

26. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

27. ДСН 3.3.6.039 99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

28. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.

29. Березюк О. В., Лемешев М. С. Охорона праці. Підсумкова державна атестація спеціалістів, магістрів в галузях електроніки, радіотехніки, радіоелектронних апаратів та зв'язку : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 104 с.

30. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. К. : Держнаглядохоронпраці, 1998. 382 с.
31. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
32. Гречанюк М. С. Поперечна стійкість сідлового автопоїзда в режимі гальмування. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2015. № 1. С. 136–140.
33. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.
34. Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:21. [Електронний ресурс]. URL: <https://iq.vntu.edu.ua/repository/getfile.php/3091.pdf>.



ДОДАТОК А (обов'язковий). Ілюстративна частина

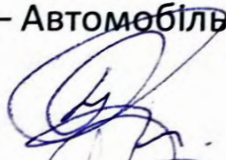


Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту


**Покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК»
місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування**

Ілюстративна частина магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

Розробив: ст. гр. 1АТ-22м

 Прокопчук Є.О.

Керівник: д.т.н., професор

 Кашканов А.А.

Вінниця ВНТУ 2023

Метою дослідження є покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця на основі розробки заходів зі стабілізації показників ефективності гальмування.

Завдання дослідження:

- дослідити передумови розробки заходів з покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК»;
- виконати аналіз методичних аспектів оцінювання стабільності гальмівних властивостей автомобілів;
- розробити методику забезпечення стабілізації параметрів гальмівних властивостей автомобілів в умовах експлуатації;
- розробити заходи з охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- визначити ефективність запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження – процес гальмування автомобіля в дорожніх умовах.

Предмет дослідження – питання забезпечення стабільності параметрів ефективності гальмування автомобілів в умовах експлуатації.



Методи досліджень. Методологічна основа дослідження – системний підхід до аналізу технічних проблем. Методи досліджень застосовані в роботі: матричний та регресійний аналізи, математичне моделювання, імовірнісно-статистичний підхід.

Наукова новизна одержаних результатів.

Отримали подальший розвиток методи оцінювання та забезпечення стабільності показників ефективності гальмування автомобілів в умовах експлуатації.

Практична значимість одержаних результатів.

Основні результати магістерської кваліфікаційної роботи:

- дозволяють прогнозувати зміну параметрів руху автомобілів при гальмуванні в дорожніх умовах;
- покращують техніко-економічні показники ефективності експлуатації автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця;
- підвищують якість виконання робіт щодо виявлення несправностей гальмової системи автомобілів підприємства, що підвищує їх безпеку в експлуатації.
- дозволяють покращити систему організації технічного обслуговування та поточного ремонту на підприємстві.



На базі підприємства створено автотранспортний підрозділ, який здійснює вантажні перевезення та доставку продуктів харчування в т.ч. доставку заморожених продуктів автомобільним транспортом. Підрозділ також займається поточним ремонтом та технічним обслуговуванням власного рухомого складу. В цілому автомобільний парк представлений вантажними автомобілями Mercedes-Benz Atego в кількості 18 одиниць та Mercedes-Benz Sprinter 314 CDI – 6 одиниць, MAN TGL – 5 одиниць + пасажирські легкові автомобілі – 6 одиниць

Товариство з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» розташоване за адресою: Вінницька область, місто Вінниця, 21019, вулиця Якова Шепеля, будинок 72

Відповідно до КВЕД-2010 – класифікатора видів економічної діяльності за даним підприємством зарезервовано такі види діяльності:


- (52.10) Складське господарство;
- (46.17) Діяльність посередників в торгівлі продуктами харчування, напоями і тютюновими виробами;
- (49.41) Вантажний автомобільний транспорт;
- (63.11) Оброблення даних, розміщення інформації на веб-вузлах та пов'язана з ними діяльність;
- (70.22) Консультування з питань комерційної діяльності та керування;
- (73.20) Дослідження кон'юнктури ринку, виявлення громадської думки.

Щорічно з вини автомобільного транспорту в Україні гине близько 4 тис. осіб та травмується близько 30 тис.

Розподіл ДТП за видами технічних несправностей ТЗ

Несправність	Кількість ДТП, %
Гальмівна система	31.8
Рульове керування	13.6
Шини	14.3
Прилади освітлення і сигналізації	20.2
Інші	20.1

Дорожньо-транспортні пригоди за видами за період з 01.01.2022 по 31.12.2022



Вид автопригоди	ДТП з загиблими або травмованими	Загинуло	Травмовано
ЗІТКНЕННЯ	7387	937	11136
НАЇЗД НА ПІШОХОДА	5284	874	4799
НАЇЗД НА ПЕРЕШКОДУ	2477	448	3162
ПЕРЕКИДАННЯ ТЗ	1660	305	2213
НАЇЗД НА ВЕЛОСИПЕДИСТА	1196	148	1119
НАЇЗД НА ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ЩО СТОЇТЬ	374	52	459
ПАДІННЯ ПАСАЖИРА	209	17	204
НАЇЗД НА ГУЖОВИЙ ТРАНСПОРТ	19	9	27
НАЇЗД НА ТВАРИН	16	0	19
ПАДІННЯ ВАНТАЖІВ	6	1	7
ВСЬОГО по Україні	18 628	2791	23 145

