

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

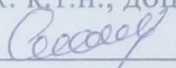
на тему:

«Вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2АТ-22м
спеціальності 274 – Автомобільний
транспорт

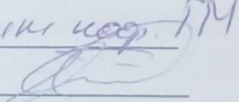

Кузнєцов О.Д.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ


Смирнов Є.В.

« 4 » 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ


Бекашев Д.В.

« 8 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ


к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 11 » грудня 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 рік

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

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

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

« 19 » 09 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кузнецову Олександрю Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця,

керівник роботи Смирнов Євгеній Валерійович, к.т.н., доцент,

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

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

2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; рухомий склад та виробнича структура транспортного підрозділу ПП «Промінь»; показники виробничо-технічної бази транспортного підрозділу ПП «Промінь»; об'єкт дослідження – процеси тертя та зношування в рухомих з'єднаннях ходової частини вантажних автомобілів, а саме шворневий вузол ходової частини.

4. Зміст текстової частини:

1 Стан проблеми відновлення вузлів тертя. Аналіз функціонування транспортного підрозділу ПП «Промінь».

2 Теоретичне обґрунтування методу відновлення шворневих вузлів.

3 Дослідження технології відновлення шворневого вузла композиційними матеріалами.

4 Технологічний процес відновлення шворневого вузла композиційними матеріалами.

5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

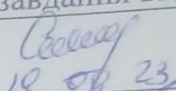
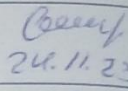
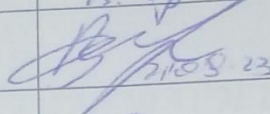
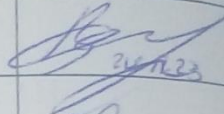
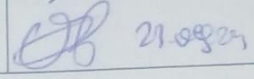
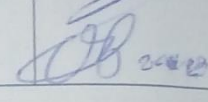
1-3 Тема, мета та завдання дослідження.

4 Класифікація композиційних матеріалів.

5 Характеристика транспортного підрозділу ПП «Промінь»

- 6 Модель тертя в рухомих шворневих вузлах
 7 Дослідження тертя поверхонь шворневого вузла
 8 Дослідження характеристик матеріалу, з якого виготовляється втулка.
 9 Карта технологічного процесу відновлення шворневого вузла.
 10 Дослідження структури втулки з поліефіркетону.
 11 Визначення ефективності запропонованих рішень.
 12 Висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Смирнов Є.В., доцент кафедри АТМ	 19.09.23	 24.11.23
Визначення ефективності запропонованих рішень	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ	 21.09.23	 21.11.23
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДПБ	 21.09.23	 24.11.23

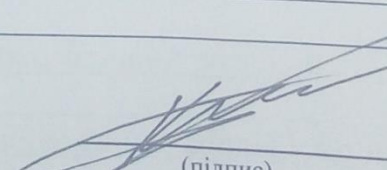
7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2023 р.

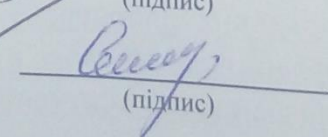
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Кузнецов О.Д.

Смирнов Є.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.113

Кузнєцов О.Д. Вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 –Автомобільний транспорт, освітня програма – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2023. 90 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 34 назви; рис.: 18; табл. 20.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання вдосконалення технології відновлення шворневих вузлів вантажних автомобілів, шляхом розточування зношеного шворня та виготовлення нової втулки з поліефірефіркетону. У розділі 1 проаналізовано стан проблеми відновлення вузлів тертя; проаналізовано стан виробничо-технічної бази транспортного підрозділу ПП «Промінь». В розділі 2 виконано теоретичне обґрунтування методу відновлення шворневих вузлів вантажних автомобілів. В розділі 3 виконано дослідження технології відновлення шворневого вузла із застосуванням перспективного композиційного матеріалу – поліефірефіркетону. В розділі 4 розроблено технологічний процес відновлення шворневого вузла із застосуванням поліефірефіркетонкової втулки та визначено його ефективність. В розділі охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях розроблено технічні рішення щодо техніки безпеки, виробничої санітарії, безпеки в надзвичайних ситуаціях при виконанні робіт.

Графічна частина складається з 14 плакатів.

Ключові слова: шворневий вузол, композиційні матеріали, відновлення, тертя, поліефірефіркетон.

ABSTRACT

UDC 629.113

Kuznetsov O.D. Improvement of the process of restoration of pivot assemblies with the use of composite materials in the conditions of the transport division of the private enterprise "Promin", Vinnytsia. Master's qualification work on specialty 274 – Automobile transport, educational program – Road transport. Vinnytsia: VNTU, 2023. 90 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 34 titles; Fig.: 18; table 20.

In the master's qualification work, the issue of improving the technology of restoring the pivot assemblies of trucks by boring out the worn pivot and manufacturing a new sleeve from polyether ether ketone was worked out. Chapter 1 analyzes the state of the problem of restoring friction nodes; the state of the production and technical base of the transport division of PE "Promin" was analyzed. In chapter 2, the theoretical justification of the method of restoring pivot assemblies of trucks is performed. In chapter 3, the research of the technology of restoration of the pivot assembly using a promising composite material - polyetheretherketone is carried out. In chapter 4, the technological process of restoring the pivot assembly using a polyetheretherketone bushing is developed and its effectiveness is determined. In the section on labor protection and safety in emergency situations, technical solutions have been developed regarding safety techniques, industrial sanitation, and safety in emergency situations during the performance of works.

The graphic part consists of 14 posters.

Key words: pivot assembly, composite materials, restoration, friction, polyetheretherketone.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 СТАН ПРОБЛЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПІДРОЗДІЛУ ПП «ПРОМІНЬ»	8
1.1 Аналіз відмов та умов експлуатації шворневих вузлів	8
1.2 Огляд способів відновлення деталей транспортних засобів	9
1.3 Застосування композиційних матеріалів при ремонті та відновленні вузлів тертя	16
1.4 Обґрунтування методу відновлення шворневих з'єднань	22
1.5 Загальна характеристика транспортного підрозділу ПП «Промінь».....	24
1.6 Аналіз складу, структури і стану рухомого складу	25
1.7 Аналіз структури і стану виробничо-технічної бази	27
1.7.1 Огляд існуючої структури виробничо-технічної бази	27
1.7.2 Аналіз стану виробничо-технічної бази	28
1.8 Висновки	29
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВІДНОВЛЕННЯ ШВОРНЕВИХ ВУЗЛІВ.....	31
2.1 Теоретичні основи математичного опису кінематики рухомих сполучень вузлів тертя	31
2.2 Теоретичні основи причинно-наслідкових зв'язків технологічних факторів та показників процесу відновлення вузлів тертя ходової частини транспортних засобів.....	33
2.3 Рівняння моделі тертя в рухомих шворневих вузлах, що контактують.....	36
2.4 Дослідження тертя поверхонь шворневого вузла, що сполучаються.....	38
2.5 Висновки	46
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ШВОРНЕВОГО ВУЗЛА КОМПОЗИЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ.....	47
3.1 Визначення оціночних показників відновлення деталей вузлів тертя з використанням композиційних матеріалів	47
3.2 Дослідження мікроструктури матеріалу, що виготовляється	52

	5
3.3 Дослідження твердості по довжині та товщині робочої поверхні	58
3.4 Дослідження твердості за площею	59
3.5 Висновки	61
4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ШВОРНЕВОГО ВУЗЛА КОМПОЗИЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ	62
4.1 Розробка технологічного процесу відновлення вузлів тертя	62
4.2 Визначення коефіцієнта довговічності	66
4.3 Дослідження структури втулки з поліефіркетону	68
4.4 Оптимізація параметрів технологічного процесу та визначення технологічної собівартості заміни деталі	70
4.5 Розрахунок економічного ефекту від застосування способу відновлення шворневих вузлів виготовленням втулок з композиційних матеріалів	75
4.6 Висновки	76
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	77
5.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці	78
5.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони	78
5.1.2 Виробниче освітлення.....	79
5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання	81
5.1.4 Виробничі випромінювання	82
5.2 Технічні рішення щодо безпеки під час проведення вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу ПП «Промінь» місто Вінниця.....	83
5.2.1 Безпека щодо організації робочих місць	83
5.2.2 Електробезпека	84
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	84
5.4 Висновки	86
ВИСНОВКИ.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88
Додаток А (обов'язковий) Ілюстративна частина	91
Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	

ВСТУП

Актуальність теми. Прискорення темпу вантажних перевезень, щорічне збільшення вартості проведення ремонтних робіт обумовлюють необхідність підвищення довговічності автотранспортних засобів.

Як відомо, основними причинами відмов вантажних автомобілів є дефекти елементів їх основних механізмів ходової частини. Недоліками технічного рішення штатного шворневого вузла вантажних автомобілів є наявність заводських втулок, виконаних з пластику або бронзи, які в процесі експлуатації під впливом знакозмінних ударних навантажень зношуються, що призводить до появи значних люфтів, а як наслідок порушуються кути розвалу та сходження коліс, що призводить до погіршення керованості автомобіля та рівня безпеки руху, значного зношування шин.

За рекомендаціями виробників автомобілів, ці вузли при їх зносі рекомендовано бракувати, їх ремонт не передбачений і проводиться заміна всього вузла.

Одним із способів вирішення цієї проблеми є можливість заміни зношених втулок шворневих вузлів та виготовлення їх під ремонтний розмір з поліефіркетону. Таким чином, дослідження, направлені на підвищення довговічності шворневих вузлів автотранспортних засобів за допомогою композиційних матеріалів, має важливе значення в галузі забезпечення надійності та безпеки вантажних автомобілів, а також є актуальним науково-практичним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження по темі магістерської роботи належить до основних наукових напрямків кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного технічного університету.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є вдосконалення відновлення шворневих вузлів вантажних автомобілів в умовах ПП «Промінь» методом ремонтної деталі шляхом використання композиційного матеріалу з

поліпшеними властивостями – полієфірефіркетону.

Задачі магістерської кваліфікаційної роботи:

- провести аналіз методів підвищення довговічності вузлів композиційними матеріалами з метою оцінки можливості їх застосування для шворневих вузлів автотранспортних засобів;
- описати математичну модель тертя рухомих з'єднань вузлів ходової частини транспортних засобів за допомогою полієфірефіркетону;
- провести дослідження технології відновлення шворневого вузла та його фізико-хімічних характеристик при застосуванні втулки з полієфіркетону;
- розробити технологічний процес відновлення шворневих вузлів, із застосуванням даного матеріалу — полієфіркетону;
- виконати оцінку ефективності застосування даного способу відновлення шворневих вузлів на прикладі транспортного підрозділу ПП «Промінь».

Об'єктом дослідження є процеси тертя та зношування в рухомих з'єднаннях ходової частини вантажних автомобілів, а саме шворневий вузол ходової частини.

Предметом дослідження є триботехнічна система шворневого вузла ходової частини вантажних автомобілів.

Новизна роботи:

- отримали розвиток залежності вихідних параметрів технологічного процесу відновлення вузлів тертя ходової частини із застосуванням композиційних матеріалів при ремонті деталей автопоїздів з експлуатаційними показниками;
- розроблено перспективний технологічний процес відновлення шворневих вузлів ходової частини вантажних транспортних засобів.

Апробація результатів. Основні положення магістерської роботи апробовано на всеукраїнській науково-технічній інтернет-конференції конференції Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024).

Публікації. За результатами виконання магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані 1 тези доповідей [19].

1 СТАН ПРОБЛЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПІДРОЗДІЛУ ПП «ПРОМІНЬ»

1.1 Аналіз відмов та умов експлуатації шворневих вузлів

Тертя супроводжує людину всюди. Воно є благом і породжує численні проблеми. За відсутності тертя людина не змогла б переміщатися, не могли б працювати машини, рухатися поїзди. Але тертя це причина величезних енергетичних втрат, основна причина руйнування деталей, виходу з ладу техніки. Величезні витрати на відновлення машин та їх деталей, що виходять з ладу внаслідок зношування. Понад 80% витрат утримання рухомого складу пов'язані з його ремонтом. Тому вивчення процесів тертя та зношування, прагнення керувати ними, завжди цікавило людину.

Прискорення темпу вантажних перевезень, щорічне збільшення вартості проведення ремонтних робіт обумовлюють необхідність підвищення довговічності вузлів тертя автомобіля, зокрема ходової частини (шворневих вузлів) автотранспортних засобів. Коректність та обґрунтованість методик розрахунків триботехнічних з'єднань ходової частини суттєво впливають на їх надійність та довговічність.

На сьогоднішній день існує проблема недостатнього напрацювання технічного рішення штатного шворневого вузла автопоїздів, втулка якого виконана із пластику чи бронзи. При цьому виникає необхідність дослідження, як у процесі експлуатації під впливом знакозмінних ударних навантажень шворневі вузли зношуються та з'являються великі люфти, внаслідок чого порушуються кути розвалу та сходження коліс, як наслідок, це призводить до інтенсивного зношування, погіршення керуваності автомобіля та рівня безпеки руху.

Дослідження [30] показали, що відмова (близько 70%) рульового управління відбувається за рахунок посиленого зносу шворневих вузлів у автомобілях, за якими велося спостереження.

Більшість відмов мають місце у спряженнях ходової системи вантажного автомобіля, а саме таких вузлів, як колеса, напрямні пристрої, рама, підвіска. При цьому близько третини припадає на шворневі вузли ходової частини. У зв'язку з цим у виробників виникає питання щодо збільшити довговічність цих вузлів.

Явище абразивного зношування, яке є однією з основних причин відмов транспортних засобів, виникає при попаданні в триботехнічні вузли абразивних частинок продуктів зношування з дороги розміром до 1 мм. Воно особливо інтенсивно виникає у тих транспортних засобів, що працюють у кар'єрах і перевозять вантажі, в основному, не асфальтованими дорогами.

1.2 Огляд способів відновлення деталей транспортних засобів

Розвитку галузі автомобільного транспорту сприяє процес перевезення вантажів з високою швидкістю переміщення і гнучкість за невисокої вартості, що впливає на економічний розвиток країни. Одне з основних завдань автомобільних перевезень, разом зі збільшенням показників надійності, економічності та довговічності автомобілів – це покращання їх експлуатаційних властивостей. Жорстка конкуренція із залізничним транспортом додатково підвищує значущість згаданого завдання.

Явища зношування та тертя безпосередньо впливають на довговічність та надійності транспортних засобів. Порушення герметичності, зазори з'єднаних одна з одною деталей, значні вібрації, гідравлічні та механічні удари, все це результат зношування. Підвищена температура у сполученнях, втрата потужності, підвищені витрати паливної енергії, це результат тертя. Зношування та тертя залежить одне від одного безпосередньо: зношування деталей призводить до збільшення або зменшення тертя і навпаки.

Індивідуальний підхід до споживача є ключовою особливістю під час виготовлення транспортних засобів, що застосовують виробники останнім часом. За рахунок цього одна і та сама модель автомобіля може бути виготовлена в

різних модифікаціях. Можуть застосовуватись різні двигуна, коробки передач, форма та фарбування кабіни, кузова тощо. Однак зміни в початковій комплектності автомобіля, можуть призводити до необхідності перевірки його працездатності та контролю режимів роботи, що змінилися.

Стан будь-якого автотранспортного засобу в процесі експлуатації не ставатиме кращим, особливо якщо його супроводжують постійні відмови, які є наслідком ослаблення різьбових з'єднань, підвищеного тертя, надмірної деформації тощо. Усі деталі та вироби, що перебувають у рульовому керуванні вантажного автомобіля, мають обмежений ресурс, а при його перевищення спричиняють зміну основних параметрів, показники яких намагаються покращити в процесі виробництва: витрата палива, плавність ходу, зношування шин, кути установки коліс тощо.

Відведення автомобіля убік. Основні причини: зміна форми однієї або декількох деталей підвіски, заклинювання або надмірне тертя в обертальних елементах, різниця тиску в шинах, порушення положення осей мостів одного щодо іншого, підвищене биття коліс.

Шум у підвісці. Основні причини: недостача мастила в елементах, що труться, послаблення різьбових з'єднань, збільшення люфту в підшипниках, критичний знос деталей, що труться, зміна форми деталей.

Вібрація на рульовому колесі. Основні причини: биття коліс та їх розбалансування; зміна форми коліс і шин.

Передчасний знос шин. Можливі причини: підвищений тиск повітря.

Підвищене зношування крайніх частин протектора шини. Можливі причини: недостатній тиск повітря у шинах.

Протектор нерівномірно зношується. Основні причини: підвищене биття коліс; збільшені зазори у шарнірних з'єднаннях підвіски.

Однією з дисциплін, що вивчає знос та тертя у деталях машин є трибологія. А наукою, яка вивчає підвищення зносостійкості за допомогою застосування перспективних та інноваційних матеріалів є триботехніка.

