

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМЕНІ  
ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: „Залежність ресурсу окремих вузлів автомобіля від умов експлуатації”

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-63

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”  
(шифр і назва)

Бурчак Ярослав Юрійович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Чухрай В.Є.  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

### ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту  
Бурчаку Ярославу Юрійовичу

1. Тема роботи: „*Залежність ресурсу окремих вузлів автомобіля від умов експлуатації*”

Керівник роботи: Чухрай Володимир Євгенович, к.т.н., доцент  
Затверджена наказом по університету від 12.09.2024 року № 616/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 6.12.2024 року.

3. Вихідні дані: *Опрацювати джерела інформації про організацію автомобільних перевезень, будову і ресурс елементів гальмівної системи. Інформація ресурс гальмівних накладок в різних умовах експлуатації автомобілів. Методика обробки експериментальних даних методами математичної статистики.*

4. Перелік питань, які необхідно розробити  
*Вступ*

*1. Характеристика транспортних засобів використовуваних для надання послуг з перевезення вантажів*

*2. Основні типи гальмівних колодок та технології їх заміни*

*3. Методика та результати експериментальних досліджень ресурсу гальмівних колодок*

*4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях*

*5. Обґрунтування економічної ефективності*

*Висновки*

*Перелік використаних джерел*

*Перелік графічного матеріалу (слайди презентації):*

1-тема 2-мета роботи та завдання дослідження; 3 – загальний вигляд автомобілів; 4 – загальний вигляд напівпричепів; 5 – загальний вигляд гальмівних барабанів; 6 – гальмівні колодки барабанних гальм; 7 – дискове гальмо; 8 – колодки дискових гальм; 9,10,11,12 – поетапна заміна гальмівних колодок; 13 – стенд для контролю системи гальм; 14, 15, 16, 17, 18 – результати обробки дослідних даних; 19 - висновки

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Чухрай В.Є. к.т.н., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 12.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Характеристика транспортних засобів використовуваних для надання послуг з перевезення вантажів	12.09.2024 – 26.09.2024	
2.	Основні типи гальмівних колодок та технології їх заміни	27.09.2024 – 10.10.2024	
3.	Методика та результати експериментальних досліджень ресурсу гальмівних колодок	11.10.2024 – 31.10.2024	
4.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	1.11.2024 – 14.11.2024	
5.	Обґрунтування економічної ефективності	15.11.2024 – 21.11.2024	
6.	Завершення роботи в цілому	22.11.2024 – 6.12.2024	

Студент \_\_\_\_\_ Бурчак Я. Ю.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Чухрай В.Є.  
(підпис)

УДК: 629.113

Магістерська робота: 62 с. текст. част., 41 рис., 7 табл., 44 джерела.

Залежність ресурсу окремих вузлів автомобіля від умов експлуатації.

Бурчак Я. Ю. Кафедра АтаТС імені професора Олександра Семковича. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

Дано коротку характеристика транспортних засобів використовуваних для надання послуг з перевезення вантажів, а саме тягачів та тентових напівпричепів. Розглянуто основні типи гальм, подано коротку характеристика гальмівних колодок та вимоги до їх технічного стану в процесі експлуатації автомобілів. Наведено приклад виконання основних операцій технологічного процесу заміни гальмівних колодок під час перебування автомобіля в рейсі.

Показано сучасні стенди для діагностування елементів гальмівної системи потужних автомобілів тягачів, їх складові частини та варіанти використання.

Запропоновано методику дослідження порівняльного ресурсу гальмівних колодок залежно від використання автомобілів в різних дорожніх умовах та основні положення методики досліджень. Наведено результати статистичної обробки даних про ресурс гальмівних колодок в різних умовах експлуатації.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Проведено обґрунтування економічної ефективності від врахування реальних показників ресурсу в різних умовах експлуатації автомобілів.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЛЯ НАДАННЯ ПОСЛУГ З ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ	7
2 ОСНОВНІ ТИПИ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ЗАМІНИ	13
2.1 Коротка характеристика гальмівних колодок	13
2.2 Основні складові технологічного процесу заміни гальмівних колодок	18
2.3 Перевірка гальм на діагностичних стендах	
3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕСУРСУ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК	34
3.1 Основні положення методики досліджень	34
3.2 Результати досліджень ресурсу гальмівних колодок автомобілів тягачів	36
4 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	48
4.1. Моделювання процесів виникнення аварій і травм	48
4.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм	50
4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях	52
5 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	54
ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59

## ВСТУП

На сьогодні важко уявити стан функціонування всіх галузе України без використання автомобільного транспорту. В останні роки, в умовах війни, ключову роль відіграють автомобільні перевезення міжнародних перевезеннях.

Важливо відзначити те, що в країнах Європейського Союзу автомобільним транспортом перевозиться від 65 до 85 відсотків вантажів, а в Україні транспортуються до 65 відсотків залізницею.

За умови наявності розгалуженої мережі доріг, автомобільний транспорт зможе обслуговувати населені пункти розташовані на далеких відстанях, де інші види транспорту можуть економічно не вигідними, або іншими видами транспорту доступ туди неможливий.

Автомобільний транспорт дозволяє здійснювати перевезення безпосередньо з місця навантаження до місця прийому вантажу, що забезпечує швидку та безперервну доставку вантажів без перевантажень на шляху транспортування. Це особливо важливо для підприємств, які прагнуть швидко реагувати на зміни в попиті та забезпечувати своєчасне постачання продукції.

Автомобільні перевезення сприяють успішній діяльності інших складових структури економіки, зокрема будівництву та обслуговуванню шляхів сполучення, також виробництву автомобілів, розвитку сервісу обслуговування транспортних засобів, будівництву нових станцій технічного сервісу.

Україна розташована вигідно географічно положення, що робить її важливим з'єднувальним шляхом між Азією та Європою. Особливо в даний час, коли неможливо використовувати морський та річковий транспорт.

Для забезпечення оптимальних витрат автомобільний транспорт легко інтегрується з іншими видами наприклад, морським і особливо залізничним, що дозволяє створювати логістичні ланцюги доставки вантажів.

Таке масове використання автомобільного транспорту вимагає особливого ставлення до його технічного стану і врахування залишкового ресурсу вузлів і агрегатів, щоб запобігти відмовам в дорозі. Особливо це стосується автомобілів які мають рейси протяжністю у тисячі кілометрів і курсують за межами України.

На підстави викладеного нами сформульовано тему даної кваліфікаційної роботи: „Залежність ресурсу окремих вузлів автомобіля від умов експлуатації”

Автомобільні перевезення сприяють розвитку міжнародної торгівлі, забезпечуючи швидке та надійне транспортування товарів через державний кордон.

*Мета роботи:* запропонувати методику прогнозування ресурсу гальмівних колодок залежно від умов експлуатації

*Завдання досліджень:*

1. Подати характеристику транспортних засобів використовуваних логістичним підрозділом для надання послуг з перевезення вантажів.
2. Розглянути основні типи гальмівних колодок, технологію їх заміни та випробування справності гальм.
3. Запропонувати методику експериментальних досліджень ресурсу гальмівних колодок та представити отримані результати

*Об'єкт досліджень:* транспортні перевезення автомобілями тягачами з напівпричепами.

*Предмет досліджень:* ресурс гальмівних колодок залежно від умов експлуатації.

## 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЛЯ НАДАННЯ ПОСЛУГ З ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

Визначення залишкового ресурсу автомобілів та їх окремих вузлів і систем суттєво залежить від умов експлуатації.

Наприклад, якщо постійно перевантажувати автомобіль це незадовільно впливає на трансмісію, підвіску, шини, та може швидко вивести з ладу гальмівну систему. В таких умовах часто працюють комерційні автомобілі.

Не аби яке значення має манера водіння з частим гальмуванням і прискоренням руху, що призводить до інтенсивного зношення гальмівних колодок і дисків, а також деталей двигуна і трансмісії.

Наступним фактором можуть бути дороги. Тут різних впливі є досить багато так при гравійному покритті, яке є переважно менш рівним, збільшується навантаження підшипники коліс, рульове управління та в цілому на підвіску. Особливо вібрація на бездоріжжі знижує ресурс амортизаторів і може спричинити швидше зношення решти елементів.

Часта робота при низьких чи високих температурах також впливає негативно на ущільнювачі та моторні оливи. Зокрема холодний запуск в двигуна при низькій температурі сприяє зношенню його деталей та знижує ресурс акумуляторної батареї. При високих температурах збільшується знос деталей двигуна та елементів трансмісії так як прискорюється деградація мастил і олив.

Особливий вплив на зношування деталей гальмівної системи має використання автомобіля в міських умовах, так як супроводжується частими зупинками та рушаннями. Що так само пришвидшує зношування деталей двигуна, трансмісії, а найбільше гальмівних колодок і барабанів або дисків, залежно від особливості конструкції гальм.



Тому є дуже важливо, особливо для автомобілів які мають рейси великої протяжності, і особливо за межі України, планувати перелік певних ремонтних робіт із заміни деталей які мають незначний залишковий ресурс.

Залишковий ресурс вантажних автомобілів можна визначати є багатоступеневим процесом, який включає декілька складових таких як:

Оцінка параметрів, як-от тиск масла, рівень шуму роботи двигуна, його температура та вібрація під час роботи, у порівнянні з нормативними параметрами для визначення ступеня зношування деталей визначаючих ресурс.

Часто для експертної оцінки залучають фахівців, що мають великий досвід діагностування вантажних автомобілів з оцінки їх технічного стану на основі зібраних статистичних даних та практичних знань експертів.

Проведення експертних опитувань для визначення складних показників, таких як залишковий ресурс в умовах інтенсивних навантажень.

Також спочатку проводять первинну оцінку візуальним оглядом усіх основних компонентів, таких як двигун, коробка переключання передач, підвіска та елементи гальмівної системи, і виявляють видимих дефекти, зносу, корозії та інших негативних впливів.

Аналізують історію попереднього обслуговування, ремонту, періодичності настання відмов та загального напрацювання транспортного засобу та пробігу між настанням чергових відмов.

Сучасні технології діагностики дають змогу використовувати діагностичне обладнання, різні аналізатори, прилади для визначення вібрації, комп'ютерні сканери та дефектоскопи для виявлення скритих дефектів.

Велике значення для визначення залишкового ресурсу має наявність в сучасних автомобілях бортових комп'ютерів.

В даній роботі проводиться досліджується ресурс елементів гальмівної системи тягачів Mercedes, Scania і MAN, які працюють з напівпричепами показаними на рисунках 1.1-1.5 [7, 8,16, 34].

Ці тентові напівпричепи вантажопідйомністю 20000 кг широко використовуються в агрегуванні з тягачами марок Mercedes-Benz, Scania та MAN. Вони мають хорошу універсальність і ефективні при перевезеннях різноманітних вантажів.



Рисунок 1.1. Напівпричіп Schmitz Cargobull S.CS



Рисунок 1.2. Напівпричіп Krone Profi Liner



Рисунок 1.3. Напівпричіп Kögel Cargo



Рисунок 1.4. Напівпричіп Wielton NS3



Рисунок 1.5 Напівпричіп Vodex KIS 3W-A

Кожен перевізник надає замовникам повну інформацію про вантажі які може перевозити а також гарантує узгоджені із замовником умови перевезення, що гарантують належний стан вантажу.