Правила № 13 ЄЕК ООН,
ДСТУ 3649:2010

Похибка вимірювань не повинна бути більшою за такі значення:

- для гальмової сили $\pm 3,0\%$;
- для зусилля на органі керування $\pm 4,0\%$;
- для параметрів часу $\pm 0,01$ с;
- для тиску стисненого повітря $\pm 3,0\%$;
- для маси транспортного засобу $\pm 3,0\%$.

Регламентация показників ефективності гальмування автомобілів

Показники, які застосовуються при перевірках ГС в дорожніх умовах

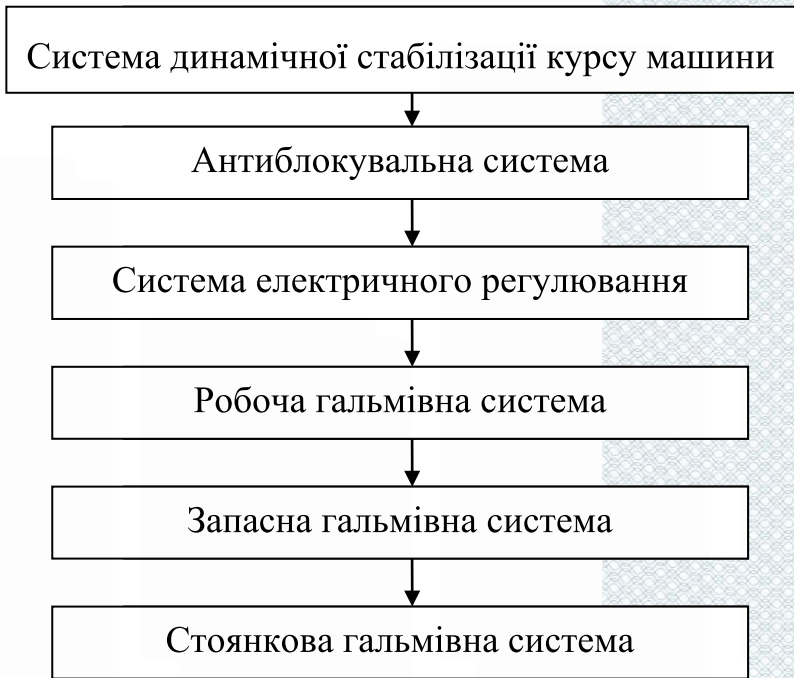
Показники, які застосовуються при перевірках ГС на стендах

Найменування показника	Гальмівна система				
	робоча		запасна	стоянкова	
	Стійкість	Ефективність гальмування	Ефективність гальмування	Ефективність гальмування ТЗ масою	
				спорядженою	дозволеною максимальною
Питома гальмівна сила	–	+	+	+	+
Відносна різниця гальмівної сили на колесах осі	+	–	–	–	–
Блокування коліс автомобіля на роликівому стенді*	–	+	+	+	+

