

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**МР. АТ-89.00.00.000 ПЗ**

**Група АТм-24-2**

**Андрій СЕРГІЙЧУК**

**2025**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки і робототехніки

Кафедра Автомобільного транспорту

Сергійчук Андрій Іванович

УДК 629.1.07

## МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема «Моделювання трибологічних процесів у зчепленні на прикладі автомобілів, які обслуговуються ПВКФ «В.С.К.», м. Івано-Франківськ».  
(назва згідно з наказом ректора)

Автомобільний транспорт  
(назва освітньої програми)

274 – Автомобільний транспорт  
(шифр і назва спеціальності)

Студент А.І. Сергійчук  
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Прунько Ігор Богданович, к.т.н, доцент.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

**Допущено до захисту**

завідувач кафедри автомобільного транспорту

д.т.н, професор. С.І. Криштопа  
(посада) (підпис) (дата) ініціали та прізвище)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

**Івано-Франківськ - 2025**

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**  
( повне найменування вищого навчального закладу )

Інститут: інженерної механіки і робототехніки

Кафедра: автомобільного транспорту

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр

Спеціальність: 274 “Автомобільний транспорт”

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри АТ

проф. \_\_\_\_\_ Святослав КРИШТОПА

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Студенту \_\_\_\_\_ Сергійчуку Андрію Івановичу \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

**Тема роботи** «Моделювання трибологічних процесів у зчепленні на прикладі автомобілів, які обслуговуються ПВКФ «В.С.К.», м. Івано-Франківськ».

керівник проєкту (роботи) Прунько І. Б., к.т.н., доц.

Затверджена наказом ректора університету від №738/7 від 28.11.2025 р.

Термін здачі студентом закінченої роботи 21.12.2025 р.

**Вихідні дані до роботи** 1. Інформація від підприємства про специфіку забезпечення запасними частинами, деталі, які найбільш часто підлягають заміні. Методика розрахунку зношування накладок .

**Зміст розрахунково пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити)** Розділ 1. Загальний огляд підприємства ПВКФ «В.С.К.».  
Розділ 2. Будова та функціональне призначення зчеплення автомобіля. Розділ 3.  
модель тертя для дослідження робочих процесів сухого фрикційного зчеплення.  
Розділ 4. Забезпечення безпечних умов праці на СТО.

**Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)**  
Генеральний план підприємства, зарубіжний досвід постачання запасних частин,  
схеми управління запасами, характеристика гальмівних колодок, методика  
розрахунку партії деталей, результати розрахунку

## Консультанти з проєкту (роботи), із зазначенням розділів проєкту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	доц. Прунько І.Б.		

Дата видачі завдання “28” листопада 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Термін виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Огляд літератури та формування завдань дослідження	18.11.2025 р.	
2	Розділ 1. Загальний огляд підприємства ПВКФ «В.С.К.»	24.11.2025 р.	
3	Розділ 2. Будова та функціональне призначення зчеплення автомобіля	05.12.2025 р.	
4	Розділ 3. модель тертя для дослідження робочих процесів сухого фрикційного зчеплення	12.12.2025 р.	
5	Розділ 4. забезпечення безпечних умов праці на СТО	18.12.2025 р.	
6	Оформлення роботи та підготовка доповіді	21.12.2025 р.	

**Студент**

**Керівник роботи**

**Андрій СЕРГІЙЧУК**

(підпис)

(розшифрування підпису)

**Ігор ПРУНЬКО**

(підпис)

(розшифрування підпису)

## АНОТАЦІЯ

Сергійчук А.І.

Тема роботи: Моделювання трибологічних процесів у зчепленні на прикладі автомобілів, які обслуговуються ПВКФ «В.С.К.», м. Івано-Франківськ

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт».

Заклад освіти Івано-Франківський національний технічний університету нафти і газу.

Івано-Франківськ, 2025 рік.

Робота містить 63 сторінки, 12 таблиць, 20 рисунків, список літератури з 30 найменувань.

У роботі детально описано процес зношування фрикційних накладок зчеплення.

Запропоновано методику розрахунку ресурсу роботи накладок.

Ключові слова: СТО, деталі автомобілів, формула Вільсона, величина трибологічні явищ, тренд.

## ABSTRACT

Serhiychuk A.I.

Topic of the work: Modeling of tribological processes in the clutch using the example of cars serviced by the PVKF "V.S.K.", Ivano-Frankivsk

Specialty 274 "Automobile transport".

Educational institution Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

Ivano-Frankivsk, 2025.

The work contains 63 pages, 12 tables, 20 figures, a list of references of 30 names.

The work describes in detail the process of wear of friction clutch linings.

A method for calculating the service life of linings is proposed.

Keywords: service station, car parts, Wilson's formula, the magnitude of tribological phenomena, trend.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ПІДПРИЄМСТВА ПВКФ «В.С.К.» .....	9
1.1 Аналіз ринку послуг в галузі автосервісу.....	9
1.2 Характеристика діяльності ПВКФ «В.С.К.» .....	10
Висновки до розділу 1 .....	12
РОЗДІЛ 2. БУДОВА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ АВТОМОБІЛЯ.....	13
2.1 Трансмісія автомобіля .....	13
2.2 Принцип роботи зчеплення.....	13
2.3 Несправності зчеплення .....	17
2.4 Експлуатація зчеплення.....	25
Висновки до розділу 2 .....	25
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЬ ТЕРТЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ СУХОГО ФРИКЦІЙНОГО ЗЧЕПЛЕННЯ.....	27
3.1 Аналіз публікацій.....	27
3.2 Визначення довговічності фрикційних накладок зчеплення.....	29
Висновки до розділу 3 .....	30
РОЗДІЛ 4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ НА СТО.....	31
4.1 Основні засади забезпечення охорони праці на станціях технічного обслуговування.....	31
4.2 Організація робіт з охорони праці.....	34
4.3 Виробнича санітарія.....	38
4.4 Розрахунок штучного освітлення .....	41
4.5 Розрахунок природного освітлення.....	44
Висновки до розділу 4 .....	47
ВИСНОВКИ.....	48
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА .....	49

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Моделювання трибологічних процесів у зчепленні на прикладі автомобілів, які обслуговуються ПВКФ «В.С.К.», м. Івано-Франківськ. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Сергійчук А.І.						
Перевірив		Прунько І.Б.						
Рецензент								
Н. Контр.		Прунько І.Б.						
Затвердив		Криштопа С.І.			ІФНТУНГ гр. АТм-24-2			

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасні СТО надають клієнтам не лише послуги технічного обслуговування, а й інші види сервісу. Основне завдання ТО полягає у підтриманні транспортних засобів у стані постійної готовності до роботи та забезпеченні їх ефективної експлуатації. Організація технічного обслуговування є відповідальним напрямом діяльності, який, за умови використання наукових методів, дає змогу зменшити витрати часу та знизити витрати на технічну експлуатацію.

**Метою магістерської роботи** є виконання аналізу трибологічних процесів у вузлах зчеплення з метою прогнозування їхнього експлуатаційного ресурсу.

**Об'єкт дослідження** є деталі зчеплення легкових автомобілів.

**Предмет дослідження** навантаження та величини зносу робочих поверхонь деталей зчеплення.

**Методи дослідження** застосування наявної інформації про технічний стан деталей, проведення аналітичних розрахунків та математичного прогнозування.

**Наукова новизна результатів роботи** застосовано методику аналізу трибологічних явищ з метою визначення терміну роботи деталей зчеплення.

**Практичне значення отриманих результатів.**

Представлені у роботі дані є корисними при виконанні виробничих завдань, спрямованих на раціоналізацію заміни деталей зчеплення.

**Структура та обсяг роботи.** Магістерська робота складається зі змісту, вступу, 4 розділів, висновків та списку використаної літератури, обсяг роботи 88 сторінок.

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ПІДПРИЄМСТВА ПБКФ «В.С.К.»

## 1.1 Аналіз ринку послуг в галузі автосервісу

Автомобільний ринок послуг включає широкий спектр компаній, що різняться за власністю, інвестиційними підходами, рівнем цін та орієнтацією на клієнта. Великі автосервіси та станції гарантійного обслуговування мають переваги у вигляді професіоналізму, комплексності та утримання клієнтів завдяки гарантійним програмам. Недоліки — висока вартість послуг, часові витрати та територіальна віддаленість, що обмежує їхній вплив на наш регіональний ринок. Приватний сектор, представлений невеликими майстернями, забезпечує низькі ціни, але часто має низьку якість робіт. Його конкурентоспроможність визначається економічним станом країни та попитом на дешеві послуги.

Наша компанія перебуває у прямій конкуренції з автосервісними підприємствами сусідніх регіонів, серед яких:

- Новостворені автосервіси, що володіють значними фінансовими та матеріальними ресурсами. Їхні переваги полягають у сучасному обладнанні, інноваційному підході до бізнесу та можливості швидкого розвитку на динамічному ринку.
- Автосервіси, що вирости з невеликих майстерень, які мають стабільне коло клієнтів, досвід у наданні послуг та налагоджені канали постачання. Водночас їхні слабкі сторони — складність масштабування, обмежені ресурси та недостатня комплексність обслуговування.
- Спеціалізовані професійні майстерні та станції, а також магазини й авторинки, які відрізняються вузькою спеціалізацією, що одночасно є їхньою перевагою та обмеженням.

Основною конкурентною перевагою нашого сервісу є комплексність та широкий спектр послуг. Ми прагнемо забезпечити клієнтів усім необхідним — від миття автомобіля до ремонту двигуна, фарбування, придбання нового транспортного засобу та його гарантійного обслуговування.

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Характеристика діяльності ПБКФ «В.С.К.»

Основним напрямом діяльності ПБКФ «В.С.К.» є реалізація автомобілів марки Renault, їх ремонт та надання супутніх послуг. Сьогодні цей сегмент ринку характеризується швидкими темпами зростання, високим рівнем самодостатності інвестицій та незначними сезонними коливаннями попиту.

На сучасному етапі розвитку структура компаній, що працюють у даній сфері, трансформується відповідно до зміни споживчих пріоритетів — клієнти дедалі частіше орієнтуються на придбання нових автомобілів, а не вживаних.

Стратегічним напрямом розвитку підприємства є створення потужної станції технічного обслуговування з повним спектром сервісних послуг, висококваліфікованим персоналом, післягарантійним супроводом та європейською культурою виробництва й роботи з клієнтами. Сучасний споживач більше не задовольняється послугами невеликих майстерень чи приватних власників, які працюють у непристосованих приміщеннях без гарантій та необхідного обладнання. Клієнти готові оплачувати якісний сервіс, що включає не лише ремонт, а й комплексну діагностику, професійні консультації, кошторис робіт та рекомендації щодо підтримання автомобіля у безаварійному стані.

ПБКФ «В.С.К.» є офіційним дилером Renault в Івано-Франківській області з 2008 року та пропонує повний спектр послуг — від придбання автомобіля до його гарантійного й післягарантійного обслуговування. Нещодавно компанія відкрила новий сучасний автосалон, побудований за концепцією 3S (Sales, Service, Spare parts), що відповідає корпоративним стандартам Renault. На території комплексу облаштовано простору автостоянку, кафе-бар, комфортні кімнати відпочинку та очікування.

Для клієнтів компанія пропонує широкий модельний ряд Renault, систему знижок і дисконтних карт, онлайн-консультації, тест-драйви, вигідні програми фінансування, кредитування та лізинг, а також страхування й реєстрацію автомобіля.

Новим напрямом діяльності стала малярська майстерня, яка виконує роботи будь-якої складності:

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ремонт і фарбування пластикових деталей (бамперів, накладок тощо);
- пайка пластику;
- відновлення кузова після пошкоджень;
- заміна зварних елементів;
- діагностика фарбування;
- зварювання алюмінію та нержавіючої сталі;
- підготовка до фарбування за сучасними технологіями;
- професійне полірування;
- передпродажна підготовка автомобіля.

Дилери Renault, орієнтовані на клієнтів, щороку оновлюють модельний ряд, зберігаючи високу якість обслуговування та доступні ціни. У новому автосервісі ПВКФ «В.С.К» враховано попередній досвід роботи: обладнання, інструменти, розташування постів, естетика робочих місць, кімнати відпочинку для персоналу та доступ до Інтернету – усе організовано відповідно до побажань співробітників і високих стандартів ефективності.



Рисунок 1.1 – ПВКФ «В.С.К» на гуглкарті

					MP. ATM – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## Висновки до розділу 1

У розділі подано характеристику підприємства ПБКФ «В.С.К» та розглянуто особливості проведення технічного обслуговування автомобілів приватних власників у дилерських станціях технічного обслуговування. Проаналізовано переваги здійснення технічного обслуговування транспортних засобів у підприємствах цього типу.

					MP. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2. БУДОВА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ АВТОМОБІЛЯ

### 2.1 Трансмсія автомобіля

Розглянемо більш докладно елементи механічної трансмісії автомобіля з класичним компонованням (якщо забули, що таке компоновання, то вам варто повернутися до розділу 3 «Складові частини автомобіля й компоувальні схеми»). Отже, трансмісія при такому розташуванні агрегатів має такі елементи (рис. 2.1):

- зчеплення;
- коробку передач;
- приводний вал із шарнірами (в цьому випадку — карданними);
- головну передачу разом із диференціалом;
- півосі.

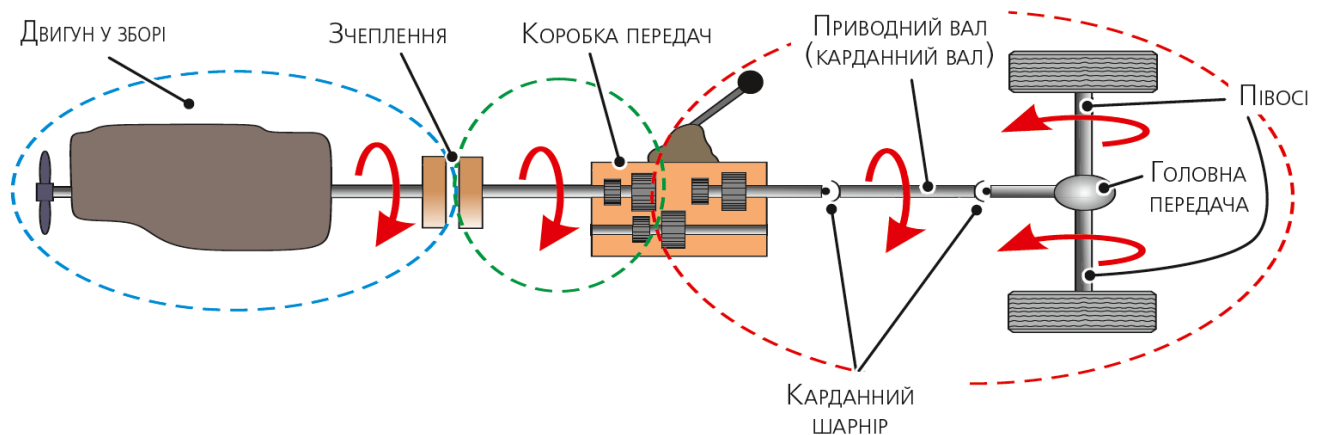


Рисунок 2.1 – Схема трансмісії автомобіля

### 2.2 Принцип роботи зчеплення

Коротко окреслимо принцип дії. Робочий процес відбувається при тиску на педаль. У гідравлічній системі автомобіля наростає тиск, починає роботу вилка, що передає зусилля на вижимний підшипник. З його допомогою, у свою чергу, відбувається тиск на діафрагмову пружину. В результаті відбувається розмикання механізму, під час якого змінюється передача в КПП. Після того, як педаль спокійно відпускається, диски в плавному режимі стуляються, завдяки чому відбувається передача моменту безпосередньо на вал коробки. Плавність

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

перемикання досягається за рахунок умілих дій водія та завдяки наявності фрикційної накладки, яка в момент включення піддається зносу.