На рисунках 1.6-1.8 показано основні тягачі, що працюють з показаними вище причепами [7, 8,16, 34]..



Рисунок 1.6 Автомобіль-тягач Mercedes-Benz Actros



Рисунок 1.7 Автомобіль-тягач Scania Серія R:



Рисунок 1.8 Автомобіль-тягач MAN TGX

Логістичною фірмою «ФОП Дерешінка Михайло Ігорович» переважно здійснюються рейси: Бровари - Рівне, Бровари - Луцьк, Бровари - Івано-Франківськ, Ужгород - Салоніки (Греція), Салоніки – Чернівці, Чернівці – Львів – Бровари, та багато рейсів інші населені пункти.

Середній річний пробіг перелічених тягачів з напівпричепами становить від 36000 км до 40000 км на внутрішніх перевезеннях і від 44000км до 62000 км при перевезеннях за кордоном.

### Висновки.

Для таких вантажівок, Mercedes-Benz, Scania та MAN що комплектуються з напівпричепами які транспортують вантажі вагою до 20000 кг дуже важливе значення має стан гальмівної системи як з точки зору ефективності використання автомобілів так і з точки зору безпеки руху.

Особливу роль для технічного стану гальмівної системи має регулярне і якісне технічне обслуговування, яке знижує ризик настання відмови під час перебування автомобілів в рейсі.

## 2. ОСНОВНІ ТИПИ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ЗАМІНИ

Історія розвитку автомобільного транспорту дає змогу прослідкувати етапи зміни систем гальмування. Перші автомобілі були оснащені механічними ручними гальмами, що приводились в дію важелями. Колодки перших автомобілів були виконані з відповідних порід деревини і вони діяли об металеві поверхні коліс. Далі розвивалися гальма з педалями і системою важелів, що забезпечити надійне притискання колодок до гальмівних барабанів. Самі колодки вже виконувались металевими з накладками виконаними з антифрикційного матеріалу. З часом механічний привід гальм витіснили гідравлічні і пневматичні системи, що дозволяло значно збільшити зусилля притискання гальмівних колодок до барабанів і гальмівних дисків.

Сучасні системи галь автомобілів керуються електронними блоками які забезпечують одночасність гальмування всіх коліс і виключають можливість зміщення автомобіля з прямолінійного руху. Крім того багато моделей автомобілів оснащені системами інформації про критичне зношування накладок гальмівних колодок. Постійне удосконалення гальмівних систем автомобілів, особливо потужних тягачів сприяє підвищенню вимог безпеки та зниженню аварійності [5, 7,14].

### 2.1 Коротка характеристика гальмівних колодок

Гальмівні колодки та диски є особливо важливими складовими елементами гальмівної системи автомобіля, від яких залежить ефективність гальмування і безпека руху. Тому вони повинні відповідати нормативним технічним вимогам для забезпечення безвідмовної роботи системи гальм.

Колодки повинні забезпечувати тривалий термін служби зношуватися рівномірно без утворення розколин або відлущування.

Їх матеріал повинен забезпечувати стабільність коефіцієнта тертя впродовж всього часу роботи незалежно від зміни температури та умовах експлуатації. Матеріал колодок може бути керамічним, пів-металевим і, або органічним [12].

Ставляться також вимоги до колодок стосовно зберігання своїх властивостей при впливі вологи та різних видів забруднень.

Не допускається в колодках вміст азбесту та компонентів інших шкідливих відносно екологічних стандартів.

Ще однією вимогою є висока теплопровідність, щоб забезпечити ефективне відведення тепла і запобігти перегріву і погіршенню ефективності гальмування.

Також певні вимоги ставляться до гальмівних дисків. Матеріалом в більшості випадків вибирають високоміцний чавун для забезпечення високої міцності та стійкості до термічних навантажень. Також використовуються композитні матеріали з належними тепловими характеристиками.

Для запобігання швидкого зносу та утворенню канавок на робочій поверхні диски повинні мати належну твердість.

Щоб уникнути вібрації і постійного контакту з колодками та нерівномірному зносу диски потрібно балансувати.

Ще є значна чисельність автомобілів оснащених барабаними гальмами серед яких автомобілі КраЗ. Для них використовуються оригінальні колодки, виготовлені самим виробником або іншими спеціалізованими підприємствами. Колодки моделі 200-3501091-А застосовуються для передніх коліс автомобілів КраЗ-256., а для задніх моделей КраЗ-256 та КраЗ-6510 колодки - 255Б-3502091 [2].



Для забезпечення надійної роботи гальмівної системи важких вантажних автомобілів КрАЗ дані колодки виготовляються з урахуванням вимог специфікацій.

Варто зазначити, що для забезпечення безпеки та надійності експлуатації автомобіля рекомендується використовувати оригінальні гальмівні колодки або їхні сертифіковані аналоги, які відповідають технічним вимогам виробника. Показано загальний вигляд гальмівного барабана автомобіля

На рисунку 2.1 показано загальний вигляд гальмівних барабанів вантажних автомобілів [2].



Рисунок 2.1 Загальний вигляд гальмівних барабанів вантажних автомобілів

На рисунку 2.2 показано загальний вигляд гальмівних колодок автомобіля КрАЗ-256 з барабанними гальмами [2].



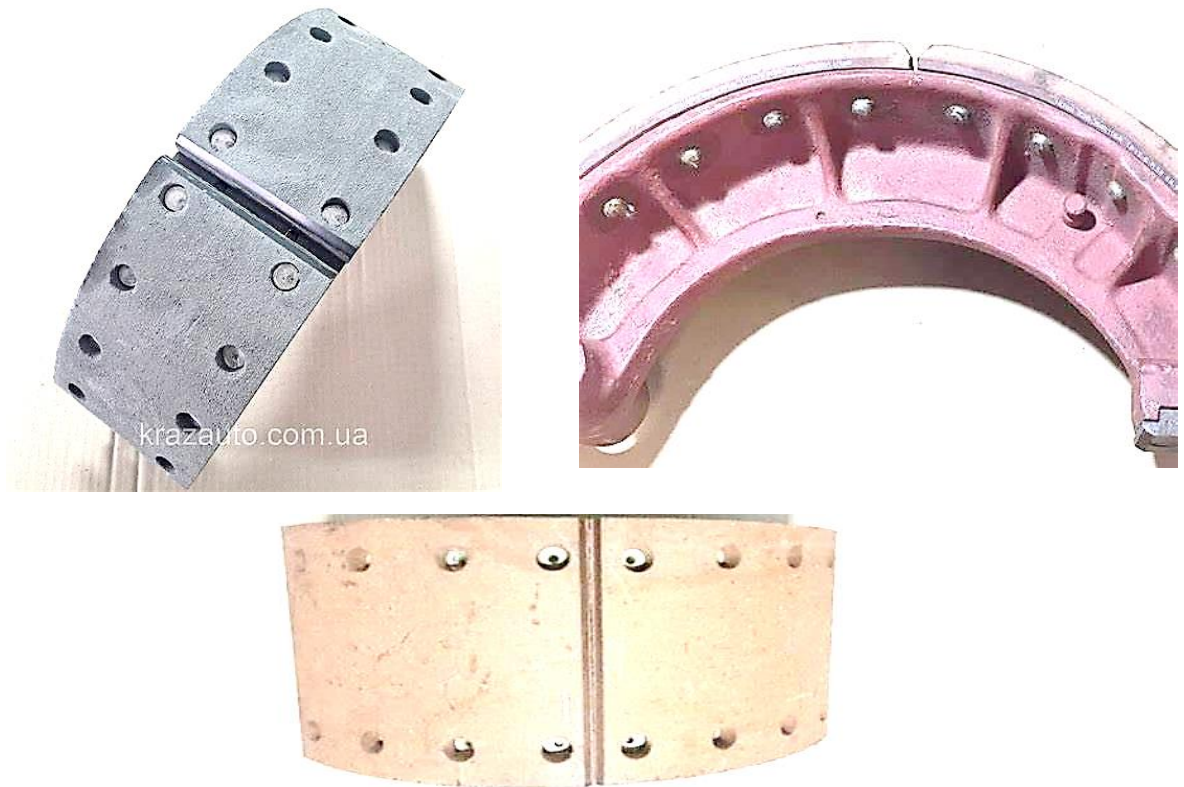


Рисунок 2.2 Загальний вигляд гальмівних колодок автомобіля КрАЗ-256

На ринку України для автомобіля КрАЗ доступні гальмівні колодки від, зокрема від українського виробника «Трибо», раніше ще використовувались інших виробників

Виробник гальмівних колодок автомобіля КрАЗ вказує на їх ресурс приблизно 30 - 50 тисяч кілометрів і залежить в основному від умов експлуатації [6].

Вчасна заміна гальмівних колодок дає ефективну роботу системи гальм та забезпечує безпеку руху. Рекомендовано систематично перевіряти стан гальмівних колодок в процесі технічного обслуговування і замінювати їх при якщо мінімальна товщина фрикційного матеріалу знаходиться в межах 2–3 мм

Для визначення конкретних моделей гальмівних колодок, сумісних тягачем, ми скористалися інтерактивним каталогом на офіційному сайті Ferodo. Там можна вибрати потрібну марку і модель автомобіля, і для неї, залежно від модифікації підібрати деталі для гальмівної системи.

Гальмівні колодки виробництва Ferodo широко застосовуються на різних моделях вантажних автомобілів Volvo, MAN, DAF, Mercedes-Benz, Scania та на тягачах інших марок. Компанія пропонує для комерційних транспортних засобів серію гальмівних колодок Premier, розроблену спеціально, для забезпечення високої ефективності гальмування та надійності.

Широкий асортимент та висока якість продукції, гальмівних колодок Ferodo є вибором, що надійно гарантує безпеку та ефективність гальмування вантажних автомобілів [2, 5, 12].



Рисунок 2.3 Комплект гальмівних колодок для автомобілів Volvo, MAN, DAF, Mercedes-Benz, Scania виробництва фірми Ferodo



Рисунок 2.4 Гальмівні колодки для автомобілів Volvo, MAN, DAF, Mercedes-Benz, Scania виробництва фірми Ferodo



Рисунок 2.5 Комплект гальмівних колодок 400DP для автомобілів Mercedes-Benz, DAF, Scania, MAN, Iveco, Trailers (Sauer / SAF)

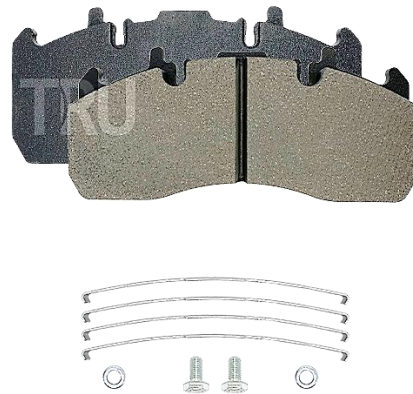


Рисунок 2.6 Комплект гальмівних колодок 414DP для автомобілів Renault Trucks, Volvo

Часті гальмування на високих швидкостях підвищують ризик перегріву гальм і знижує ефективність гальмування та ресурс деталей системи.

При високій швидкості для зупинки потрібно більше гальмівне зусилля, що прискорює знос дисків, барабанів та гальмівних колодок.

## 2.2 Основні складові технологічного процесу заміни гальмівних колодок

Перед початком робіт з заміни гальмівних колодок потрібно переконатися, що є в наявності потрібні інструменти та комплектуючі деталі, а також необхідно дотримуватися техніки безпеки.