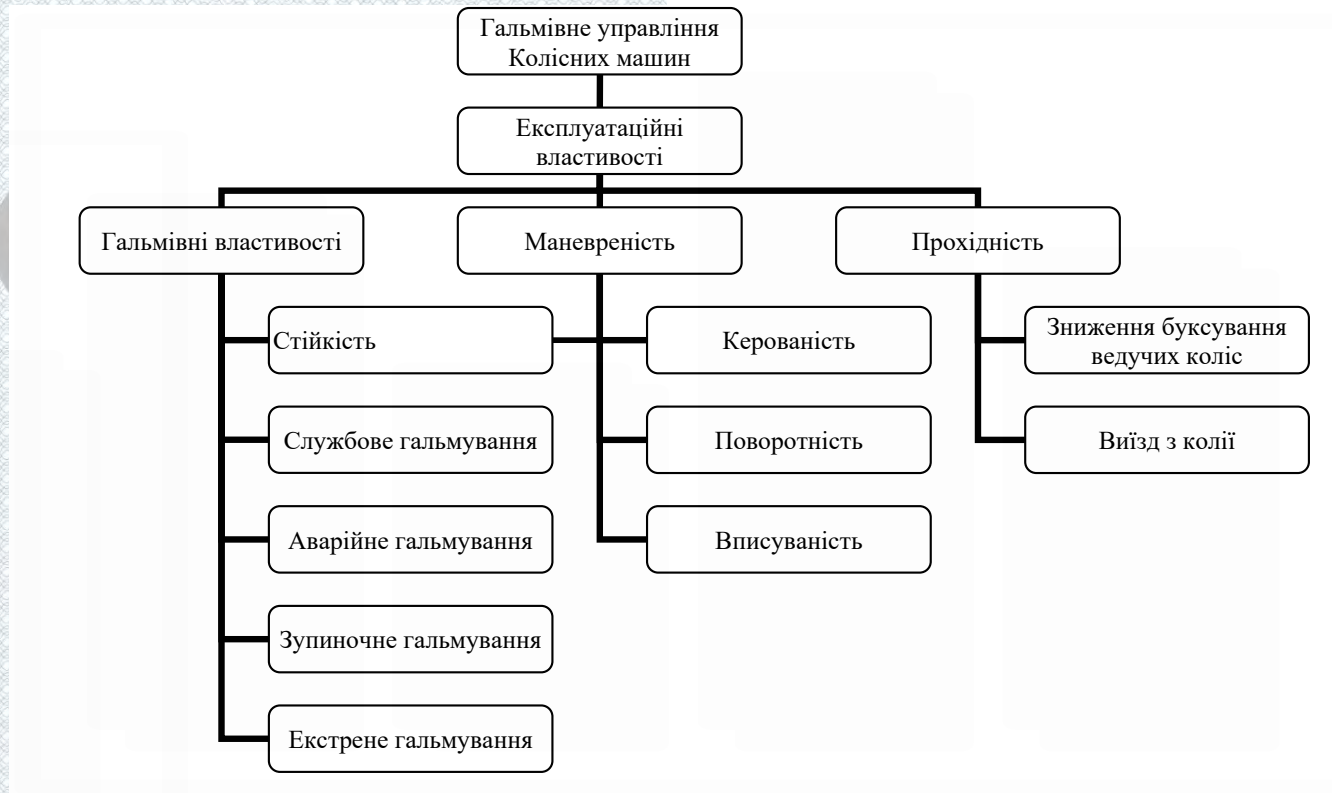
*Замість показника питомої сили допускається використовувати для АТЗ без АБС

Найменування показника	Гальмівна система				
	робоча		запасна	стоянкова	допоміжна
	Стійкість	Ефективність гальмування	Ефективність гальмування		
Гальмовий шлях	–	+	+	–	–
Усталене сповільнення*	–	+	+	–	+
Час спрацювання гальмової системи	–	+	–	–	–
Коридор (смуга) руху	+	–	+	–	–
Ухил дороги, ТЗ на якому повинен фіксуватись нерухомо	–	–	–	+	–

*Використовується тільки замість показника гальмового шляху



Бажана ієрархічна послідовність часткових відмов гальмівного керування



Вплив гальмівного керування на формування експлуатаційних властивостей автомобілів

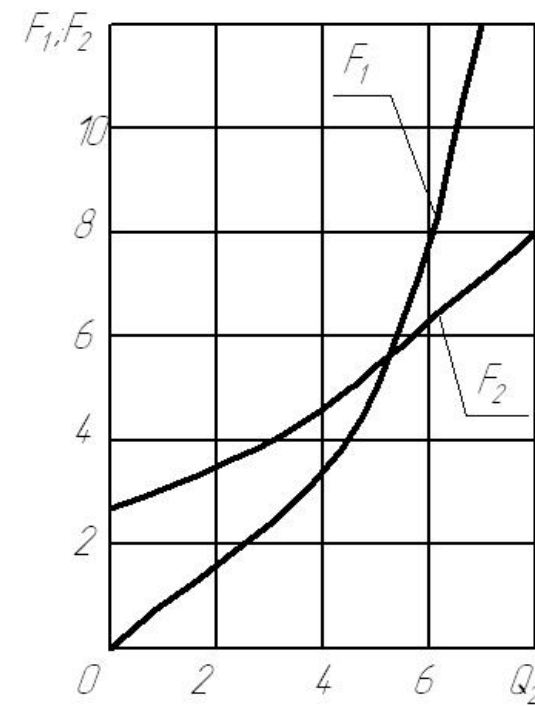
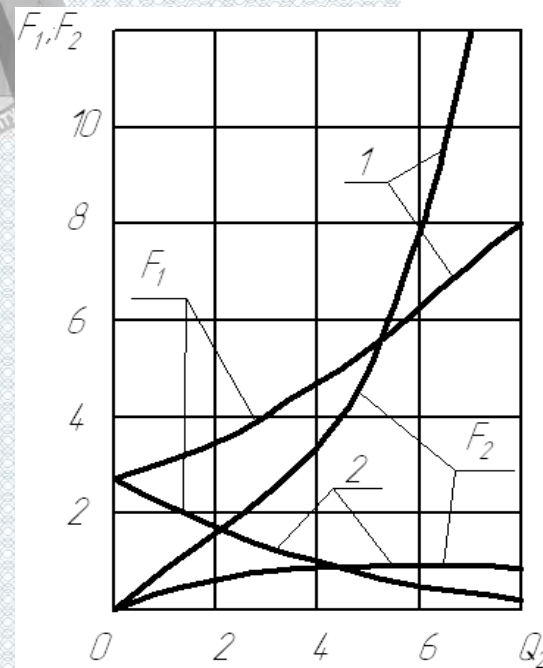
Результати теоретичного аналізу функціональної стабільності елементів гальмівних систем автомобілів