Ще з початку минулого століття бурхливий розвиток автомобільної промисловості спонукав вчених до вивчення проблем, пов'язаних з тертям. На сьогодні трибологія є окремим від усіх інших науковим напрямком. Підготовкою фахівців у цій галузі займаються практично у всіх країнах світу з метою досягнення економічної вигоди. Отримані знання та досвід у галузі трибології дозволили скоротити витрати на капітальний ремонт та спрямувати вивільнені кошти на розвиток підприємств.

Згідно з основами трибології, поверхні деталей, що контактують між собою, ніколи не можуть бути ідеальними і завжди містять мікрорельєф. Причому нерівності на одній деталі ніколи не можуть збігатися з іншою. Один із основоположників трибології Ф. Боуден якось сказав: «Накладення двох твердих тіл одного на інше подібне до накладання швейцарських Альп на перевернуті австрійські Альпи - площа контакту виявляється дуже малою». Основним джерелом тертя руху є опір у зоні контакту. При цьому опір зрушенню залежить від природи матеріалів, що стикаються [2].

Відновленням називають набір послідовних операцій з надання виробу первісної форми та розмірів шляхом нанесення покриттів, що не поступаються за складом та якістю вихідним матеріалам. В світі налічується близько чотирьох десятків способів відновлення та понад дві сотні їх підвидів [27].

Основними труднощами ремонтного виробництва є підвищення якості ремонту автомобілів, поряд із зменшенням його собівартості. Незважаючи на рост цін, запасні частини залишаються дефіцитними в умовах ринку, на їх придбання приходить 65-75% витрат у структурі собівартості капітального ремонту. За умови кваліфікованого виконання розбиральних робіт автомобілів та перевірки деталей на працездатність, можна досягти скорочення витрат на запасні частини, що є головною складовою на шляху до зниження собівартості ремонту. Так як собівартість відновлення основної маси деталей не перевищує 30-70% ціни купівлі нових, відновлення та вторинна експлуатація зношених деталей є основним резервом у вирішенні задачі. Слід зазначити, що витрати металу, матеріалів та енергії при відновленні деталей, нижчі за витрати при виробництві

нових. Це, у свою чергу, дозволить вирішити проблеми екології, скоротити енергетичні та матеріально-сировинні ресурси. Отже, шляхом реставрації деталей можна знизити собівартість ремонту, а у багатьох випадках ще й підвищити їх якість [27].

Спосіб відновлення деталі - це сукупність операцій, що характеризує технологічний процес (напилення, наплавлення тощо).

Метод додаткової деталі. Суть методу полягає у збільшенні вихідного розміру деталі та інтегруванні до неї нової деталі (наприклад втулки) з пресовою посадкою. З урахуванням умов експлуатації з'єднання, деталь якого відновлюється, в якості допоміжних деталей можуть бути використані втулки зі сталі, композиційних матеріалів, кольорових металів тощо. При використанні в роботі даного методу необхідно враховувати таке:

- нерівномірний знос відновлюваної деталі загрожує утворенням зазору між додатковою та відновлюваною деталлю, що відповідно призведе до зносу підвищеної інтенсивності;
- зміна форми внутрішньої поверхні деталі, що відновлюється, тягне за собою ряд труднощів, що полягають у підборі додаткової втулки необхідного розміру;
- значний знос або тонка стінка деталі, що відновлюється, може призвести до деформації її поверхні [25].

Відновлення деталей полімерними матеріалами. Ремонт деталей за допомогою полімерних матеріалів (пластиків) дозволяє створювати зносостійкі покриття, зашпаровуючи отвори і тріщини, вирівнюючи поверхні, склеюючи деталі, закриваючи пори в будь-яких деталях, включаючи важкодоступні місця, герметизувати шви і створювати натяг в з'єднанні. У деяких випадках пластмаси та клейові склади є гарною заміною хромуванню та сталюванню, пайці, зварюванню, або бути єдиним засобом відновлення деталей [14].

Виділяють дві групи пластмас, які використовуються в ремонті:

1. терморективні (реактопласти) - твердіють і втрачають свої пластичні властивості при нагріванні. Їх застосовують у вигляді різних композицій в

рідкому або пастоподібному стані з метою герметизації, нарощування, склеювання, заробляння пробоїн та тріщин. Основною складовою таких матеріалів є смоли [22].

2. термопластичні (термопласти) - зберігають свої пластичні властивості при нагріванні і не твердіють. До них відносяться поліаміди, капрон, кетон та інші. Використовують для виготовлення та нарощування деталей [22].

Рідкі клейові суміші поставляються готовими до використання, зручні у використанні та мають хороші діелектричні властивості. Клей марки БФ являє собою спиртовий розчин термореактивної смоли. Клей БФ-2 використовується для склеювання і нарощування металевих деталей, які працюють при температурах 55-85°C і вище, а БФ-4 – у випадках, коли потрібна висока еластичність і вібростійкість. Клей БФ-6 використовується для з'єднання металу з пластиком і тканиною. З'єднання, створені за допомогою цих клеїв, будуть стійкі до дії нафтопродуктів і кислот у концентраціях нижче 25%, води та холоду [22].

Клей ВС-ЮТ виготовляється з розчину синтетичної смоли в органічних розчинниках, стійкий до води, холоду, нафтопродуктів, вогню. Сфера його застосування включає нарощування, склеювання різнорідних металів і неметалевих матеріалів у будь-якому вигляді поєднання. Його клейова плівка має високу термостійкість. Ці сполуки витримують температуру 200°C до 5 годин. Може використовуватися для склеювання фрикційних накладок зчеплення.

Пастоподібні клейові склади. Для перетворення пасти в твердий стан з тістоподібного вводиться затверджувач. Пластифікатори підвищують стійкість плівки до перепадів температур, еластичність і ударну в'язкість. Для підвищення термостійкості і механічної міцності клейової композиції, зменшення усадки і зближення коефіцієнта термічного розширення пасти і відновлюваної частини в пасти додають наповнювачі що знижують вартість [22].

Порошкові термопласти широко застосовують у практиці ремонту для нанесення різних покриттів.

Капрон – поширений термопласт з хорошими фізико-хімічними властивостями, високою стійкістю до стирання і низьким коефіцієнтом тертя,

представник поліамідних смол. Приблизна температура плавлення 220°C. Твердість термопластів зростає при температурі нижче нуля. Має високі діелектричні властивості, стійкий до впливу масел, бензину, ацетону і лугів. Він має низьку теплопровідність, у 260-290 разів нижчу за метал, а також високий коефіцієнт лінійного розширення, що в 9 разів перевищує сталь. Поставляється у вигляді гранул розміром 8-9 мм, для подрібнення яких використовують кульовий млин. Подрібнену тверду вуглекислоту («сухий лід») і капронову крихту засипають у млин. При температурі кипіння -80 °С капрон стає крихким і без зусиль перемелюється в порошок. Основна сфера застосування включає виготовлення різного роду підшипників, шестерень, інших деталей, і нанесення декоративних і зносостійких покриттів на поверхні з металу.

Термопласт ПФ11-12 – це порошкоподібна суміш, температура плавлення порошку 220-240 °С. До його складу входять: 57% полівінілбутиралевої смоли, 20% графіту, 20% ідиолу та 3% уртопіна. Термопласт використовують при газополум'яному нанесенні покриттів на поверхню деталей для нарощування та усунення нерівності, вм'ятини, вибоїни [22].

Склеювання деталей. Для досягнення міцності клейового з'єднання деталей необхідно звернути увагу на якість підготовки поверхонь, що склеюється, площі контакту між двома деталями, зменшити товщину клейового шару, модифікувати термообробку при затвердінні клейових швів.

З'єднання деталей клеями має ряд переваг: можливість отримання герметичних та вібростійких з'єднань, стійких до впливу нафтопродуктів, відсутність внутрішніх напружень у клейовому шві, допустимість з'єднання між собою різних за своїм складом матеріалів: метали, фрикційні матеріали, пластмаси, тканини тощо. Температура, за технологією, має перевищувати 200 °С. Недоліками у цьому процесі є невисока міцність та низька теплостійкість [22].

Заробляння тріщин і пробоїн у деталях. Відмінною особливістю технології процесу заробляння тріщин і пробоїн у різних деталях, а також пошкоджень кавітаційного характеру в корпусних деталях є процес нарощування деталей пастами з попередньою обробкою місць пошкодження (рис. 1.1, а).

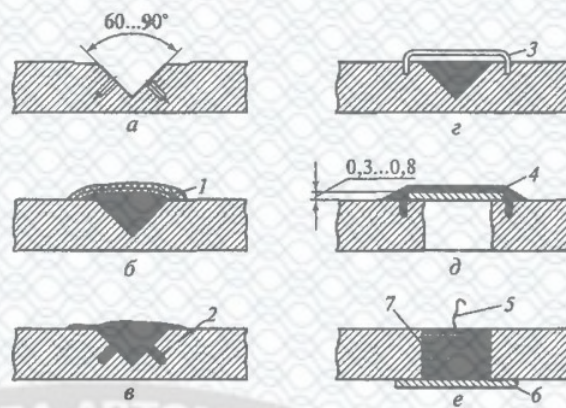


Рисунок 1.1 – Обробка та способи заробляння тріщин і пробоїн пастами: а - обробка тріщин; б - посилення шва склотканиною; в - те ж клейовими заклепками; г - те ж скобами; д - закладення пробоїни сталевую накладкою; е - те ж запідлице; 1 - склотканина; 2 - клейова заклепка; 3 - скоба; 4 - сталева накладка; 5 - дріт; 6 - підтримуюча пластина; 7 - тканина.

При обробці тріщин кромки розкривають під кутом 60-90°, з обох кінців свердлять отвори діаметром 2-3 мм. Для досягнення високої довговічності деталі, що ремонтується, є кілька способів: армувати шов по довжині металевими штифтами (рисунок 1.1, г), просвердлити технологічні отвори для встановлення клейових заклепок (рисунок 1.1, в) з певним кроком; укласти склотканину в декілька шарів (рисунок 1.1 б).

Відповідно до встановлених правил ремонту тріщин і пробоїн, для деталей з товстими стінками робляться отвори в два міліметри з кроком в тридцять міліметрів. Незалежно від товщини деталі поверхню, що відновлюється, необхідно очистити і знежирити. Багатокомпонентний полімер і армуюча тканина під час склеювання повинні покривати зону зламу на однаковій відстані в кожному напрямку не менше 10 мм [16].

На рис. 1.1, д показано схематичне зображення процесу відновлення пробоїн. Перед накладанням сталеві латки, товщиною приблизно 0,5 мм, у отвори, просвердлені заздалегідь, заливають багатокомпонентний полімер. Остаточо цей ремонтний вузол закривають декількома шарами армуючої

тканини (вуглецевого- або скловолокна). При заробленні дефекту, що утворився за підлице, до деталі, що відновлюється, прикріплюють тимчасову пластину, від якої йде волосінь і заливають полімером з подальшим укладанням армуючої тканини. Після того як відбудеться полімеризації багатокомпонентного полімеру, тимчасову пластину видаляють, залишок волосіні зрізають (рис. 1.1, е).

1.3 Застосування композиційних матеріалів при ремонті та відновленні вузлів тертя

Композиційні матеріали (композити) – це сукупність компонентів, що складається з армованої наповнювачами матриці (пластикової основи), яка характеризується високою твердістю, довговічністю та стійкістю до механічних пошкоджень. З'єднуючи речовини, отримують новий матеріал з новими кількісними і якісними властивостями. Змінюючи склад основи і наповнювача, їх пропорції і орієнтацію наповнювача, ми отримуємо різноманітні матеріали з усіма необхідними нам властивостями. Багато композитів перевершують традиційні матеріали та сплави за механічними властивостями та вони легші. Введення до складу конструкції композиційних матеріалів призводить до зменшення її ваги, покращуючи при цьому механічні властивості [16].

До складу композитів входять компоненти, які містять різні матеріали: пластмаси, метали, кераміку, вуглець та інші. Багатокомпонентні композити можуть поєднувати кілька матриць в одному матеріалі або включати багато різних наповнювачів. Матриця забезпечує стійкість до можливих зовнішніх впливів, монолітність матеріалу, передачу навантажень. Твердість, міцність і деформованість матеріалів залежать від наповнювача [18].

Структура композиційних матеріалів. Класифікація композитів за структурою: дисперсно-зміцнені, волокнисті, шаруваті, зміцнені частинками, нанокompозити. Волокнисті композити складаються з волокон або ниткоподібних кристалів, за рахунок чого матеріал отримує якісно нові механічні властивості

[18]. Зміна розміру, орієнтації та концентрації волокон відповідно змінює властивості матеріалу. За рахунок додавання волокон провідників можна створити електропровідний вздовж заданої осі матеріал, а армування матеріалу волокнами надає йому анізотропні властивості.

Матриця та наповнювач у шаруватих композитах представлені у вигляді шарів. Прикладом є особливо міцне скло, армоване кількома шарами полімерних плівок [18].

Матрицю інших класів композитів наповнюють частинками армуючої речовини, де основна відмінність полягає у розмірі цих частинок. У складі нанокompозитів розмір частинок знаходиться в межах від 15 до 95 нм, у дисперсно-зміцнених композитах – від 0,02 до 0,2 мкм, а композитах, що зміцнені частинками – розмір частинок перевищує 1,5 мкм [18].

Полімерні композиційні матеріали. Композити, матрицею яких є полімерний матеріал, знайшли безліч застосувань у самих різних галузях. Прикладом може бути виробництво авіаційної та аерокосмічної техніки, де їх використання дозволяє економити до 30% ваги апарата, що, в свою чергу, є економічно вигідним.

А) Склопластик - це полімерний композит, виготовлений з утворення розплавленого неорганічного скла з включенням скляних волокон. Вони виготовлені на основі термореактивних синтетичних смол і термопластичних полімерів, мають високі електроізоляційні властивості, низьку теплопровідність, високий електричний опір і прозорі для радіохвиль. Вперше склопластики було використано в середині сорокових років 20 століття у виробництві деталей для формування антен. Щоб подолати дефекти крихкої матриці, в перші армовані склопластики вводилась невелика кількість волокна. Потім матриця починає виконувати іншу функцію, яка полягає в з'єднанні між собою міцних волокон, основна вага яких може досягати більше 3/4 ваги виробу.

Склотекстоліт — це шаруватий матеріал, в якому в якості наповнювача використовується тканина зі скловолокна. Через низьку вартість склопластики

використовується в багатьох галузях промисловості: будівництві, радіоелектроніці, суднобудуванні та ін.

Б) Вуглепластики - це полімерний композиційний матеріал, основним наповнювачем якого є вуглецеві волокна, які виготовляють із синтетичних та природних волокон на основі целюлози, акрилонітрилу, спеків з кам'яного вугілля, нафти та ін. [18, 22].

Для отримання високовуглецевих волокон використовують кілька стадій термічної обробки волокон: окислення – 230°C, карбонізацію – 1100-1600°C, графітизацію – 1700-3100°C. Структура вуглецевого волокна залежить від сировини та методу обробки [18, 22].

Використання одних і тих же матриць для виробництва склопластиків і вуглепластиків робить їх дуже привабливими для виробників, в більшості випадків використовуються термореактивні полімери і термопласти. Порівняльний аналіз вищевказаних композитів дозволяє виявити таке: вуглепластики мають більш високу межу текучості, низьку щільність, високу міцність і малу вагу. До особливих показників вуглепластику відносяться також електропровідність, коефіцієнт лінійного розширення, майже рівний 0, стійкість до корозії, чутливість до точкових ударів, складність обробки та повторного використання.

Вуглевуглепластики – найбільш термостійкі композиційні матеріали на вуглеграфітовій основі. Їх створюють шляхом поєднання вуглецевих волокон і вуглецевої матриці. Характеризуються тривалою здатністю витримувати дуже високі теплові навантаження (до 3100 °C) в інертних або відновлювальних середовищах. Є декілька способів виготовити матеріали такого типу. Перший спосіб передбачає просочення вуглецевих волокон фенолформальдегідною смолою, після чого волокна піддають впливу дуже високих температур, в результаті чого відбувається піроліз органічних речовин та утворення вуглецю. Процес багаторазово повторюють з метою надання матеріалу більш високої густини та меншої пористості.

Інший спосіб отримання вуглецевого матеріалу передбачає прожарювання графіту в атмосфері метану при високих температурах. В процесі піролізу метану утворюється дрібнодисперсний вуглець, який закриває всі пори у складі графіту. Густина графіту при цьому в 1,6 рази менша за густину одержуваного матеріалу.

Вуглепластики застосовують в машинобудуванні, ракетобудуванні, авіації, суднобудуванні, верстатобудуванні, нафтовій та газовій промисловості, металургії, виробництві космічної техніки в залізничному транспорті для виготовлення медичної техніки тощо.

В) Боропластики – композиційні матеріали з наповнювачами, що складаються з борних волокон у вигляді одиночних волокон, пучків, обгорнутих допоміжними скловолокнами, або стрічок, в яких борні волокна переплетені з іншими волокнами. До термореактивної полімерної матриці вводять борні волокна. Отриманий матеріал має високу міцність, жорсткість, довговічність, стійкість до важких умов і тепло- і електропровідність. Рівень робочої температури і термін служби виробу визначаються термостійкістю клею. Через трудомісткість процесу отримання борних волокон вартість їх виробництва дуже висока, що обмежує їх широке застосування [13].