Першою вимогою є зупинка автомобіля на рівному покритті та його фіксація за допомогою стоянкового гальма. Далі під колеса встановлюють під колеса упори проти відкату.

За допомогою домкрата піднімають потрібну вісь автомобіля і фіксують його на підставках.

Відкручують гайки кріплення колеса використовуючи штатний торцевий ключ або ключ з редуктором.

Зніміть колесо та відкладіть його в безпечне місце.

За допомогою дротяної щітки очищають поверхню супорта від та пилю бруду.

Здійснюють контроль стану гальмівного диска на наявність пошкоджень зносу його по товщині.

Викрутивши болти кріплення супорта, зніміть його обережно щоб не пошкодити гальмівного рукава.

Виймають зношені гальмівні колодки з місць їх встановлення.

Утоплюють поршень супорта за допомогою спеціального інструменту і забезпечують достатній простір для нових колодок.

Очистивши напрямні та посадкові місця колодок від корозії та бруду наносять на напрямні супорта спеціальне мастило.

Встановлюючи нові колодки в посадкові місця переконуються в тому, що вони правильно розташовані.

Далі вставляють супорт на місце та закручують болти кріплення з рекомендованим моментом докручування.

Після чого встановіть на місце колесо та закручують гайки його кріплення.

Опускають автомобіль на поверхню та докручують гайки колеса з рекомендованим моментом.

Натискають декілька раз на педаль гальма, щоб переконатися, що прилягання нових колодок до диска забезпечене.

Є загальна рекомендація, що протягом перших 200-300 км після заміни гальмівних колодок не бажано різко гальмувати поки не відбудеться припрацювання нових колодок.

Заміна гальмівних колодок на вантажному автомобілі Volvo FH є важливою процедурою для забезпечення безпеки та ефективності гальмівної системи. Нижче наведено покрокову інструкцію для виконання цієї роботи

На рисунку 2.7 показано супорт і гальмівний диск вантажного автомобіля [12, 30].



Рисунок 2.7 Супорт і гальмівний диск вантажного автомобіля

На рисунку 2.8 показано фрагмент операції виймання гальмівної колодки з супорта гальма вантажного автомобіля





Рисунок 2.8 Фрагмент операції виймання гальмівної колодки з супорта гальма вантажного автомобіля

Часто гальмівні колодки приходиться міняти в дорозі, так як мало хто прогнозує їх ресурс, що найбільше залежить від умов експлуатації та манери водіння [30].

На щитку приладів появляється інформація (чек Т) про критичний знос колодок (рисунок 2.9)



Рисунок 2.9 Інформації про критичний знос гальмівних колодок

Після цього водій починає шукати пункт монтажу коліс, щоб створити умови доступу до елементів системи гальм. Якщо такого поблизу немає то потрібно користуватися домкратом.

На рисунку 2.10 показано механізм передніх гальм після знімання колеса, захисної планки і пластинчатих пружин утримування колодок.



Рисунок 2.10 Механізм передніх гальм після знімання пластинчатих пружин утримування колодок

На рисунку 2.11 показано механізм зі знятими зношеними гальмівними колодками.



Рисунок 2.11 Зношені гальмівні колодки знято

Після знімання гальмівних колодок акуратно зачищається гальмівний диск м'якою дротяною щіткою а пізніше капроною і протирається чисто тканиною. В гальмах з гідравлічним приводом перевіряється щільність гідравлічної системи і діапазон переміщення поршня.

На рисунку 2.12 показано контроль стану диска гальмівного механізму

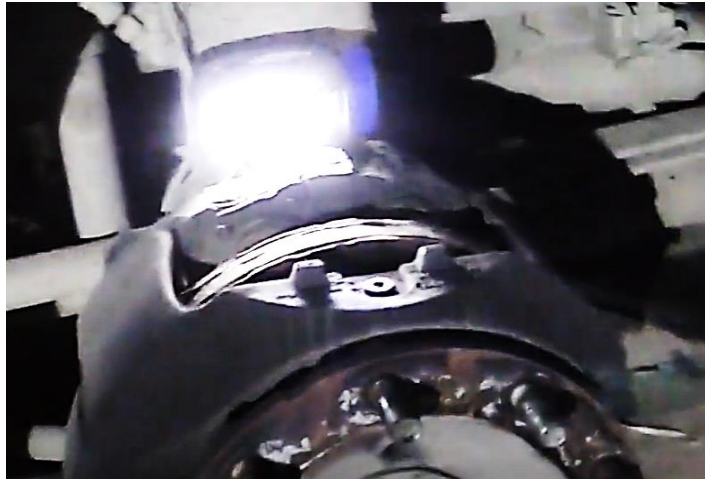


Рисунок 2.12 Контроль стану гальмівного диска

Перевіряючи стан гальмівного диску основну увагу звертають на їх товщину і наявність розколин та раковин. Так само на диску не повинно бути концентричних канавок та буртів на зовнішніх торцевих поверхнях. Обов'язково потрібно перевіряти товщину диска, к основний параметр, що характеризує його знос.

Для сідлових тягачів Mercedes-Benz Actros, Scania серії R та MAN TGX товщина нових гальмівних дисків залежить від конкретної моделі автомобіля і знаходиться в межах від 45мм до 50 мм для передніх гальм і в межах від 40 мм до 45 мм для задніх гальм.

В процесі експлуатації допускається зменшення товщини диска не більше чотирьох міліметрів. Замір товщини диска зазвичай роблять за допомогою штангенциркуля. Якщо товщина диска знаходиться в допустимих межах то встановлюють нові колодки.

На рисунку 2.13 показано встановлення нової внутрішньої колодки.





Рисунок 2.13 Встановлення нової колодки

На рисунку 2.14 показано фіксацію гальмівних накладок пластинчастими притискними пружинами. У багатьох випадках вони ідуть в комплекті з новими колодками, тому їх рекомендують замінювати при наявності будь яких дефектів.



Рисунок 2.14 Фіксування колодок пластинчастими пружинами

Після встановлення пластинчастих пружин повертають маточину колеса на декілька обертів і якщо обертання плавне без заклинювання то встановлюють планку супорта.

На рисунку 2.15 гальмівний механізм з встановлено захисною планкою.



Рисунок 2.15 Встановлена захисна планка

Після цього за допомогою головки з важелем оснащеним муфтою вільного ходу приводять в дію механізм підтискання колодок до диска. Залишаючи мінімальний зазор для

На рисунку 2.16 показано фрагмент операції підведення поршня супорта до колодок гальмівного механізму.

Після цього встановлюється на місце колесо, кріпиться, вісь автомобіля опускається на землю, докручуються гайки кріплення колеса і автомобіль готовий до випробування системи гальмування. Після заміни колодок, з початком руху автомобіля плавно декілька раз натискають на педаль гальм, щоб переконатися у належному сповільненні руху автомобіля. Впродовж перших трьохсот кілометрів пробігу не рекомендується різко гальмувати, поки гальмівні колодки ще не припрацювалися.



Рисунок 2.16 Підведення поршня до колодок для створення мінімального зазору

Звичайно, що найкращий варіант перевірки справності гальм це провести випробування на діагностичних гальмівних стендах.

### 2.3 Перевірка гальм на діагностичних стендах

Універсальні роликові гальмівні стенди серії 4xx-BR дозволяють діагностувати як легкові автомобілі, комерційні, так і вантажні автомобілі. Також можна комплект гальмівного стенду доповнити іншими діагностичними стендами, такими як стенд бокового відведення, стенд перевірки амортизаторів, гідравлічним детектором люфтів, газоаналізатором та вимірювачем диму і для створення повної діагностичної лінії з біль повним набором показників контролю.

Роликовий пристрій, складається з двох частин, і його рекомендують встановлювати на оглядову канаву. Роликовий стенд можна укомплектувати аналоговим дисплеєм чи комунікаційним стояком з персональним комп'ютером [6, 13, 24, 28].



Рисунок 2.17 Універсальний роликівий гальмівні стенди серії 4xx-BR

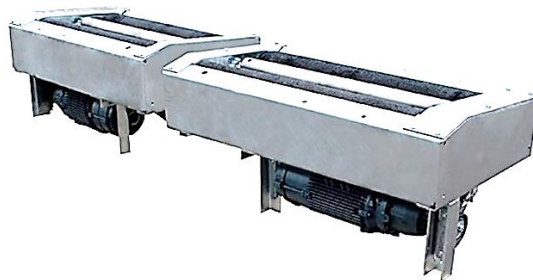


Рисунок 2.18 Роликівий пристрій стенда 4xx-BR для контролю гальм



Рисунок 2.19 Загальний вигляд оснащення роликівийого гальмівного стенда 413-BR 13000 кг на одну вісь

Всі моделі гальмівних стендів доступні з одною або двома швидкостями для тестування в конфігурації з одним тяговим мостом (2WD) або з двома тяговими мостами (4WD), є з роликами на одному рівні або мають підняті задні ролики відносно передніх. Довжина роликів може складати 1 м, 1,2 м або 1,3 м. Ролики для надійного зчеплення мають корундове покриття (CRD), або у стандартному виконанні можуть бути сталевими з наварними виступами (SmG) якщо шини автомобіля є з шипами. Залежно від моделей, мотор-редуктор може розташовуватися спереду роликів, між роликами або під блоком роликів [6, 13, 24, 28] (<https://autocomplete.com.ua/catalog.>).

В комплект| стандартної поставки стенда 413-BR входить:

- Захищені від обприскування два двигуни потужністю про 9,2 кВт
- Розділений блок роликів з оцинкованою повністю рамою для навантаження до 13000 кг на одну вісь.
- Ролики сталеві з корундовим покриттям (CRD).
- Ролики довжиною 1 м, задній ролик піднятий на 30 мм
- Шафа управління з вбудованою електронікою та радіоприймачем
- Джерело живлення змінного струму 3/N/PE від напруги 400 В, частотою 50 Гц.
- дистанційний пульт радіо керування
- сертифікована програма оператора

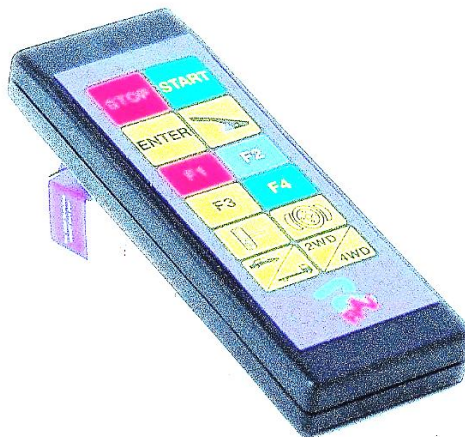


Рисунок 2.20 Радіо пульт стенда для керування процесом діагностики





Рисунок 2.21 Роликовий гальмівний стенд 13,0 т / вісь MBT 4250  
EUROSYSTEM (IW4 EUROSYSTEM), МАНА (Німеччина)

На рисунку 2.22 показано робоче місце німецького роликового гальмівного стенда МАНА з зусиллям 18000 кг на вісь MBT 7250 EUROSYSTEM (IW7 EUROSYSTEM)



Рисунок 2.22 Робоче місце німецького роликового гальмівного стенда  
МАНА з зусиллям 18000 кг на вісь MBT 7250

Основні характеристики даного стенда:

- діапазон вимірювань від 0 кН до 40 кН;
- довжина роликів 1,150 м;
- діаметр гальмівних роликів 0,265 м;
- потужність двох встановлених електродвигунів становить 22 кВт при напрузі 380 В (<https://autocomplete.com.ua/catalog.>).