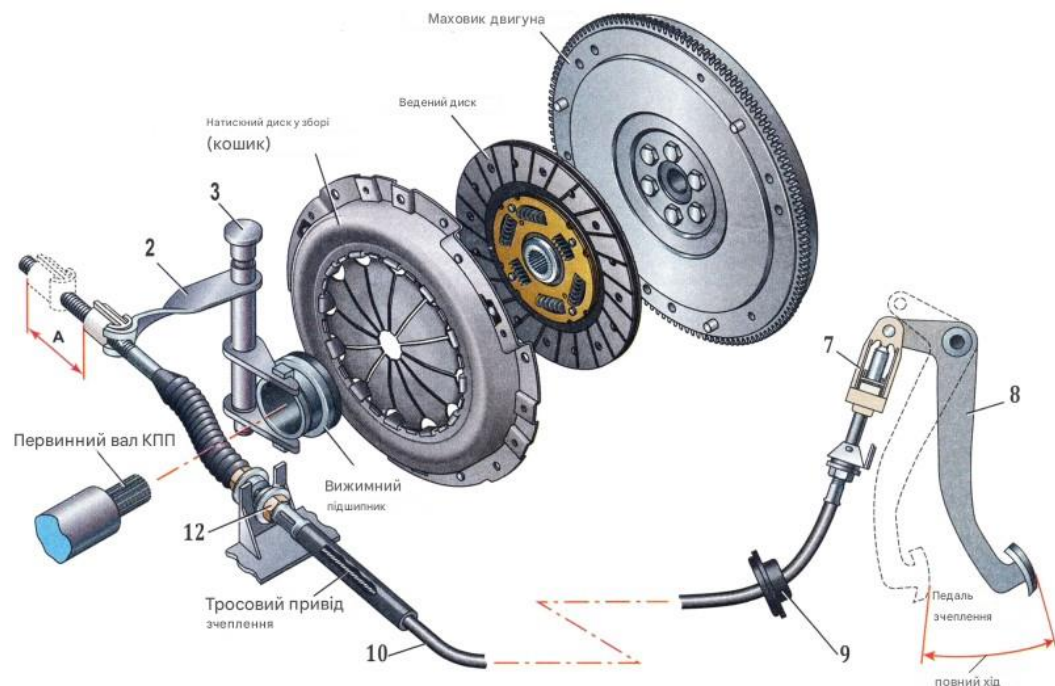


Рисунок 2.2 – Будова зчеплення

#### Привід вимкнення зчеплення

Механічні конструкції давно не використовуються і розглядати їх нема рації. Класична сучасна система зчеплення передбачає передачу зусилля за рахунок рідини, що не підлягає стиску. Представимо комплектацію вузла автомобіля, що працює на основі гідравліки. Сюди входять педаль, а також головний та робочий циліндри. Потрібна магістраль та ємність із робочою рідиною. Механізм спрацьовує після створення тиску у системі, що утворюється при натисканні на педаль. За рахунок тиску на поршень в дію набирає шток, що штовхає, у свою чергу, вилку. У вихідне положення повернення відбувається при відпусканні педалі. На магістральних тягачах, інших видах вантажних авто та важкій спецтехніці додатково використовуються підсилювачі, що полегшують роботу водія, оператора.

#### Механізм зчеплення

Саме тут передається момент, що крутить, параметри якого можуть досягати колосальних значень на кар'єрних самоскидах. Комплектація включає:

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Картер, кожух;

Як провідний диск виступає маховик ДВС;

Натискний диск;

Ведомий диск, на якому є стійкі до значних навантажень накладки

Види зчеплення

Різноманітність конструкторських розробок дозволяє виділити понад десяток видів механізмів, які суттєво відрізняються за принципом дії. Існують відмінності за типом управління та видами тертя, за характеристиками включення та за кількістю ведених дисків. Ми зосередимо увагу на найпопулярніших, затребуваних інженерних рішеннях.

Сухе зчеплення.

Цей тип механізмів на автомобілях залишається найбільш затребуваним, що має великий ресурс. Механізми активно використовують для комплектації різних типів машин, включаючи легкові, вантажні, а також спецтехніку. Основною відмінністю сухого зчеплення вважається повна відсутність рідин на робочих поверхнях. В результаті забезпечується жорсткий контакт між двигуном і КПП. Понад те, попадання різного роду рідин на робочі поверхні вкрай небажано, оскільки, позначається на характеристиках вузла.

Мокре зчеплення.

Переваги механізму полягають у наявності середовища, завдяки якому відбувається охолодження комплектуючих. Зчеплення подібного типу має на увазі комплектацію механізму масляною ємністю, гідронасосом. Крутний момент швидко подається на трансмісію за допомогою стиснення обох дисків. Механізми автомобілів розраховані на передачу солідного моменту, що крутить, відрізняються високою надійністю, але не позбавлені і недоліків. Це складність інженерних рішень, найвища вартість вузла. Найпоширенішими механізмами такого типу можна вважати DSG

					MP. ATM – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



Рисунок 2.3 – Сухе дводискове зчеплення

Тут є принципово інший принцип роботи комплектуючих, що не передбачає наявності масляної ванни. До переваг можна віднести невисоку вартість, а також рівень ККД. Справа в тому, що відсутність масляного насоса дозволяє трансмісії функціонувати з мінімальним рівнем втрат. Якщо говорити про недоліки, то це істотно менші можливості щодо передачі крутного моменту на автомобілі. Заради справедливості зазначимо, що перші «сухи» DSG були досить «сирими». Поломки нерідко відбувалися під час пробігу 20-40 тис. км.

					MP. ATM – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

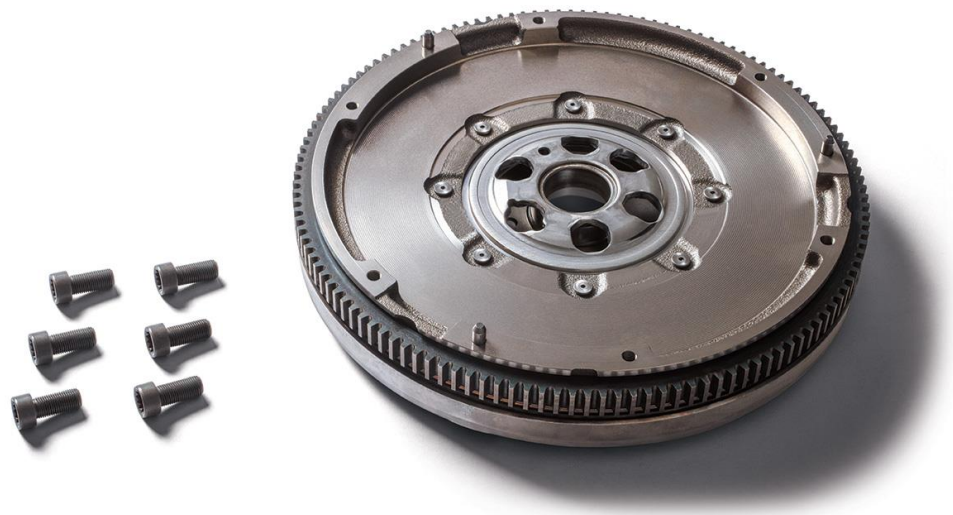


Рисунок 2.4 – Зчеплення двомасового маховика

Виробники сучасних автомобілів широко використовують складний механізм для того, щоб згладити вібраційні навантаження, що надходять від силового агрегату та значні крутильні коливання. Завдання двомасового маховика полягає у плавній, комфортній роботі трансмісії під час переходу на іншу передачу. Можна сказати, що механізм складається із двох частин, що зазначено навіть у назві комплектуючих. Один із дисків з'єднаний з колінвалом, другий закріплений на зчепленні. В одне ціле двомасовий маховик з'єднують підшипники, завдяки яким стає можливим осьовий рух комплектуючих відносно один одного. Між дисками розміщено складну демпферну систему. В результаті трансмісія переходить у різні режими роботи непомітно для водія, коливання не передаються на кузов. Недоліком механізму можна з повною підставою вважати надмірно високу вартість.

### 2.3 Несправності зчеплення

Людина за кермом може самостійно виявити поломки, що виникають в трансмісії автомобіля. Характерні ознаки неполадок зчеплення можуть виявлятися так:

Спостерігається буксування деталей, що говорить про критичний зношування розхідника, що називається веденим диском. Можливі також проблеми з маховиком, гідравлікою, вилкою.

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі, коли зчеплення «веде», спостерігаються складнощі з розбіжністю дисків. Можливо, відбулася деформація диска, накладок, причина може критися в діафрагмовій пружині.

Трапляються і ривки автомобіля під час роботи зчеплення. Окрім дисків, пружин треба обов'язково перевірити стан опор двигуна. До речі, сильно зношені опори можуть призвести до виникнення вібрації під час роботи зчеплення.

Характерний гул при стиснутій педалі свідчить необхідність заміни вичавного підшипника.

Якщо зчеплення банально неможливо вимкнути, проблема може критися в тросі, гідравліці або електроніці – залежно від принципу дії механізму.

У процесі експлуатації автомобіля його деталі піддаються постійним силовим, температурним впливам, під впливом яких відбувається знос деталей, зміна їх жорстких властивостей, геометричних розмірів, властивостей матеріалу, що часто веде до прояву небажаних явищ: підвищення шуму та вібрацій, погіршення паливної економічності та ергономіки управління і т.д. Все це, поза сумнівом, погіршує споживчі якості всього автомобіля. При проектуванні деталей і вузлів автомобіля необхідно враховувати та прогнозувати негативні зміни деталей, що виникають у процесі експлуатації. Зчеплення є вузлом автомобіля, деталі якого в найбільшій степені схильні до зміни своїх параметрів через особливості роботи цього вузла.

При цьому технічний стан зчеплення безпосередньо впливає на ергономіку управління та на забезпечення рухливості автомобіля. Тому вже на стадії проектування необхідно знати ступінь зміни характеристик зчеплення в процесі його експлуатації на автомобілі для прогнозування терміну служби зчеплення та призначення можливих регламентних робіт з його обслуговування у процесі експлуатації. При тривалій експлуатації автомобіля споживач може відчувати зміну характеристики "сила-переміщення" на педалі зчеплення. Ці зміни обумовлені цілим рядом факторів. На малюнку 1 показана характеристика «сила-переміщення», знята з педалі зчеплення для нового стану автомобіля та після пробігу автомобіля в 40000 та 80 000 км. Розглянутий автомобіль укомплектований

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механічною коробкою передач, сухим фрикційним зчепленням та механічним приводом управління зчепленням.

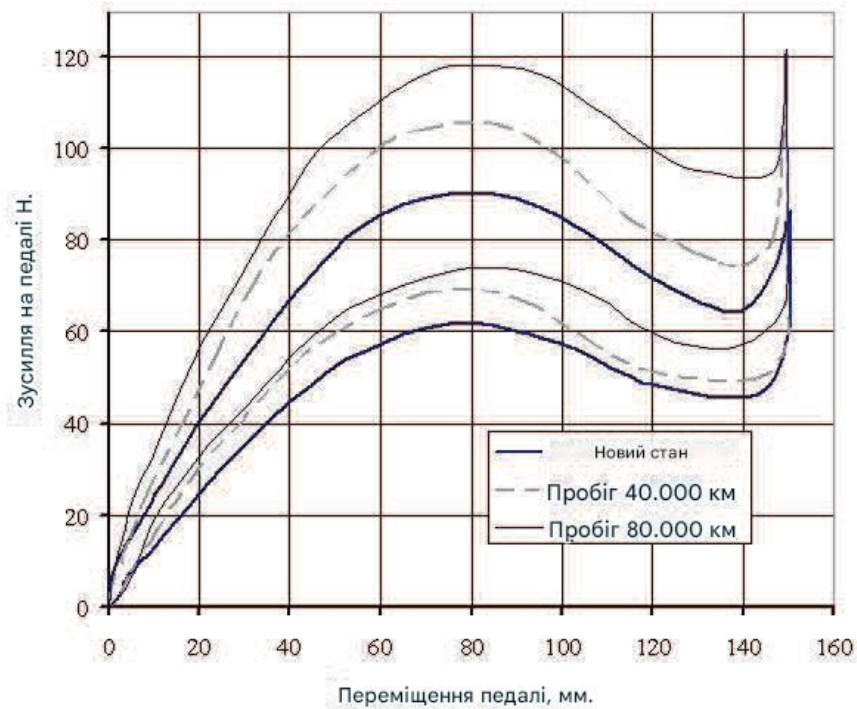


Рисунок 2.5 – Результати вимірів характеристики «сила-переміщення» на педалі зчеплення

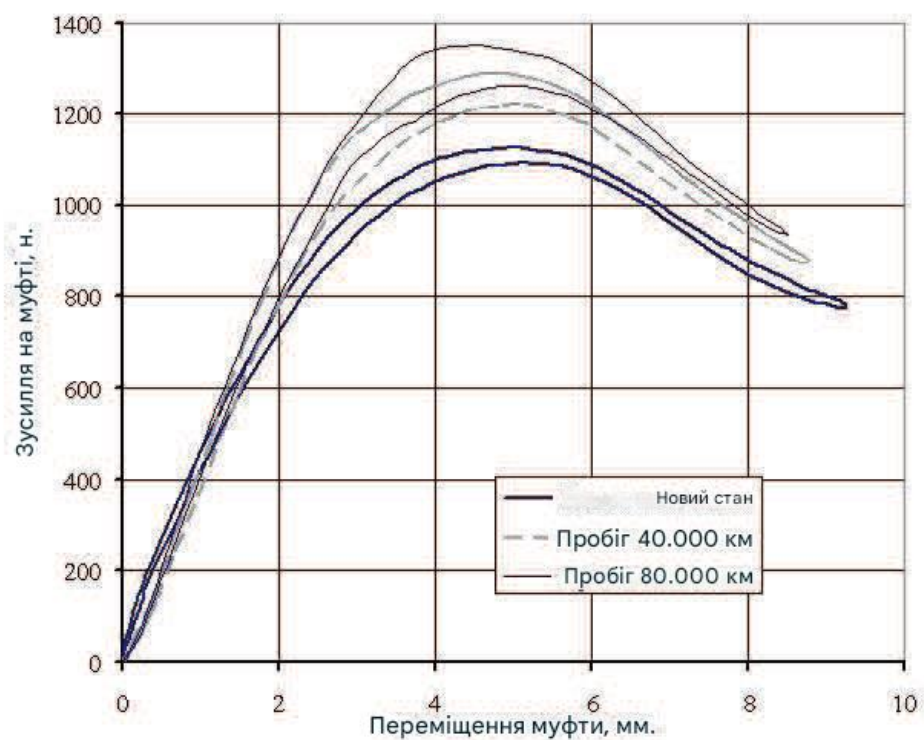


Рисунок 2.6 – Результати вимірів характеристики «сила-переміщення» на муфті вимикання зчеплення

З наведених графіків випливає, що відбулися суттєві зміни в ергономіці управління зчепленням, а саме: збільшення максимального зусилля на педалі зчеплення склало 27,7 Н (з 90,5 Н до 118,2 Н, зростання 30,6%), гістерезис збільшився на 15,7 Н (з 28,4 Н до 44,1 Н), загалом здійснювана робота вимикання зчеплення зросла з 9,53 Дж до 12,82 Дж (зростання на 3,29 Дж чи 34,5%). Хід педалі в даному випадку не змінився, оскільки привід керування зчепленням оснащений механізмом компенсації зношування фрикційних накладок.

Для аналізу причин змін, що відбулися, необхідно розглядати зміни зчеплення, що відбулися окремо від приводу виключення зчеплення, з цією метою були виконані виміри деяких параметрів зчеплення автомобіля для нового стану, також 40000 і 80000 км пробігу. Виміри здійснювалися на устаткуванні, описаному в роботі [2]. На малюнку 2 представлені виміри пружної характеристики зчеплення в комплекті, яка разом із приводом керування зчепленням (передаточне число, жорсткість) визначає зусилля педалі зчеплення.