Боропластики використовуються в авіаційній та аерокосмічній техніці в деталях, що піддаються тривалим навантаженням у важких умовах, допомагаючи зменшити вагу конструкції, підвищити жорсткість і експлуатаційну надійність виробу.

Г) Органопластики – це композиційні матеріали, наповнювачами яких є синтетичні, природні та штучні органічні волокна у вигляді різних матеріалів: волокон, пучків, тканин, паперу тощо. В матрицю термореактивних органічних смол входять епоксидні смоли, поліефірні, фенольні смоли та поліаміди. Наповнювач в цьому випадку становить майже половину матеріалу, тоді як в органічних пластмасах на основі термопластичних полімерів – поліетилену, ПВХ, поліуретану та інших – він коливається в межах від 2 до 70%. Особливі характеристики органопластиків: легші за склопластик та вуглепластик, мають

відносно високу міцність на розрив, низьку густину, високу стійкість до ударних і динамічних навантажень, низьку міцність на стиск і вигин. [18, 22]

Орієнтація макромолекул наповнювача є ключовим фактором для підвищення механічних властивостей органопластиків. У більшості випадків полімерні макромолекули з жорстким ланцюгом, подібні до поліпарафенілтерефталаміду (кевлар), орієнтовані в осьовому напрямку тканини, забезпечуючи високу міцність на розрив уздовж волокна. Органопластики використовуються як матеріали для обшивок, з них виготовляють грейферні деталі завдяки їх технологічності при намотуванні. Монолітна конструкція забезпечує високу стійкість до ударних і циклічних навантажень, високу стійкість до вібрації. Індивідуальний бронезилет виготовляється з матеріалу, армованого кевларом [13].

Органопластики знайшли своє застосування в галузях, що вимагають виняткової міцності та легкості: у машинобудуванні, автомобілебудуванні, авіаційній та аерокосмічній техніці, радіоелектроніці та інших галузях.

Д) Порошкові полімери. Ці полімери були винайдені в першій половині 20 століття. До складу першого порошкового матеріалу, бакеліту, входить деревне борошно і полімери, які піддаються тиску до початку повної кристалізації. На сьогоднішній день відомо більше тисячі активно використовуваних видів і наповнювачів для цих полімерів. Асортимент використовуваних наповнювачів величезний. Наприклад, крохмаль використовується як компонент біорозкладаних композитних матеріалів; сажа входить до складу поліетилену, гумових виробів і полістиролу; до складу термореактивних смол додають тальк, нітрид бору, діоксид титану, алюмінієву пудру (підвищують термостійкість і модуль пружності).

Е) Текстоліти - є багат шаровими полімерами на основі фенолформальдегідної смоли, що армована різними тканинами. Текстоліти винайдені на початку 20 століття. Спочатку їх використовували для покриття столів, далі їх сфера застосування значно розширилась, з'явилася можливість створювати об'ємні деталі. Перелік матеріалів, з яких виготовляють текстоліти,

також збільшився за рахунок термоактивних та реактивних полімерів та різноманітних наповнювачів з тканин [22].

Композиційні матеріали із металевою матрицею. Ці матеріали формуються з металевої матриці (мідь, алюміній, сталь) і наповнювача (волокна, стійкі до температури і високих навантажень на розтяг). Стійкість до температури і високих навантажень досягається за рахунок додавання 1/10 загальної маси матеріалів армуючих наповнювачів що містять бор, натрій, калій тощо. За рахунок додавання до складу матеріалів порошоків на основі оксиду цирконію та торію отримується здатність працювати при температурі від 1000 °С та вище.

Використання пластичних наповнювачів, коли матеріал містить керамічні компоненти, робить деталь більш стійкою до пошкоджень. Ці наповнювачі вводяться в матеріал різними способами, але з обов'язковим процесом спікання: просоченням волокна, порошковим зв'язуванням, гальванічним покриттям і т.д.

У другій половині 20 століття винайдений ще один метод, який здатний підвищити стійкість до температури та руйнування, який передбачає армування матеріалів монокристалом у вигляді ниток, завтовшки не більше 40 мкм. Як монокристали можуть бути використані оксиди вольфраму, молібдену, берилію, алюмінію та ін. Метод отримав застосування у аерокосмічній та ювелірній промисловості.

Керамікометалеві полімери. Різноманітність волокон, які можна використовувати для армування керамічних виробів, дуже мала. Це пояснюється хімічними властивостями кераміки. Однак, використовуючи волокна, що відкриваються (наприклад, металеві, завдяки дещо підвищеній міцності на розрив), можна отримати композитні матеріали з високою міцністю. Металокерамічні полімери, або скорочено металокераміка, стійкі до високих температур. Ці полімери отримують шляхом спікання під високим тиском і використовуються в промисловості, де потрібна стійкість до високих температур, термічного удару та раптового стирання [18].

Полієфірефіркетон (полієфіркетон) (PEEK). Група матеріалів KETRON PEEK виготовлена з полієфірної ефірної кетонної смоли. Цей сучасний

напівкристалічний матеріал пропонує унікальне поєднання високих механічних властивостей, чудової термостійкості та хімічної стійкості.

Основні характеристики РЕЕК [31, 33]:

- максимально допустима робоча температура на повітрі дуже висока (250 °С при постійному впливі та до 310 °С при короткочасному впливі);
- стійкість до випромінювань різних видів;
- низька горючість;
- хімічна стійкість;
- низький коефіцієнт тертя;
- стійкість до усадки;
- висока міцність при роботі, навіть при температурах, близьких до плавлення матеріалу.

Досить часто поліетіленкетон використовують замість металів та їх сплавів, адже він здатний витримувати високі навантаження, пов'язаних із явищами тертя та зношування.

Шляхом додавання тефлону (PTFE), графіту та вуглецевих волокон була створена "Підшипникова Марка" РЕЕК. Основні властивості матеріалу (низьке тертя, довговічність, високі межі критерію Тиск-Швидкість) визначають цю марку як ідеальний матеріал для з'єднань, де суттєві знос і тертя.

1.4 Обґрунтування методу відновлення шворневих з'єднань

Так як втулки шворневих вузлів мають високу інтенсивність зносу, це зумовило обрання його як об'єкта дослідження. Слід зауважити, що у транспортних засобах є чимало деталей, які можна відновлювати методом ремонтної деталі шляхом заміни оригінального матеріалу (пластик, бронза) на композиційний матеріал.

Згідно з рекомендаціями офіційних автодилерів, після приходу в непридатний стан слід міняти шворневі вузли. При цьому виробник не випускає

окремих втулки, тому можлива лише повна заміна вузла. Замінивши лише втулку, можна заощадити понад чотири кілограми (вага шворня) металу, тобто ресурсозберігаючі технології. Завдяки використанню такої технології компанія може заощадити значну суму грошей, еквівалентну 16 кг сталі з одного автомобіля. Подібних вузлів в автомобілі є ще багато.



Рисунок 1.2 – Шворневий вузол автомобіля Scania R серії



Рисунок 1.3 – Шворневий вузол автомобіля Volvo FH

Підвищення ресурсу вантажних автомобілів за рахунок збільшення довговічності шворневих вузлів шляхом розробки способу відновлення з використанням композиційного матеріалу з покращеними властивостями поліефірефіркетону є актуальною задачею і метою даної роботи.

1.5 Загальна характеристика транспортного підрозділу ПП «Промінь»

Приватне підприємство «Промінь» було зареєстровано в 1992 році. Основна діяльність ПП «Промінь» – оптова торгівля цукром. Саме підприємство виступає дистриб'ютором щодо оптового продажу цукру ТОВ «Промінь Цукор».

Місцезнаходження ПП «Промінь»: м. Вінниця, Юрія Ілленка 103а.

Підприємство здійснює діяльність понад 30 років. Має власний рухомий склад, виробничо технічну базу, яка забезпечує якісний ремонт автомобілів. Крім того ПП «Промінь» надає послуги з автомобільних вантажних перевезень замовникам.

Предметом діяльності підприємства, є:

- оптова торгівля цукром, доставка готової продукції;
- виконання замовлень фізичних та юридичних осіб в перевезенні вантажів автотранспортом у внутрішньому та міжнародному сполученнях.

Керівник ПП «Промінь» організовує роботу та ефективну взаємодію усіх структурних підрозділів підприємства, забезпечує їх діяльність на виконання контрактів, удосконалення перевізного процесу, зростання обсягів транспортної роботи та прибутку підприємства. Забезпечує підвищення ефективності роботи підрозділів з метою забезпечення якості та безпеки перевезень.

1.6 Аналіз складу, структури і стану рухомого складу

Для виконання перевезень ПП «Промінь» використовує вантажні автопоїзди загальног призначення у складі сідлових тягачів з напівпричепами.

Структура парку автомобілів на початок 2023 р.наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Рухомий склад ПП «Промінь»

№	Марка, модель	Рік випуску	Пробіг з початку експлуатації, км
1	MAN TGX, тягач	2013	850 тис.
2	MAN TGX, тягач	2013	820 тис.
3	MAN TGX, тягач	2013	920 тис.
4	MAN TGX, тягач	2013	890 тис.
5	MAN TGX, тягач	2013	940 тис.
6	MAN TGX, тягач	2013	870 тис.

В своєму складі ПП «Промінь» має 6 автопоїздів у складі сідлових тягачів MAN TGX із напівпричепами Schmitz SPR 24.

Як бачимо, всі автомобілі закорданного виробництва. Рухомий склад ПП «Промінь» одномарочний, що спрощує організації їх ТО і ремонту. Рік випуску автомобілів – 2013 року.

Проаналізуємо структуру парку автомобілів. В таблиці 1.2 подано віковий розподіл рухомого складу.

В таблиці 1.3 подано розподіл рухомого складу за пробігом з початку експлуатації.

Таблиця 1.2 - Групування власних автомобілів залежно від часу перебування в експлуатації

Тип автомобіля (кузова)	Всього	В т.ч., які перебували в експлуатації з моменту випуску заводом виготовлювачем				
		до 3 років включно	від 3,1 до 5 років включно	від 5,1 до 8 років включно	від 8,1 до 10 років включно	більше 10 років
Автомобілі - всього	6	0	0	0	6	0
в тому числі:						
вантажні	6	0	0	0	6	0
автобуси	0	-	-	-	-	-
легкові	0	-	-	-	-	-

Таблиця 1.3 – Групування автомобілів за пробігом з початку їх використання

Марки і кількість транспортних машин, од.	Кількість транспортних машин з пробігом за початком роботи в тис. км, од.						
	до 50	Від 50 до 100	Від 100 до 150	Від 150 до 200	Від 200 до 250	Від 250 до 300	Понад 300
Автомобілі-всього	0	0	0	0	0	0	6
в тому числі:							
вантажні	0	0	0	0	0	0	6
автобуси	-	-	-	-	-	-	-
легкові	-	-	-	-	-	-	-

На основі даних таблиць 1.2 – 1.3 можна зробити такі висновки. Вік рухомого складу 10 років, пробіг з початку експлуатації 800 – 950 тис. км. Рухомий склад вже фактично досяг свого граничного терміну експлуатації, але за роахунок якісної підтримки в належному технічному стані є досить ефективним. Прте в найближчі роки є доцільним здійснити оновлення рухомого складу новими і сучасними автомобілями.

1.7 Аналіз структури і стану виробничо-технічної бази

1.7.1 Огляд існуючої структури виробничо-технічної бази

Територія яку займає ПП «Прмінь» становить 0,8 га. Територія має огороження, виконане із залізобетонних плит. Рельєф місцевості – рівнинний.

Основне покриття земельної ділянки – асфальт. Зберігання автомобілів – відкрита стоянка, автомобілі розташовуються паралельно до осі проїзду, зі 100% незалежним виїздом. Рух автомобілів по території організовано двостороннім тупиковим способом.

На території транспортного підрозділу ПП «Промінь» знаходиться: адміністративний корпус, виробничо-складський корпус, зона ЩО, зона зберігання.

Адміністративний корпус – двоповерхова будівля. Поряд з нею розташоване КПП і виїзні ворота. Виробничий корпус має розміри 24х60 м. Виробничі зони розташовані довільно-зональним способом.

У виробничому корпусі розташовані:

- зона ТО і ПР автомобілів, яка містить проїзний пост ТО, обладнаний оглядовою канавою (довжина 16 м) і пост ПР тягачів (довжина 6 м);
- агрегатно-механічна дільниця;
- зварювально-бляхарська дільниця;
- складські приміщення;
- побутові приміщення.

Стіни корпусу побудовані з цегли. При будівництві застосовані залізобетонні колони прямокутного перетину розмірами 400×400 мм. Під колонами знаходиться монолітний бетонний фундамент.

Транспортний підрозділ здійснює ТО і ПР автомобілів не в повному обсязі. Наявна виробничо-технічна база забезпечує ТО і постові роботи ПР. З дільничних робіт ПР транспортний підрозділ забезпечує ремонт елементів трансмісії, частково двигуна, рульового керування, гальм, зварювально-бляхарські роботи

тощо. Роботи, які потребують вартісного технологічного обладнання, наприклад ремонт паливної апаратури, турбокомпресорів тощо, здійснюються в кооперації з автосервісними підприємствами. Фарбування автомобілів також не передбачено.

1.7.2 Аналіз стану виробничо-технічної бази

Метод експрес-діагностування ВТБ ПАТ базується на визначенні техніко-економічних показників, які оцінюють стан ВТБ.

Умови ПП «Промінь» відрізняються від еталонних, тому для знаходження нормативних значень показників використовуємо методику і коефіцієнти приведення за [1, 4].

Результати виконаних розрахунків для порівняння нормативних значень ТЕПів із фактичними для транспортного підрозділу ПП «Промінь» наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Аналіз ТЕПів

Найменування ТЕП	Еталонний показник P_i^e	Нормативний показник P_i^H	Фактичний показник P_i^f	Результат порівняння, %
1. Чисельність виробничих робітників	0,32	0,98	0,55	-44
2. Кількість робочих постів	0,10	0,42	0,33	-21
3. Площа виробничо-складських приміщень, м ²	19,0	56,8	37,1	-34
4. Площа допоміжних приміщень, м ²	8,70	22,9	24,5	9
5. Площа стоянки, м ²	37,2	64,5	82,1	27
6. Площа території, м ²	120	378,5	405,2	7

Аналіз техніко-експлуатаційних показників показує:

- кількість виробничих робітників, кількість постів та площа виробничо-складських приміщень менше нормативних значень;

- ВТБ надмірно забезпечена площами виробничо-складських і допоміжних приміщень, а також стоянки і території.

Такі результати експрес-аналіз стану ВТБ пов'язані з тим, що він не забезпечує виконання повного обсягу робіт з ТО і ПР. Площі території є частиною усього підприємства ПП «Промінь», яке не проектувалось як типове АТП,

Обладнання яке використовується на кожному робочому місті, а саме в зонах, дільницях, постах різноманітне. Обладнання підбиралось згідно вимог до технологічного процесу ТО і ПР, купувалось при наявності вільних коштів на підприємстві. Обладнання в зонах і дільницях розташовується відповідно до рекомендацій нормативно - технологічної документації.

Зони і дільниці укомплектовані устаткуванням на 60-70 % від потреби. Частина устаткування є фізично спрацьованим і морально застарілим, воно підлягає оновленню, більшість операцій виконуються вручну.

1.8 Висновки

1. Аналізуючи шляхи збільшення тривалості роботи вузлів тертя ходової частини автопоїздів виявлено, що застосування сучасних композиційних матеріалів є найперспективнішим напрямом підвищення їх ефективності використання під час ремонтного виробництва.

2. Аналіз відмов та умов експлуатації вузлів тертя ходової частини показав, що третина з них припадає на шворневі вузли рульового управління. У зв'язку з цим у виробників виникає питання, як збільшити довговічність цих вузлів. Відновлення даного вузла методом ремонтної деталі значно зменшить кількість відмов кермового керування автопоїздів.

3. Виконавши дослідження структури та стану рухомого складу і ВТБ транспортного підрозділу ПП «Промінь», встановлено, що вік рухомого складу складає 10, а пробіг 800-950 тис. км. Такий рухомий склад знаходиться на межі доцільного терміну експлуатації і найближчими роками має бути оновленим.

Існуюча ВТБ має мінімально необхідне забезпечення для виконання операцій по ТО і ремонту автомобілів та не забезпечує виконання всіх видів робіт, частина робіт виконується у кооперації з автосервісними підприємствами. Частина обладнання є застарілим і потребує оновлення. Проте наявна ремонтна база дозволяє виконувати роботи з відновлення шворневих вузлів.



2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВІДНОВЛЕННЯ ШВОРНЕВИХ ВУЗЛІВ

2.1 Теоретичні основи математичного опису кінематики рухомих сполучень вузлів тертя

Поверхневий шар є сполучним елементом навколишнього середовища зі структурою тіла. Він має властивості мембрани (є провідником механічних і теплових впливів) і твердого тіла, що має об'єм (здатність до збереження в ньому теплової енергії), якщо розглядати поверхневий шар з точки зору термодинаміки.