На рисунку 2.23 показано варіант діагностування автомобіля з двома задніми осями.



Рисунок 2.23 Діагностування автомобіля з двома задніми осями

На рисунку 2.24 показано блок роликового пристрою стенда який може монтуватися в різні конструктивних схемах залежно від потреби.



Рисунок 2.24 Роликовий пристрій стенда для контролю гальм



На рисунку 2.25 показано універсальний гальмівний роликовий стенд Ravaglioli RT615V / RT622V / RT630V який оснащений двигунами, що самостійно гальмуються. Стенд також оснащений ваговим пристроєм, що призначений для тестування легкого комерційного транспорту, легкових автомобілів та вантажного транспорту (<https://autocomplete.com.ua/catalog.>)



Рисунок 2.25 Універсальний гальмівний роликовий стенд Ravaglioli RT615V / RT622V / RT630V

На рисунку 2.26 показана схему компонування стенда з естакадою, яка може встановлюватись на горизонтальному майданчику

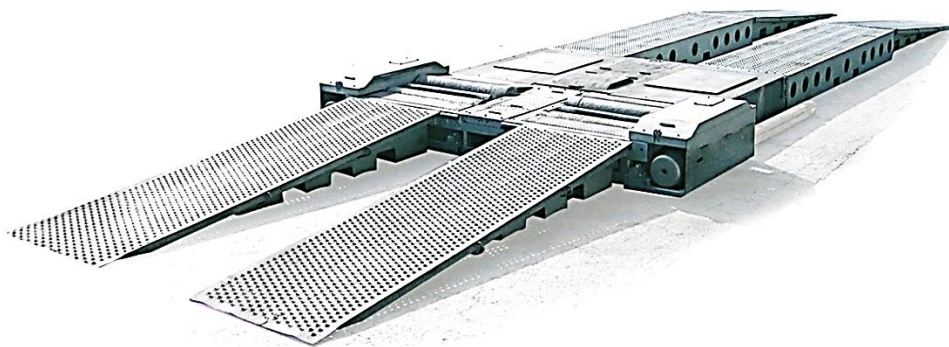


Рис 2.26 Схема використання стенда в комплекті з естакадою



На рисунку 2.27 показано привод роликового стенда для контролю гальм з двигуном, редуктором, роликами і несучою рамою, що може монтуватися у різних варіантах, залежно від потреби (<https://autocomplete.com.ua/catalog>).

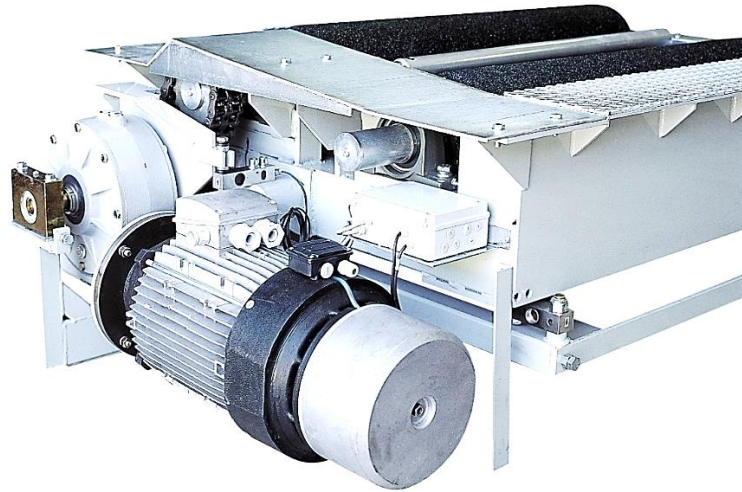


Рисунок 2.27 Загальний вигляд роликового приводу стенда для контролю гальм

На рисунку 2.28 показано універсальний гальмівний роликовий стенд Ravaglioli RT615V / RT622V / RT630V встановлений на оглядовій канаві.



Рисунок 2.28 Універсальний гальмівний роликовий стенд Ravaglioli RT615V / RT622V / RT630V встановлений на оглядовій канаві

### Висновки.

На підставі викладеного матеріалу в даному розділі можна стверджувати, що на даний час немає проблем у придбанні якісних гальмівних колодок для будь якої моделі автомобіля.

Процес заміни гальмівних колодок не викликає зайвих труднощів і його, при потребі може реалізувати водій за наявності у нього комплекту нових колодок та відповідного набору інструментів.

Наявність широкої лінійки діагностичних стендів створює сприятливу ситуацію для обладнання діагностичних постів як у власників транспорту так і у перевізників, щоб бути певними в безпеці руху та попереджувати відмови гальмівної системи під час рейсів.

### 3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕСУРСУ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК

Кожен виробник автомобілів надає відповідні рекомендації для його ефективного використання, які не завжди, з об'єктивних та суб'єктивних, причин дотримуються на практиці. І відповідно регламентований ресурс багатьох вузлів і деталей може бути далеким від рекламованого розробниками та виробниками автомобілів.

В переважній більшості перевізники стараються максимально завантажити, а інколи і дещо перевантажити автомобіль, що негативно впливає на його складові елементи і в тому числі на інтенсивність зношування гальмівних колодок.

#### 3.1 Основні положення методики досліджень

Є загально відомим те, що ресурс деталей буд якої техніки в значній мірі залежить від умов експлуатації. Якщо говорити про автомобілі то тут факторів є дуже багато. Перш за все потрібно звернути увагу на те як дотримуються рекомендації виробника. Це стосується відповідності ваги вантажів, використання експлуатаційних і витратних матеріалів, швидкісного режиму руху. Значною мірою впливає на ресурс манера водіння водія. Сюди можна віднести швидкий розгін, систематичне різке гальмування, різка зміна напрямку руху. І особливої уваги заслуговує питання дотримання графіків проведення технічного обслуговування. Сьогодні основна маса нових сучасних автомобілів оснащена бортовими комп'ютерами, що дає змогу постійного контролю основних систем автомобіля. При появі повідомлень про збій у будь якій системі автомобіля водієві потрібно приймати рішення про наступні дії. Якщо інформація в системі контролю виходить за меж впливу на

несправність водієм, то потрібно негайно звернути до фахівців з діагностування, щоб визначити причину несправності і обрати спосіб її усунення.

Якщо розглядати ресурс деталей гальмівної системи, то варто розглянути як на нього впливають дорожні умови на різних маршрутах руху автомобіля. Також трапляються випадки вибору нераціональних маршрутів з погіршеними дорожніми умовами, економлячи при цьому на протяжності маршруту.

Коли автомобіль рухається по рівних асфальтованих дорогах то це є найбільш сприятливі умови його експлуатації.

У випадку руху по хвилястих дорогах середня швидкість зменшується, а інтенсивність зносу деталей системи гальм збільшується.

Ще інтенсивніше зношуються деталі системи гальм, особливо гальмівні колодки, диски та барабани при русі автомобіля по гірських дорогах.

Якщо автомобіль рухається через населені пункти то інтенсивність зносу гальмівних колодок буде залежати скільки на його шляху буде пішохідних переходів, перетинів з головними дорогами, зупинок громадського транспорту та світлофорів.

Рекомендований виробниками ресурс гальмівних колодок для сідлових тягачів, таких як Mercedes-Benz Actros, Scania серії R та MAN TGX, залежить від багатьох факторів, включаючи якість самих колодок, умови експлуатації та стиль водіння. Переважно , гальмівні колодки на таких вантажівках повинні б служити від 100 тисяч кілометрів до 150 тисяч кілометрів пробігу. Однак, в складних умовах, при інтенсивному використанні гальм цей показник може бути нижчим [5, 7, 12, 30].

Якщо розглядати кількість колодок на автомобілі, то кожне колесо оснащено окремою парою колодок. Отже, на стандартному сідловому тягачі з двома осями на задній частині та однією на передній, загальна кількість гальмівних колодок становитиме 12 штук (по дві на кожне колесо з шести).

Для Mercedes-Benz Actros ціна комплекту гальмівних колодок може становити від 1520 гривень до 3200 гривень на одне колесо. Тобто повна заміна колодок на всіх колесах може коштувати від 9120 до 19200 гривень. Такий широкий діапазон вартості гальмівних колодок залежить від виробника та, звичайно, від їх якості [12].

Вартість колодок для Scania серії R та MAN TGX будуть бути на відсотків 10-15 більшими, або приблизно такими самими, і можуть змінюватися залежно від конкретної моделі колодок та їх виробника і постачальника [7].

Звичайно, що ці ціни є орієнтовними, приблизними і можуть відрізнятися залежно від регіону та постачальників і звичайно можуть мінятися з часом, залежно від курсу валют. При закупівлі колодок краще звертатися до офіційних дилерів або авторизованих сервісних центрів з метою отримання точної інформації щодо вартості та сумісності гальмівних колодок для кожної моделі автомобіля тягача.

### 3.2 Результати досліджень ресурсу гальмівних колодок автомобілів тягачів

Для визначення реального ресурсу гальмівних колодок автомобілів тягачів, що працювали різних умовах ми зібрали дані за останні три роки. Пробіг автомобілів до заміни гальмівних колодок було розділено на чотири групи, залежно від того які умови доріг в їх рейсах були переважаючі. Дані були вибрані з облікових складських карток, та з рахунків оплати послуг станціям технічного обслуговування та іншим виробничим структурам ремонтних послуг.

В таблиці 3.1 наведено дані про ресурс гальмівних колодок в різних умовах експлуатації

Таблиця 3.1 – Ресурс гальмівних колодок автомобілів різних умовах експлуатації автомобілів тягачів

№ з/п	Пробіг автомобіля до заміни гальмівних колодок, км			
	Переважаючий рух по дорогах			
	Більш прямих з якісним твердим покриттям	Більш хвилястих з якісним твердим покриттям	Переважно через населені пункти	Переважно по гірських дорогах
1	2	3	4	5
1	119536	84847	67058	59460
2	100240	67617	49125	64029
3	89503	73585	53127	62130
4	93744	76775	54941	62108
5	91934	74865	54361	59900
6	92256	74908	54604	66198
7	99200	66532	48153	72107
8	84940	68746	59204	68068
9	102176	77751	55633	63487
10	87346	69722	52454	62540
11	87395	70612	52902	63820
12	90619	74453	54305	63075
13	92107	74865	62230	67470
14	102450	63125	47741	66200
15	108300	63581	47779	58269
16	89776	73737	53632	63412
17	75119	62453	46283	66161
18	79360	66771	48209	64515
19	89280	73172	52921	66470
20	90545	80540	54286	57334

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
21	92408	62952	46657	59242
22	79459	67010	48414	67002
23	86552	69527	52323	60083
24	87544	71523	52902	60850
25	94207	72000	47180	64160
26	84940	72541	52154	64515
27	78864	66033	48059	62230
28	87842	72999	52921	60204
29	81344	80402	58904	63543
30	82063	71324	51986	53819
31	83874	68659	52061	62415
32	91470	63082	47666	63056
33	80352	68073	59600	60102
34	80774	68138	49873	54249
35	90024	74214	53800	57746
36	84502	68030	49162	63102

Наведені в таблиці 3.1 дані були опрацьовані за допомогою електронних таблиць Excel [11, 18, 25].