З даних малюнку 2 випливає, що збільшення максимального зусилля становило 224 Н (з 1127 Н до 1351 Н, зростання 19,9%), збільшення гістерезису склало 77 Н (з 49 Н до 126 Н).

Робота, необхідна для вимкнення зчеплення (по ходу муфти, наведеної до ходу педалі) збільшилася з 7,61 Дж до 8,66 Дж (зростання на 1,05 Дж, або на 13,8%).

Загальне якісне співвідношення залежностей, представлених на рисунках 1 та 2, збігається. Однак при аналізі кількісних змін відзначається значно більше збільшення роботи на вимикання на педалі (через систему приводу управління) порівняння з роботою вимикання зчеплення (окремо від системи приводу управління). Причина цього полягає у збільшенні втрат у системі приводу управління зчепленням, що видно рис. 2.7.

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

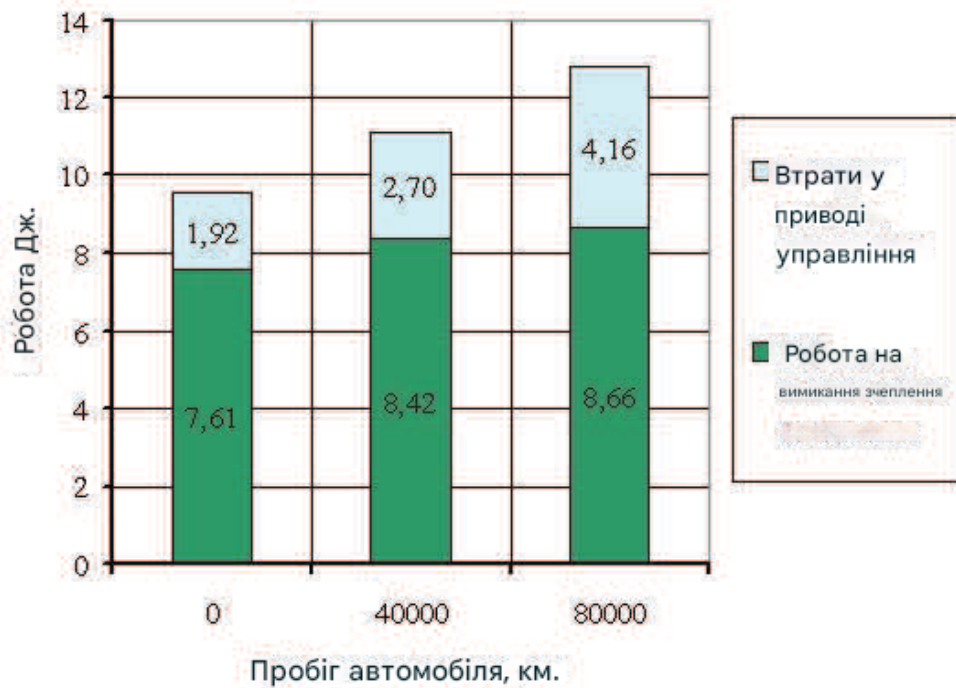


Рисунок 2.7 – Залежність роботи на вимкнення зчеплення від пробігу автомобіля

Таким чином, зростання втрат у приводі управління зчепленням за перші 40000 км пробігу склало 0,78 Дж, за наступні 40000 км – 1,46 Дж. Тенденція збільшення втрат пояснюється зносом, зниженням ефективності мастила, збільшенням кількості продуктів зносу на поверхнях тертя механічної системи приводу керування зчепленням.

Крім цього, необхідно відзначити зміни у роботі на вимкнення зчеплення: за перші 40000 км пробігу збільшення роботи становило 0,81 Дж., за наступні 40000 км – 0,24 Дж.

Тобто спостерігається зворотна тенденція: зі збільшенням пробігу зміна роботи виключення зчеплення значно зменшилося. Пояснення цьому впливає із двох явищ, що відбуваються у зчепленні у процесі експлуатації.

Перше – це природне зношування фрикційних накладок зчеплення. Знос фрикційних накладок зчеплення призводить до збільшення сили, необхідної для вимкнення зчеплення (за винятком конструкцій з використанням механізму компенсації зносу накладок, розташованого у натискному диску зчеплення). Для даного випадку знос склав 0,41 мм за весь пробіг 80000 км. При цьому знос за

першу половину загального пробігу автомобіля становив 0,29 мм, а за другу половину – 0,12 мм, що пояснюється підвищеним зносом накладок у початковий період експлуатації – період опрацювання накладок. З досвіду проведення тривалих дорожніх випробувань випливає, що період опрацювання фрикційних накладок становить не більше 10000 км пробігу автомобіля за умов нормальної експлуатації (для легкового автомобіля).

Друге – зміна осьової пружності веденого диска зчеплення. Цей параметр визначається конструкцією веденого диска та суттєво впливає на забезпечення плавності включення зчеплення у роботу, і навіть впливає зусилля, прикладане до педалі зчеплення під час управління ним. Кількісно цей параметр є різницею товщини веденого диска під осьовими навантаженнями (мінімальне навантаження 50 ...100 Н, максимальне навантаження 3000...5000 Н). На рис. 2.8 показані виміри осьової жорсткості веденого диска для нового стану та стану після пробігу автомобіля 80000 км. Як видно з поданих залежностей, за час експлуатації відбулися значні зміни. Основна причина продемонстрованих змін полягає у зниженні пружних властивостей пружинних пластин веденого диска внаслідок циклічного навантаження що прикладається, що підтверджується стендовими випробуваннями на довговічність пружинних пластин. При цьому необхідно відзначити, що разовий, короткочасний перегрів зчеплення часто веде до значно більшої зміни пружності пружинних пластин, ніж циклічне навантаження за тривалий проміжок часу.

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

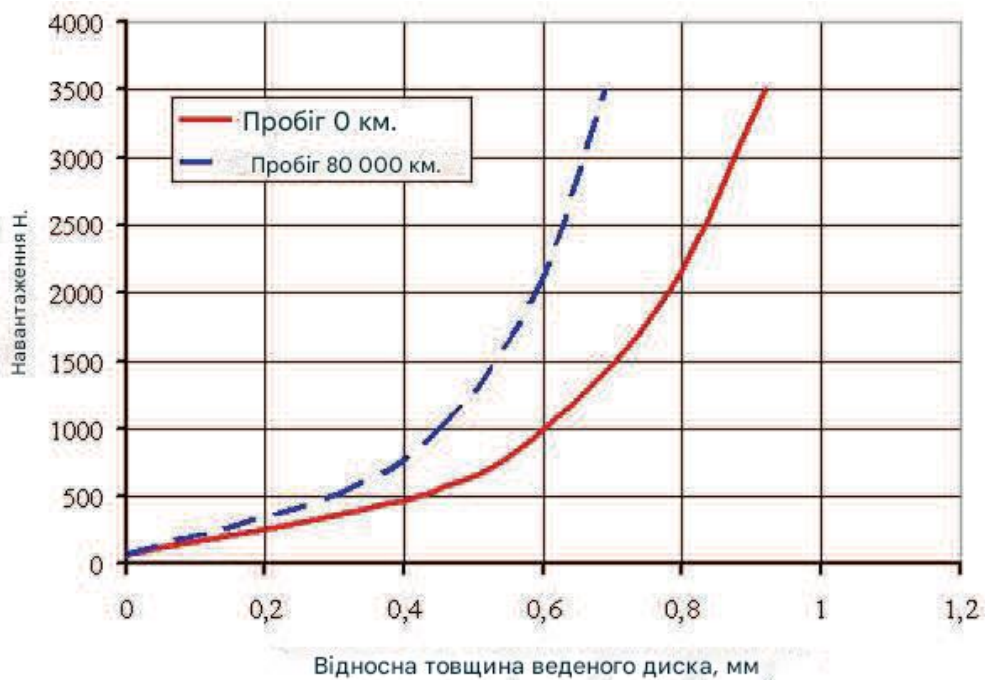


Рисунок 2.8 – Характеристика осьової пружності веденого диска

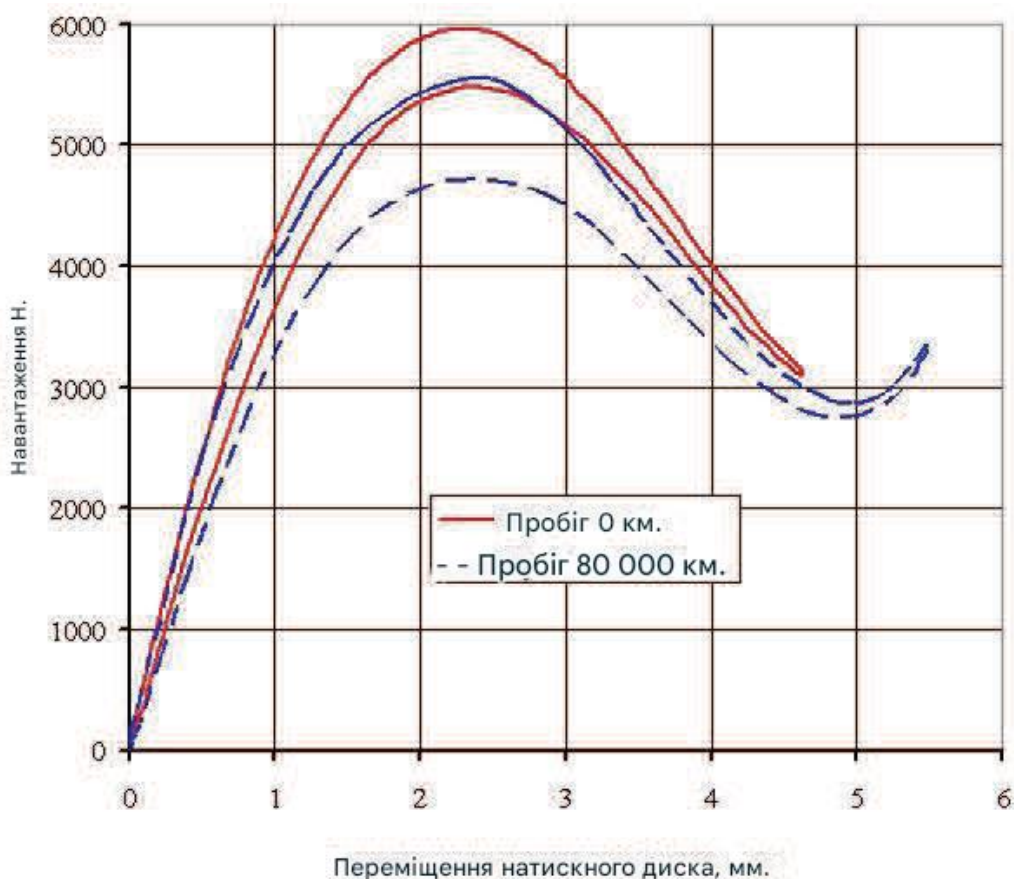


Рисунок 2.8 – Характеристика пружності розрізній тарілчастій пружини в складі натискного диска зчеплення

Аналогічно змін, що відбуваються з пружинними пластинами, відбувається зміна пружних властивостей розрізної пружини тарілчастій натискного диска

зчеплення. Знання впливу циклічних навантажень, термічної навантаженості на пружні властивості тарілчастої пружини дуже важливі. Причина полягає не тільки у впливі на ергономіку управління зчепленням, а й у впливі на коефіцієнт запасу зчеплення за переданим крутним моментом, так як в процесі експлуатації зменшується затискне навантаження в зчепленні. На рис. 2.8 показані виміри пружної характеристики тарілчастої пружини у складі натискного диска зчеплення у зборі. З практичного досвіду можна відзначити, що падіння затискного навантаження внаслідок циклічного навантаження становить до 10% за ресурсний термін служби зчеплення, а можливе падіння затискного навантаження внаслідок перегріву зчеплення може становити до 30% і вести до виходу зчеплення з ладу.

Також можливі зміни (зменшення) пружних властивостей демпферних пружин веденого диска, що знижує момент замикання демпфера [3].

Розглядаючи наведений приклад на даних по одному конкретному автомобілю, необхідно відзначити, що експлуатація автомобіля проходила переважно на швидкісних ділянках доріг, а автомобіль експлуатувався без перегріву зчеплення. Кожен окремо взятий автомобіль, що експлуатується споживачем, має свою «історію» експлуатації, і зміни, що відбуваються в зчепленні, можуть істотно відрізнитися від представленого вище прикладу. Однак відмінності полягатимуть у швидкості протікання змін, але не в їхньому характері.

Виходячи з представленої інформації, можна сформулювати рекомендації, що дозволяють мінімізувати негативні зміни в зчепленні та приводі зчеплення. Застосування фрикційних матеріалів накладок зчеплення підвищеної зносостійкості дозволить зменшити швидкість наростання зусилля на педалі зчеплення. Розробка технологічних процесів з виготовлення пружинних елементів зчеплення з низькою схильністю до зміни жорстких характеристик дасть більшу стабільність під час експлуатації. Застосування гідравлічного приводу зчеплення, який значно менше схильний до змін у процесі експлуатації, також дозволить знизити втрати в приводі зчеплення.

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Однак при реалізації заходів щодо покращення ергономіки управління зчепленням завжди необхідно оцінювати співвідношення, що пов'язує підвищення споживчих властивостей та вартість цих заходів.

## 2.4 Експлуатація зчеплення

Є десятки факторів, що сприяють прискореному виходу з експлуатації складного механізму. Ми намагатимемося перерахувати основні моменти, які повинен знати водій:

Насамперед, це манера водіння. Стрімкі прискорення, різкі старти автомобіля негативно відбиваються на ресурсі зчеплення. Не можна різко кидати педаль, таким чином ви просто спалюєте зчеплення.

Скорочують запас міцності часті, тривалі спроби вибратися на автомобілі, що застряг, розгойдування.

Не можна перевантажувати машину понад допустиму виробником межу, буксирувати важкі причепа.

Багато залежить від якості встановленого комплексу.

Нарешті, монтаж зчеплення варто довіряти тільки компетентним фахівцям на СТО, що заслуговує на довіру. У такому разі можна розраховувати на бездоганний результат.

## Висновки до розділу 2

В розділі описується принцип роботи зчеплення автомобіля на основі аналізу літературних джерел. Описано різні типи зчеплення. Особлива увага приділена роботі такої важливої деталі, як диск зчеплення. Проаналізовано специфіку її роботи та дано рекомендації щодо продовження терміну служби даної деталі.

Також надано інформацію щодо зміни характеристики «сила-переміщення» на педалі зчеплення зі збільшенням пробігу автомобіля.

Виконано аналіз змін у системі приводу зчеплення та самому зчепленні, що відбуваються при пробігу автомобіля.

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначено рекомендації, що дозволяють мінімізувати негативні зміни у приводі зчеплення та зчеплення, що відбуваються в процесі експлуатації автомобіля.

					MP. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

# РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЬ ТЕРТЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ СУХОГО ФРИКЦІЙНОГО ЗЧЕПЛЕННЯ

## 3.1 Аналіз публікацій

Зростання вимог до точності моделювання робочих процесів автомобільних систем робить особливо важливим адекватне відтворення явищ тертя. Тертя, як основний механізм дисипації енергії, може бути описане різними методами залежно від умов завдання. Робота систем керування зчепленням, гальмами та пневматичними апаратами базується на законах механіки та газової динаміки, проте саме точне моделювання сил тертя визначає якість отриманих результатів. У стаціонарних режимах тертя описується простими рівняннями, але в нестационарних процесах потрібні складні моделі з багатьма змінними. Тому вдосконалення математичних моделей тертя є актуальним завданням, особливо для дослідження роботи зчеплення та його систем керування.