Внутрішня енергія це один із основних параметрів термодинамічної системи. Енергія носить адитивну функцію, може бути визначена сумою всіх енергій, що у масі тіла.

Найчастіше порушення стану внутрішньої енергії, яке має характер компенсатора, викликає кожен процес, який хоч якось взяв участь у системі. При цьому будь-яка система прагне незмінного стану. Як приклад можна навести таку ситуацію: щоб відновити початкову форму, матеріалу необхідно застосувати певною кількістю енергії, яка прагнучиме до мінімуму, щоб досягти сталого стану. Тому відбувається максимальне зменшення енергії системи за рахунок активації механізмів (теповідведення, повернення геометричних розмірів кристалічних ґрат тощо), що відбувається мимоволі.

При втраті стійкості та перевищенні значень меж внутрішньої енергії система може вже не повернутися у вихідний стан. Такий процес зветься кінетичним (пластична деформація, дифузія, адсорбція тощо), а координата на графіку при якій відбувається перехід системи в нестійкий стан зі стійкого - точкою біфуркації.

З погляду фізики, до визначення енергії активації можна підійти з різних боків:

1. Один із підходів сформульований англійським вченим Р. Беккером, який припустив, що енергія активації - це ізотермічна робота, спрямована на приведення в дію досліджуваного процесу;

2. Наступний підхід, запропонований американськими хіміками теоретиками Г. Ейрінгом і В. Кауцманом, покладається на теорію абсолютних швидкостей реакцій, за якою безповоротний стан потенціалу системи чисельно дорівнює енергії активації. На думку вчених, частка повернеться до початкового стану для освоєння меж енергії активації у разі, якщо значення температурного відхилення енергії буде недостатньо. Виходячи з цього, здійснення роботи з розтягнення зв'язку між вихідним та збудженим станами, носить оборотний характер.

На макрорівні чисельне значення зростання термодинамічного потенціалу прирівнюється до виконаної роботи зі зміни одиниці об'єму. При цьому зростання щільності дислокацій тягне за собою процес пластичної деформації. Зростання щільності пружних спотворень прямо пропорційно збільшенню внутрішньої енергії матеріалу через накопичення дислокацій обсягом тіла.

3. Заключний підхід є сукупністю першого і другого, і є актуальним для пояснення того, як утворюються процеси, далекі від термодинамічної рівноваги на етапах, що передують руйнуванню. При цьому при переході в енергію неупорядкованих процесів важливу роль відіграють фрагменти тіла, що знаходяться на мезоскопічному рівні. Суть підходу полягає в наступному: за рахунок роботи, яка спрямована на виведення частинок зі стану спокою, підвищення енергії на якомусь із рівнів (макро- чи мезо-) є визначальним параметром енергії активації, що призводить до виникнення явища пластичної деформації.

2.2 Теоретичні основи причинно-наслідкових зв'язків технологічних факторів та показників процесу відновлення вузлів тертя ходової частини транспортних засобів

Втому матеріалу можна розділити на: вихідний стан (поверхневий шар готовий до роботи), збуджений стан (стійкість втрачається) та стійкий стан (кінетичний цикл завершується). При видаленні із зони, де діють напруження активізованих речовин, явища руйнування та деформації завершуються.

Ціла низка зовнішніх факторів, що впливають на матеріал, визначають активацію механізмів, які, у свою чергу працюють на мікрорівні, впливають на руйнування та деформацію матеріалів. На процес руйнування та деформації найчастіше впливають: енергія активації руйнування, хімічна активність середовищ, температура матеріалу та його поверхнєве напруження.

У поверхневому шарі матеріалу можна виділити кілька факторів того, як на нього впливає чутливий коефіцієнт матеріалу та енергія руйнування (U_0):

1. Можливість оцінки активаційних характеристик стає доступною тільки при проведенні експериментальних досліджень, тому що всім відомі теорії пружності та інше не можуть бути прийняті, оскільки у поверхневого шару спостерігається анізотропія матеріалу разом з його неоднорідністю. Внаслідок цього, після приробітку на поверхневому шарі матеріалу утворюються практично всі види дефектів.

2. На глибині близько 2 мкм, коли відбувається тертя у поверхневому шарі матеріалу, утворюються ушкодження – debris шар. З цієї причини, межі проведення дослідження повинні мати суворі рамки, але в той же час, мати максимально можливе охоплення, для надання вимірам високої точності.

3. При проведенні досліджень необхідно дотримуватись навантажень, які виявляються при режимі тертя в реальних умовах. Це можливо при наданні зразкам напружено деформованого стану. Також ці навантаження повинні мати однаковий потенціал із зусиллями, які діють на зразки при терті під час проведення експерименту. Ця умова є обов'язковою, тому що від напрямку

зусилля залежать міцність поверхневого шару матеріалу та можлива його деформація.

4. При проведенні експерименту необхідно забезпечити умови для дії мікромеханізму пошкодження, від якого залежать структурночутливий коефіцієнт та енергія активації.

Модель енергії активації руйнування виглядатиме так:

$$U_0 = 2.3 \cdot R \cdot T \cdot \lg \frac{\tau_p}{\tau_0} + \sigma \gamma \pm \Delta G, \quad (2.1)$$

де R - газова стала;

T - температура в зоні руйнування;

G - результат взаємодії навколишнього середовища з поверхневим шаром;

τ_p - довговічність матеріалу;

τ_0 - постійна часу.

Залежно від кількості механізмів процесу руйнації прямо пропорційно буде формуватися чисельне значення енергій руйнації. При одночасному впливі, але з різними значеннями механічні, термічні та хімічні фактори можуть послужити поштовхом до втрати стійкого стану у матеріалі – деформації. На практиці відбувається вибір того механізму, який призведе до руйнування матеріалу внаслідок утворення втоми та пластичної деформації, які пояснюються суттєвою величиною зсуву кристалічних ґрат у поверхневого шару. Зрештою, обраний механізм повинен мати найнижче значення енергії активації, але при цьому зберігати стійкий стан до утворення руйнування атомарних зв'язків. Відмінною особливістю даного механізму руйнування є те, що він проявляється за досить високих зовнішніх напружень і зберігає стійкість аж до появи атермічних розривів міжатомних зв'язків. При виконанні всіх перерахованих вище умов, можна буде застосувати метод механічної активації, щоб кількісно оцінити енергію руйнування матеріалу.

У разі схожості чисельних значень навантажень при випробуваннях на стиснення та розтягування з реальними навантаженнями на матеріал може бути виконано оцінювання параметрів руйнування при механічній активації. Це можна пояснити максимально можливими значеннями часу та швидкості руйнування при впливі гранично допустимих навантажень, які, у свою чергу, можуть викликати руйнування та зміну форми матеріалу.

Процес руйнування можна прийняти як атермічний у разі, якщо перший доданок енергії активації (2.1) буде прагнути до нуля, оскільки фактор часу буде відсутній. При цьому, якщо другий доданок має механічну природу, то сенс механічної роботи набуває механічна енергія, що відображено у виразі (2.2) [34].

$$A = \iiint_V \sigma dV = \int F_L dL, \quad (2.2)$$

де σ - структурно-чутливий коефіцієнт;

dV - робота напруження, витрачена на пластичне відтіснення елементарного об'єму;

dL - робота сил з переміщення частинок матеріалу на елементарному шляху.

Роботу сил з переміщення на шляху dL дрібних частинок матеріалу можна охарактеризувати як енергію активації при механічному збудженні.

Дослідження показали, що найбільш підходящим способом для освоєння параметрів активації матеріалу, а також за рахунок регулярного здійснення деформуючих впливів, що запускають процес втоми з малим циклом, є механічний спосіб, що спонукає руйнувати поверхневий шар матеріалу [34].

2.3 Рівняння моделі тертя в рухомих шворневих вузлах, що контактують

Динаміка переміщення керованих коліс суттєво залежить від ступеня зносу деталей тертя в шворневих вузлах. Якщо розглядати визначення сили тертя з математичної точки зору, її можна виразити у вигляді функції від швидкості, з якої переміщається шворень та тиску всередині втулки та шворня. При цьому сила тертя F_{mp} може бути чисельно рівна силі Штрибека. У свою чергу кулонівська сила є сумою F_{mp} спокою і F , пропорційної сукупності двох тисків. Сукупність сил Штрибека та кулонівської сили можна об'єднати в силу зрушування, яка виражена формулою (2.3) [34]

$$F_{mp} = \begin{cases} F_C \cdot \left(1 + (K_{brk} - 1) \cdot e^{-c_v |v_{nrp}|}\right) \cdot \text{sign}(v_{nrp}) + f_{vfr} v_{nrp} & \text{при } |v_{nrp}| \geq v_0 \\ K \cdot v_{nrp} & \text{при } |v_{nrp}| < v_0 \end{cases}, \quad (2.3)$$

де F_C - кулонівське тертя;

K_{brk} - коефіцієнт зміни сили зрушування;

c_v - коефіцієнт, що характеризує інтенсивність спаду сили зрушування;

f_{vfr} - коефіцієнт в'язкого тертя.

Сила кулонівського тертя визначається за такою залежністю:

$$F_C = F_{pr} + f_{cfr} \cdot (p_A + p_B). \quad (2.4)$$

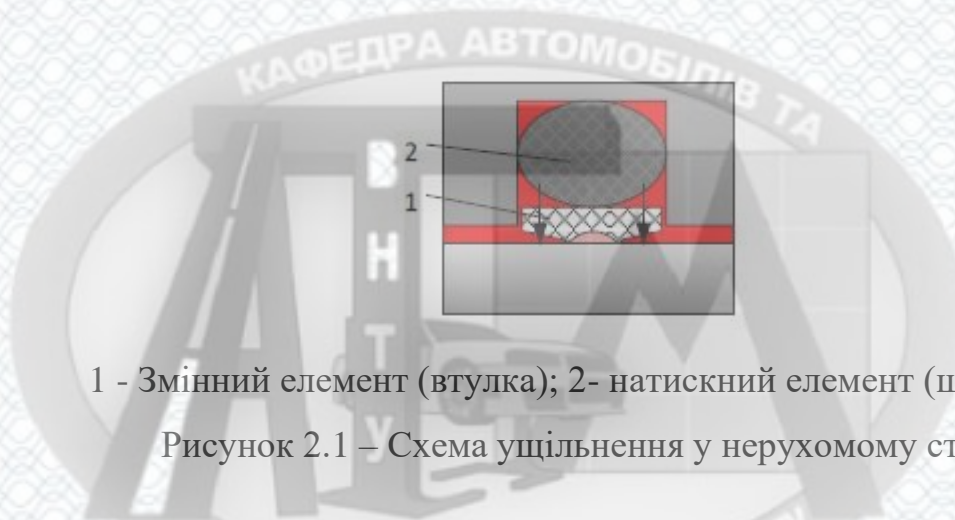
Коефіцієнт кулонівського тертя залежить від в'язкості консистентного мастила і визначається за такою формулою :

$$f_c = A_r \cdot p^{-\frac{2}{3}} \cdot v^{-0.4} \cdot \mu^{\frac{1}{6}} + A_{жс} \cdot p^{-\frac{1}{2}} \cdot v^{\frac{1}{2}} \cdot \mu^{\frac{1}{2}}, \quad (2.5)$$

де μ – коефіцієнт динамічної в'язкості рідини.

Для згладжування розриву функції за нульової швидкості вводиться зона лінійної моделі тертя. Експериментальні дослідження шворневих вузлів свідчать, що в деяких випадках може спостерігатися нестационарність роботи втулок шворня [34].

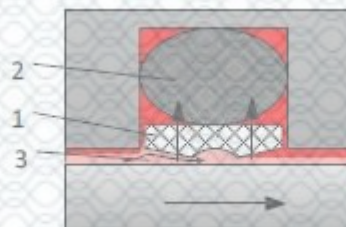
Схематичне зображення ущільнення шворневого вузла, що застосовується в конструкції рульового управління, показано на рис. 2.1.



1 - Змінний елемент (втулка); 2- натискний елемент (шворінь)

Рисунок 2.1 – Схема ущільнення у нерухомому стані

Під впливом контактного тиску виникає пластична деформація, і контактна поверхня ущільнення шворневого вузла набуває форми поверхні контртіла. Відносно переміщенні по конусній частині ущільнення інтенсивно створюється гідродинамічну плівка мастила (див. рис. 2.2), яка викликає часткове розвантаження основного ущільнювального елемента, тим самим знижуючи тертя.



1- Змінний елемент (втулка); 2- натискний елемент (шворінь); 3- консистентне мастило.

Рисунок 2.2 – Схема ущільнення щодо руху

Для уточнення математичної моделі тертя, як гіпотезу було прийнято, що нестационарність у характеристиці тертя може бути викликана нерівномірністю роботи шворневого вузла. Передбачається, що шворневі вузли працюють за аперіодичним законом із певною постійною часу. Коефіцієнти тертя визначається як результат випробувань при малих швидкостях відносного переміщення. Постійна часу визначається за результатами випробувань при високих частотах.

Таким чином, виводиться рівняння, що описує роботу шворневого вузла [34]:

$$\frac{dF_{mp}^{nc}}{dt} = \frac{1}{T_{yц}} \cdot (F_{mp} - F_{mp}^{nc}), \quad (2.6)$$

де F_{mp} - сила струтування,

t - час роботи ущільнення;

F_{mp}^{nc} - сила тертя з урахуванням динаміки роботи ущільнень,

$T_{yц}$ - постійна часу.

2.4 Дослідження тертя поверхонь шворневого вузла, що сполучаються

На сьогоднішній день шворневий вузол прийнято відносити до елементів ходової частини транспортних засобів. До складу вузла входять встановлений на верхній і нижній опорах кульовий шворінь, поворотний кулак і кришки, при цьому кожен шворневий вузол складається з двох деталей: деталі зі сферичною виїмкою та чашки опори, які контактують між собою за допомогою шворня. Недоліками такого технічного рішення є наявність поліамідної або бронзової втулки, які в процесі експлуатації отримують вплив консольних знакозмінних ударних навантажень від гальмового моменту та моментів дії поперечних сил, що діють на колесо та поворотний кулак, пов'язані з шворнем поверхні втулок, чашки

та сфери, конусної частини шворня зношуються, що призводить до появи значних люфтів, внаслідок чого порушуються кути розвалу та сходження коліс, що призводить до інтенсивного зносу шин та зниження рівня безпеки руху транспортного засобу [15].

Щоб спланувати математичний експеримент, необхідно визначити, як температура і тертя, як функція часу, впливають на матеріал. Для проведення експерименту на малюнку 2.3 наведено графіки залежностей оригінальної бронзової втулки (БР ОЦС 5-7-12) і поліефіркетонної на сталевій поверхні.

Стійкий стан при роботі бронзової втулки по сталевій поверхні настає на 16 хвилині експерименту. Значні перепади значень коефіцієнта тертя пов'язані з деяким часом припрацювання з'єднання.

Аналіз роботи поліефіркетонної втулки по сталевому шворню показав наступне: через попадання продуктів зносу підвищується пористість матеріалу, що приводить до утворення перехідних зон. Внаслідок цього збільшується коефіцієнт тертя та температура протягом першого часового проміжку дослідження. Графіки (рис. 2.3) показують, що відбувається зниження показників, слідуюча стабілізація температури та коефіцієнта тертя. В процесі взаємодії матеріалів спостерігаються такі явища:

- за рахунок зносу поверхонь тертя будуть зніматися окисні плівки, це призведе до збільшення поверхневої активності матеріалів;
- відбувається накопичення та диспергування частинок зносу у зонах торкання поверхонь деталей.

Чим вище поверхнева енергія, тим більше буде дисперсність частинок зносу. Це відбувається через збільшення товщин захисної плівки і частинок, що адсорбуються, адже важливу роль у зниженні тертя відіграє розмір частинок зносу. Чим більша дисперсність, тим більшу поверхневу енергію має маса частинок зносу. Велика поверхнева енергія забезпечує більшу щільність адсорбції частинок на контактних поверхнях і, відповідно, більшу міцність захисної плівки [31-34].