Результати опрацювання даних наведено в поданих нижче таблицях. В таблиці 3.2 наведено статистичні характеристики розподілу значень ресурсу гальмівних колодок за умови переважного руху автомобіля по прямих дорогах з якісним твердим покриттям.

В таблиці 3.3 наведено статистичні характеристики розподілу значень ресурсу гальмівних колодок за умови переважного руху автомобіля по прямих дорогах з якісним твердим покриттям.

Таблиця 3.2 – Характеристики розподілу значень ресурсу гальмівних колодок за умови переважного руху автомобіля по прямим дорогах з якісним твердим покриттям

Назва показника	Позначення	Числове значення
Мінімальне значення	$R_{min}$	75119
Максимальне значення	$R_{max}$	119536
Величина вибірки	$N$	36
Кількість інтервалів	$k$	6
Крок інтервалу	$delta \delta$	7402,8
Математичне сподівання	$Rc$	89719,16667
Дисперсія	$D$	77593099,37
Серед.-квадр. відхилення	$sigma \sigma$	8808,694533
Коефіцієнт варіації	$Niu v$	0,603336619
Число ступенів вільності	$r$	3
$\chi^2$ -квадрат розрахункове	$\chi^2$	6,389536032
Параметр мірила	$theta \theta$	16361,53053
Параметр форми	$k$	1,69165976
Коефіцієнт	$Kb$	0,892480336
Коефіцієнт	$Ck$	0,538378394
Коефіцієнт	$k/\theta$	0,000103393

Аналізуючи наведені в даній таблиці статистичні характеристики, можна стверджувати, що вони відповідають відповідати *гамма-розподілу* [11, 18, 25].

Таблиця 3.3 – Характеристики розподілу значень ресурсу гальмівних колодок за умови переважного руху автомобіля по хвилястих дорогах з якісним твердим покриттям

Назва показника	Позначення	Числове значення
1	2	3
Мінімальне значення	$R_{min}$	62453
Максимальне значення	$R_{max}$	84847
Величина вибірки	$N$	36
Кількість інтервалів	$k$	6



Продовження таблиці 3.3

1	2	3
Крок інтервалу	$delta \delta$	3732,333
Математичне сподівання	$Rc$	71058,102
Дисперсія	$D$	23851360,011
Серед.-квадр. відхилення	$sigma \sigma$	4883,785
Коефіцієнт варіації	$Niu v$	0,568
Число ступенів вільності	$r$	3
Хі-квадрат розрахункове	$\chi^2$	2,284
Параметр мірила	$theta \theta$	9679,549
Параметр форми	$k$	1,811
Коефіцієнт	$Kb$	0,889
Коефіцієнт	$Ck$	0,505
Коефіцієнт	$k/\theta$	0,000

Аналізуючи наведені в даній таблиці 3.3 статистичні характеристики, можна стверджувати, що вони відповідають відповідати *гамма-розподілу* [11, 18, 25].

Таблиця 3.4 – Характеристики розподілу значень ресурсу гальмівних колодок за умови переважного руху автомобіля через населені пункти.

Назва показника	Позначення	Числове значення
1	2	3
Мінімальне значення	$R min$	46283
Максимальне значення	$R max$	67058
Величина вибірки	$N$	36
Кількість інтервалів	$k$	6
Крок інтервалу	$delta \delta$	3462,5
Математичне сподівання	$Rc$	52342,375
Дисперсія	$D$	18233128,2552083
Серед.-квадр. відхилення	$sigma \sigma$	4270,026727693
Коефіцієнт варіації	$Niu v$	0,704697552
Число ступенів вільності	$r$	2
Хі-квадрат розрахункове	$\chi^2$	0,988100117
Параметр мірила	$theta \theta$	6675,853889416
Параметр форми	$k$	1,436645824

## Продовження таблиці 3.4

1	2	3
Коефіцієнт	$Kb$	0,907983573
Коефіцієнт	$Ck$	0,639622556

Аналізуючи наведені в даній таблиці 3.4 статистичні характеристики, можна стверджувати, що вони відповідають відповідати *гамма-розподілу* [11, 18, 25].

В таблиці 3.5 наведено статистичні характеристики розподілу значень ресурсу гальмівних колодок за умови переважного руху автомобіля по гірських дорогах.

Таблиця 3.5 – Характеристики розподілу значень ресурсу гальмівних колодок за умови переважного руху автомобіля через населені пункти

Назва показника	Позначення	Числове значення
Мінімальне значення	$R_{min}$	53819
Максимальне значення	$R_{max}$	72107
Величина вибірки	$N$	36
Кількість інтервалів	$k$	6
Крок інтервалу	$delta \delta$	3048
Математичне сподівання	$Rc$	62963
Дисперсія	$D$	13677392
Серед.-квадр. відхилення	$sigma \sigma$	3698,295824
Коефіцієнт варіації	$Niu v$	0,404450549
Число ступенів вільності	$r$	3
Хі-квадрат розрахункове	$\chi^2$	1,130629254
Параметр мірила	$theta \theta$	10290,99855
Параметр форми	$k$	2,685266701
Коефіцієнт	$Kb$	0,888590788
Коефіцієнт	$Ck$	0,359371912
Коефіцієнт	$k/\theta$	0,000260934

Аналізуючи наведені в даній таблиці 3.5 статистичні характеристики, можна стверджувати, що вони відповідають відповідати *гамма-розподілу* [11, 18, 25].

На рисунку 3.1 показано гістограму частоти випадків заміни гальмівних колодок залежно від пробігу автомобіля в умовах переважного руху по прямих дорогах з якісним твердим покриттям

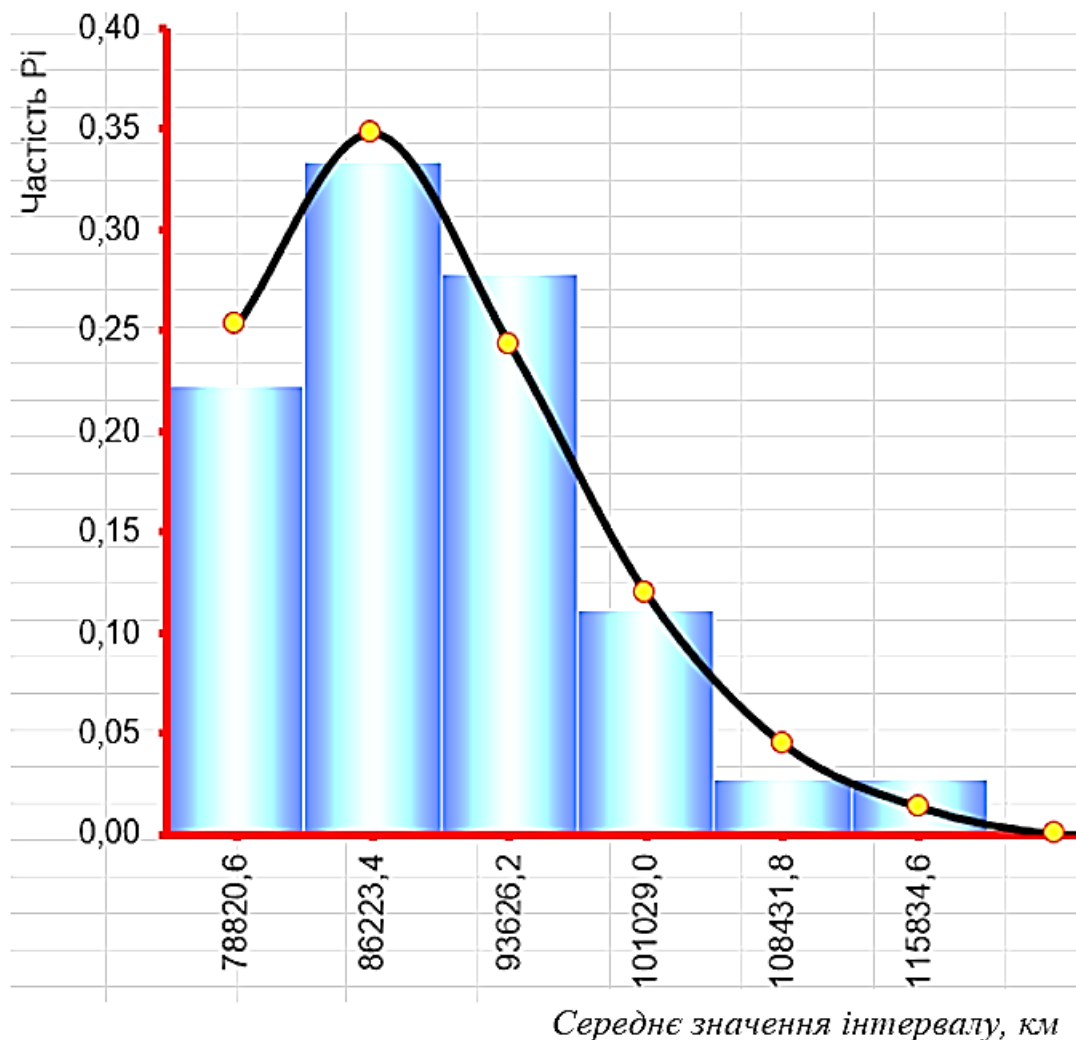


Рисунок 3.1 Гістограма частоти випадків заміни гальмівних колодок залежно від пробігу автомобіля в умовах переважного руху по прямих дорогах з якісним твердим покриттям та крива теоретичного закону розподілу.

На рисунку 3.2 показано гістограму частоти випадків заміни гальмівних колодок залежно від пробігу автомобіля в умовах переважного руху по хвилястих дорогах з якісним твердим покриттям

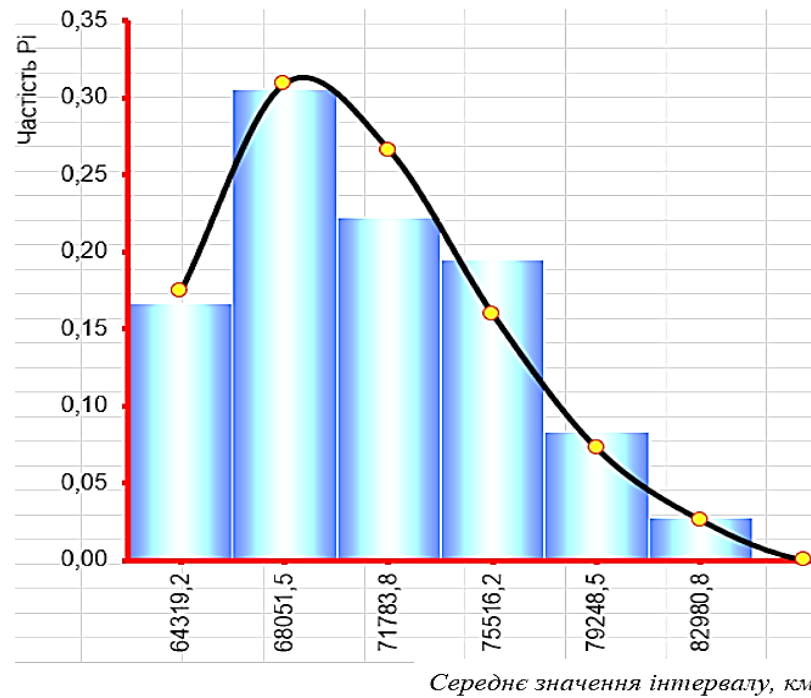


Рисунок 3.2 Гістограма частоти випадків заміни гальмівних колодок залежно від пробігу автомобіля в умовах переважного руху по хвилястих дорогах з якісним твердим покриттям та крива теоретичного закону розподілу.