Класична модель тертя між фрикційними накладками та ведучими дисками зчеплення, наведена у [1], передбачає дві основні фази моделювання: фазу ковзання та замкнений стан. У фазі ковзання сила тертя описується за моделлю Кулонівського тертя із застосуванням функції  $y = \text{sign}(x)$  та має вигляд рівнянь (1) і (2):

$$T_{fd} = com \cdot T_{fd \max} ;$$
$$T_{fs} = com \cdot T_{fs \max} ;$$

Де  $T_{fd}$  та  $T_{fs}$  – крутний момент тертя у динамічному та статичному режимах відносного проковзування відповідно (Н·м);  $com$  — командний сигнал керування зчепленням, який визначає частку максимального крутного моменту, задіяного у конкретний момент часу.

Спроба автоматично відтворити перехід між замкненим станом та станом ковзання має логічне математичне представлення (3). Проте під час моделювання виникають похибки: за відсутності відносної швидкості ковзання сила тертя не залишається сталою, що призводить до некоректного відтворення процесу.

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$T_c = \begin{cases} T_{fd} \cdot \text{sign}(\omega_r) & \xrightarrow{\text{якщо}} \omega_r \neq 0 \\ T_{app} & \xrightarrow{\text{якщо}} \omega_r = 0 \end{cases},$$

$T_{app}$  позначає момент тертя, що реалізується на поверхнях фрикційних накладок після повного замикання зчеплення (Н·м).

Рівняння (1)–(3) мають низку суттєвих недоліків, які не лише не відображають реальний перебіг процесу тертя, але й можуть спричиняти ривки під час переходу між різними станами зчеплення. Основними недоліками є: різкий перехід між динамічним та статичним режимами крутного моменту тертя, відсутність залежності моменту тертя від відносної кутової швидкості ковзання, а також поява точки невизначеності при  $\omega = 0$ .

Усунення цих проблем можливе шляхом застосування моделей в'язкого тертя. Найбільш ефективною серед них вважається модель, що описується загальновідомою функцією (4). Використання такого підходу дозволяє уникнути розривів у функції тертя та забезпечує більш коректне відтворення робочого процесу.

$$T_c = T_{fd} \cdot \tanh\left(2 \cdot \frac{\omega_r}{\omega_0}\right),$$

$\omega_0$  – гранична кутова швидкість, що обмежує область дії в'язкого тертя.

Результати, отримані за формулою (4), корелюють з експериментальними даними для дисків зчеплення. Рівняння (5) задає класичну залежність сили тертя від відносної швидкості поверхонь і відтворює як в'язку компоненту збільшення сили тертя, так і ефект Штрібека, типовий для сухого тертя.

$$T_f = \text{sign}(\omega_r) \cdot T_{fd} + \text{sign}(\omega_r) \cdot (T_{fs} - T_{fd}) \cdot e^{-\left(\frac{|\omega_r|}{\omega_s}\right)^i}.$$

					MP. ATM – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Існуючі моделі не враховують пружно-пластичну деформацію контактуючих поверхонь і відповідні зміни контактної сили, тому при відносній швидкості, що дорівнює нулю, моделі дають або невизначений результат, або нульову величину тертя. У зчепленні це проявляється при зміні напрямку крутного моменту під час гальмування двигуном. Для усунення цих недоліків запропоновані моделі Карноппа, LuGre та еластопластична модель. Всі вони мають складну структуру та велику кількість змінних стану; еластопластична модель відрізняється від LuGre за підходом до опису деформацій.

При впливі гармонічної сили, яка не перевищує статичну силу тертя, виникає явище сповзання. Еластопластична модель, у свою чергу, має найскладнішу структуру опису серед існуючих підходів до моделювання тертя.

### 3.2 Визначення довговічності фрикційних накладок зчеплення

Пробіг автомобіля до повного спрацювання ресурсу накладок визначається за формулою:

$$L = [h_l] \sum_{i=1}^n \left( \frac{j_i}{a_{eki}} d_{Li} \right),$$

де  $[h_l]$  - сумарна товщина двох накладок зчеплення до головки заклепки (ресурс накладок до повного спрацювання), мм;

$a_{eki}$  - питома робота сил тертя на 1 км пробігу автомобіля у відповідних умовах експлуатації,  $\frac{кгсм}{см^2 км}$  ;

$j_i$  – зносостійкість, отримана на стенді в вузлі при температурі, що відповідає даним умовам експлуатації,  $\frac{кгсм}{см^2 мм}$  ;

$d_{Li}$  – доля пробігу автомобіля у відповідних умовах експлуатації.

Згідно технічним умовам експлуатації накладок зчеплення спрацювання  $[h_l]$  дорівнює 3,5 мм.

З метою спрощення громіздких розрахунків пропонується застосувати програму Маткад 15.

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

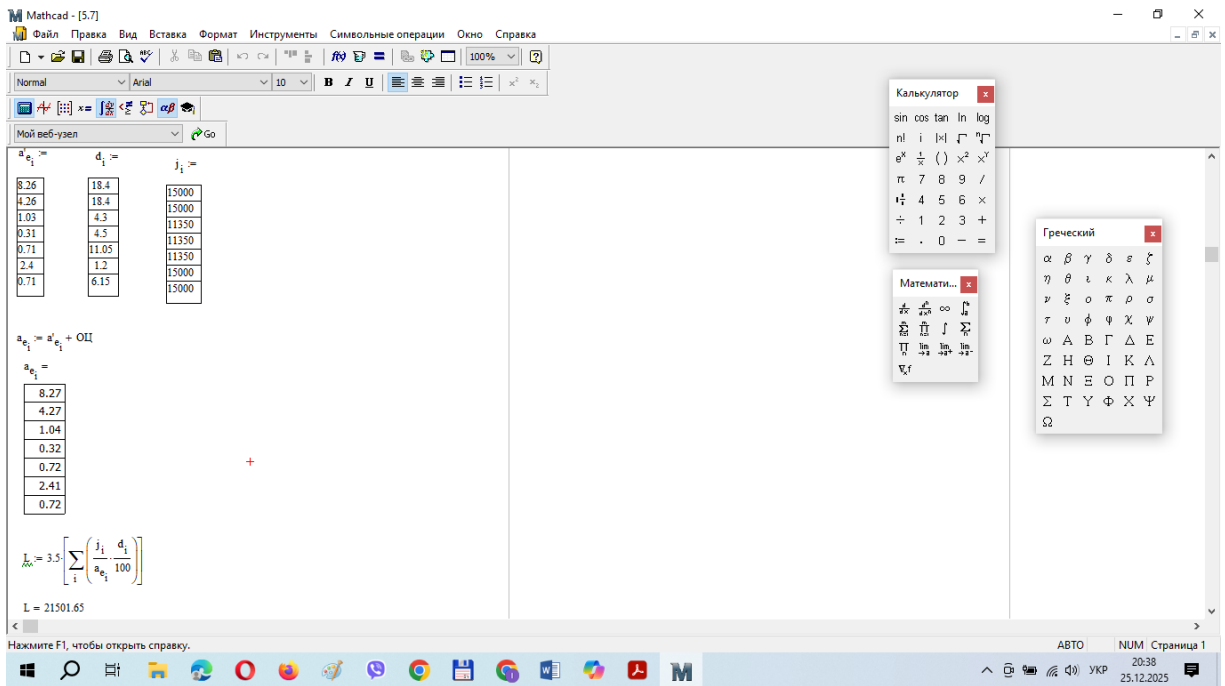


Рисунок 3.1 – Розрахунок довговічності роботи фрикційних накладок зчеплення за допомогою Маткад 15

### Висновки до розділу 3

В розділі проведено розрахунок зношування фрикційних накладок зчеплення. З врахуванням даних математичного моделювання отримано розрахункову емпіричну формулу для визначення терміну експлуатації даної деталі. Дана методика може бути використана для прогнозування величини зношування і терміну роботи фрикційної накладки.

## РОЗДІЛ 4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ НА СТО

### 4.1 Основні засади забезпечення охорони праці на станціях технічного обслуговування

Забезпечити безпеку праці кожного робітника, інженера і службовця, зайнятого у сфері технічного обслуговування та ремонту автомобілів, - завдання великого соціально-політичного та економічного значення.

На підприємствах техобслуговування велика увага надається законодавчої регламентації в області охорони праці (ОП) і, зокрема, техніки безпеки (ТБ), вдосконалення нормативно-технічної документації, спрямованої на забезпечення безпечних умов праці та створення безпечної техніки і технологій.

Проведення організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і протипожежних заходів, спрямованих на створення безпечних високопродуктивних умов праці, обґрунтовується на чинному законодавстві країни з охорони праці. Для підвищення науково-технічного рівня відповідної документації на СТО впроваджуються положення системи стандартів безпеки праці (ССБТ), які мають понад 250 державних і близько 200 галузевих стандартів, а також стандарти і норми за видами небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

При проведенні ТО і ремонту легкових автомобілів, які належать громадянам, на СТО передбачається положення ССБТ у частині дотримання вимог безпеки праці відповідно до: ДСТУ 123017-2012 «ССБТ. Ремонт и техническое обслуживание автомобилей»; ДСТУ 121004-2002 «ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги»; ДСТУ 121019-2018 «ССБТ. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту»; ДСТУ 123005-2015 «ССБТ. Роботи фарбувальні. Загальні вимоги безпеки»; ДСТУ 123009-2014 ССБТ. Роботи вантажно-развантажно. Загальні вимоги безпеки»; і іншим стандартам, які регламентують вимоги до окремих засобів захисту, викидів шкідливих речовин, шумів, охорони природи, знакам безпеки. Крім державних стандартів ССБТ, деякі документи є Будівельні норми і правила, правила будівництва і безпечної експлуатації різного устаткування.

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розширення ТО і ремонту автомобілів індивідуальних власників, перехід на більш високий якісний рівень немислимим без правильної організації та управління охороною праці. Зниження виробничого травматизму та професійних захворювань на сучасному етапі не може бути досягнуто лише за рахунок технічних, санітарно-гігієнічних та економічних заходів без вдосконалення методів роботи з ОП, підвищення рівня організаційної діяльності керівників та інженерно-технічних працівників разом на СТО.

Робота диспетчерів, виробничих майстрів, приймальників столу замовлень і керівників інших відділів спрямована на постійне забезпечення нормальних умов праці робітників і щоденне рішення виробничого завдання, планування завантаження робочих з тим, щоб задовольнити потребу в ремонті автомобілів і виконати техніко-економічні показники роботи СТО.

Порушення трудової і технологічної дисципліни, нехтування Правилами безпеки техніки, недбалість, а іноді і пияцтво - основні причини нещасних випадків на виробництві. Ось чому виникає гострота особистої відповідальності слюсаря, бляхаря, зварювальника, маляра, майстра, директора СТО за безпеку праці. У зв'язку з цим актуальними стали вимоги перенести центр ваги виховної, організаторської, профілактичної роботи в справі забезпечення здорових і безпечних умов праці в цьому місці і на робочих місцях.

Організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та інші заходи, спрямовані на виконання положення з ОП, конкретизуються правилами. В системі підприємств техобслуговування основним документом є «Правила з охорони праці на автомобільному транспорті». Однак ці Правила в повному обсязі враховують специфіку ТО і ремонту автомобілів на СТО. Тому в 1986 році розроблені інструкції з охорони праці на підприємствах системи техобслуговування.

В інструкціях для СТО включені такі питання, як самообслуговування автомобілів їх власниками на спеціалізованих постах СТО, проведення торгових операцій, передпродажна підготовка автомобілів, робота виїзних ремонтних бригад при обслуговуванні транспорту в місцях проживання власників, робота на охоронюваних стоянках автомобілів, у мотелях, діяльність працівників

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

консультаційних. бюро, обслуговування автомобілів по гарантії заводів-виготовлювачів та ін.

Якщо на станції є пости самообслуговування, то замовники можуть на них обслуговувати і ремонтувати автомобілі своїми силами з використанням інструментів і матеріалів станції. У цих випадках замовники зобов'язані підтримувати встановлені Правила техніки безпеки, пожежної безпеки та виробничої санітарії. Перед початком роботи представник станції знайомства замовника з Правилами, про що робиться запис у спеціальному журналі.

В інструкціях для СТО відображені питання ВІД при впровадженні нових технологічних процесів (наприклад, наклейки та випробування гальмівних накладок, протикорозійне покриття кузовів автомобілів), роботи з електро- та пневмоінструментом. Правила та інструкції реєстрації єдині вимоги до системи життєдіяльності підприємств і організацій (опалення, вентиляції, водопостачання та ін.), розкривають права та обов'язки посадових осіб, а також встановлюють вимоги безпеки до різних робочих ділянок і місць. Крім правил та інструкцій, на СТО повинні виконуватися вимоги органів нагляду та контролю за станом охорони праці та навколишнього середовища на виробництві (Держміськтехнагляду, Держсаннагляду, Держпожнагляду та ін.), технічної правової інспекції праці відповідного ЦК профспілки.

Робітники всіх професійних і служб СТО, інженерно-технічні працівники, службовці, практики, учні, які тимчасово працюють в організації, проходять інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки. Допуск до роботи без проходження інструкції забороняється. Інструктаж поділяється на вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий, поточний. У виробничих об'єднаннях техобслуговування або на СТО розробляються інструкції з охорони праці для кожної професії або виду робіт (робочого поста, ділянки) з урахуванням специфіки виробництва. Інструкції затверджуються адміністрацією СТО спільноти з виборним органом первинної профспілкової та вивішуються на видному місці.

відповідно до «Положення про розробку інструкцій з охорони праці», затвердженим Кабінетом міністрів, обласним виробничим об'єднанням і СТО

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяється розробити з урахуванням конкретних умов підприємств інструкції для працюючих окремих спеціальностей для випуску їх у «Правилах з охорони праці на автомобільному транспорті» . При складанні інструкцій необхідно відобразити в них такі чотири аспекти: загальні вимоги, перед початком роботи, під час роботи, після закінчення роботи. Вміст загальних вимог щодо охорони праці повинен відображати наступні положення. Основним завданням у всій роботі по техніці безпеки є попередження нещасних випадків з робочими на робочому місці. Кожний заново прийнятий на підприємство працівник зобов'язаний пройти у відділі техніки безпеки вступний інструкцій, отримати примірник інструкції та посвідчення про проходження інструкції та пред'явити це посвідчення адміністрацією цеху (майстру). До того, як новий робочий приступити до роботи, майстер повинен проінструктувати його на робочому місці. Майстер може допустити робочого до самостійної роботи після цього, як переконається, що новий робочий засвоїв безпечні прийоми роботи. Якщо робочий застосовує неправильні, небезпечні прийоми роботи, майстер повинен повторно пояснити йому, як слід працювати правильно і швидше помітити безпечні прийоми роботи.

#### 4.2 Організація робіт з охорони праці

Загальне керівництво роботою з охорони праці в обласних виробничих об'єднаннях техобслуговування покладається на керівника (директора, начальника) та головного інженера.

У виробничих об'єднаннях, на СТО в залежності від числа працюючих штатним розкладом встановлюється кількість вільних працівників служби охорони праці: один - при чисельності працюючих 250-500 чол.; два - при чисельності 501 - 1500 чол .; три (бюро, група) - при чисельності понад 1500 чол. на посаду інженера (ст. інженера) з охорони праці призначаються особи, які мають вищу освіту. У своїй діяльності вони підкоряються головному інженеру.

Головні механіки, головні енергетики, головні конструктори, головні технології виробничих об'єднань (в незалежності від наявності за штатним розкладом) повинні підтримувати заходи щодо впровадження безпечних і нешкідливих умов праці відповідно до розроблених для них положень.

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керівництво охороною праці на СТО, в цехах, на виробничих ділянках укладається відповідно на керівників СТО, на начальників цехів і дільниць. На СТО, де посаду інженера з охорони праці штатом не передбачено, наказом керівника станції з числа ІТП призначається особа, відповідальна за охорону праці, яка зобов'язана займатися питаннями охорони праці не менше 1 години в день.