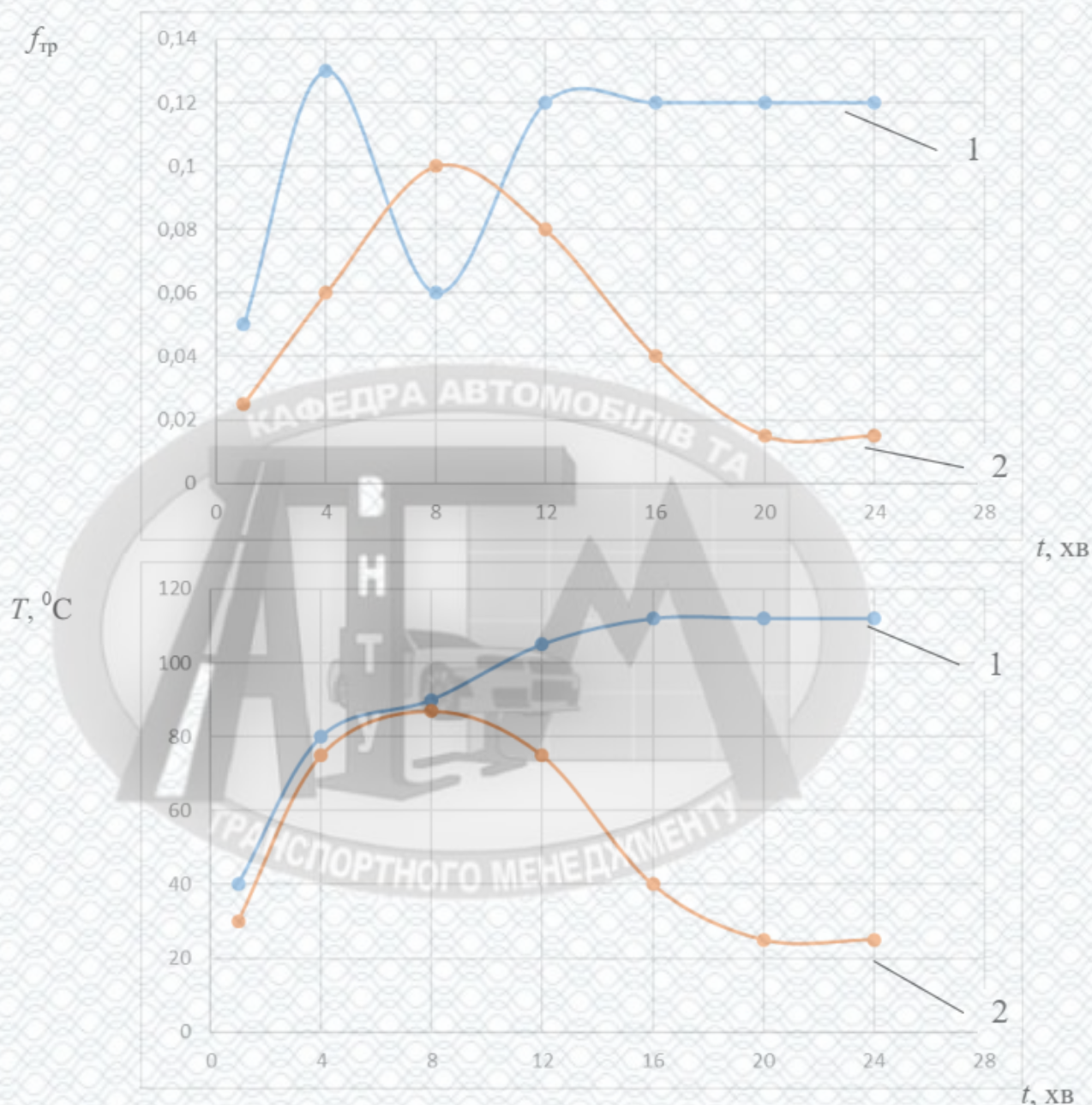


Рисунок 2.3 – Зміна триботехнічних характеристик при терті Бр ОЦС 5-7-12 (1) та поліефіркетону (2) по сталевій поверхні

Коли з'єднання працює в режимі зниженого тертя, на вибір зони навантаження впливатиме поверхнева енергія. Так, на графіках (рисунок 2.4) показано залежність фрикційних технічних характеристик при терті бронзи та поліефіркетонів зі сталевими поверхнями від заряду при триботехнічному контакті. На основі побудованих графіків видно, що режими роботи навантажень коливаються від 12 до 16 МПа, решта значень є приробіток поверхонь тертя.

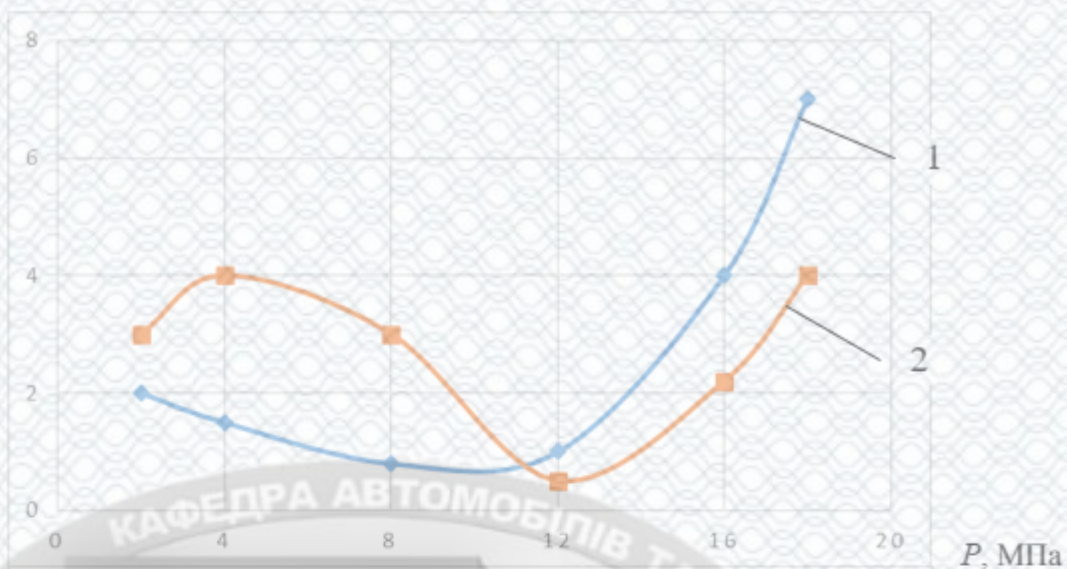
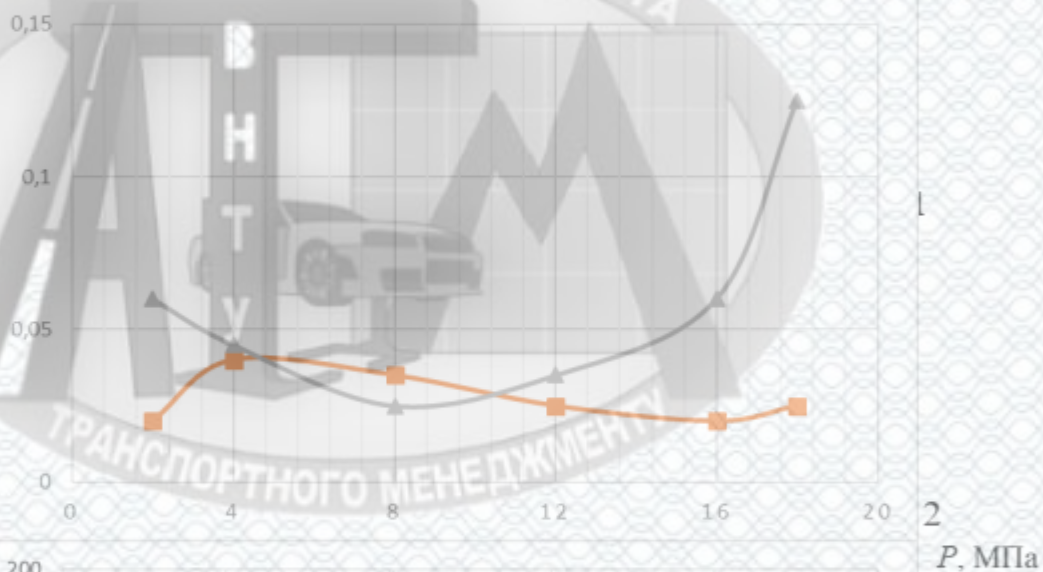
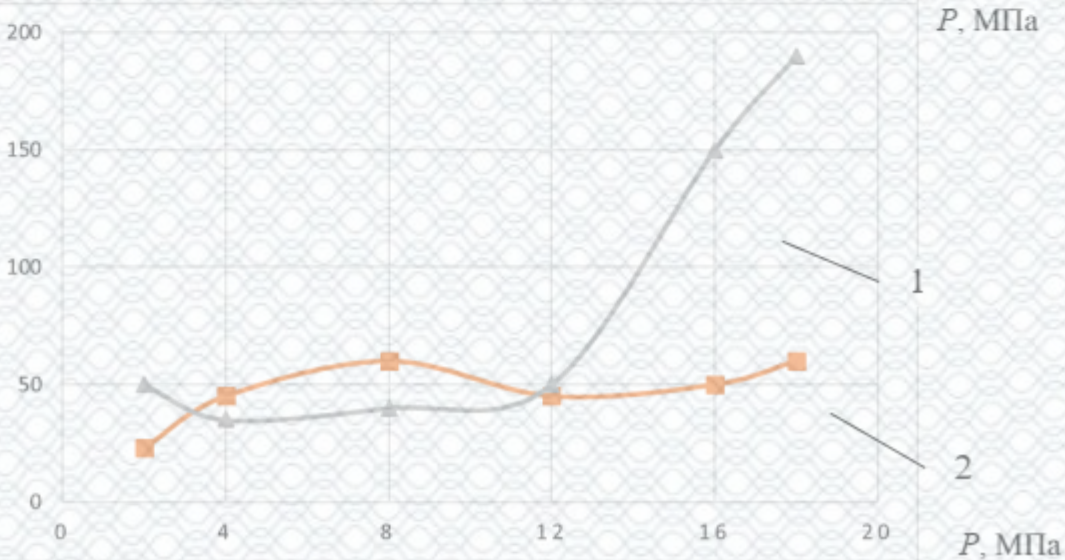
$J \cdot 10^{-6}$,
 МКМ/М

 $f_{тр}$

 $T, ^\circ\text{C}$


Рисунок 2.4 – Залежність триботехнічних характеристик при терті Бр ОЦС 5-7-12(1) та поліефіркетону(2) зі сталеву поверхнею від навантаження в трибоконтакті

Зміщення діапазону в напрямку більш високих питомих навантажень зниженого тертя на 30 відсотків для поліефіркетону щодо бронзи, пояснюється меншою поверхневою енергією. Крім цього, відбувається зменшення області реалізації зниженого тертя через вплив енергії на міцність захисної плівки.

Гіпотеза про утворення захисної плівки на поверхні тертя приводить до висновку, що знижений режим тертя буде мати місце, якщо він обмежений зонами тиску. Режим зниженого тертя буде спостерігатися, якщо на поверхневому шарі матеріалу буде присутня достатня кількість абразивних частинок. Розмір абразивних частинок, поведінка поверхневого шару та стійкість характеризують максимальне значення довговічності захисної плівки.

Виходячи із запропонованої гіпотези, при вивченні структурно-енергетичного механізму встановлено, що процес утворення захисної плівки є переважно роботою сили тертя (2.7):

$$A = f_{mp} \cdot N \cdot V_{ck} \cdot t, \quad (2.7)$$

де A - робота сил тертя, Дж

N - сила взаємодії поверхонь тертя

V_{ck} - відносна швидкість ковзання поверхонь тертя;

t - час взаємодії поверхонь тертя, с.

Енергія поверхонь тертя є визначальним фактором утворення щільної захисної плівки та структурної зміни системи тертя.

Для побудови залежності характеристик тертя від чинників, що на них впливають, проведено однофакторні експерименти на спеціальному комплексі, заснованому на базі машини тертя. До порівняння було обрано поліефіркетон та бронзу, з якої виготовлено заводську втулку.

Матеріали працювали у парі зі сталевим роликком.

За отриманими даними були побудовані графіки залежності тиску від інтенсивності зношування, коефіцієнта тертя та температури при різних швидкостях ковзання рис. 2.5. Енергетичний підхід до вузла є правильним, так як

при збільшенні швидкості ковзання область мінімальних числових значень прагне до нуля, а тиск між деталями, що контактують, впливає на характеристики тертя обраного матеріалу.

З аналізу залежностей видно, що при перевищенні певного діапазону значення інтенсивності зношування в залежності від застосування поліефіркетону збільшується зношування вузла. З інших графіків також видно, що значення температури та коефіцієнта тертя знижується із застосуванням поліефіркетону.

У результаті було виконано повнофакторний експеримент другого порядку, щоб оцінити, як впливає кожен фактор (Т - час витримки, Р - тиск на шворнь; t °С - температура у вузлі) і всі разом на швидкість зношення триботехнічного спряження.

У таблицях 2.1 і 2.2 представлені граничні умови факторів, вибрані з урахуванням технологічних обмежень за тиском Р та параметрами спряження температурі сполучення t °С та часу витримки Т.

Таблиця 2.1 – Рівні факторів та інтервали варіювання

Рівні факторів	Позначення	p, МПа	T, год	t °С
Основний	0	300	3	175
Інтервал варіювання	X	50	1	75
Верхній	+	350	4	115
Нижній	-	250	2	100
Зіркові точки	+a	371,5	4,86	397*
	-a	228,5	1,57	78

*При досягненні зазначеного температурного значення, відбулося оплавлення матеріалу, і проведення експерименту було закінчено

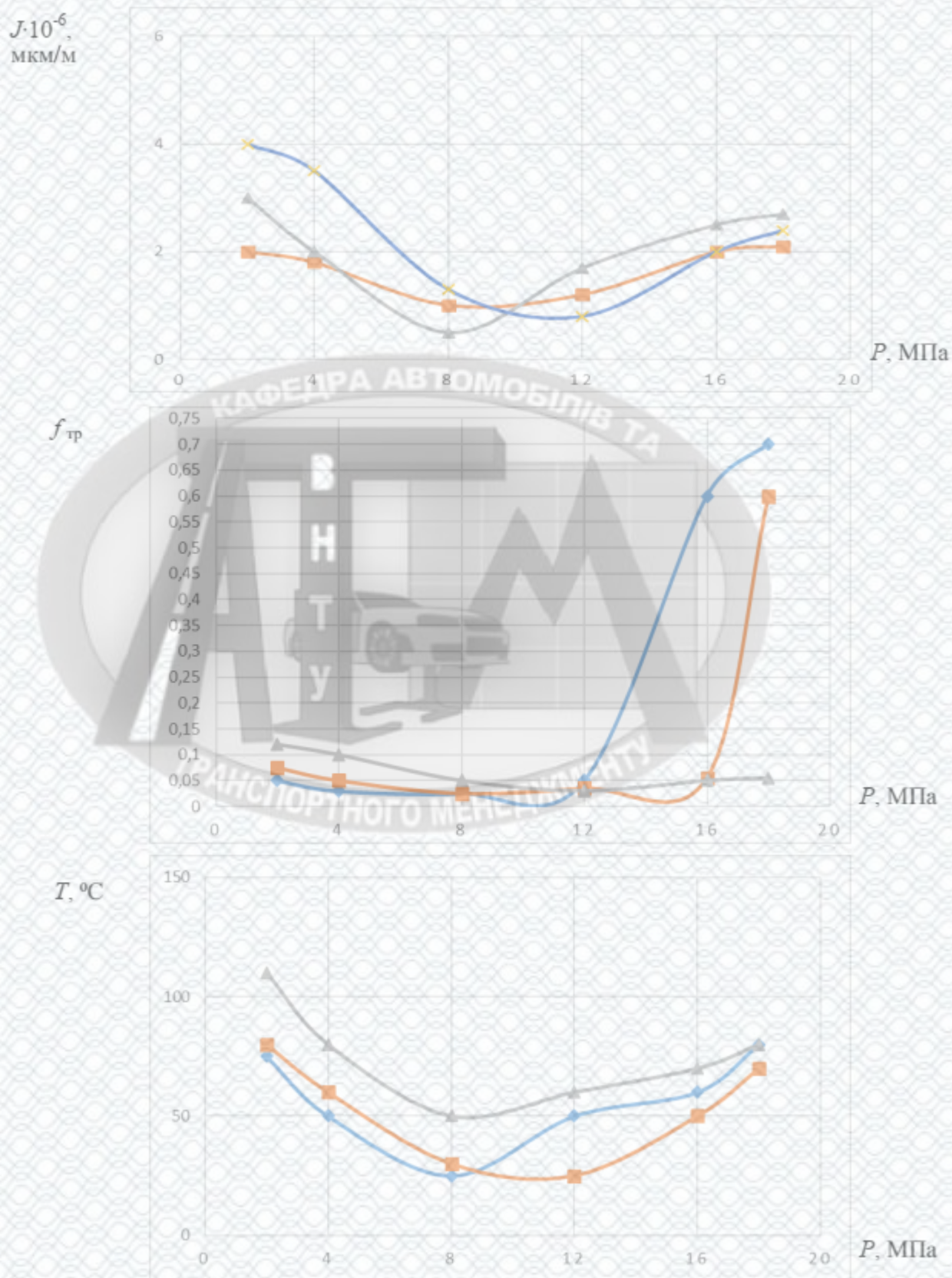


Рисунок 2.5 – Графік залежності тиску від інтенсивності зношування, коефіцієнта тертя та температури при різних швидкостях ковзання.

$$V_{ск} = 0,5 \text{ м / хв}; V_{ск} = 1,5 \text{ м / хв}; V_{ск} = 2,5 \text{ м / хв}$$

Таблиця 2.2 – Рівні факторів та інтервали варіювання

Рівні факторів	Позначення	X1	X2	X3
Основний	0	1	1	1
Інтервал варіювання	X	0,17	0,33	0,07
Верхній	+	1,7	1,33	1,07
Нижній	-	0,83	0,67	0,93
Зіркові точки	+a	1,42	1,62	1,3
	-a	0,65	0,53	0,73

Матриця планування експерименту 2 виду $abc, bc, b, ac, c, ab, a, b^2, c^2$ (результати експерименту наведені в таблиці).