На рисунку 3.3 показано гістограму частоти випадків заміни гальмівних колодок залежно від пробігу автомобіля в умовах переважного руху по дорогах через населені пункти.

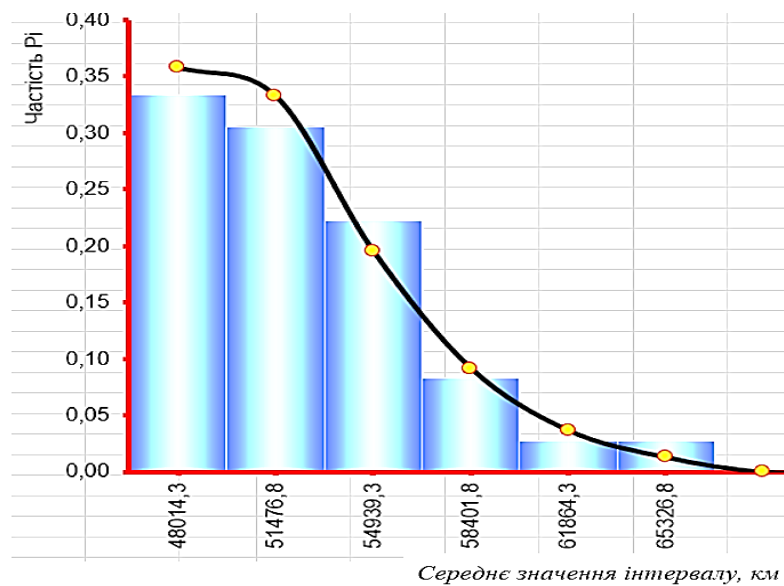


Рисунок 3.3 Гістограма частоти випадків заміни гальмівних колодок залежно від пробігу автомобіля в умовах переважного по дорогах через населені пункти

На рисунку 3.4 показано гістограму частоти випадків заміни гальмівних колодок залежно від пробігу автомобіля в умовах переважного руху по гірських дорогах.

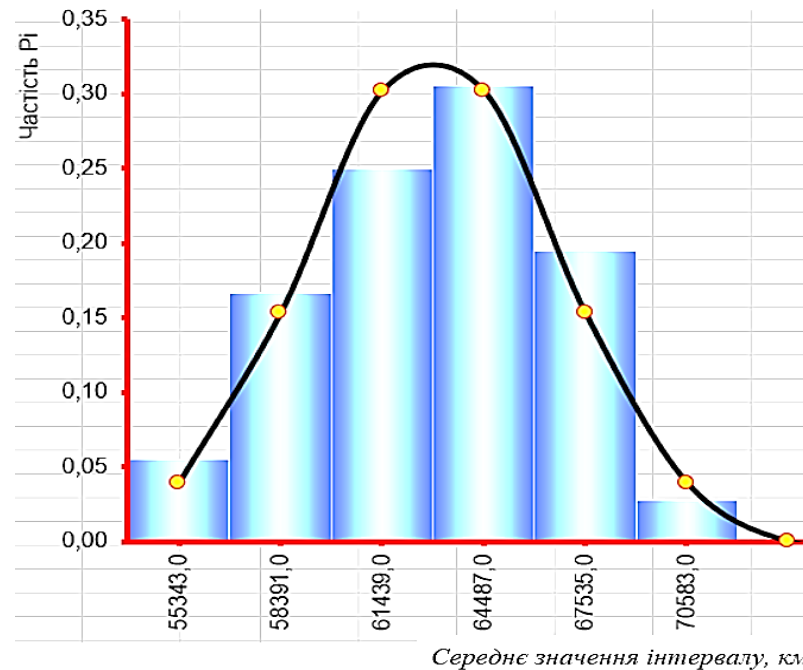


Рисунок 3.4 Гістограма частоти випадків заміни гальмівних колодок залежно від пробігу автомобіля в умовах переважного по гірських дорогах

Щоб розрахувати потребу у гальмівних колодках потрібно спочатку спрогнозувати їх ресурс.

Для визначення потреби в комплектах гальмівних колодках  $N_{ГК}$  на парк сидельних тягачів  $A_{СТ}$  можна скористатися виразом:

$$N_{ГК} = (A_{СТ} * W) / (R_{ГК} * K_{УЕ}), \text{ комплектів} \quad (3.1)$$

де  $A_{СТ}$  – кількість використовуваних сидельних тягачів впродовж року, штук;

$W$  – середній пробіг одного автомобіля за рік, км;

$R_{ГК}$  – середнє значення ресурсу гальмівних колодок, км;

$K_{УЕ}$  – коефіцієнт, що враховує умови експлуатації

Значення коефіцієнта зменшення ресурсу гальмівних колодок залежно від умов експлуатації, яким рекомендовано користуватися для розрахунку ресурсу різних складових частин автомобіля, наведено в таблиці 3.6

Таблиця 3.6 – Значення коефіцієнта зменшення ресурсу гальмівних колодок залежно від умов експлуатації [10, 39, 40]

№ з/п	Умови експлуатації автомобілів	$K_{UE}$
1	Переважаючий рух по рівних дорогах з якісним твердим покриттям	1
2	Переважаючий рух по хвилястих дорогах	0,75
3	Переважаючий рух через населені пункти	0,65
4	Переважаючий рух по гірських дорогах	0,5

Застосування наведених в таблиці 3.6 коефіцієнтів допомагає адаптувати регламентні інтервали технічного обслуговування і ремонту до реальних умов експлуатації з врахуванням фактично пробігу автомобілів.

В процесі проведених досліджень нами було проаналізовано періодичність заміни гальмівних колодок на автомобілях, що працювали в різних умовах експлуатації і для заміни використовували гальмівні колодки різних виробників.

Звичайно, що рекомендовані на загал наведені в таблиці 3.6 коефіцієнти, кожен перевізник враховує в певних конкретних випадках коли йде мова про фінансові розрахунки з замовником.

Тому ми вважаємо, що є доцільним враховувати вплив умов експлуатації, а саме особливості доріг по яких проходять маршрути руху автомобілів, на ресурс гальмівних колодок на основі проведених досліджень.

В таблиці 3.7 наведено порівняльні дані значень рекомендованого ресурсу гальмівних колодок та отриманого в результаті досліджень.

Таблиця 3.7 – Порівняльні дані значень рекомендованого ресурсу гальмівних колодок та отриманого в результаті досліджень

Показник	Ресурс гальмівних колодок залежно від умов руху, км			
	Переважаючий рух по дорогах			
	прямих з якісним покриттям	хвилястих з якісним покриттям	в населених пункти	гірських
Показники за загально прийнятими рекомендаціями				
Максимальне значення, $Rp-max$	150000	112500	97500	75000
Мінімальне значення $Rp-min$	100000	75000	65000	50000
Середнє значення, $Rp-c$	125000	93750	81250	62500
Показники отримані в результаті досліджень				
Максимальне значення, $R max$	119536	84847	67058	72107
Мінімальне значення, $R min$	75119	62453	46283	53819
математичне сподівання, $Rc$	89719	71058	52342	62963
Відношення показників рекомендованих до отриманих експериментально				
$Rp-max / R max$	1,25	1,33	1,45	1,04
$Rp-min / R min$	1,33	1,20	1,40	0,93
$Rp-c / Rc$	1,39	1,32	1,55	0,99

З таблиці 3.7 видно, що найбільше завищене, у 1,55 рази, рекомендоване середнє значення ресурсу гальмівних колодок для умов руху автомобілів в



населених пунктах. В свою чергу значення математичного сподівання ресурсу по гірських дорогах відрізняється найменше.

#### Висновки.

На підставі викладеного в даному розділі можна стверджувати, що є достатня кількість виробників гальмівних колодок для сучасних вантажних автомобілів і питання для власників транспорту стоїть у виборі чому надати перевагу: ціні чи якості.

Проведені дослідження показали, що є певна невідповідність рекомендованого ресурсу складових елементів автомобілів, залежно від умов їх експлуатації, до фактичних показників які мають місце на практиці.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1. Моделювання процесів виникнення аварій і травм

Для моделювання виникнення аварій і травм при роботі із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів застосуємо метод логічного моделювання процесів формування виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків [19, 33].

Побудуємо логіко-імітаційну модель травм при роботі із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів (рис.4.1).

При роботі із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів найнебезпечнішим явищем є ураження електричним струмом. Приймаючи подію «ураження» як головну і зв'язуючи цю подію шляхом логічного аналізу з наступною подією, що обумовлює її виникнення за допомогою логічних операторів "І", "АБО" та інших, приходимо до кінцевих подій, з яких і починає формуватися головна подія: «ураження». За своєю формою така модель нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву «дерево відмов і помилок». Кінцеві події називають базовими [19, 33].

Як правило, побудова моделі починається з головної події - ураження електричним струмом, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій (рисунок 4.1.). Кожен блок рисунка, позначений відповідним номером, що означає подію (у загальному вигляді) або окремий етап побудови моделі:

- відмова (травма) системи - головна подія;
- послідовність подій, що призводять до відмови системи;
- послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів "І", "АБО" та інших;
- прямокутник - подія, що виникає як результат дії символу-оператора;

- базові події зображають у вигляді кружечків із написами в середині, вони є межею аналізу побудованої моделі ("дерева помилок");

- ромб - нерозкрита подія (подія, яка вимагає проведення відповідних досліджень).