Усі керівники виробництва беруть участь в адміністративно-технічному (трехступенчатому) контролі за виконанням заходів щодо охорони праці. Контроль є основною формою контролю та комітетів цієї профспілки на СТО. Здійснюється він внизу доверху в три етапи (ступені.).

Триступеневий контроль не передбачає проведення адміністративного контролю за посадовими обов'язками керівників, інженерно-технічних працівників. Відповідно до специфіки виробництва, структури підприємства та потужності його підрозділів триступеневий контроль за станом охорони праці цього підприємства: на першому місці - на ділянці цеху, у зміні чи бригаді; на другому - в цеху, на виробництві або ділянці СТО; на третьому рівні - на підприємстві в цілому.

Перший ступінь. Щодня до початку роботи майстер, механік, керівник ділянки обходять усі робочі місця. Вони перевіряють чистоту робочих місць, стан гаражного та верстатного обладнання, огорож, справність інструменту та пристосувань, правильність використання робітниками засобів індивідуального захисту та стан пожежної безпеки. При виявленні несправності обладнання, порушення Правил техніки безпеки вживаються заходи до їх усунення і робиться запис у книзі майстра або керівника дільниці.

Другий ступінь. Два рази на місяць керівника СТО від представника комісії охорони праці обслуговують ввірені їм ділянки роботи. Після обходу надають відповідні розпорядження про усунення недоліків, виявлених під час огляду. Усі помічені недоліки або порушення Правил і вимог охорони праці внесені в журнал.

Третій ступінь. Контроль цього із залученням технічних фахівців і керівників об'єднань не рідше 1 разу в квартал. Поряд з іншими питаннями на третьому щаблі

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевіряються стан травматизму та умов праці, показники покращення умов праці (комплексний коефіцієнт), виконання угоди щодо покращення умов праці.

За результатами перевірки складається протокол, у якому зазначаються недоліки і порушення, призначаються відповідні для виконання намічених заходів, встановлюються терміни виконання.

В окремих випадках у протоколі комісії передбачаються заходи дисциплінарної відповідальності керівників підрозділів.

#### Вимоги безпеки до технологічних процесів

Безпека технологічного процесу ТО і ремонту автомобіля на робочому місці регламентується ДСТУ 123002-2001 "ССБТ. Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки", ДСТУ 123017-2002 "ССБТ. Ремонт і технічне обслуговування автомобілів. Загальні вимоги безпеки». Основні вимоги щодо безпеки праці містяться в «Інструкції з охорони праці та техніки безпеки на підприємствах систем техобслуговування». Задоволення психофізіологічних вимог забезпечення впровадження раціонального режиму праці та відпочинку, колірної обробки приміщення та обладнання дільниці.

Вміст шкідливих домішок у повітрі повинен відповідати вимогам ДСТУ 121005-2012 "ССБТ. Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги".

Технічне обслуговування та ремонт автомобілів повинно проводитися на постах (спеціально відведених місцях), обладнаних необхідними пристроями, приладами та пристроями. Пости ТО і ремонту повинні розташовуватися так, щоб відстань між автомобілями, автомобілями і конструкціями будівлі забезпечувала більшу зручність роботи і безпеку.

На постах механізованої мийки, діагностики та інших, оснащених спеціальним технологічним обладнанням, розташування між автомобілями і конструкціями будівлі повинні встановлюватися у відношенні від виду і габаритів технологічного обладнання.

Всі види робіт по ТО і ремонту виконуються при встановленому двигуні, за зовнішнім виглядом, коли робота двигуна потрібна за технологією. При цьому потрібна наявність місцевого відсмоктування для видалення відпрацьованих газів.

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У приміщеннях з обов'язковим потоковим рухом автомобілів обов'язково пристрій звукової та світлової сигналізації, остаточно попереджає роботу служби обслуговування про початок руху автомобіля з поста на пост. Пости повинні мати сигнали аварійної зупинки.

Якщо підйом агрегатів і деталей пов'язане з великими фізичними зусиллями або їх розташування створює незручності в роботі, застосовуються відповідні пристосування, що забезпечують безпеку при виконанні цієї роботи. Поняття, транспортування та установку великобаритних агрегатів масою понад 20 кг розроблено за допомогою підйомно-транспортних механізмів, обладнаних пристроями (захватами), які гарантують надійне утримання агрегатів.

Перед поняттями агрегатів або деталей, пов'язаних із системами харчування, охолодження і мастила автомобілів, раніше зливають паливо, масло та охолоджувальну рідину в спеціальних резервуарах, не допускаючи проливання. При установці автомобіля на поворотному стенді його надійно закріплюють, знімають акумуляторну батарею, при необхідності зливають паливо, масло та охолоджуючу рідину. Злив палива виробляють у місцях, що виключають можливість його загоряння. Зберігання злитого палива на постах ТО і ремонт забороняється.

На СТО при виконанні деяких робіт можуть статися нещасні випадки і тоді потерпілому необхідно надати першу (долікарську) медичну допомогу. При установці або знятті важких деталей - коліс автомобіля, передніх і задніх мостів, коробок передач можливість удару. При порушенні правил завантаження і вивантаження агрегатів, тарі, падіння в оглядовому каналі, наїзді автомобіля з можливістю перелому.

При виконанні зварювальних і мідницьких робіт, при застосуванні лугів і кислоти з можливістю опіки (Чотирьох ступенів). Найбільш важкі і небезпечні опіки третього і четвертого ступенів.

На виробничих ділянках СТО, де можна виділити відпрацьовані гази, окис вуглецю, пари свинцю, бензолу, бензину, можуть виникнути відторгнення.

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На підприємствах можливі випадки перегріву тіла і тоді виникає тепловий удар, а при застосуванні стислих газів і в зимовий час виникають випадки обмороження.

### 4.3 Виробнича санітарія

Правилами з охорони праці на СТО встановлені вимоги до електробезпеки, освітлення, опалення, вентиляції, водопостачання і каналізації, до змісту санітарно-побутових приміщень, території. Устаткування, інструменти, застосування повинні відповідати вимогам електричної безпеки і «Правила технічної експлуатації електроустановок». за стан електрообладнання відповідає головний енергетик або особа, на яку покладено обов'язки головного енергетика (відповідальний за електрогосподарство).

Роботи електротехнічного персоналу на СТО можуть проводитися в порядку технічної експлуатації, за розпорядженням (усному чи письмового), за нарядом. Перелік робіт, що виконуються тим чи іншим способом, встановлюється відповідним для електрогосподарства залежно від кваліфікації електротехнічного персоналу.

Усі нетокопровідні частини електрообладнання (в тому числі і переносного) повинні бути надійно заземлені (при використанні для схеми електропостачання з глухозаземленою нейтраллю). Обов'язкова наявність видимого з'єднання неструмопровідних частин з нульовим проводом. Запобіжні пристрої повинні мати вставки, передбачені проектом. Використання некаліброваних вставок забороняється. Виконання електрообладнання повинно відповідати умовам роботи за ступенем захисту і в пожежному відношенні.

До роботи з ручними електричними машинами або інструментом допускаються робітники, які пройшли виробниче навчання і мають кваліфікаційну групу з електробезпеки. Електроінструмент видається після перевірки разом із захисними пристосуваннями.

Переносний електроінструмент має бути на напругу 12 В для особливо небезпечних умов праці та робіт на вулицях, 42 В - для інших зустрічей. При необхідності використання переносного електроінструменту на напругу вищого

					MP. ATm – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

максимального використання основні і додаткові засоби захисту. Приєднання переносного обладнання створено за допомогою штепсельних з'єднань (при потужності вище 5 кВт через пускову апаратуру). Електротехнічний персонал проходить навчання і становить іспит на кваліфікаційну групу 1 раз на рік, а адміністративний - 1 раз на 2 роки.

За стан природного і штучного освітлення відповідає головний енергетик підприємства або особа, на яку покладено обов'язки головного енергетика (відповідальний за електрогосподарство). Підприємства, що мають газорозрядні джерела світла потужністю 150 кВт і більше, повинні мати електротехнічний персонал для їх обслуговування. Штучне освітлення на робочих місцях, у побутових допоміжних приміщеннях повинно відповідати вимогам СНиП 11-4-79. Очищення освітлювальної апаратури на обробному і шиномонтажному ділянках, постах мийки 1 раз на місяць, на акумуляторі, ковальному ділянці - 1 раз на 2 місяці, в зонах ТО, в цих випадках слюсарно-механічному, ремонт електроустаткування, ремонт приладів - 1 раз на 3 міс.

Відповідальність за технічний стан, експлуатацію, тимчасовий ремонт опалення підприємства вкладається на відповідну особу, а по цехах і ділянках - також на керівників цехів і дільниць. Опалення (спільно з вентиляцією) має забезпечити температуру відповідно до нормативних вимог. Перед початком опалювального сезону котельні, калориферні установки та прилади місцевого опалення повинні бути перевірені та відремонтовані. Несправні опалювальні прилади і печі допускати до експлуатації неможливо.

Машиністи, кочегарі, опалювачі та особи, відпущені відповідно до наказу, повинні щорічно перед початком опалювального сезону проходити навчання з подальшим складанням іспитів. Особам, які обслуговують котли в неавтоматизованих котельнях, забороняється залишати котли без нагляду.

У пожежно-і вибухонебезпечних приміщеннях усі металеві елементи вентиляційних установок повинні бути заземлені. Конструкція і матеріали елементів повинні виключати можливість ціноутворення. Кожне з такого

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

приміщення обладнується окремою вентиляційною системою. Повітря, що містить пил, повинен підлягати очищенню.

Вентиляційні камери повинні бути закриті на замок, вхід в них стороннім особам заборонений, захист у вентиляційних камерах обладнання або матеріалів заборонено. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітря робочої зони повинні бути не більше зазначеними в ДСТУ 121005-2020.

Керівник СТО несе відповідальність за раціональне використання води і якість стічних вод (водопостачання і каналізація). СТО обладнуються господарсько-питним, виробничим і протипожежним водопроводами, можливе застосування повторного і оборотного водопостачання відповідно до СНиП 20401-85 і П-93-74.

СТО обладнується побутовою та виробничою каналізацією, можливо їх об'єднання. При наявності господарсько-питного водопроводу пристрій внутрішньої каналізації обов'язково. Якщо у зміні зайнято до 25 чол., А централізоване джерело водопостачання відсутнє, допускається забезпечення питною водою в незалежності від місцевих умов. Стійкі води від мийки автомобілів, деталей, підлог у приміщеннях ТО повинні очищатися в місцевих очисних установках (грязевідстійник, бензо- і маслоуловитель), якщо концентрація нафтопродуктів при зниженні становить 44 мг/л.

Очищення грязевідстійника з ручним видаленням осаду повинно проводитися в основному не рідше 1 разу на тиждень, а з механічним - щодня. Місцеві очисні установки повинні розміщуватися поза будівлями на відстані від зовнішніх стін не менше 6 м. Як виняток, ці установки допускаються розміщувати в окремих розташованих будинках для мийки автомобілів. Пристрій фекальної каналізації необов'язковий на підприємствах при продуктах, що працюють у зміну не більше 25 чол. У цьому випадку необхідно передбачати налаштування зовнішніх убирань з виробними ямами. Видалення стічних вод від душових і умивальників вирішується у залежності від місцевих умов.

Вуглекислотний вогнегасник, ящик з піском, полотно (азбест, повсть), два брукхту, три багра, дві сокири. Пожежні щити повинні встановлюватися в

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщеннях на видних і легкодоступних місцях за можливості ближче до виходів з приміщень. Території підприємств забезпечуються пожежними щитами (з розрахунку один щит на площу до 5000 м<sup>2</sup>). У складі пожежного щита пісок може бути замінений флюсами, карналітом, кальцинованою содою або іншими місцевими негорючими сипучими матеріалами.

Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння розраховують окремо по кожній поверхні та приміщенню, а також по поверхнях стоянок.

Якщо в одному місці є кілька різних для пожежно-небезпечного виробництва, не відокремлених одне від однієї протипожежними стінами, усі ці приміщення забезпечуються пожежним інвентарем та іншими видами засобів пожежогасіння за нормами найбільш небезпечного виробництва. При визначенні видів і багатьох первинних засобів пожежогасіння слід контролювати фізико-хімічні та пожежонебезпечні властивості горючих речовин, їх ставлення до вогнетушачих речовин.

На випадок виникнення пожежі повинна бути забезпечена можливість безпечної евакуації людей. Відповідно до СНиП 20102-85 має бути не менше двох евакуаційних виходів. При виникненні пожежі весь склад добровільної пожежної дружини і всі, хто працює на підприємстві, беруть участь у його ліквідації.

#### 4.4 Розрахунок штучного освітлення

Для розрахунку обираємо метод коефіцієнта використання і як перевірконо-точковий метод.

Коефіцієнт використання виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп. Його величина залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, покриття стін  $\rho_1$  і стелі  $\rho_2$ . Згідно табл. VII-3 [125, с.138] для побіленої стелі і побілених стін при незанавішених вікнах  $\rho_1 = 70\%$ ,  $\rho_2 = 50\%$ .

В якості світильника обираємо глибокий емальований випромінювач.

Вихідні дані:

-довжина ділянки  $A = 10$  м

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ширина дільниці  $B = 8,1$  м

- висота підвісу  $h = 3$  м

- приміщення з точною роботою і III розрядом зорової роботи.

Індекс приміщення знаходимо за формулою

$$i = \frac{S}{h(A + B)}, \quad (4.1)$$

де  $A$  і  $B$  відповідно довжина і ширина відділення згідно технологічного розрахунку  $A = 10$  м,  $B = 8,1$  м,

$S$  – площа приміщення,  $S = 81 \text{ м}^2$ ;

$h$  – розрахункова висота підвісу, приймаємо  $h = 3$  м;

$$i = \frac{81}{3(10 + 8,1)} = 1,5 \text{ м.}$$

Для глибокого емальованого випромінювання  $\rho_1 = 70\%$ ,  $\rho_2 = 50\%$ ,  $i = 1,5$  м,  
 $\eta = 46\%$ .

Потужність, тип ламп накаливання і їх світловий потік, виходячи з умов розміщення ламп у приміщенні знаходимо згідно таблиці VII-6 [125, с.140].

Для освітлення відділення обираємо лампи накаливання НГ-4 потужністю 200 Вт із світловим потоком  $F_{\text{л}} = 266$  люкс.

Розрахунковий світловий потік необхідний для одержання нормованої освітленості  $E$  визначаємо за формулою [125, с.139]:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot z}{\eta}, \quad (4.2)$$

де  $E$  – нормована освітленість, в залежності від розряду зорової роботи, контрасту, фону і типу ламп.

Відносимо відділення, що розраховується до приміщень з точною роботою і III розрядом зорової роботи (розмір об'єкта розпізнавання від 0,3 до 1 мм), середньою контрастністю і темним фоном

Згідно табл. VII-2 для наведених умов роботи і ламп накаливання мінімальної освітленості складає 100 лк.

$K$  - коефіцієнт запасу.

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт запасу враховує зменшення світлового потоку ламп внаслідок забруднення світильників в процесі експлуатації в залежності від типу світильників. Відділення, що розраховується відноситься до приміщень з середнім видаленням пилу і коефіцієнт запасу для нього складає (з використанням ламп накаливання)  $K=1,8$ .

$Z$  - відношення середньої освітленості до мінімальної згідно рекомендації [125, с.139] приймаємо  $Z=1,2$ .

$$F = \frac{100 \cdot 1,5 \cdot 81 \cdot 1,2}{0,46} = 31696 \text{ лм.}$$

Загальну кількість світильників визначаємо за формулою

$$N = \frac{F}{F_n}, \quad (4.3)$$

$$N = \frac{31696}{2660} = 11,92.$$

Приймаємо  $N=12$ .

Перевіримо розрахунок точковим методом просторових ізолюкс. Приймаємо, для розрахунку точки на поверхні слюсарного верстака.