Перевірку однорідності дисперсії було проведено за допомогою критерію Кохрена [34]. Для нашого випадку $\alpha = 0,05$ (табл. 2.3) а $G = 0,20$.

Таблиця 2.3 – Матриця планування експерименту та результати випробувань

№	P, МПа	T, год	t, °C	I ₁ , мкм/ГОД	I ₂ , мкм/ГОД	I ₃ , мкм/ГОД	I _{сер} , мкм/ГОД
1	-	-	-	0,0150	0,0146	0,0154	0,0150
2	-	-	+	0,0073	0,0079	0,0091	0,0081
3	-	+	-	0,0107	0,0101	0,0098	0,0102
4	-	+	+	0,0061	0,0061	0,0055	0,0059
5	+	-	-	0,0122	0,0143	0,0155	0,0140
6	+	-	+	0,0074	0,0066	0,0070	0,0070
7	+	+	-	0,0101	0,0106	0,0069	0,0092
8	+	+	+	0,0047	0,0051	0,0046	0,0048
9	0	0	-a	0,0148	0,0146	0,0174	0,0156
10	0	0	+a	0,0101	0,0099	0,0097	0,0099
11	0	-a	0	0,0129	0,0124	0,0125	0,0126
12	0	+a	0	0,0089	0,0094	0,0084	0,0089
13	-a	0	0	0,0120	0,0116	0,0106	0,0114
14		0	0	0,0076	0,0080	0,0138	0,0098
15	0	0	0	0,0102	0,0102	0,0108	0,0104

В результаті досліджень, розрахунків яких проводився в програмі MathCad, знос триботехнічного з'єднання з поліефіркетонною втулкою дорівнюватиме:

$$V_{\text{зн}} = 0,009 \text{ мкм / год.}$$

Згідно з отриманим чисельним значенням швидкості зношування, можна зробити висновок, що застосування поліефіркетонної втулки дозволило збільшити зносостійкість спряження більш ніж в 1,5 рази щодо заводської бронзової втулки.

2.5 Висновки

1. Під час проведення досліджень було виявлено, що втому матеріалу можна розділити на: вихідний стан (поверхневий шар готовий до роботи), збуджений стан (стійкість втрачається) та стійкий стан (кінетичний цикл завершується). При видаленні із зони, де діють напруги активізованих речовин, явища руйнування та деформації завершуються. Для вивчення поверхневого шару матеріалу, а саме його характеристик, оптимальним вибором є спосіб активації деформації механічним шляхом, оскільки він відповідає всім вимогам правильного рішення при відновленні тертя.

2. Уточнено математичну модель тертя, де в якості гіпотези прийнято, що нестационарність у характеристиці процесу тертя викликана нерівномірністю роботи шкворневого вузла, а рівняння, що описує роботу шкворневого вузла, може записуватися у вигляді формули Коші.

3. Виконано повнофакторний експеримент другого порядку, щоб оцінити як впливає кожен фактор (Т - час витримки, Р - тиск на шворень; t °С - температура у вузлі) і всі разом на швидкість зносу триботехнічного спряження. Згідно з отриманим чисельним значенням швидкості зношування, можна зробити висновок, що застосування поліефіркетонної втулки дозволило збільшити зносостійкість сполучення більш ніж в 1,5 рази щодо заводської бронзової втулки.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ШВОРНЕВОГО ВУЗЛА КОМПОЗИЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

3.1 Визначення оціночних показників відновлення деталей вузлів тертя з використанням композиційних матеріалів

На сьогоднішній день актуальною темою в умовах складної економічної ситуації є визначення більш оптимального методу ремонту поверхонь, що прийшли в непридатність. При створенні послідовності відновлення поверхневого шару зношених деталей за базову операцію береться метод ремонтної деталі.

Метод математичного моделювання вирішує завдання вибору найкращого для конкретної деталі техпроцесу відновлення. Якщо порівнювати математичну модель з експериментальними дослідженнями, то вона має такі переваги:

1. значна економія матеріалів виготовлення;
2. можливість за максимально короткий проміжок часу оцінити працездатність систем;
3. навіть за межами екстремальних умов припустимо апробувати систему.

Виконання математичного моделювання можна поділити на кілька етапів:

- визначення самої моделі об'єкта, а також опрацювання способів її створення відповідно до отриманих або вже наявних даних;
- опрацювання та реалізація методів створення завдання у комп'ютерних програмах;
- в області вже існуючої моделі здійснення експерименту, після чого опрацювання та оцінка його результатів.

Далі, всі ці складові видаються як математичне моделювання процесів виробництва. Тому завершальний етап може збільшити ефективність виробництва та виявити її нові методи.

Головним критерієм, що дозволяє проводити оцінку технологічних маршрутів під час вирішення питань вибору кращого технологічного процесу, є оціночні показники.

Для виявлення цих показників нами було обрано теорію продуктивності устаткування [2, 14, 25, 27]. Технологічна продуктивність технологічного процесу P_m може бути визначена відношенням роботи на одиницю часу:

$$P_m = A/t, \quad (3.1)$$

де A – тех. робота.

Ця робота при виконанні нанесення поверхневого шару вимірюється в г/м^3 .

Якщо враховувати коефіцієнт використання основного часу n_{t0} , то дійсну продуктивність обробки покриття можна визначити:

$$P_{\delta} = n_{t0} * P_m, \quad (3.2)$$

$$n_{t0} = t_0/t_n, \quad (3.3)$$

де t_0 - час обробки основний, хв;

t_n -нормований час здійснення процесу, хв;

Технологічна продуктивність з урахуванням витрат визначається такою залежністю:

$$P_T = K_2/N_n, \quad (3.4)$$

де K_2 -питомі витрати на тех. процес;

N_n – корисна потужність, яка була витрачена при виконанні обробки поверхневого шару, кВт.

Втрата потужності джерела живлення до місця обробки враховується коефіцієнтом корисного використання n_N .

Отже, технологічну продуктивність можна виразити так:

$$P_m = K_2 N_n = (K_2 n_N N_n) / n_N = K_1 N_T, \quad (3.5)$$

$$K_1 = K_2 n_N, \quad (3.6)$$

де K_1 - витрати обладнання (енергетичні), г/кВт-год;

N_T – технологічна потужність, яка витрачається при виконанні операції даним обладнанням, кВт.

Таким чином, дійсна продуктивність обладнання, на якому виконується операція відновлення втулок, обчислюється за формулою

$$P = n_{i0} * n_N * K_2 * N_T = n_{i0} * K_1 * N_T. \quad (3.7)$$

Для вибору оптимального способу відновлення втулок шворневого вузла проведемо порівняння оцінних показників напилення та відновлення з використанням композиційних матеріалів. Визначаємо основний час виготовлення [2, 14, 25, 27].

$$T_o = T_n + T_{вит} + T_{ох} = 0,5 + 3,95 + 6 = 10,45 \text{ год}, \quad (3.8)$$

де T_n - час нагрівання деталі до температури під час обробки композиційного матеріалу, год;

$T_{вит}$ - час витримки деталі при температурі під час обробки, год;

$T_{ох}$ - час охолодження деталі, год.

Визначаємо штучно-калькуляційний час обробки:

$$T_{шк} = T_o + T_{доп} + T_{дод} + T_{нз} \text{ год}, \quad (3.9)$$

де T_o – основний час, год.;

$T_{доп}$ - допоміжний час, год.;

$T_{дод}$ - додатковий час, год.;

$T_{пз}$ - підготовчо-заклучний час, год.

$$T_{шк} = 0,46 + 0,6 + 0,2(9,85 + 0,5) + 0,5 = 13,09 \text{ год.}$$

Технологічна продуктивність процесу обробки складе:

$$P_T = \frac{m \cdot n}{T_0} = \frac{50 \cdot 100}{10,45} = 478,5 \text{ г/год.}, \quad (3.10)$$

де m - маса порошку на одну деталь;

n - кількість деталей у партії.

Зважування матеріалу проводилося за допомогою лабораторних ваг з точністю зважування 0,01 г.

Дійсна продуктивність процесу виготовлення становитиме:

$$P_1 = n_m * P_m = 382,2 \text{ г/год.}; \quad (3.11)$$

$$n_m = T_0 / T_{шк} = 10,45 / 13,09 = 0,8.$$

Корисна потужність, витрачена загалом на весь процес виготовлення:

$$N_{п} = 2,4 + 0,3 = 2,7 \text{ кВт.} \quad (3.12)$$

Технологічна потужність, витрачена загалом на весь процес виготовлення:

$$N_{Тех} = 4,4 + 0,35 = 4,75 \text{ кВт.} \quad (3.13)$$

Питома енергопродуктивність процесу:

$$K_2 = 478,5 / 2,7 = 177,2 \text{ г/кВт-год.}$$

Питома енергопродуктивність обладнання:

$$K_1 = 478,5 / 4,75 = 100,7 \text{ г/кВт-год.}$$

Оціночні показники виготовлення приймаємо з [2, 14, 25, 27]. Результати зводимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Оціночні показники способів нанесення покриття

Показник	P_t , г/год.	P_1 , г/год.	N_n , кВт	$N_{\text{Тех}}$, кВт	K_2 , г/кВт- год.	K_1 , г/кВт- год.
Напилення	180	144	2,76	4,85	65,2	37,1
Композиційні матеріали	478,5	382,2	2,7	4,75	177,2	100,7
Наплавлення під флюсом	835,9	503,2	3,64	7,98	392,4	180,3
Вібродугове наплавлення	1125	601,2	2,7	5,67	441,7	210,1
Наплавлення в CO_2	1008	480,2	2,74	6,3«	725	429
Електроконтактне наплавлення	808,8	379,2	3,86	4,37	209,5	185

Дані, що відображені в таблиці 3.1, дають можливість ставити більш продуктивні методи обробки покриття, а також за допомогою коефіцієнта довговічності здійснювати оптимальний маршрут відновлення деталей. Порівняно з напиленням спосіб відновлення композитами має кращі цифрові показники і практично не поступається методу наплавлення. Однак через важкодоступність і малі розміри, метод наплавлення далеко не всюди актуальний.

3.2 Дослідження мікроструктури матеріалу, що виготовляється

Дослідження мікроструктури матеріалу виконується для оцінки впливу термодформаційного циклу у місці контакту поліефіркетонної втулки з металевим шворнем.

Механічна обробка втулки виконується на токарно-гвинторізному верстаті. Шорсткість встановлюються в межах $Rz = 20 \dots 170$ мкм для кращого зчеплення. Для дослідження мікроструктури використовується мікроскопі з 1000-кратним збільшенням. При виконанні дослідження оглядалось:

- кількість пор на площу;
- поверхня на пористість;
- форм-фактор – коло.

Слід зазначити, що під час проникнення частинок піску в матеріал, збільшується його пористість, утворюються порожнечі, як наслідок – мікротвердість деталі зростає.

За результатами досліджень матеріалів (рис. 3.1) можна зробити висновок, що поліефіркетон має значно меншу пористість, ніж пластикова чи бронзова втулка при однаковому ресурсі роботи (є заявлений гарантійний в 40 тис.км ресурс для пластикової та бронзової втулок).



Рисунок 3.1 – Структура матеріалів після пройденого гарантійного ресурсу

В результаті дифузії виникає перехідна зона, яка призводить до забезпечення жорсткості матеріалів з'єднання і не допускає відшарування

покриття в процесі експлуатації. При цьому пори є складовою покриття. В результаті дослідження матеріалів виявлено, що геометрична форма пір абсолютно різна та їх утворення відбувається як при вигоранні частинок, так і при їх неповному контакті.

Розглянутий матеріал поліетеркетон (Ketron PEEK) доцільно застосовувати там, де є потреба в підвищеній стійкості до реагентів та температури. Матеріал володіє високою робочою температурою в діапазоні 240-320 °С, а також міцність та твердість. Крім цього, він не проводить струм і не горить.

Одним із перспективних і прогресивних напрямків підвищення якості машин і обладнання є перехід від шорсткої поверхні до регулярної мікротисненої поверхні. Створення регулярних мікрорельєфів в наш час надійно і ефективно здійснюється методом віброобкатки. Нижче представлені схеми вібронакатки поверхонь різної форми і результати експерименту з використанням віброголовки для нанесення мікрорельєфу на внутрішню поверхню втулки шворневого вузла, виготовленого з композитного матеріалу. Виходячи з дослідів, можна зробити висновок, що використання вібронакатки стане в нагоді для деталей будь-якого матеріалу.

Шорсткість поверхонь деталей визначає усі експлуатаційні властивості машин, приладів, апаратів і передусім, їх надійність і довговічність. Розв'язання задачі оптимізації шорсткості поверхні ускладнюється через те, що всі традиційні методи фінішної обробки створюють поверхні з нерегулярним мікрорельєфом. Регуляризація мікрорельєфів створює передумови для математичного нормування мікрогеометрії поверхонь деталей [25, 27].

Метод вібраційної накатки дозволяє дуже тонко і у великих межах встановлювати висотні, крокові та площинні розміри регулярного мікрорельєфу, а також взаємне розташування його нерівностей, змінюючи лише режим токарного, фрезерного або іншого металообробного універсального верстата, на якому встановлюється нескладна і недорога у виготовленні віброголовка. На основі суворого аналітичного зв'язку між режимом вібронакатування та чисельними значеннями параметрів регулярного мікрорельєфу можна аналітично

розраховувати та прогнозувати заданий регулярний мікрорельєф відповідно до ГОСТ «Поверхні з регулярним мікрорельєфом», що буде оптимальним для тих чи інших умов експлуатації поверхні деталі.

Параметром повністю регулярного мікрорельєфу (ПРМР) називають кількість виступів і западин, що припадають на квадрат 25x25мм, визначають за формулою:

$$N=625i/Pd_3S, \quad (3.13)$$

а кут нахилу канавок відносно осі циліндричної заготовки (A) за формулою:

$$tgA=4L_i/Pd_3, \quad (3.14)$$

де d_3 - діаметр оброблюваної заготовки;

$$i=n_{дв.х}/n_3 ;$$

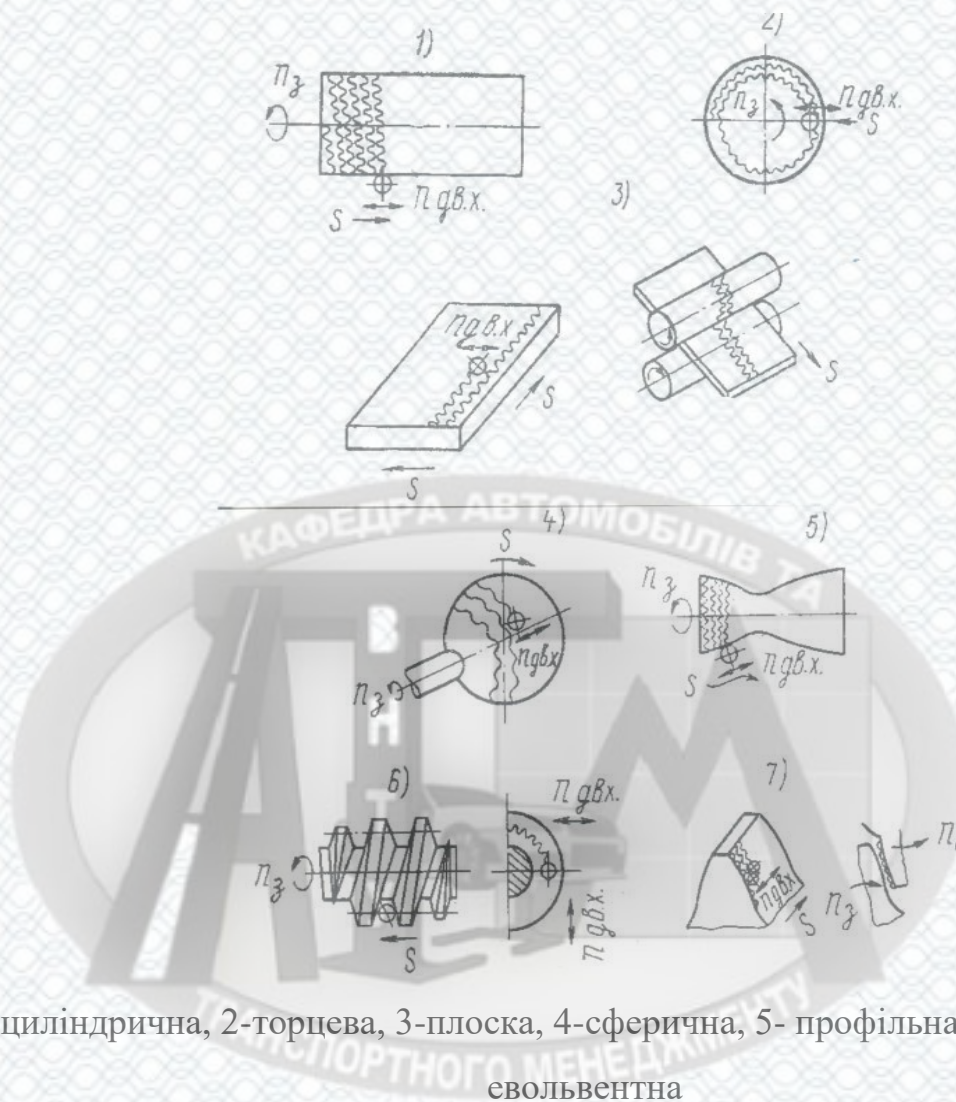
L - амплітуда осциляцій інструменту;

S - подача;

n_3 - швидкість обертання заготовки;

$n_{дв.х}$ - число подвійних ходів інструменту.