Узагальнене рівняння гальмового моменту

$$M_{\Gamma} = P n p \cdot R z \cdot Q_1 \{ \exp[Q_2 \mu (1 - Q_3)] - \exp[(-Q_2 \mu Q_3)] \}$$



Тип гальмівного механізму	Q_1		Q_2	
	Розрахункова формула	Діапазон чисельних значень	Розрахункова формула	Діапазон чисельних значень
Стрічковий	1	1	α_n	0-6,28
Дисковий	$\frac{1}{\mu_1(K_R+1)}$	2,5- ∞	$\frac{\mu_1 z (K_R+1)^2}{2K_R}$	0-2,67
Барабанний	$\frac{(a+b)}{e}$	2- ∞	$\frac{e}{c}$	0-1

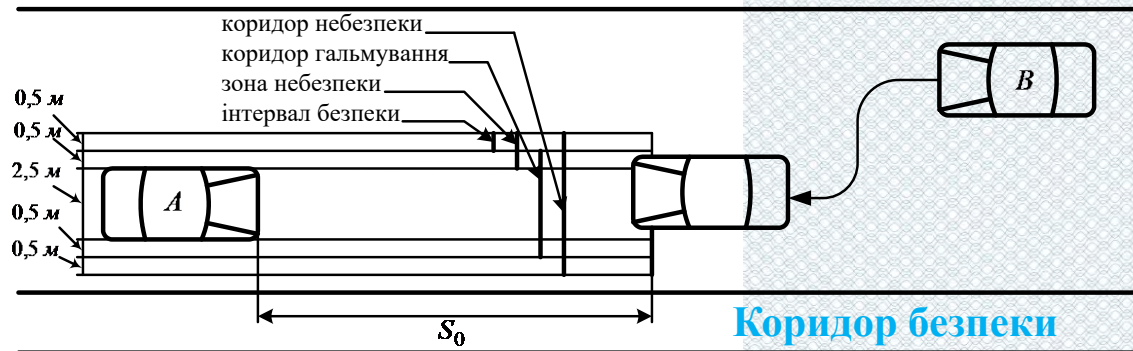


Оцінювання стабільності траєкторії руху автомобіля при гальмуванні

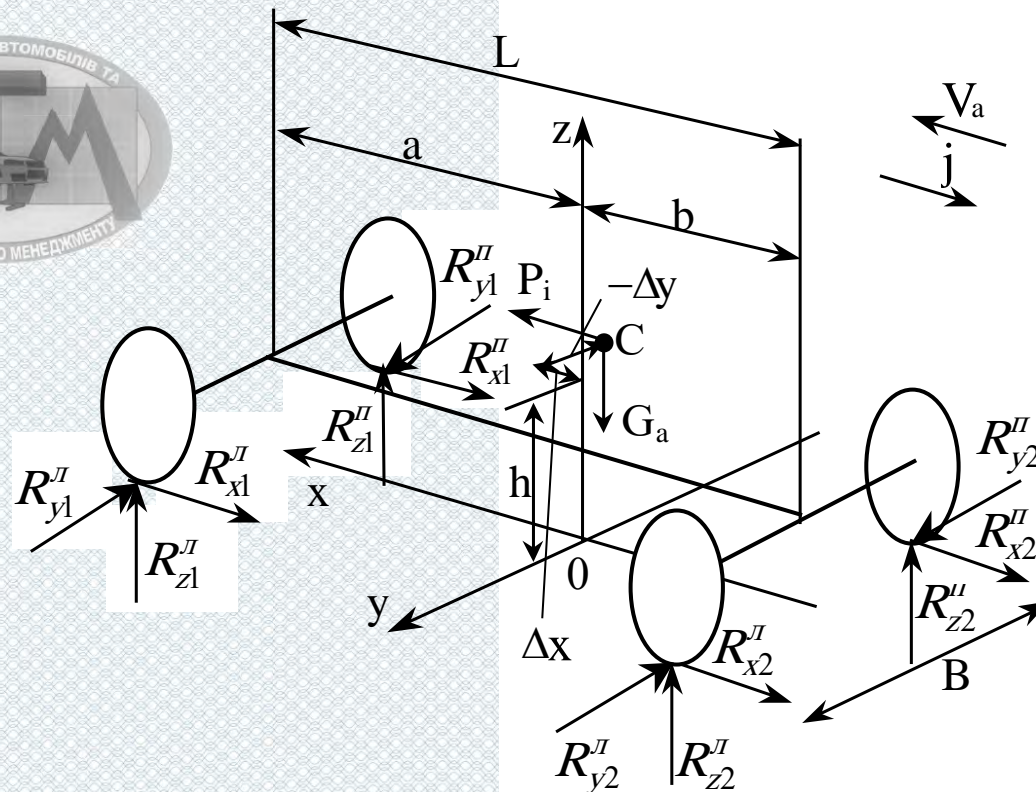


Колесо буде стійким,
якщо

$$R_{\Sigma} = \sqrt{X^2 + Y^2} \leq \varphi_{\max} \cdot Z$$



$$\frac{B_{\partial}}{2} \leq y + \frac{L_a}{2} \sin \gamma + \frac{B_a}{2} \cos \gamma$$