Світловий потік лампи, необхідний для створення у даній точці нормованої освітленості визначається з формули [125, с.141]:

$$F = \frac{1000E \cdot K}{e \cdot t}, \quad (4.4)$$

де  $E$  – нормована освітленість в залежності від розряду зорової роботи, контрасту, фону і типу ламп.

Згідно попереднього розрахунку відносимо відділення, що розраховується до приміщень з точною роботою і III розрядом зорової роботи (розмір об'єкта розпізнавання від 0,3 до 1 мм), темним фоном і для робіт на верстаку з малою контрастністю.

Для наведених умов роботи і ламп накаливання мінімальна освітленість складає 159 лк.

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$m$  – коефіцієнт, що враховує вплив віддалених світильників, згідно для емальованого світильника приймаємо  $m=1,1$ .

$K$  – коефіцієнт запасу. Коефіцієнт запасу враховує зменшення світлового потоку ламп внаслідок забруднення світильників в процесі експлуатації в залежності від типу світильника.

Згідно табл. VII-5 [125, с.140] відділення, що розраховується відноситься до приміщень з середнім виділенням пилу і коефіцієнт запасу для нього складає (з використанням ламп накаливання)  $K=1,8$ .

$e$  – умовна освітленість, яка визначається за графіками просторових ізолюкс як результат візуальної інтерполяції двох параметрів: висоти підвісу і відстані від осі світильника до розрахункової точки. Приймаємо висоту підвісу світильника – 0,65 м, а відстань від осі світильника до розрахункової точки – 0,45 м. Згідно графіку на рис. VII-7 [125, с.142]  $e=90$  лк.

Отже:

$$F = \frac{1000 \cdot 150 \cdot 1,5}{90 \cdot 1,1} = 2273 \text{ мм.}$$

Одержання значення згідно табл. VII-6 [125, с.140]. Закругляємо до найближчого більшого стандартного з  $F=2660$ .

Для освітлення відділення обираємо лампи накаливання потужністю 200 Вт, що відповідає і попередньому розрахунку по світловому потоку.

#### 4.5 Розрахунок природного освітлення

Природне освітлення обумовлено світловим потоком прямих сонячних променів і дифузним світлом неба. Природна освітленість коливається у великих межах, залежить від пори року і доби, прозорості повітря, хмарності.

Площу світлових проїомів при боковому освітленні відділення визначаємо за формулою:

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$S_e = \frac{1000 \cdot e_H \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot K_{30}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1}, \quad (4.5)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу згідно табл. для відділення моторного і агрегатного і при горизонтальному розміщенні вікон  $K_3 = 1,5$ ;

$\eta_0$  – світлова характеристика вікон згідно  $\eta_0 = 10,5$ ;

$K_{30}$  – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон протилежними будівлями згідно табл. 27 [126, с.34]  $K_{30} = 1,0$ ;

$\tau_0$  – коефіцієнт, що враховує світло пропускання, згідно:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (4.5)$$

$\tau_1$  – коефіцієнт, що враховує світлопропускання матеріалу згідно табл. 28 [126, с.34]. для подвійного віконного скла  $\tau_1 = 0,8$ ;

$\tau_2$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у перепльотах світлових пройомів згідно табл. 28 [126, с.34] для подвійного дерев'яного перепльота  $\tau_2 = 0,7$ ;

$\tau_3$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях згідно табл. 28 [126, с.34] для бокового освітлення  $\tau_3 = 1,0$ ;

$\tau_4$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних конструкціях, для відділення, що проектується, сонцезахисні конструкції не передбачаються і тому згідно табл. 29 [126, с.35]  $\tau_4 = 1,0$

$\tau_5$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисних сітках під ліхтарями згідно [126, с.34]  $\tau_5 = 0,9$ .

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,504.$$

					МР. АТМ – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$r_1$  – коефіцієнт, що враховує підвищення КЕО при боковому освітленні за рахунок відбитого світла згідно табл. 30 [126, с.35] для бокового освітлення  $r_1 = 1,3$ ;

$e_H$  – нормоване значення КЕО. Розрахунок нормованого значення КЕО проводиться за формулою

$$e_H = (e_{II} \cdot q + e_B \cdot R) \cdot r_0 \cdot \tau_0 / K_3; \quad (4.6)$$

$e_{II}, e_B$  – геометричні значення КЕО в точці, що розраховується при боковому освітленні для відповідно, прямого і відбитого світла неба із допомогою графіків Данилюка. Визначення КЕО у даній точці приміщення полягає в підрахунку числа дільниць, які видимі з даної точки. На графіках Данилюка на півсфера розбита 10000 дільниць рівної світлової активності, тобто кожна дільниця створює освітленість у 10000 разів меншу, ніж зовнішня. Кількість дільниць, що видимі по висоті світлового проїому визначаються по графіку Данилюка I, а по графіку II – кількість дільниць, які видимі по ширині світлового проїому.

У першому випадку графік I накладається на поперечний розріз приміщення, у другому випадку графік II накладають на повздовжний розріз приміщення.

Згідно розрахунку  $e_{II} = 1,1, e_B = 0,9$ .

$R$  – коефіцієнт, що враховує відносну яскравість протилежної будівлі згідно табл. 36 [126, с.39] приймаємо  $R=1$ ;

$g$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість хмарного неба, згідно табл. 35 [126, с.38]  $g=1,08$ ;

$$e_H = (1,1 \cdot 1,08 + 0,9 \cdot 1) \cdot 1,3 \cdot 0,504 / 1,5 = 0,912.$$

Згідно [126, с.39] одержане значення округляємо до десятих і остаточно приймаємо  $e_H = 0,9$ .

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Приймаємо розміри вікна стандартну висоту вікна – 2,4 м, тоді ширину вікна приймаємо 6 м.

#### **Висновки до розділу 4**

В розділі наведено правила безпеки праці на підприємстві відповідно до чинного законодавства, заходи щодо попередження на уникнення пожеж, нещасних випадків, вимоги які поставлені на керівництво для контролю їх дотримання. Відповідно до технічних документів описано норми технічного яким повинен відповідати транспортний засіб. Проведено розрахунок штучного та природнього освітлення.

					MP. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

За результатами виконання магістерської роботи сформульовано такі висновки:

- Проведено аналіз діяльності ПБКФ «В.С.К.» (м. Івано-Франківськ) та описано його організаційну структуру.
- На основі аналізу літературних джерел розглянуто принцип роботи автомобільного зчеплення та класифіковано його основні типи.
- Особливу увагу приділено диску зчеплення як ключовому елементу системи; досліджено специфіку його роботи та надано рекомендації щодо продовження терміну експлуатації.
- Встановлено зміни характеристики «сила–переміщення» на педалі зчеплення зі збільшенням пробігу автомобіля.
- Виконано аналіз трансформацій у системі приводу зчеплення та самому зчепленні, що відбуваються в процесі експлуатації.
- Проведено розрахунок зношування фрикційних накладок; на основі математичного моделювання отримано емпіричну формулу для визначення терміну їх служби. Запропонована методика може бути використана для прогнозування величини зношування та тривалості роботи накладки.
- Описано правила охорони праці на підприємстві відповідно до чинного законодавства, заходи з попередження пожеж та нещасних випадків, а також вимоги до керівництва щодо контролю їх дотримання.
- Відповідно до технічних документів наведено норми, яким повинен відповідати транспортний засіб.
- Виконано розрахунок параметрів штучного та природного освітлення.

					МР. АТм – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. ПБКФ «В.С.К». Режим доступу: <https://www.vskrenault.com.ua/>
2. Bataus M., Maciac A., Oprean M., Vasiliu N. Automotive clutch models for real time simulation. THE PUBLISHING HOUSE OF THE ROMANIAN ACADEMY PROCEEDIN
3. Senatore A., Ruggiero A., Pisaturo M. Models for pressure control of automated dry clutches: temperature influence on frictional and elastic behaviour. ACTA TECHNICA CORVINIENSIS.  
Bulletin of Engineering, Tome VI, 2013. FASCICULE 4. p. 55 – 58.
4. Andersson S., Soderberg A., Bjorklund S., Friction models for sliding dry, boundary and mixed lubricated contacts. Tribology International. 40. 2007. p. 580–587.
5. Karnopp D., Computer simulation of stick/slip friction in mechanical dynamic systems. Trans. ASME. J. of Dynamic Systems, Measurement and Control. 107. March 1985. p. 100-103
6. Canudas-De-Wit C. Comments on «A New Model for Control of Systems with Friction. IEEE Transactions on Automatic Control. 1998. V.43.  
№.8. p. 1189 – 1190.
7. Dupont P., Hayward V., Armstrong B., Altpe- ter F. Single state elasto-plastic friction models. IEEE transactions on automatic control. Vol. 47. No. 5, May 2002. p. 787 – 792.
8. Kern R. H., Gao C.-T., Nitsche R. Reibkraftkom- pensation mittels Fuzzy-Logik Automatisierungs- technischepraxis. 1995. V.37. p. 50.
9. Myklebust A. Dry Clutch Modeling, Estimation, and Control. Doctoral Dissertation. №. 1612. Linköping. Sweden 2014. 180 p.
10. Ritter C. S., Valdiero A. C., Andrighetto P. L, Zago F., Endler L.. Nonlinear characteristics systematic study in pneumatic actuators. ABCM Symposium Series in Mechatronics. Vol. 4.  
p. 818 – 826.
11. Swevers J., Al-Bender F., Ganseman C.G., Prajogo T. An integrated friction model structure with improved presliding behavior for accurate friction compensation. IEEE

					MP. ATМ – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Transactions on Automatic Control. V.45. N.4. April 2000.p. 675–686.

12. Plocher, J.; Panesar, A. Review on Design and Structural Optimization in Additive Manufacturing: Towards next-Generation Lightweight Structures. Mater. Dec. 2019, 183, 108164. [Google Scholar] [CrossRef] Development of Oil and Gas Fields, (3 (48)), 119-126.
13. Dalpadulo, E.; Pini, F.; Leali, F. Integrated CAD Platform Approach for Design for Additive Manufacturing of High Performance Automotive Components. Int. J. Interact. Dec. Manuf. 2020, 14, 899–909. [Google Scholar] [CrossRef]
14. Dalpadulo, E.; Pini, F.; Leali, F. Systematic integration of topology optimization techniques in design for additive manufacturing methodologies applied to automotive settings. In Proceedings of the ASME 2020 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Virtual, Online, November 16–19, 2020; Volume 6, p. V006T06A016. [Google Scholar] [CrossRef]
15. Bubna, P.; Humbert, M.P.; Wiseman, M.; Manes, E. Barriers to Entry in Automotive Production and Opportunities with Emerging Additive Manufacturing Techniques. SAE Tech. Pap. 2016, 2016-01-0329. [Google Scholar] [CrossRef]
16. Leal, R.; Barreiros, F.M.; Alves, L.; Romeiro, F.; Vasco, J.C.; Santos, M.; Marto, C. Additive manufacturing tooling for the automotive industry. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2017, 92, 1671–1676. [Google Scholar] [CrossRef]
17. Salifu, S.; Desai, D.; Ogunbiyi, O.; Mwale, K. Recent development in the additive manufacturing of polymer-based composites for automotive structures— a review. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2022, 119, 6877–6891. [Google Scholar] [CrossRef]
18. Khajavi, S.H.; Salmi, M.; Holmström, J. Additive manufacturing as an enabler of digital spare parts. In Managing 3D Printing; Eysers, D., Ed.; Palgrave Macmillan: Cham, Switzerland, 2020; pp. 45–60. [Google Scholar] [CrossRef]
19. Isasi-Sanchez, L.; Morcillo-Bellido, J.; Ortiz-Gonzalez, J.I.; Duran-Heras, A. Synergic sustainability implications of additive manufacturing in automotive

					MP. АТМ – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- spare parts: A case analysis. Sustainability 2020, 12, 8461. [Google Scholar] [CrossRef]
20. Wiese, M.; Leiden, A.; Rogall, C.; Thiede, S.; Herrmann, C. Modeling energy and resource use in additive manufacturing of automotive series parts with multi-jet fusion and selective laser sintering. Procedia CIRP 2021, 98, 358–363. [Google Scholar] [CrossRef]
  21. Thomas, D. Costs, benefits, and adoption of additive manufacturing: A supply chain perspective. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2016, 85, 1857–1876. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
  22. Koller, J.; Häfner, R.; Döpper, F. Decentralized Spare Parts Production for the Aftermarket Using Additive Manufacturing-A Literature Review. Procedia CIRP 2022, 107, 894–901. [Google Scholar] [CrossRef]
  23. Mecheter, A.; Pokharel, S.; Tarlochan, F. Additive Manufacturing Technology for Spare Parts Application: A Systematic Review on Supply Chain Management. Appl. Sci. 2022, 12, 4160. [Google Scholar] [CrossRef]
  24. Lim, J.; Le, K.Q.; Lu, Q.; Wong, C. An Overview of 3-D Printing in Manufacturing, Aerospace, and Automotive Industries. IEEE Potentials 2016, 35, 18–22. [Google Scholar] [CrossRef]
  25. Delic, M.; Eyers, D.R. The effect of additive manufacturing adoption on supply chain flexibility and performance: An empirical analysis from the automotive industry. Int. J. Prod. Econ. 2020, 228, 107689. [Google Scholar] [CrossRef]
  26. Giffi, C. A.; Gangula, B.; Illinda, P. 3D Opportunity in the Automotive Industry: Additive Manufacturing Hits the Road. A Deloitte Series on Additive Manufacturing. Deloitte University press. 2014. Available online: [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/additive-manufacturing-3d-opportunity-in-automotive/DUP\\_707-3D-Opportunity-Auto-Industry\\_MASTER.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/additive-manufacturing-3d-opportunity-in-automotive/DUP_707-3D-Opportunity-Auto-Industry_MASTER.pdf) (accessed on 12 August 2022).
  27. Wohlers, T.T. Wohlers Report 2019. Analysis. Trends. Forecasts. In 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry; Wohlers Associates Inc.: Fort Collins, CO, USA, 2019; p. 369. [Google Scholar]

					MP. ATM – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

28. Tuazon, B. J.; Custodio, N.A.V.; Basuel, R.B.; Delos Reyes, L.A.; Dizon, J.R.C. 3D Printing Technology and Materials for Automotive Application: A Mini-Review. *Key Eng. Mater.* 2022, 913, 3–16. [Google Scholar] [CrossRef]
29. Hawken, R. Classic Cars Make Great Investment Vehicles. *Modern Trader*. 2018. Available online: <http://www.futuresmag.com/2018/03/16/classic-cars-make-great-investment-vehicles> (accessed on 12 August 2022).
30. Johnson, S. Classic cars: Keep motoring heritage alive. *Eng. Technol.* 2021, 16, 1–6. [Google Scholar] [CrossRef]
31. Valerga, A.P.; Batista, M.; Bienvenido, R.; Fernández-Vidal, S.R.; Wendt, C.; Marcos, M. Reverse Engineering Based Methodology for Modeling Cutting Tools. *Procedia Eng.* 2015, 132, 1144–1151. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
32. Zhang, X.; Cui, W.; Li, W.; Liou, F. A Hybrid Process Integrating Reverse Engineering, Pre-Repair Processing, Additive Manufacturing, and Material Testing for Component Remanufacturing. *Materials* 2019, 12, 1961. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
33. Strong, D.; Kay, M.; Wakefield, T.; Sirichakwal, I.; Conner, B.; Manogharan, G. Rethinking reverse logistics: Role of additive manufacturing technology in metal remanufacturing. *J. Manuf. Technol. Manag.* 2019, 31, 124–144. [Google Scholar] [CrossRef]
34. Dúbravčík, M.; Kender, Š. Application of reverse engineering techniques in mechanics system services. *Procedia Eng.* 2012, 48, 96–104. [Google Scholar] [CrossRef]
35. Buican, G.R.; Oancea, G.; Manolescu, A. Remanufacturing of damaged parts using selective laser melting technology. *Appl. Mech. Mater.* 2014, 693, 285–290. [Google Scholar] [CrossRef]
36. Palka, D. Use of reverse engineering and additive printing in the reconstruction of gears. *Multidiscip. Asp. Prod. Eng.* 2020, 3, 274–284. [Google Scholar] [CrossRef]