Згідно схем на рис. 3.2, сутність процесу вібраційного накатування полягає в тому, що його основою є не різання, а тонке пластичне деформування поверхневих шарів матеріалу, що обробляється, високотвердим деформуючим елементом (кулею або твердосплавним, або алмазним наконечником), що пружно вдавлюється і таким, що здійснює відносно неї складний рух за однією зі схем. Вид мікрорельєфу, значення його параметрів можна дуже точно варіювати у великих межах, змінюючи співвідношення швидкостей рухів заготовки n_3 і деформуючого елемента ($S, n_{дв.х}, L$).



1-циліндрична, 2-торцева, 3-плоска, 4-сферична, 5- профільна, 6-гвинтова, 7- евольвентна

Рисунок 3.2 – Схеми вібронакаткування поверхонь різної форми

На сьогодні виконана велика кількість досліджень та виявлено оптимальні регулярні мікрорельєфи (рис. 3.3) робочих поверхонь для багатьох деталей, що суттєвого покращило їх різні експлуатаційних характеристик:

- підвищення контактної жорсткості;
- підвищення корозійної міцності;
- покращення опірності фреттинг-корозії;
- втрати на тертя знижуються;
- підвищується плавність ходу у парах;
- відсутність утворення рисок, задирів та заклинювання;
- зменшення часу приробітки деталей;
- покращення склеюваності.

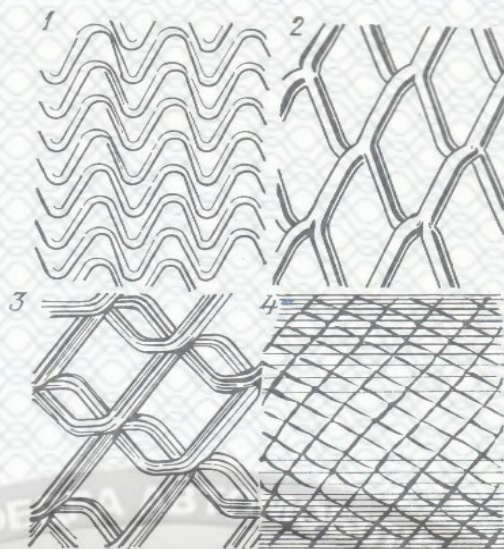


Рисунок 3.3 – Основні види регулярних мікрорельєфів:

1- з канавками, що торкаються; 2 - з канавками, що не торкаються; 3 - з канавками, що перетинаються; 4 - повністю новий мікрорельєф

Дослідження показали, вібраційне накатування зокрема забезпечує:

1. Покращання припрацювання та збільшення ресурсу роботи гільз циліндрів та вкладишів двигунів у 1,5-1,6 раза;
2. Збільшення жорсткості листів та стрічок, прокатаних у вібронакаточних валках на 25-30%, втомної міцності на 15-20%, відмова від додаткової абразивної та іншої обробки;
3. Збільшення гідрощільності та зносостійкості гумо-манжетних ущільнень до 2-2,5 разів.

На сьогодні основним методом виявлення оптимального мікрорельєфу, комплекту та числових значень оптимальних параметрів є експериментальне дослідження на основі багатфакторного експерименту.

На рис. 3.4 наведено типові графіки виявлених експериментально залежностей різних експлуатаційних властивостей відносно стандартних та нестандартних параметрів шорсткості для регулярних мікрорельєфів поверхонь деталей. З графіків видно, що багато залежності нелінійні (зношування, плавність ходу, гідрощільність, міцність посадок) і оптимальна ділянка дуже мала, що вимагає ретельного експериментального дослідження. В подібних випадках, коли

на стадії проектування не виявляється з різних причин і, як наслідок, не нормується конструктором оптимальна шорсткість або регулярний мікрорельєф, під час експлуатації виробу виникають патологічні види тертя та зносу (задири, а отже і відмови та надмірно швидке зношування, порушення плавності ходу тощо).

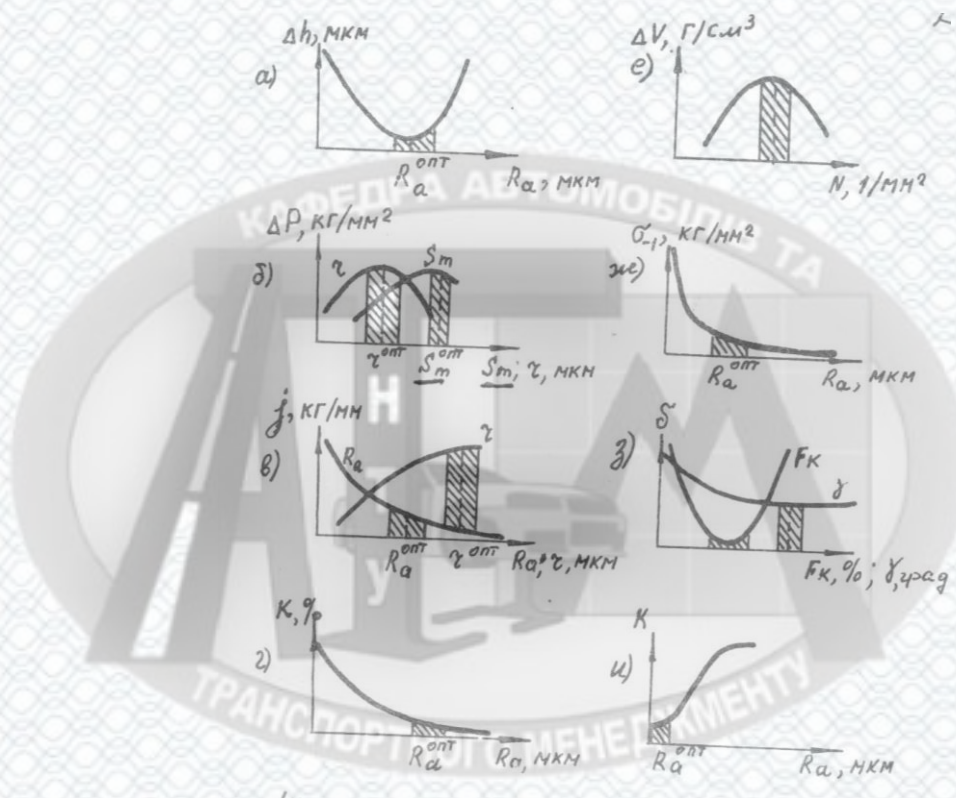


Рисунок 3.4 – Типові графіки експериментально виявлених залежностей експлуатаційних властивостей деталей від різних стандартних параметрів і нестандартного радіусу заокруглень вершин поверхонь r : а - знос, б - міцність посадок, в-контактна жорсткість, г - корозійна стійкість, е - гідрошільність, ж-втомна міцність, з-плавність ходу, и - коефіцієнт втрат у хвилеводах СВЧ.

Проведений аналіз мікроструктури двох порівнюваних матеріалів поліетилену високого тиску та поліефіркетону, з яких виготовлені втулки шкворневого вузла вантажного автомобіля MAN TGX. Проведені вимірювання за двома параметрами R_a (значення досліджуваного профілю з можливим відхиленням, мкм) і R_z (висота поверхонь, що вимірюються по 10 точках, мкм). Результати аналізу наведено у таблиці 3.2. Аналіз мікроструктури показав,

перспективність та ефективність досліджень в напрямку регуляризації мікрорельєфів поверхонь деталей машин.

Таблиця 3.2 – Зміна основних параметрів шорсткості внутрішньої циліндричної поверхні на заготовках із досліджуваних матеріалів вібронакатуванням

Матеріал		ПЕВТ 17703010	Полиефіркетон
Обробка поверхні заготовки до вібронакатування	Вид обробки	Розточування отвору	Розточування отвору
	Досягнутий квалітет	8	9
R_a , мкм	до вібронакатування	1,9	1,72
	після вібронакатування	1,11	0,69
Зміна параметра R_a		Зменшення на 42%	Зменшення на 60%
R_z , мкм	до вібронакатування	18,47	13,15
	після вібронакатування	8,39	4,82
Зміна параметра R_z		Зменшення на 60%	Зменшення на 63%

3.3 Дослідження твердості по довжині та товщині робочої поверхні

В процесі досліджень виконані контрольні вимірювання твердості випробуваних зразків матеріалів по методу Роквелла в поздовжньому напрямку з кроком 0,5 мм на довжині 35мм і різної товщини від 0,5 до 2мм.

Кількість вимірювань становила не менше трьох. Враховуючи специфіку приладу кількість контрольних вимірювань становить 8 одиниць з кроком 3мм. Далі було визначено середнє арифметичне контрольне вимірювання. Відповідно

до методу Роквелла, шорсткість поверхні становила не більше 8 мкм. Навантаження при випробуванні – 990 Н. Похибка приладу не перевищує однієї одиниці твердості. За вимогами ГОСТ шорсткість у місці вимірювання твердості не повинна перевищувати 2 мкм, для цього було виконано попереднє полірування за допомогою полірувальної пасти.

На рис. 3.5 представлені графіки дослідження з твердості трьох розглянутих зразків із пластику оригінальної деталі ПЕВТ 17703-010, бронзи (БрОЦС5-7-12) та поліефіркетону (Ketron PEEK 1000).

В результаті досліджень, встановлено незначну зміну за товщиною поверхневого шару, при цьому твердість у серединній частині на всіх трьох зразках стає меншою, ніж на краях. Поліефікетон має більшу твердість (НВ=130) в порівнянні з іншими матеріалами.

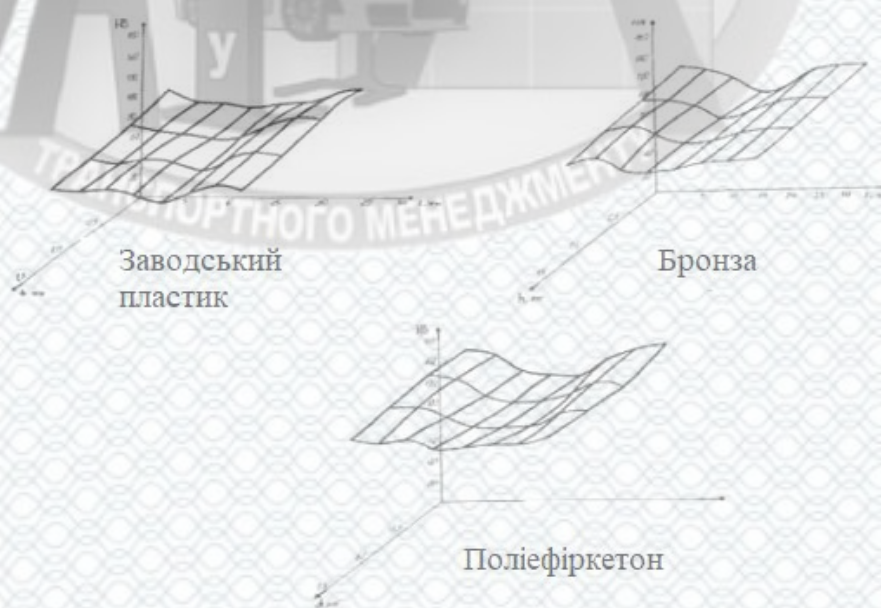


Рисунок 3.5 – Графіки твердості розглянутих зразків

3.4 Дослідження твердості за площею

Вимір мікротвердості (за Вікерсом) за площею виконано за ГОСТ 9450-80. Вимір виконують перед використанням того чи іншого матеріалу в важко

навантажених вузлах тертя. Дослідження проводилося по ширині і довжині зразків, оскільки мікротвердість не залежить від пористості матеріалів.

Вимір мікротвердості визначалося шляхом тиску алмазної піраміди з кутом в 138 градусів в поверхню випробуваного матеріалу, яка була заздалегідь відшліфована. Навантаження знаходилися в межах 10-2100 мН.

Хімічний склад присадок до поліефіркетону може змінювати положення частинок, тому пряма залежність величини мікротвердості поверхні досліджуваного матеріалу може бути в широкому діапазоні. Мікротвердість визначалася трьома замірами в кожній точці. Тиск на піраміду знаходився в межах від 60 до 100г. В результаті проведених вимірювань можна зробити висновок про межу текучості кожного матеріалу, що розглядається.

На рисунках 3.6 – 3.8 представлені графікиза результатами отриманих вимірів. Дані графіки наочно показують, що оригінальний пластик має найгірші показники мікротвердості в наслідок чого втулка з цього матеріалу найшвидше вийде з ладу. Бронзові і поліефіркетонові зразки мають практично однакові показники мікротвердості ($HV=1250...1450$). В результаті цього буде те, що втулки з цих матеріалів матимуть більший ресурс, порівняно із оригінальним пластиком марки ПЕВТ 17703-010.

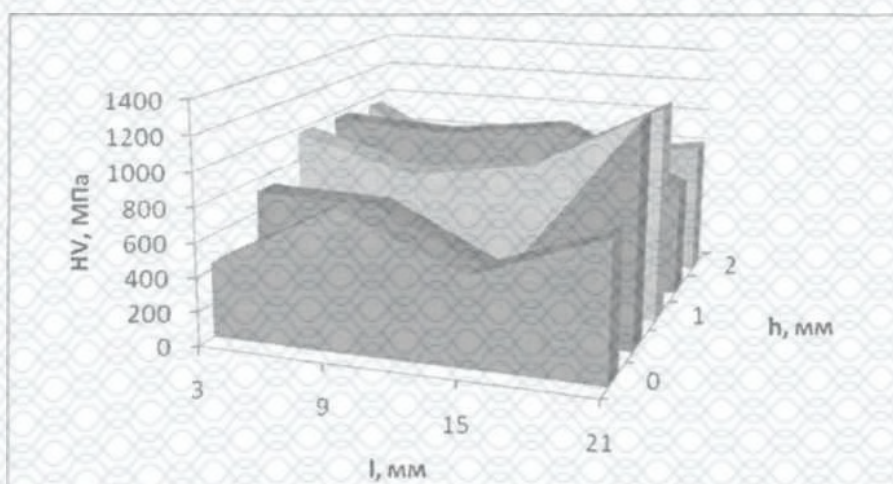


Рисунок. 3.10 Мікротвердість пластика

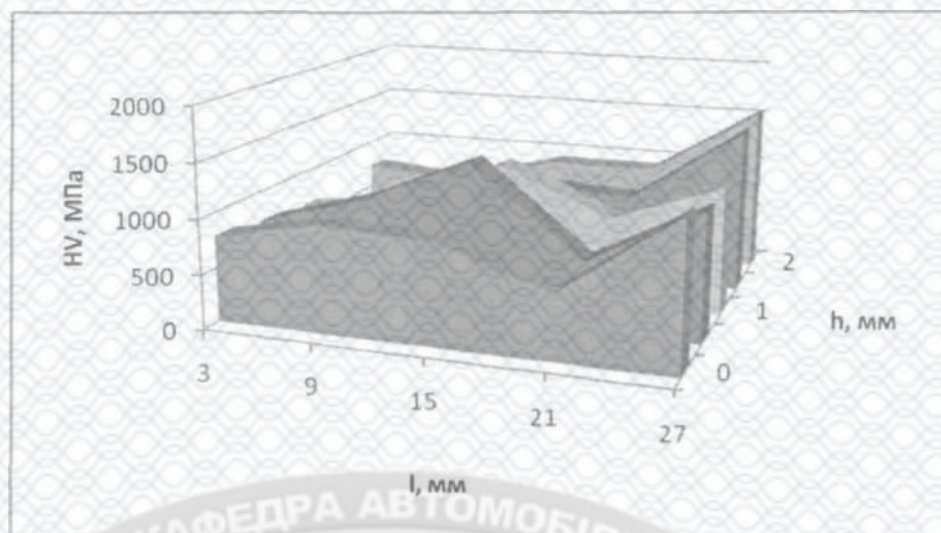


Рисунок 3.6 – Мікротвердість бронзи

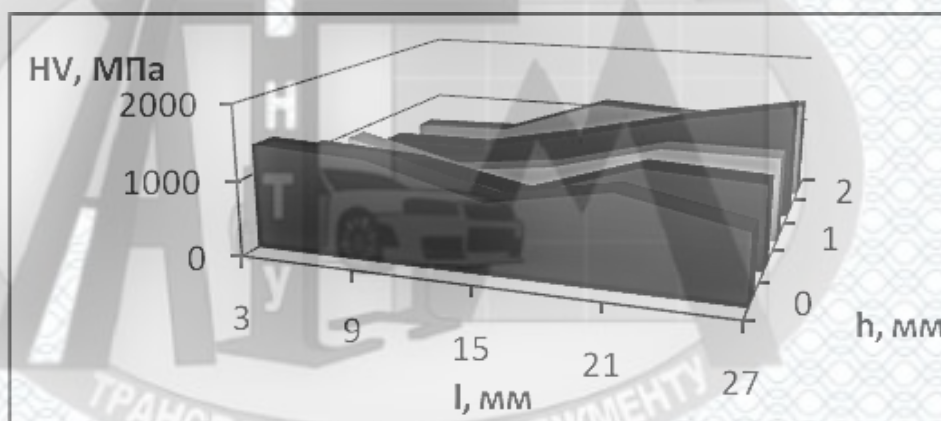


Рисунок 3.7 – Мікротвердість поліетеркетона

3.5 Висновки

Отримані дані оціночних показників за композиційними матеріалами дозволяють встановлювати більш раціональні методи нанесення покриття. Спосіб відновлення втулок шворневого вузла композиційними матеріалами має кращі показники, ніж напилення і знаходиться на одному рівні з методами наплавлення. Покриття композиційного матеріалу Ketron PEEK 1000 має більш високу твердість, ніж інші.