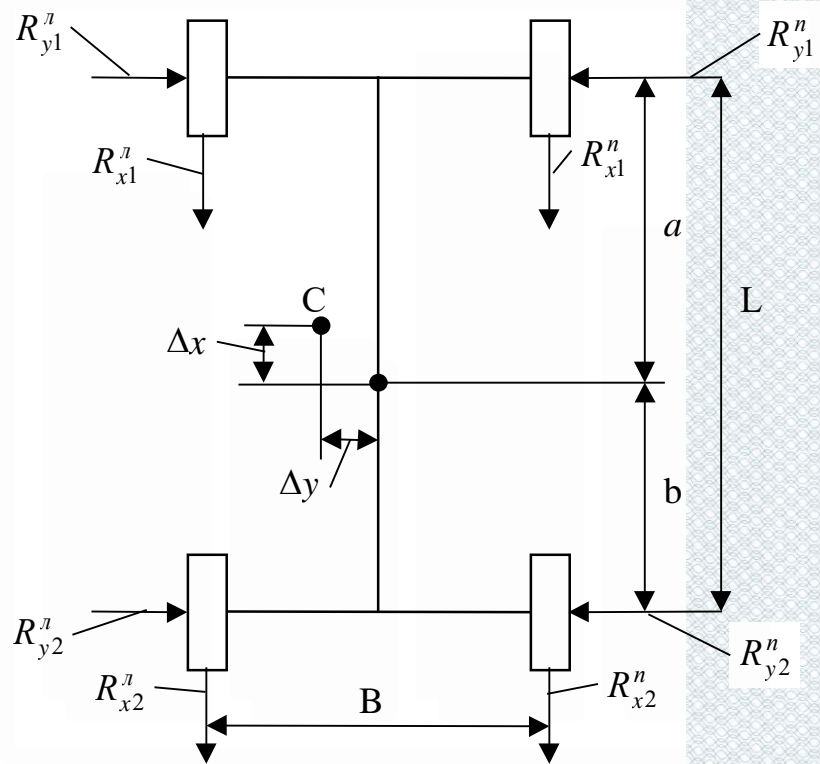


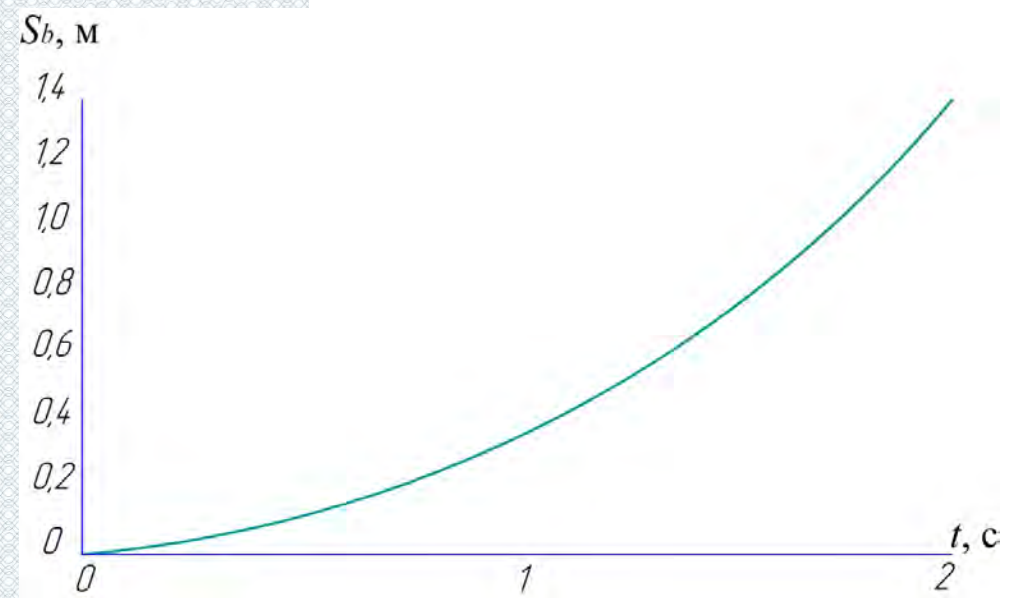
Схема реакцій, які сприймає автомобіль в горизонтальній площині

$$M_{II} = \left(R_{x1}^n + R_{x2}^n \right) \cdot \left(\frac{B}{2} + \Delta y \right) - \left(R_{x1}^n + R_{x2}^n \right) \cdot \left(\frac{B}{2} - \Delta y \right) - \left(R_{y1}^n - R_{y2}^n \right) \cdot (a - \Delta x) - \left(R_{y2}^n - R_{y1}^n \right) \cdot (b + \Delta x) + G_a \cdot \Delta y \cdot \frac{j}{g}$$