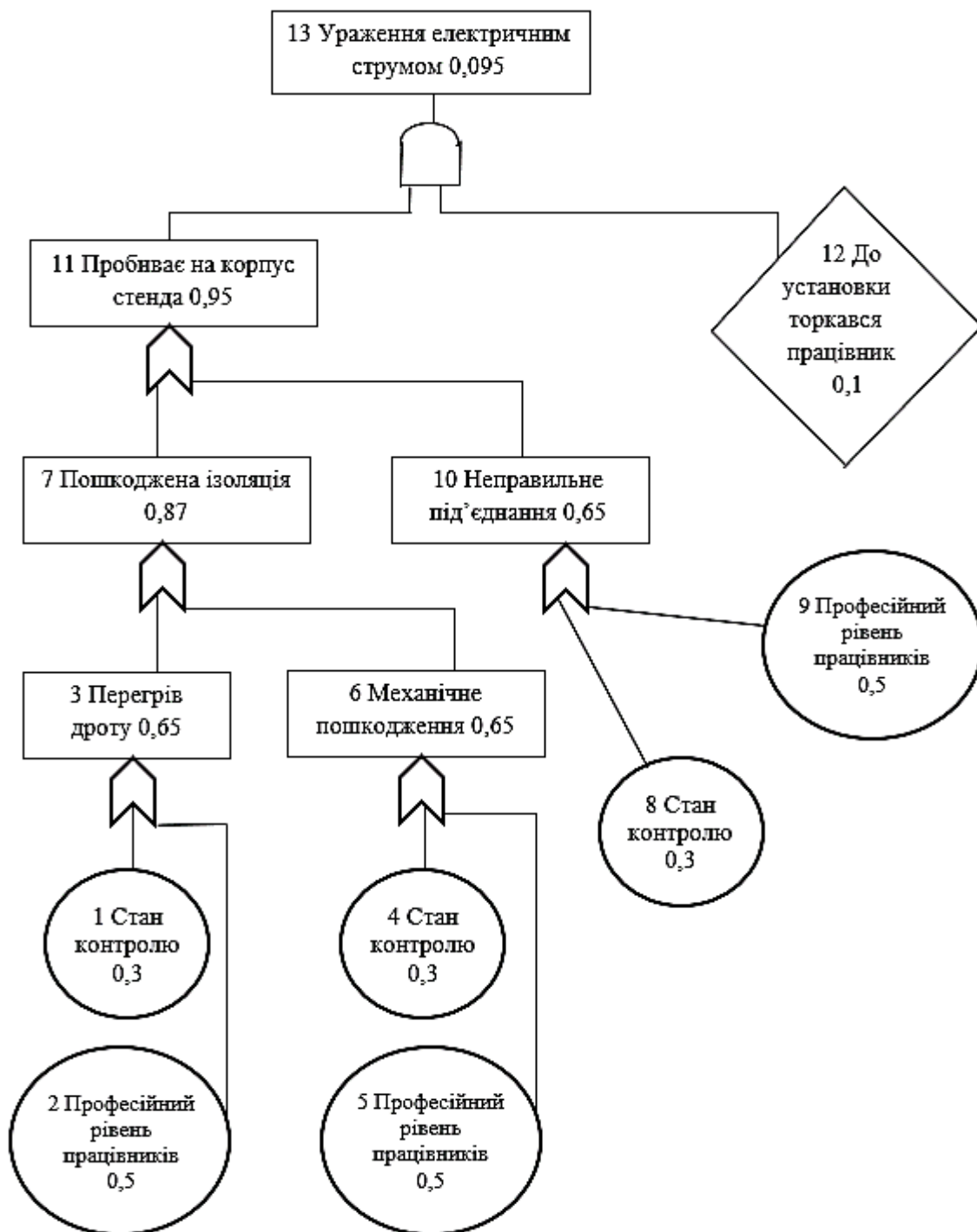


Рисунок 4.1. – Логіко – імітаційна модель процесу виникнення травми у працюючого при роботі із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів:

1,2,3...,12,13 – номери подій; 0,3; 0,5... - ймовірності подій. Контроль за станом ізоляції силового дроту, базова подія 2 – «професійний рівень» це неправильний розрахунок діаметру дроту при конструюванні стенда. Базова подія 4 – «стан контролю» для події 6 – «механічне пошкодження» це контроль за станом ізоляції силового дроту, базова подія 5 - для події 6 це буде професійність проведених робіт в зоні силового кабелю і можливість його пошкодити. Базова подія 8 – «стан контролю» для події 10 – «неправильне під'єднання» це контроль за станом стенда (ЩТО), базова подія 9 «проф. рівень» для події 10 - не проведення правильного включення стенда працівником.

#### 4.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій або травм залежно від досліджуваного явища [19, 33].

Для оцінки рівня небезпеки установки для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів можна застосувати метод обчислення ймовірності виникнення будь-якого випадкового явища, який широко застосовують в закордонній інженерній практиці [33].

Ймовірність базових подій визначаємо за даними виробництва. Наприклад, базова подія «стан контролю з охорони праці». Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об'єкті. Якщо приймемо, що такий рівень контролю становить 30 %, то ймовірність відповідно дорівнює 0,3. При відсутності контролю ймовірність «не здійснення контролю» становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то ймовірність дорівнює 0.

Для базових подій 1; 4; 8 «стан контролю» ймовірність приймаємо 0,3, для базових подій 2; 5; 9 «професійний рівень» ймовірність приймаємо 0,5.

На цьому можна вважати, що дана модель (рисунок 4.1.) підготовлена до математичної обробки. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують формули.

Для проведення обчислень ймовірності травми використовуємо логіко-імітаційну модель процесу її формування.

1. Ймовірність події  $P_3$ :

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2, \quad (4.1)$$

Умовно приймаємо, що ймовірність базових подій  $P_1 = 0,3$ , а  $P_2 = 0,5$ .

Підставивши дані ймовірностей базових подій, одержимо:

$$P_3 = 0,3 + 0,5 - 0,3 \cdot 0,5 = 0,65$$

Слід зауважити, що обчислення ймовірностей випадкових подій проводяться відповідно до положень булевої алгебри.

Аналогічно обчислюємо ймовірність інших подій залежно від їх номера.

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0,65; \quad (4.2)$$

$$P_7 = P_3 + P_4 - P_3 \cdot P_4 = 0,87; \quad (4.3)$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,45; \quad (4.4)$$

$$P_{11} = P_7 + P_{10} - P_7 \cdot P_{10} = 0,95; \quad (4.5)$$

$$P_{13} = P_{11} \cdot P_{12} = 0,095. \quad (4.4)$$

Таким чином, на робочому місці під час роботи установки для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,5 травми. Звичайно це значення заокруглюємо до цілого числа так як кожна травма це є одне ціле і відповідно отримаємо 10 травм з базових подій охорони праці на 100 робочих місць.

На даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть до травми з інших причин. Але складовими причинами іншої травми також

можуть бути такі недоліки, як не ефективний контроль чи низький професійний рівень знань працюючих. Тоді треба побудувати значно складнішу модель і відповідно при обчисленні цієї моделі з врахуванням всіх факторів отримаємо результат.

#### 4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для запобігання виникненню пожеж кожен працівник зобов'язаний суворо дотримуватись встановлених правил щодо їх попередження як у побуті, так і на підприємствах та в інших місцях [19, 33, 37].

На об'єктах народного господарства, з урахуванням виробничих умов, встановлюється протипожежний режим і розробляються інструкції як для всього об'єкта, так і для окремих цехів, дільниць, бригад. Ефективним засобом гасіння загорянь є вогнегасник. Потрібно знати, що для гасіння вогню не завжди можна користуватися водою. Не можна направляти водяний струмінь на електропровід, що горить, або на електрообладнання, бо людину може вразити струм, оскільки вода є провідником.

У задимлене приміщення слід заходити обов'язково удвох, йти, тримаючись за стіни, щоб не втратити орієнтир. Працювати в ізольованих або фільтрувальних протигазах, але з гопкалітовим патроном. Двері в палаюче приміщення відкривати обережно і користуватися ними як прикриттям. Людей із задимленого, палаючого приміщення вивести назовні, попередньо накинувши їм на голову вологу тканину або одяг.

В разі виникнення виробничої аварії начальник цивільної оборони об'єкта терміново організовує оповіщення керівництва і всіх працівників підприємства про небезпеку [37]. Якщо трапилося витікання СДОР, то оповіщується також населення, яке мешкає поблизу об'єкта і в напрямі об'єкта і в напрямі можливого поширення отруйних газів. Населення повинно слухати повідомлення штабу ЦО і діяти за його вказівкою. Організовується розвідка,

яка встановлює місце аварії, вид СДОР, ступінь зараження території та повітря, стан людей у зоні зараження, кордони зон забруднення, напрям і швидкість вітру в приземному шарі, напрям поширення зараженого повітря. Уражених після надання їм допомоги доставляють у незаражений район, а в разі необхідності - до лікувального закладу.

Дії населення при радіоактивному забрудненні місцевості. Радіоактивне зараженою може виявитися місцевість не тільки після ядерного вибуху, а й внаслідок аварії на атомній електростанції, на інших об'єктах, що виробляють або використовують розщеплені матеріали. Характерна особливість радіоактивного зараження місцевості після ядерного вибуху - швидкий спад рівнів радіації через безперервний розпад радіоактивних речовин. Так, через 7 годин після вибуху рівень радіації на місцевості зменшується у 10 разів, через добу - приблизно у 40 разів, через 49 годин - у 100 разів. У тих населених пунктах і районах, де виявлено радіоактивне зараження, усі мешканці повинні надягнути респіратори, протипилові тканинні маски, ватно-марлеві пов'язки або протигази, взяти документи, запас їжі і води, медикаменти, предмети першої необхідності й піти до захисної споруди [37].

Виведення населення у безпечні місця проводиться організовано, з урахуванням обстановки. Із службових приміщень і житлових будинків треба виходити швидко, не заважаючи іншим.

Дії населення під час землетрусу. Якщо сильні підземні поштовхи застали вас на вулиці, слід якнайдалі відійти від будинків. Не можна залишатися поблизу об'єктів, що мають легкозаймисті і сильнодіючі отруйні речовини, на мостах і шляхопроводах. Не можна триматися за високі стовпи і паркани, ховатись на нижніх поверхах і в підвальних приміщеннях будинків. Усі транспортні засоби зупиняються, пасажирів залишають їх і відходять на безпечну відстань. Особливу організованість слід проявити, виходячи з вокзалів, театрів, магазинів.



## 5. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Ефективність використання автомобільного транспорту в значній мірі залежить від його технічного стану, а саме від часу простою у несправному стані. Якщо оцінювати втрати від простою автомобіля у вартісному грошовому виразі то можна розглянути наступну методику оцінки

Вартість простою сідлового тягача в Україні залежить від кількох факторів, зокрема від втраченої потенційної виручки та операційних витрат. Оскільки точні дані про вартість простою можуть відрізнятися залежно від конкретних умов, розглянемо орієнтовні показники.

### *Втрачена виручка:*

Вартість перевезення вантажів автомобілями з вантажопідйомністю до 22 тон становить приблизно від 45 грн за кілометр

При середньодобовому пробігу 500 км потенційна денна виручка може сягати 22 500 грн. Відповідно, година простою може призводити до втрати близько 937,5 грн (22 500 грн / 24 год). [40]

### *Операційні витрати:*

До них належать амортизація, заробітна плата водія, страхові платежі та інші постійні витрати, які продовжують нараховуватися навіть під час простою. Ці витрати можуть становити значну частину загальних витрат на експлуатацію тягача.

Таким чином, загальна вартість простою сідлового тягача в Україні може становити приблизно 1 000 грн за годину, враховуючи втрати потенційної виручки та операційні витрати. Цей показник може змінюватися залежно від конкретних умов експлуатації та ринкової ситуації.

Враховуючи середню швидкість руху вантажного транспорту на українських дорогах, яка становить приблизно 60-70 км/год, можна орієнтовно

оцінити вартість простою. Якщо перевізник втрачає можливість проїхати 60 км за годину простою, то недоотриманий дохід становитиме приблизно 2 700 грн (60 км × 45 грн/км) [31, 39, 40].

Однак слід зазначити, що ця сума є приблизною і може змінюватися залежно від конкретних умов перевезення, типу вантажу, витрат на паливо, амортизацію техніки та інших факторів. Для отримання точнішої інформації рекомендується звернутися до транспортних компаній або перевізників, які можуть надати детальні розрахунки відповідно до конкретних умов експлуатації.

Також рекомендується такий підхід до визначення втрат простою автомобілів тягачі, які виконують рейси за межами України.

Простій вантажних автомобілів, таких як Mercedes-Benz Actros, Scania серії R та MAN TGX, може призводити до значних фінансових втрат для підприємств. Ці втрати включають недоотриманий прибуток від невиконаних перевезень, витрати на ремонт та обслуговування, а також можливі штрафи за недотримання договірних зобов'язань [39, 40].