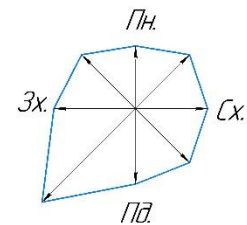
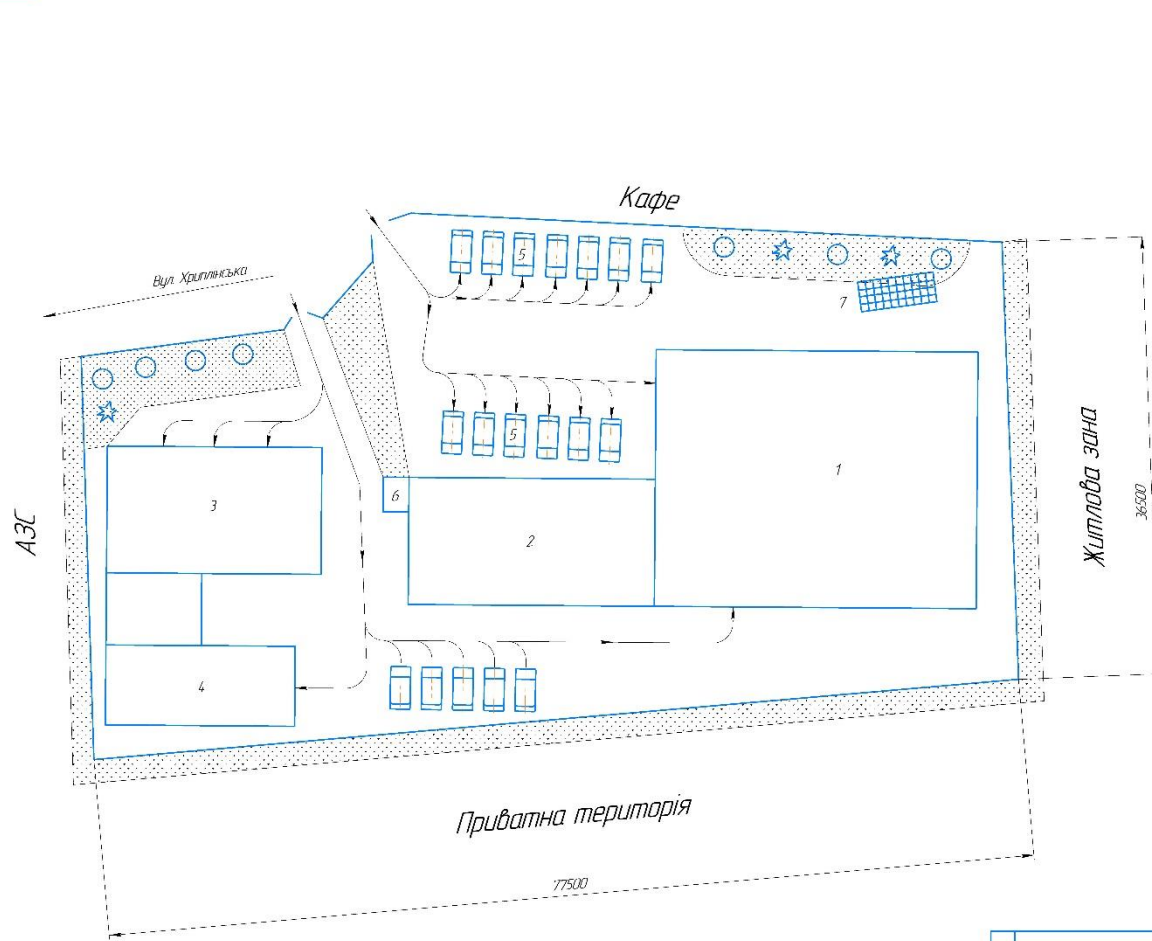
					MP. АТМ – 89.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

## **ДОДАТКИ**

**ТЕМА РОБОТИ:** МОДЕЛЮВАННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ  
ПРОЦЕСІВ У ЗЧЕПЛЕННІ НА ПРИКЛАДІ АВТОМОБІЛІВ, ЯКІ  
ОБСЛУГОВУЮТЬСЯ ПВКФ «В.С.К.», М. ІВАНО-  
53  
ФРАНКІВСЬК.

**ВИКОНАВ:** ст.гр. АТм-24-2 Н.І. Тертичний

**НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:** к.т.н. доц. Прунько І.Б.



Розташування ПБКФ "В.С.К." на гуглкарті

54

Приватна територія

17500

Житлова зона

Вул. Хриплінська

Кафе

АЗС

Умовні позначення

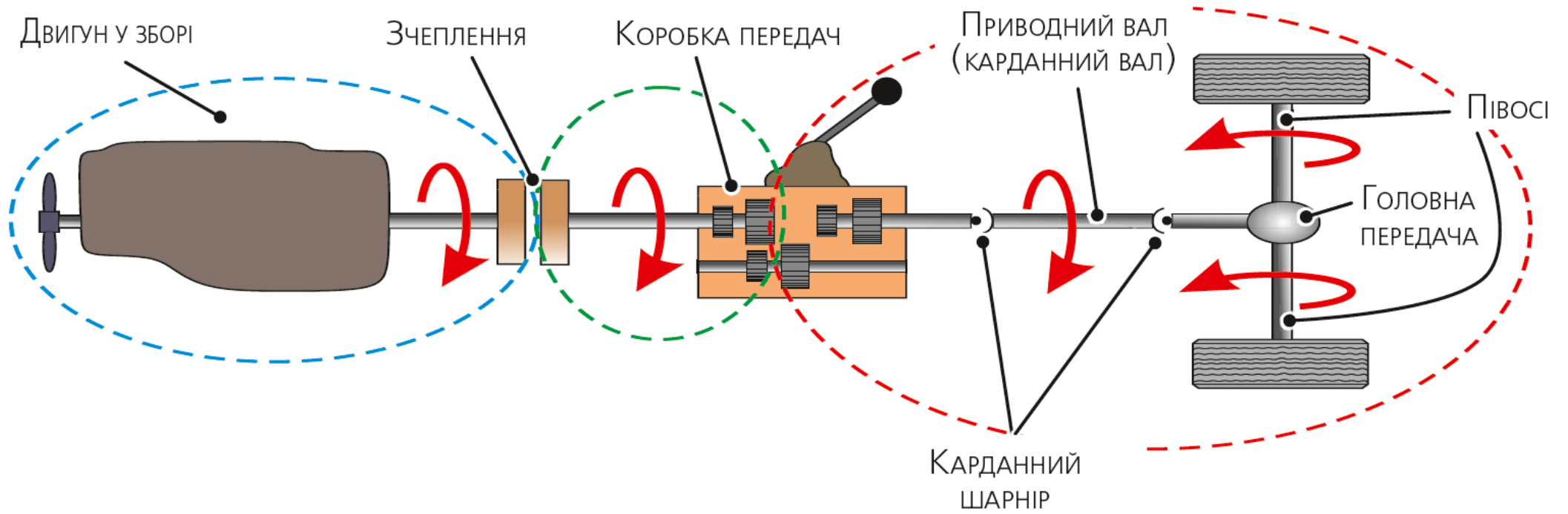
- Листяні дерева
- Хвойні дерева
- Газон
- Напрямок руху АТЗ

№	Назва	Площа, м <sup>2</sup>
1	Виробничий корпус	1024
2	Адміністративний корпус	404
3	Мийка, шиномонтаж	268
4	Курячий цех	114
5	Стоянка автомобілів	424
6	Пункт приїзду автомобілів	6
7	Місце відпочинку	86

Показники генерального плану

1. Площа території, га - 0,38.
2. Площа забудови, м<sup>2</sup> - 2256.
3. Коефіцієнт щільності забудови, - 0,65.
4. Коефіцієнт озеленення - 0,1.

МР.АТ-13100.00.000 ПП			
№	Акс.	№ докум.	Дата
1	Н	13100	12.00
Генеральний план ПБКФ "В.С.К."			
Масштаб:	1:1000	Архитектор:	І
Завдання:	1/1000	Інженер:	АТН-22-2



55

Рисунок 2.1 – Схема трансмісії автомобіля

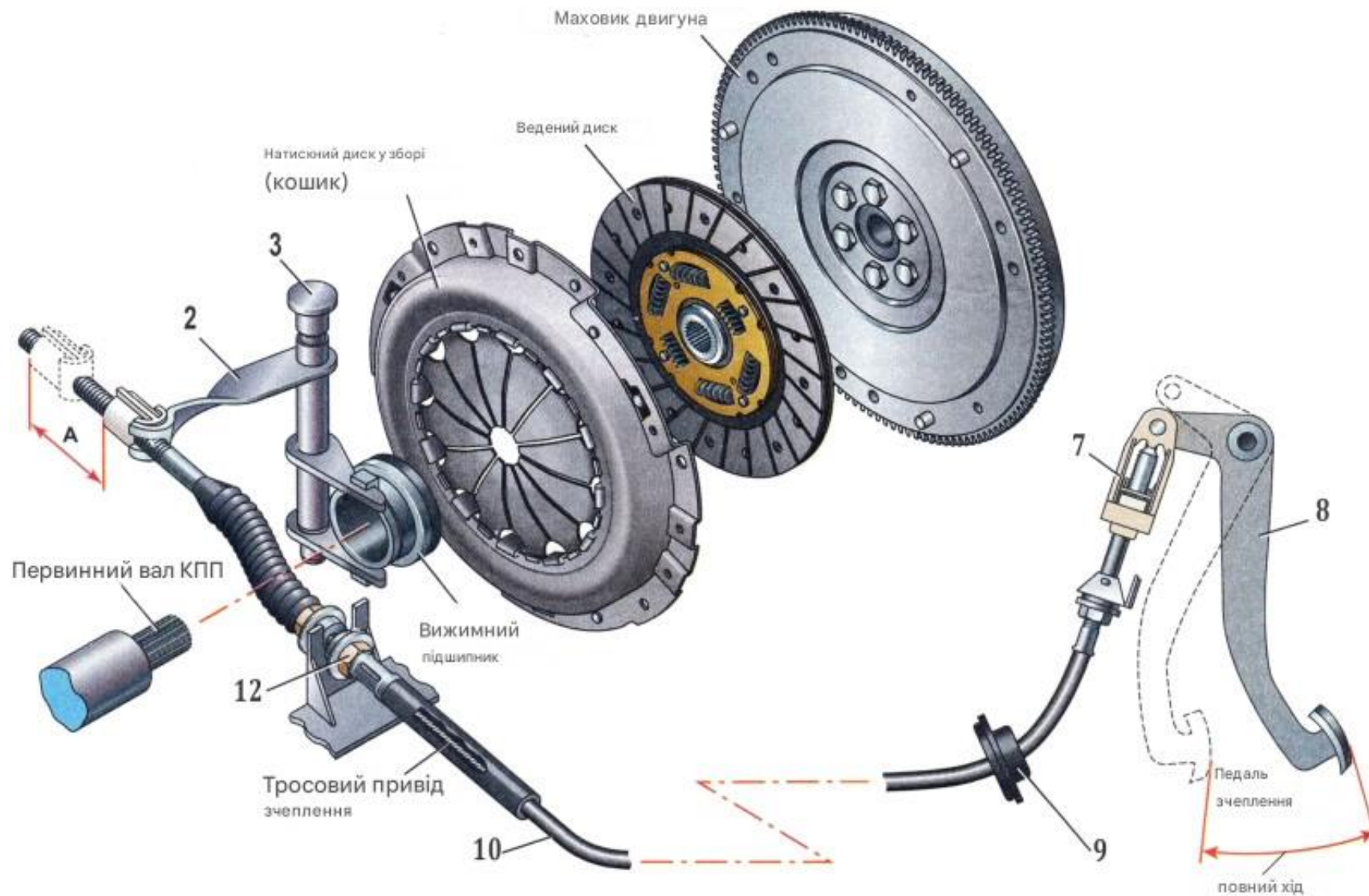


Рисунок 2.2 – Будова зчеплення



Рисунок 2.3 – Сухе дводискове зчеплення

58

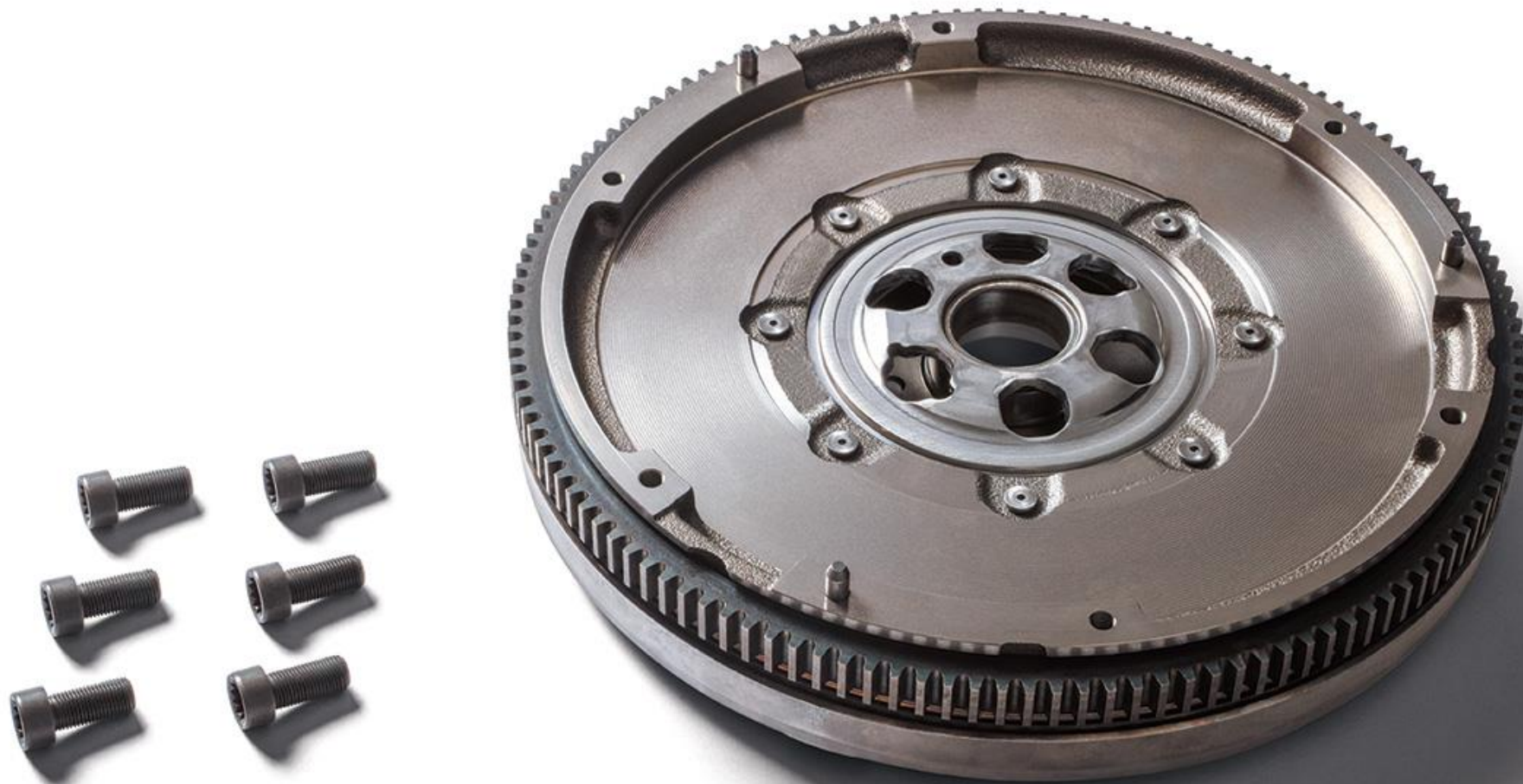


Рисунок 2.4 – Зчеплення двомасового маховика

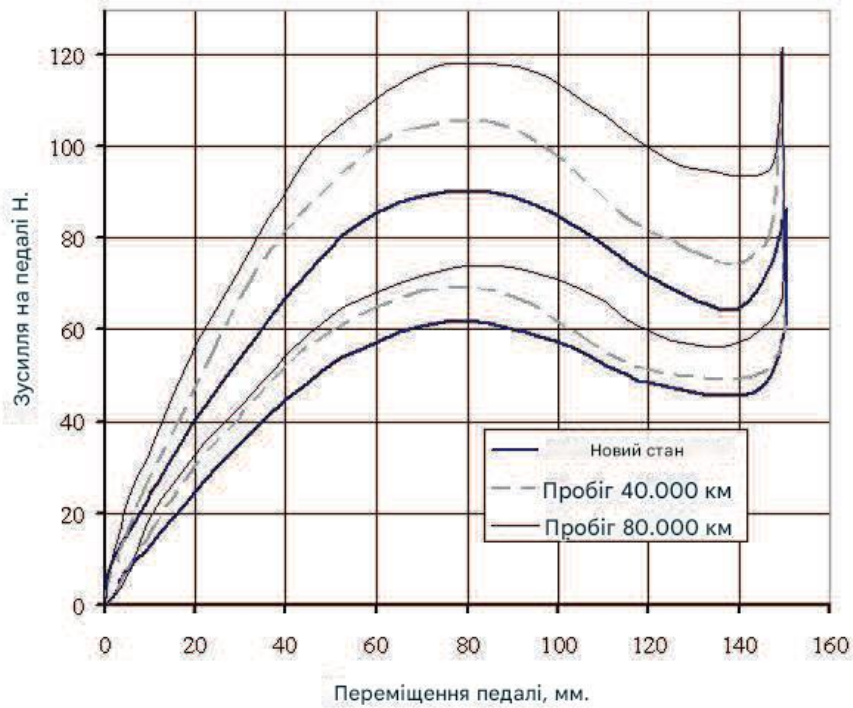


Рисунок 2.5 – Результати вимірів характеристики «сила-переміщення» на педалі зчеплення