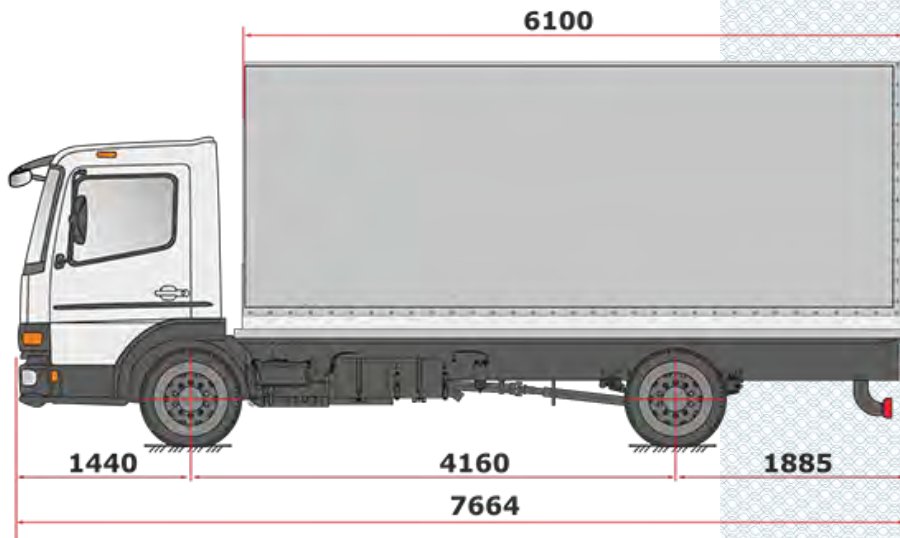
$$\varepsilon = \frac{M_{II}}{G_a \cdot (a - x) \cdot (b + x)}$$

$$\gamma = \frac{M_{II} \cdot t^2}{2 \cdot G_a \cdot (a - x) \cdot (b + x)}$$



$$S = V_n \cdot t - 0.5 \cdot j \cdot (t - t_2) \cdot (t - t_2 - t_3)$$

Аналіз результатів гальмівної ефективності



Mercedes-Benz Atego 1018

Несправність	Стале сповільнення, м/с ²	Коефіцієнт втрати ефективності	Гальмовий шлях, м	Коефіцієнт втрати ефективності
–	7,848	1,000	11,199	1,000
Не гальмує одне переднє колесо	5,829	0,743	13,923	1,243
Не гальмує одне заднє колесо	5,960	0,759	13,691	1,222
Гальмує тільки одне переднє колесо	1,452	0,185	45,856	4,095
Гальмує тільки одне заднє колесо	2,355	0,300	29,542	2,638
Гальмують тільки передні колеса	3,411	0,435	21,429	1,913
Гальмують тільки задні колеса	4,226	0,538	17,941	1,602
Гальмують колеса тільки однієї сторони	3,924	0,500	19,064	1,702

ВИСНОВКИ

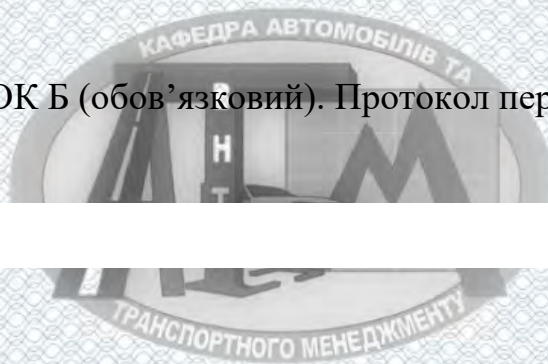
В магістерській кваліфікаційній роботі було проведено наукові дослідження, спрямовані на мінімізацію рівня аварійних ситуацій та випуск на лінію справних з технічної точки зору ТЗ товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» на основі розробки заходів зі стабілізації показників ефективності гальмування. Зокрема було зроблено:

- досліджено передумови розробки заходів з покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК»;
- виконано аналіз методичних аспектів оцінювання стабільності гальмівних властивостей автомобілів;
- розроблено методику забезпечення стабілізації параметрів гальмівних властивостей автомобілів в умовах експлуатації;
- розроблено заходи з охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- визначити ефективність запропонованих рішень.

Основні результати магістерської кваліфікаційної роботи:

- дозволяють прогнозувати зміну параметрів руху автомобілів при гальмуванні в дорожніх умовах;
- покращують техніко-економічні показники ефективності експлуатації автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця;
- підвищують якість виконання робіт щодо виявлення несправностей гальмової системи автомобілів підприємства, що підвищує їх безпеку в експлуатації.
- дозволяють покращити систему організації технічного обслуговування та поточного ремонту на підприємстві.