Оцінка втрат від простою залежить від кількох факторів:

- тип перевезень: міжнародні чи внутрішні;
- вид вантажу: наприклад, швидкопсувні товари можуть спричинити більші втрати;
- ринкові ставки на перевезення: тарифи можуть варіюватися залежно від попиту та пропозиції.

Приблизна оцінка втрат від простою вантажного автомобіля може становити від 50 до 150 євро за годину (при теперішньому курсі валют це становитиме від 2075 до 6225 грн за годину) [39, 40]. Ця сума враховує середню вартість перевезень та потенційні штрафи за затримки. Однак точні цифри залежать від конкретних умов експлуатації та ринкової ситуації.

Для мінімізації втрат від простою рекомендується:

- регулярне технічне обслуговування: своєчасне обслуговування знижує ризик несподіваних поломок.
- планування маршрутів: ефективне планування допомагає уникати затримок.
- страхування ризиків: покриття можливих втрат через простій.

Отже аналізуючи наведені дані бачимо, що втрати від години простою автомобіля залежать від багатьох факторів і знаходяться, залежно від підходу оцінки, в широкому діапазоні від однієї тисячі гривень до 6225 грн.

На підставі даних наведених в таблиці 3.7 можемо визначити середнє значення математичного сподівання  $R_C$  для руху по всіх видах доріг яке становить 64015 км.

Скориставшись виразом (3.1) визначаємо потребу в комплектах гальмівних колодок  $N_{КГК}$  на парк використовуваних сідельних тягачів, який буде мати наступний:

$$N_{КГК} = (A_{СТ} * W) / R_C, \text{ комплектів} \quad (5.1)$$

де  $A_{СТ}$  – кількість використовуваних сідельних тягачів впродовж року,  $A_{СТ} = 48$  штук;

$W$  – середній пробіг одного автомобіля за рік,  $W = 49000$  км;

$R_C$  – середнє значення ресурсу гальмівних колодок,  $R_C$  км;

$$N_{КГК} = (48 * 49000) / 64015 = 37 \text{ комплектів}$$

Середнє значення простою автомобілів з причини зносу гальмівних колодок для фірми складало приблизно 9 годин у 43 відсотках випадки їх заміни, коли вона не була передбачена.

Скориставшись результатами наших досліджень можна буде завчасно запланувати заміну гальмівних колодок і розрахувати економічний ефект скориставшись виразом:

$$E_P = B_{ПР} * N_{КГК} * K_B, \text{ грн} \quad (5.2)$$

де  $B_{ПР}$  – середня вартість простою, яку визначаємо враховуючи, що мінімальні втрати можуть становити 1 тисячу гривень, максимальні 6225 гривень, на підставі викладеного вище матеріалу,  $B_{ПР} = 3612$  грн;

$K_B$  – коефіцієнт випадків простою,  $K_B = 0,43$

$$E_P = 3612 * 37 * 0,43 = 57467 \text{ грн}$$

Отже використавши результати проведених в даній роботі досліджень фірма перевізник зможе отримати економічний ефект понад 57,4 тисяч грн

## ВИСНОВКИ

1. Для таких вантажівок як Mercedes-Benz, Scania та MAN що комплектуються з напівпричепами які транспортують вантажі вагою до 20000 кг дуже важливе значення має стан гальмівної системи як з точки зору ефективності використання автомобілів так і з точки зору безпеки руху.

Особливу роль для технічного стану гальмівної системи має регулярне і якісне технічне обслуговування, яке знижує ризик настання відмови під час перебування автомобілів в рейсі.

2. На даний час немає проблем у придбанні якісних гальмівних колодок для будь якої моделі автомобіля так як на ринку є доступними для придбання гальмівні колодки аналогічних моделей різних виробників.

3. Процес заміни гальмівних колодок не викликає зайвих труднощів і його, при потребі може реалізувати водій в дорозі за умови наявності у нього комплекту нових колодок та відповідного набору інструментів.

4. Наявність широкої лінійки діагностичних стендів створює сприятливу ситуацію для обладнання діагностичних постів як у власників транспорту так і у перевізників, щоб бути певними в безпеці руху та попереджувати відмови гальмівної системи під час рейсів.

5. Проведені дослідження показали, що є певна невідповідність рекомендованого ресурсу складових елементів автомобілів, залежно від умов їх експлуатації, до фактичних показників які мають місце на практиці. Тому рекомендуємо власникам автомобілів чітко вести облік настання несправностей і на підставі обробки статистичних даних планувати проведення заміни зношених деталей, щоб уникнути настання відмов під час перебування автомобілів в рейсі.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аветісян В.К., Бантковський В.А., Луценко А.П., Польотов В.А., Рижов В.Г. Економіка ремонтного підприємства; За ред.. В.К. Аветісяна. Харків. ХНТУСГ. 2005. 389 с
2. Автомобілі КрАЗ  
<https://www.autokraz.com.ua/index.php/uk/produksiya/automobile/civil>
3. Бойко А.І., Новицький А.В., Попик П.С. Управління підприємствами технічного сервісу. Київ: НУБіП України, 2017. 50 с.
4. Бойко О.М. "Експлуатація і ремонт автомобільного транспорту". Київ: Либідь, 2019. 256 с.
5. Бойко О.М., Герасимов І.П. "Будова та експлуатація гальмівних систем автомобілів". Київ: Либідь, 2019. 310 с.
6. Бойко О.М., Герасимов І.П. "Експлуатація та обслуговування гальмівних систем автомобілів". Київ: Либідь, 2020. 295 с.
7. Вантажівки MAN <https://man-ag.com.ua/uk/main/truck/>
8. Вантажні автомобілі, нові моделі. Київ. <https://vidi.ua/ua/new-truck/all/?page=2>
9. Васадзе Т. М. Курніков І. Л. Лобода А. В. та ін. Оптимізація процесів формування системи якості в автосервісі: нормативні і ринкові аспекти / Автошляховик України . Київ. 2000. №4. С. 8-10.
10. Василенко В.О., Олійник О.І. Основи технічної експлуатації автомобільного транспорту. Київ: Либідь, 2019. 356 с.
11. Васильків І. М. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики : навч. посібник. Львів. ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 184 с.
12. Гальмівні колодки та накладки для комерційних автомобілів  
<https://tru.tribo.ua/uk/>

13. Герасимов І.П., Четвериков С.А. "Діагностика та технічний стан транспортних засобів". Київ: Національний транспортний університет, 2018. 312 с.
14. Герасимов І.П., Четвериков С.А. "Основи будови та діагностики автомобільних гальмівних систем". Київ: Національний транспортний університет, 2018. 280 с.
15. Діковська І. Види міжнародних перевезень: нормативний і доктринальний підходи / І. Діковська. Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Сер. Юридичні науки. 2011. Вип. 88. – С. 54-57.
16. ДСТУ 3649-97 "Автотранспортні засоби. Система технічного обслуговування і ремонту". Київ: Держстандарт України, 1997.
17. Дудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. підруч. / О. А. Дудченко. Київ: Знання-Прес, 2003. 511с.
18. Єременко В. С., Куц Ю. В., Мокійчук В. М., Самойліченко О. В. Статистичний аналіз даних вимірювань: навч. посіб. Київ: НАУ, 2013. 320 с.
19. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша. 2005. 320 с
20. Жирецький В.Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Львів: Афіша. 2000. 349 с.
21. Іщенко І. І., Терещенко С. П. Оцінка економічної ефективності виробництва та затрат. Київ. Вища школа, 2011. 187 с.
22. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. Київ. Либідь, 2018. 400 с.
23. Коваленко В. М. Вантажні автомобільні перевезення: підруч. / В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін, Н. Б. Машика. Київ. Літера ЛТД. 2006. 304 с
24. Коваленко В. М. Діагностика і технологія ремонту автомобілів. підруч. В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін. Київ. Літера ЛТД, 2017. 224 с.

25. Костюк В. О. Прикладна статистика: навч. Посібник. Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 191 с.
26. Курніков І. П. Лобода А. В. Скороход В. С. Оптимізація управління запасами в автосервісі / Вісник УТУ Київ. 1999. №3. С. 179-183
27. Лесько В.І., Полянський С.К. Організація, проведення і планування технічного обслуговування та ремонту будівельних машин. Київ: КНУБА. 2017. 33 с.
28. Лісовенко І.Д., Танасюк Ю.В. "Основи технічного обслуговування автомобільного транспорту". Чернівці: Чернівецький національний університет, 2021. – 120 с.
29. Мартинюк А.І. "Технічне обслуговування і ремонт сільськогосподарської техніки". Київ: Техніка, 2020. 280 с.
30. Махін В.В. "Автомобільні гальмівні системи: Будова та обслуговування". Харків: ХНАМГ, 2017. 250 с.
31. ДСТУ 3649-97 Методичні рекомендації з оцінки залишкового ресурсу транспортних засобів.. Київ: Держстандарт України, 1997.
32. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. Київ.: Основа, 2006. 448 с.
33. Охорона праці. Методичні рекомендації до виконання розділу з охорони праці у дипломних проектах. Львівський національний аграрний університет, 2012 р.
34. Показники ефективності автомобільних перевезень [https://uspih.in.ua/tsikave/vantazhni-perevezennya-avtomobilnim-transportom-v-ukrayini-efektivnist-i-perevagi?utm\\_source=chatgpt.com](https://uspih.in.ua/tsikave/vantazhni-perevezennya-avtomobilnim-transportom-v-ukrayini-efektivnist-i-perevagi?utm_source=chatgpt.com)
35. Полянський С.К. Можливості підвищення раціонального використання запасних частин / 36. наук, праць НТУ: Системні методи



керування, технологія та організація виробництва, ремонт і експлуатація автомобілів вип. 12. Київ, 2001. С. 110-115.

36. Слюсарчук Ю. М. Оптимізація керування елементами логістичних систем автомобільного транспорту: Методичні вказівки до практичних занять, розрахунково-графічних та контрольних робіт з курсу "Логістика автомобільного транспорту". Львів: Видавництво НУ "Львівська політехніка", 2000. 54 с.

37. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. Київ: Урожай. 1994. 360 с.

38. Ткач Є. І., Сторожук В. П. Загальна теорія статистики: підручник [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 645 с.

39. Ткаченко А.М. Міжнародні автоперевезення: економічні та управлінські аспекти. Львів: Львівський банківський коледж НБУ. 2015. 203 с.

40. Укрлогістика <https://ukrlogistica.com/en/>

41. Чухрай В.Є Організаційно-технологічні схеми усунення відмов техніки аграрних підприємств / Вісник Львівського нац. аграрного ун-ту: Агроінженерні дослідження. – 2009. – № 13. – Т.2. Львів, 2009. С. 253 - 262

42. Чухрай В.Є. Визначення технічного стану і прогнозування залишкового ресурсу механічних коробок передач автомобілів/ Науково-технічні та енергетичні засади агропромислового виробництва: Колективна монографія / За ред.. В.В. Снітинського, В.М. Боярчука, С.В. Мягкоти, О.С. та інш. Львів: Львів. нац. агроуніверситет, 2012. С. 203 – 220

43. Чухрай В.Є. Структурування тривалості вилучення машин з експлуатації / Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. 2007. №11. С. 21-26.

44. Ярошевская В.М., Чабан В.Й. Охорона праці в галузі. Навч. Посібник. – Київ.: ВД «Професіонал». 2004. 288 с.