59

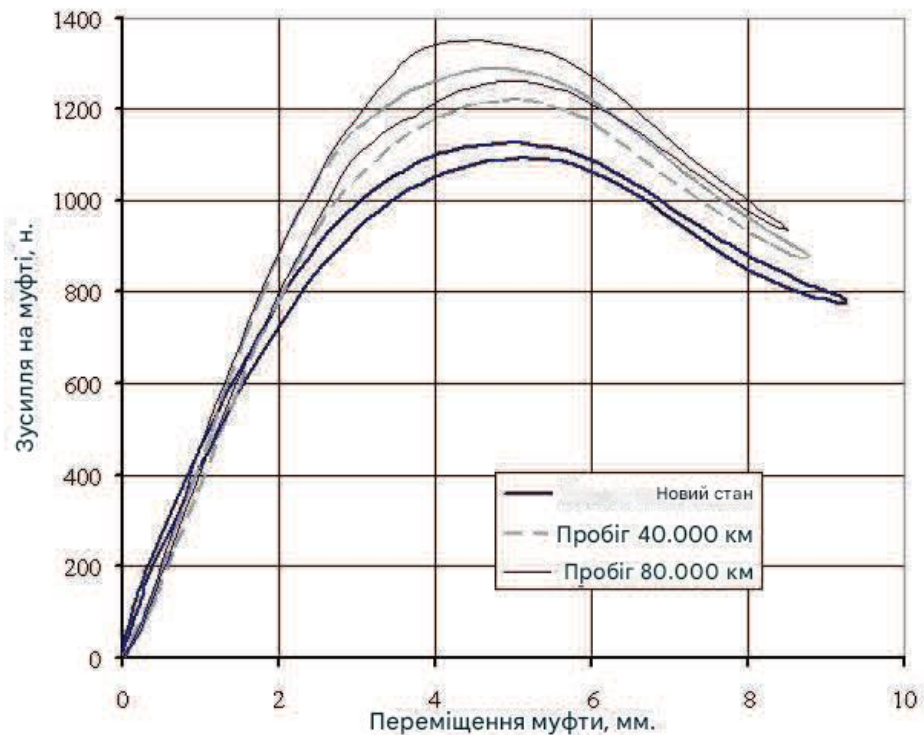


Рисунок 2.6 – Результати вимірів характеристики «сила-переміщення» на муфті вимикання зчеплення

60

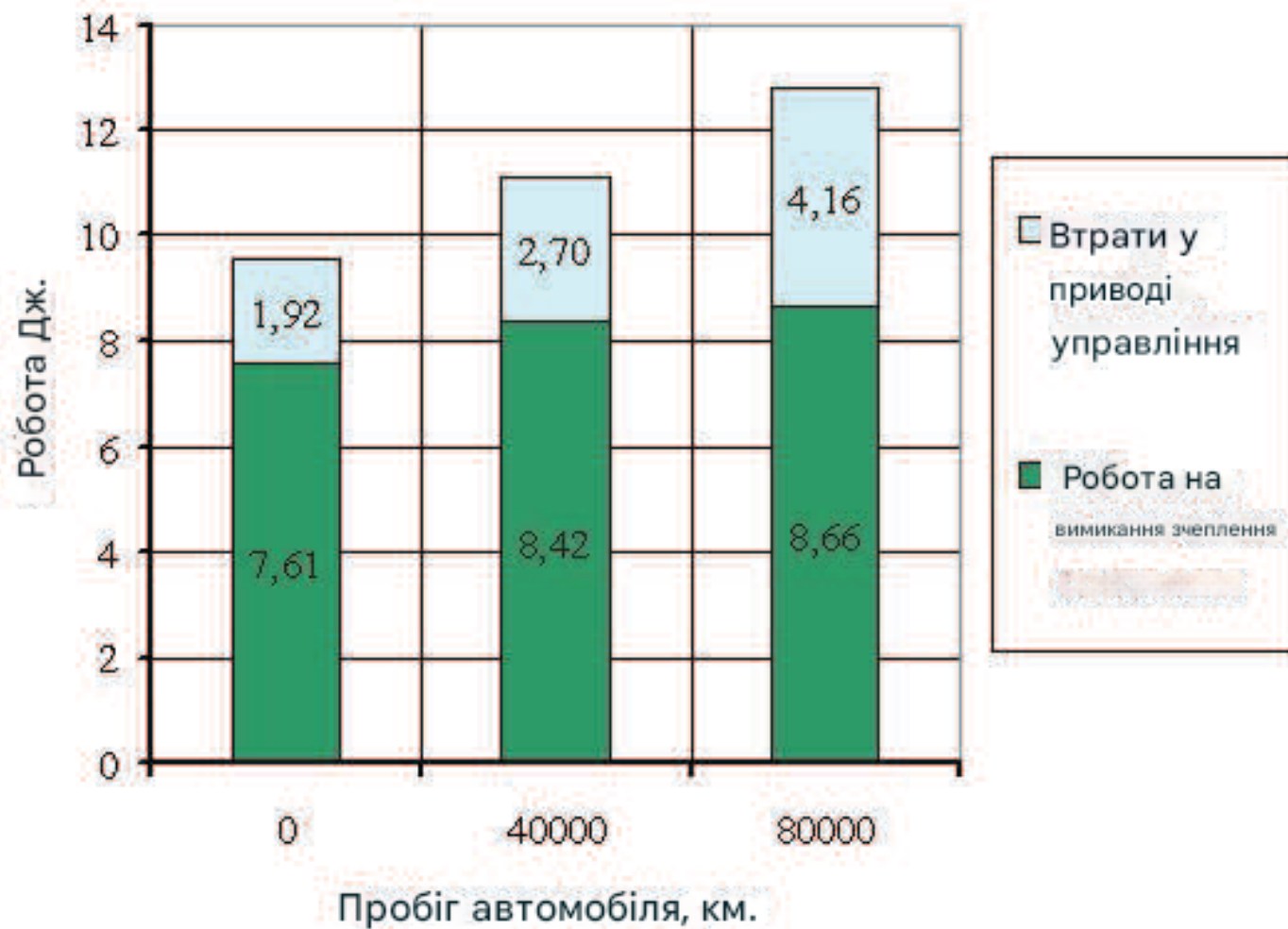


Рисунок 2.7 – Залежність роботи на вимкнення зчеплення від пробігу автомобіля

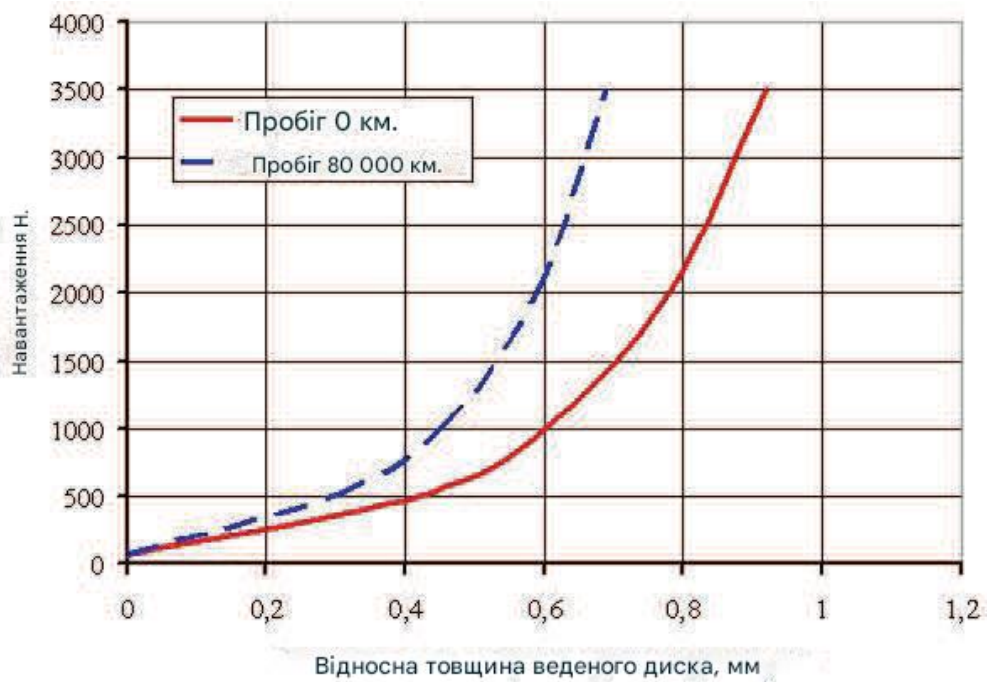


Рисунок 2.8 – Характеристика осьової пружності веденого диска

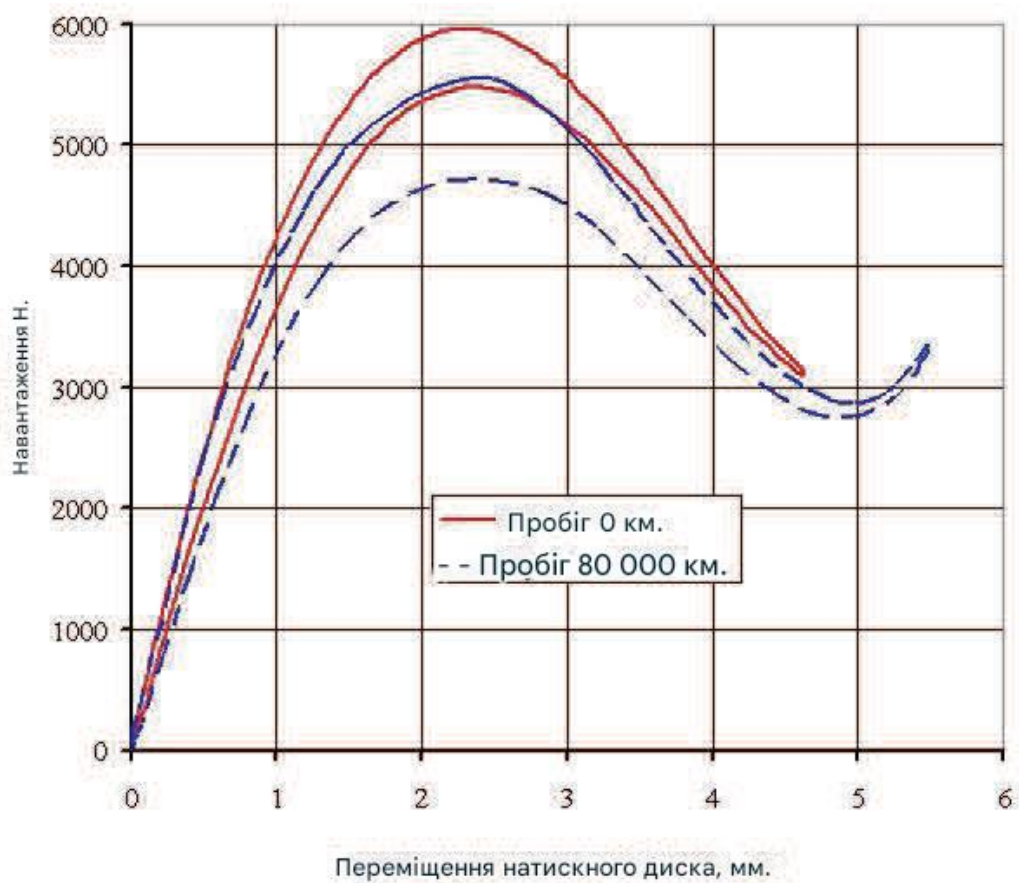


Рисунок 2.8 – Характеристика пружності розрізній тарілчастої пружини в складі натискного диска зчеплення

62

Mathcad - [5.7]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

$a'_i :=$	$d_i :=$	$j_i :=$
8.26	18.4	15000
4.26	18.4	15000
1.03	4.3	11350
0.31	4.5	11350
0.71	11.05	11350
2.4	1.2	15000
0.71	6.15	15000

$a'_i := a'_i + OЦ$

$a_{e_i} :=$
8.27
4.27
1.04
0.32
0.72
2.41
0.72

$L_{\text{ср}} := 3.5 \cdot \sum_i \left( \frac{j_i \cdot d_i}{a_{e_i} \cdot 100} \right)$

$L = 21501.65$

Нажмите F1, чтобы открыть справку.

АВТО NUM Страница 1 20:38 25.12.2025

Рисунок 3.1 – Розрахунок довговічності роботи фрикційних накладок зчеплення за допомогою Маткад 15

## ВИСНОВКИ

За результатами виконання магістерської роботи сформульовано такі висновки:

- Проведено аналіз діяльності ПВКФ «В.С.К.» (м. Івано-Франківськ) та описано його організаційну структуру.

- На основі аналізу літературних джерел розглянуто принцип роботи автомобільного зчеплення та класифіковано його основні типи.

- Особливу увагу приділено диску зчеплення як ключовому елементу системи; досліджено специфіку його роботи та надано рекомендації щодо продовження терміну експлуатації.

- Встановлено зміни характеристики «сила–переміщення» на педалі зчеплення зі збільшенням пробігу автомобіля.

63

- Виконано аналіз трансформацій у системі приводу зчеплення та самому зчепленні, що відбуваються в процесі експлуатації.

- Проведено розрахунок зношування фрикційних накладок; на основі математичного моделювання отримано емпіричну формулу для визначення терміну їх служби. Запропонована методика може бути використана для прогнозування величини зношування та тривалості роботи накладки.

- Описано правила охорони праці на підприємстві відповідно до чинного законодавства, заходи з попередження пожеж та нещасних випадків, а також вимоги до керівництва щодо контролю їх дотримання.

- Відповідно до технічних документів наведено норми, яким повинен відповідати транспортний засіб.

Виконано розрахунок параметрів штучного та природного освітлення.