ДОДАТОК Б (обов'язковий). Протокол перевірки на плагіат



ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Покращення безпеки руху автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ДІАНАЛОГІСТИК» місто Вінниця шляхом стабілізації показників ефективності гальмування

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)


Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 95 % Схожість 5 %

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.

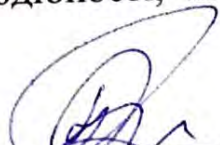
Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Прокопчук Є.О.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Кашканов А.А.
(прізвище, ініціали)

Додаток В

Математична модель та приклад розрахунку впливу функціональної стабільності гальмових систем АТЗ на їх курсову стійкість при гальмуванні

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ Ga \end{pmatrix} := \text{in1} \quad \begin{pmatrix} M11 & M12 \\ M21 & M22 \end{pmatrix} := \text{in2} \quad \begin{pmatrix} \phi11 & \phi12 \\ \phi21 & \phi22 \end{pmatrix} := \text{in3}$$

Початкові дані:		Автомобіль Daihatsu Terios
База автомобіля, м		L := 2.420
Ширина колії, м		B := 1.35
Відстань від центру ваги автомобіля до осі, м:	передньої	a := 1.23
	задньої	b := L - a
Висота центру ваги автомобіля, м:		h := 0.6
Маса автомобіля, кг:		Ga = ■ 1.355 × 10 ³
Радіус колеса, м:		r := 0.23
Прискорення вільного падіння, м/с ² :		g := 9.81
Коефіцієнт опору кочення:		f := 0.017
Коефіцієнт зчеплення:		ϕ11 = ■ 0.7 ϕ12 = ■ 0.7
		ϕ21 = ■ 0.7 ϕ22 = ■ 0.7
Зміщення центру ваги автомобіля, м:	повздожне	x = ■ 0
	поперечне	y = ■ 0
Гальмові моменти на колесах автомобіля, кг·м:	переднє ліве	M11 = ■ 34
	переднє праве	M12 = ■ 34
	заднє ліве	M21 = ■ 30
	заднє праве	M22 = ■ 15

Розв'язок

Момент інерції колеса:

$$I := \frac{\pi \cdot r^4}{4} \quad I = \blacksquare$$

Сумарний гальмовий момент, діючий на колеса автомобіля:

$$M := M11 + M12 + M21 + M22 \quad M = \blacksquare 113 \quad M_{\max} := 346$$

Нормальні реакції, діючі на колеса автомобіля:

$$j11 := g \cdot \phi11 \quad j12 := g \cdot \phi12 \quad j21 := g \cdot \phi21 \quad j22 := g \cdot \phi22$$

$$j11 = \blacksquare 6.867 \quad j12 = \blacksquare 6.867 \quad j21 = \blacksquare 6.867 \quad j22 = \blacksquare 6.867$$

$$J11 := M11 \cdot \frac{g}{r \cdot Ga} \quad J12 := M12 \cdot \frac{g}{r \cdot Ga} \quad J21 := M21 \cdot \frac{g}{r \cdot Ga} \quad J22 := M22 \cdot \frac{g}{r \cdot Ga}$$

$$J11 = \blacksquare 1.07 \quad J12 = \blacksquare 1.07 \quad J21 = \blacksquare 0.944 \quad J22 = \blacksquare 0.472$$

$$ja_{11} := \begin{cases} j_{11} & \text{if } j_{11} < J_{11} \\ J_{11} & \text{otherwise} \end{cases} \quad ja_{11} = \blacksquare 1.07$$

$$ja_{12} := \begin{cases} j_{12} & \text{if } j_{12} < J_{12} \\ J_{12} & \text{otherwise} \end{cases} \quad ja_{12} = \blacksquare 1.07$$

$$ja_{21} := \begin{cases} j_{21} & \text{if } j_{21} < J_{21} \\ J_{21} & \text{otherwise} \end{cases} \quad ja_{21} = \blacksquare 0.944$$

$$ja_{22} := \begin{cases} j_{22} & \text{if } j_{22} < J_{22} \\ J_{22} & \text{otherwise} \end{cases} \quad ja_{22} = \blacksquare 0.472$$

$$j := ja_{11} + ja_{12} + ja_{21} + ja_{22} \quad j = \blacksquare 3.557$$

$$Rz_{11} := \frac{Ga \cdot \left[(b+x) + h \cdot \frac{j}{g} \right]}{2 \cdot L} - \frac{y \cdot Ga}{2 \cdot B} \quad Rz_{12} := \frac{Ga \cdot \left[(b+x) + h \cdot \frac{j}{g} \right]}{2 \cdot L} + \frac{y \cdot Ga}{2 \cdot B}$$

$$Rz_{21} := \frac{Ga \cdot \left[(a-x) - h \cdot \frac{j}{g} \right]}{2 \cdot L} - \frac{y \cdot Ga}{2 \cdot B} \quad Rz_{22} := \frac{Ga \cdot \left[(a-x) - h \cdot \frac{j}{g} \right]}{2 \cdot L} + \frac{y \cdot Ga}{2 \cdot B}$$

$$Rz_{11} = \blacksquare 394.056$$

$$Rz_{12} = \blacksquare 394.056$$

$$Rz_{21} = \blacksquare 283.444$$

$$Rz_{22} = \blacksquare 283.444$$

$$Rz_{11} + Rz_{12} + Rz_{21} + Rz_{22} = \blacksquare 1.355 \times 10^3$$

Повздовжні реакції, діючі на колеса автомобіля:

$$x_{11} := Rz_{11} \cdot \phi_{11} \quad x_{12} := Rz_{12} \cdot \phi_{12} \quad x_{21} := Rz_{21} \cdot \phi_{21} \quad x_{22} := Rz_{22} \cdot \phi_{22}$$

$$X_{11} := \frac{M_{11}}{r} + f \cdot Rz_{11} + \frac{(M \cdot l \cdot g)}{r^3 \cdot Ga} \quad X_{12} := \frac{M_{12}}{r} + f \cdot Rz_{12} + \frac{(M \cdot l \cdot g)}{r^3 \cdot Ga}$$

$$X_{21} := \frac{M_{21}}{r} + f \cdot Rz_{21} + \frac{(M \cdot l \cdot g)}{r^3 \cdot Ga} \quad X_{22} := \frac{M_{22}}{r} + f \cdot Rz_{22} + \frac{(M \cdot l \cdot g)}{r^3 \cdot Ga}$$

$$Rx_{11} := \begin{cases} X_{11} & \text{if } x_{11} > X_{11} \\ x_{11} & \text{otherwise} \end{cases} \quad x_{11} = \blacksquare 275.839 \quad X_{11} = \blacksquare 154.673 \quad Rx_{11} = \blacksquare 154.673$$

$$Rx_{12} := \begin{cases} X_{12} & \text{if } x_{12} > X_{12} \\ x_{12} & \text{otherwise} \end{cases} \quad x_{12} = \blacksquare 275.839 \quad X_{12} = \blacksquare 154.673 \quad Rx_{12} = \blacksquare 154.673$$

$$Rx_{21} := \begin{cases} X_{21} & \text{if } x_{21} > X_{21} \\ x_{21} & \text{otherwise} \end{cases} \quad x_{21} = \blacksquare 198.411 \quad X_{21} = \blacksquare 135.401 \quad Rx_{21} = \blacksquare 135.401$$

$$Rx_{22} := \begin{cases} X_{22} & \text{if } x_{22} > X_{22} \\ x_{22} & \text{otherwise} \end{cases} \quad x_{22} = \blacksquare 198.411 \quad X_{22} = \blacksquare 70.184 \quad Rx_{22} = \blacksquare 70.184$$

$$Rz_{11} + Rz_{12} + Rz_{21} + Rz_{22} = \blacksquare 1.355 \times 10^3$$

$$Rz := \begin{pmatrix} Rz_{11} & Rz_{12} \\ Rz_{21} & Rz_{22} \end{pmatrix}$$

$$Rx := \begin{pmatrix} Rx_{11} & Rx_{12} \\ Rx_{21} & Rx_{22} \end{pmatrix}$$

Бічні реакції, діючі на колеса автомобіля:

$$R_{y11} := \sqrt{(R_{z11} \cdot \phi_{11})^2 - R_{x11}^2}$$

$$R_{y12} := \sqrt{(R_{z12} \cdot \phi_{12})^2 - R_{x12}^2}$$

$$R_{y21} := \sqrt{(R_{z21} \cdot \phi_{21})^2 - R_{x21}^2}$$

$$R_{y22} := \sqrt{(R_{z22} \cdot \phi_{22})^2 - R_{x22}^2}$$

$$R_y := \begin{pmatrix} R_{y11} & R_{y12} \\ R_{y21} & R_{y22} \end{pmatrix}$$

$$R_y := \begin{pmatrix} 228.394 & 228.394 \\ 145.029 & 185.583 \end{pmatrix}$$

$$M_n := (R_{x11} + R_{x21}) \cdot \left(\frac{B}{2} + y\right) - (R_{x12} + R_{x22}) \cdot \left(\frac{B}{2} - y\right) - (R_{y12} - R_{y11}) \cdot (a - x) - (R_{y21} - R_{y22}) \cdot (b + x) + G_a \cdot y \cdot \frac{j}{g}$$

t := in0 Час

$$\gamma := M_n \cdot \frac{t^2}{2 \cdot I_a} \cdot \frac{18}{\pi} \quad \text{Курсовий кут}$$

$$\gamma = 43.188$$

out0 := Rx

out1 := Rz

out2 := (t γ)

out3 :=

Блок-схема алгоритму визначення зміни діючих реакцій та курсового кута автомобіля при гальмуванні

*Вхідні величини: гальмові моменти, підведені до коліс;
вага автомобіля;
зміщення центру ваги автомобіля по осям ox та oy;
коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля з дорожнім покриттям.*