4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ШВОРНЕВОГО ВУЗЛА КОМПОЗИЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

4.1 Розробка технологічного процесу відновлення вузлів тертя

Відновлення шворневого вузла, що розглядається, почалося з розробки карти технологічного процесу відновлення шворневого вузла (табл. 4.1). При складанні карти було вказано мінімальну кількість технологічних операцій, що забезпечать кращу якість деталей відновлення. Для відповідної технологічної послідовності було підібрано оптимальний перелік обладнання та інструментів.

Таблиця 4.1 – Карта технологічного процесу відновлення шворневого вузла

№	Зміст робіт	Місце виконання, виконавець	Нормативні документи	Обладнання, інструмент	Трудомісткість, ЛЮД.-ХВ.	Технічні умови
1	2	3	4	5	6	7
1	Встановлення автомобіля на оглядову канаву	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Оглядова канавка	5	Встановити автомобіль на оглядову канавку, ввімкнути стоянкове гальмо
2	Встановити протівідкатні упори під задню вісь	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Протівідкатні упори	2	Встановити протівідкатні упори під задню вісь, упори повинні відповідати ширині колеса
3	Вивішування передньої частини автомобіля	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Домкрат канавний	7	При вивішуванні передньої частини автомобіля домкрат

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
						встановлювати чітко під балку, щоб уникнути перекосу автомобіля
4	Знімання передніх коліс	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Пневматичний або електричний гайковерт, пристрій для демонтажу маточини з коліс	12	Дотримання техніки безпеки при зніманні коліс та обладнання
5	Демонтаж гальмівних супортів	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Пневматичний або електричний гайковерт, ключі, пристосування для демонтажу супортів, гідравлічний візок	25	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та ручним інструментом
6	Демонтаж маточин в зборі з підшипниками	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Ключ для маточин, пристосування для знімання маточин	25	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом
7	Демонтаж рульових наконечників	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Знімач рульових наконечників, молоток	22	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом
8	Демонтаж шворнів	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Пристрій для випресування для шворневих пальців, ключі	60	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом
9	Демонтаж цапф	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Візок	10	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом
10	Миття деталей	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Ванна із содовим розчином	10	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
11	Дефектування деталей	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	ТУ на дефектування деталей ходової частини	Вимірювальні інструменти (мікрометр, нутромір, штангенциркуль)	20	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом
12	Шліфування шворня	Слюсарно- механічна дільниця. Шліфуваль- ник	ТУ на шліфування деталей	Круглошліфу- вальний верстат, паводковий патрон з повідцем, центрами, шліфувальний круг	30	Шворень шліфувати до найближчого ремонтного розміру та отримання поверхні з шорсткістю не більше Rz=120
13	Виготовлення нової втулки	Слюсарно- механічна дільниця. Токар	ТУ на токарну обробку деталей	Токарний верстат, повідковий патрон із повідцем, центрами. Прохідний, розточувальний та відрізний різці, штангенциркуль, мікрометр	40	Точити деталь із проходом різця не більше 2 мм на бік. Швидкість обробки 650 об/хв. Дотримання техніки безпеки під час роботи з вимірювальним інструментом, верстатом та різальним інструментом.
14	Віброобкатка на внутрішній діаметр втулки	Слюсарно- механічна дільниця. Токар	ТУ на вібраційну накатку деталей	Віброголовка, токарний верстат, вимірювальний інструмент	25	Вібраційну накатку робити при швидкості обертання деталі 560 об/хв. Виставити зусилля тарованої пружини 130кг. Амплітуда синусоїди 0,75 мм. Накатку робити при автоматичній подачі. Дотримання

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
						техніки безпеки під час роботи з вимірювальним інструментом, верстатом та різальним інструментом.
15	Встановлення деталей у зворотній послідовності на автомобіль	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Динамометричний ключ, пневматичний або електричний гайковерт, ключі, пристосування для монтажу супортів, гідравлічний візок	340	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та ручним інструментом
16	Перевірка та регулювання сходження	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	ТУ на перевірку та регулювання кутів сходження	Лазерний стенд	50	Дотримання техніки безпеки під час роботи з високоточним обладнанням

Основною частиною відновлення шворневого вузла є механічна обробка втулки розточуванням на токарно-гвинторізному верстаті. Виходячи з розрахунків у попередніх частинах кваліфікаційної роботи, необхідно досягти шорсткості внутрішньої та зовнішньої поверхні втулки в межах $Rz = 20-60$ мкм. Технологічний процес реставрації починається з механічної обробки на токарному верстаті спеціальними різцями з твердосплавними накладками (ТІ5К6, Т5К10, ВК6, ВК8).

Додатково на токарно-токарному верстаті для довшого збереження рівномірності мастила всередині вузла по всій довжині втулки робляться канавки глибиною 0,2 мм з кроком 30 градусів.

У відповідності до будь-якого підручника з ремонту автомобілів, при поверненні їм працездатності, необхідно намагатись досягнути найменших матеріальних, часових та трудових затрат, забезпечуючи максимальний ресурс

роботи. Щоб правильно підібрати спосіб відновлення механізму, слід виконати ретельне дефектування.

Можливі дефекти: зношування внутрішньої поверхні втулки з утворенням конусності, утворення на шворні механічного зношування.

Спосіб усунення дефекту: розточування поверхні шворня, заміна втулки.

Спосіб усунення дефекту залежить від параметра – коефіцієнт довговічності.

4.2 Визначення коефіцієнта довговічності

Від впливу умов експлуатації у різний спосіб залежить довговічність виробів при відновленні. На основі багаторічного досвіду експлуатації вантажного автотранспорту, можна виділити 3 основні причини втрати працездатного стану:

- низький коефіцієнт зносостійкості матеріалів;
- низький коефіцієнт міцності контакту деталей;
- схильність матеріалів до високих втомних навантажень при високому на них тиску.

Коефіцієнт довговічності – K_0 визначає довговічність відновлення працездатного стану деталей. Цей коефіцієнт може бути виражений у вигляді функції вищеописаних причин

$$K_0 = f(K_{зч}, K_з, K_в), \quad (4.1)$$

де $K_з$ - коефіцієнт зносостійкості;

$K_{зч}$ - коефіцієнт зчеплення;

$K_в$ – коефіцієнт витривалості.

Підчас дослідження було виявлено відсутність чинників, що відповідають за ресурс контактуючих поверхонь у шворневих вузлах цих автомобілів. Отже,

можна констатувати відсутність впливу коефіцієнта витривалості на K_d . При цьому може мати місце розбіжність максимальних та мінімальних інтенсивностей спряження під час проведення експерименту.

У таблиці 4.2 подано розрахункові дані, необхідні для вибору оптимального режиму відновлення з урахуванням фактичних обмежень.

Таблиця 4.2 – Дані для вибору режиму відновлення

Показники функції			$T_{сц}$, МПа	I, мм/год.
$t^{\circ}C$	T, год.	P, МПа		
132	1,3	356	347	0,007
157	1,8	313	326	0,0065

Виходячи з табличних даних, приймаємо оптимальний режим відновлення, при якому показники становитимуть: $P=335$ МПа, $t=143^{\circ}C$, $T=1,6$ год, при $Rz=170$ мкм, $T_{сц}=337$ МПа, $I=0,00675$ мм /год.

Оскільки базовий коефіцієнт істотно нижче коефіцієнта міцності при оптимальному режимі роботи спряження, то коефіцієнт зносостійкості дорівнюватиме коефіцієнту довговічності. У числовому значенні він дорівнюватиме $K_d=1,5$.

Аналізуючи середньостатистичні дані підприємств, що експлуатують сідлові автопоїзди по дорогах України, вихід з ладу шкворневого вузла відбудеться на 170000 км. На даному пробігу автомобілю не передбачено жодного виду ТО. Процес запобігання відмові спонукає зняти автомобіль із лінії. Уникнути цього та підвищити коефіцієнт довговічності допоможе використання запропонованого матеріалу – поліефіркетону.

$$170000 * K_d = 170000 * 1,5 = 255000 \text{ км.}$$

Отриманий ресурс цієї пари збігається з сервісним циклом автомобілів MAN що рекомендовані для умов експлуатації даного підприємства.

4.3 Дослідження структури втулки з поліефіркетону

Для аналізу структури втулки з поліефіркетону виготовлено зразок в режимі, оптимальному з точки зору довговічності. Найбільш довговічна втулка виходить при такому режимі: $P = 335 \text{ МПа}$, $t = 143 \text{ }^\circ \text{C}$, $T = 1,6 \text{ год}$, при $Rz = 170 \text{ мкм}$. Виготовлений зразок розрізаємо на сектори, тим самим охоплюючи зону переходу. Навіть на цій стадії видно, що колір та структура поверхневого шару ідентична з виготовленою бронзовою втулкою для випробувань.

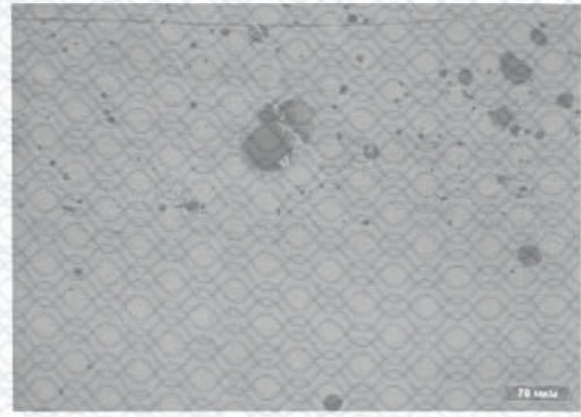


Рисунок 4.1 – Зразок для випробувань

Дослідження структури матеріалів у перехідній зоні виконано за допомогою електронного мікроскопа. Знімки виконані в 50, 200, і 500 кратному збільшенні (рис. 4.2).



50-кратне



200-кратне



500-кратне

Рисунок 4.2 – Структура досліджуваних матеріалів у перехідній зоні

На знімках, можна констатувати нечітку перехідну зону, викликану дифузією в ній вуглецю та цинку. Таким чином міцність зчеплення має високі чисельні показники.

Отже можна зробити висновок про схожість чисельних значень експериментальних даних (пористість, мікротвердість, твердість) з реальними. Отже фізико-механічні властивості композитного матеріалу – поліефіркетону відповідають усім необхідним експлуатаційним умовам.

4.4 Оптимізація параметрів технологічного процесу та визначення технологічної собівартості заміни деталі

Модель аналізованої системи формується за допомогою обмежень у формі рівнянь та нерівностей, критерію ефективності та ряду змінних. Згадка про значущість більшої частини показників процесу слід пам'ятати щодо критерію ефективності. Один із найпоширеніших вторинних критеріїв, той, що носить економічний характер. Він, як і всі вторинні критерії, виконує роль установника кордонів від максимального рівня до мінімального показників, які ним характеризуються.

Технологічна собівартість процесу ($C_{сп}$) є критерієм ефективності під час виборів операцій під час процесу відновлення вузла. Вибір даного критерію ефективності пояснюється сталістю продуктивності при відновленні різних навантажувальних режимах [17, 21].

В результаті обраних критеріїв, задаємо наступні вихідні дані для подальших розрахунків:

$P_m = 487$ г/год – технологічна продуктивність процесу;

$P_l = 383$ г/год. – дійсна продуктивність;

$N_n = 2,8$ кВт – корисна потужність;

$K_1 = 100,5$ г/кВт-год - енергопродуктивність обладнання;

$K_2 = 178$ г/кВт-год - енергопродуктивність процесу;

$N_{TEX} = 5$ кВт - технологічна потужність.

З урахуванням заданих даних за формулою (4.2) обчислюємо технологічну собівартість [14, 17]

$$C_{cn} = G \left(\frac{C_1}{P_1} + \frac{C_2}{K_1} + \frac{C_3}{P_m} \right) \rightarrow \min, \quad (4.2)$$

де C_1 - сума витрат на годину на заробітну плату, ТО та ремонт, а також амортизацію обладнання;

C_2 - витрати електроенергії;

C_3 - сума витрат за годину на інструмент, обладнання та матеріали.

Чисельне значення вартості устаткування задаємо 750000 грн, при амортизації 0,15 від вартості на місяць. Відповідно годинна амортизація = 147 грн. на годину. Відрахування на ремонт обладнання приймаються як 40% від амортизації обладнання – 59 грн.

C_1 = зарплата + амортизація обладнання + ремонт обладнання;

$$C_1 = 127 + 147 + 59 = 333 \text{ грн.}$$

Масу матеріалу можна обчислити згідно з формулою:

$$G = G_m a = 48 \text{ г.}, \quad (4.3)$$

де a - коефіцієнт корисного використання матеріалу, $a = 0,97$.

Визначаємо годинну зарплату робітника:

$$ЗП_{г} = (ЗП_{міс} / t_{сргод}) * K_{от} * K_{сф}, \quad (4.4)$$

де $ЗП_{міс}$ - середня заробітна плата робітника на місяць (приймаємо 25000 грн);

$t_{сргод}$ – середня тривалість робочої години на місяць (165,6 годин);

$K_{от}$ – галузевий коефіцієнт ($K_{от} = 1,1$);

$K_{сф}$ – відрахування ЄСВ на заробітну плату (22%) $K_{сф} = 1,22$.

$C_3 = 14,34$ грн (при вартості поліефіркетону 7900 грн/кг та партії в 100шт).

Корисна потужність обчислюється як:

$$N_n = Q_H / T_H. \quad (4.5)$$

Кількість витраченого тепла:

$$Q = C * M * (t^{\circ}_K - t^{\circ}_{нач.}), \quad (4.6)$$

де C - теплоємність, що дорівнює 0,7;

M – маса виробу.

Отримавши всі необхідні дані, обчислюємо технологічну собівартість:

$$C_{сн} = 50 \left(\frac{333}{0,8 \frac{50 \cdot 100}{T_0}} + \frac{3}{0,57 \frac{0,6 \cdot (50 + 100) \cdot t}{T_0}} + \frac{14,34}{\frac{50 \cdot 100}{T_0}} \right) = \quad (4.7)$$

$$= 4,05T_0 + 855 \frac{T_0}{t} + 0,0028T_0.$$

Також необхідно обчислити мінімальну собівартість процесу відновлення. Обчислення проводимо за формулою (4.8), методом геометричного програмування [27, 30].

$$q_0^* = \left[\frac{C_1}{C_1(1-r_1-r_2)} \right]^{1-r_1-r_2} \left(\frac{C_2}{r_1 G_2} \right)^{r_1} \left(\frac{C_3}{r_2 G_3} \right)^{r_2}. \quad (4.8)$$

Задавши всі обмеження продуктивності обладнання, виводимо чисельне значення мінімальної собівартості: $G_1 = 400$ г/год., $G_2 = 200$ г/кВт-год., $G_3 = 500$ г/год., $r_1 = 0,01757$, $r_2 = 0,03364$.

$$\frac{1-r_1-r_2}{r_1} = \frac{C_1 G_2}{G_1 C_2} = \frac{324,9 \cdot 200}{400 \cdot 3} = 54;$$

$$\frac{1-r_1-r_2}{r_2} = \frac{C_1 G_3}{G_1 C_3} = \frac{324,9 \cdot 500}{400 \cdot 14,34} = 28,2;$$

$$q_0^* = \left[\frac{324,9}{324,9(1 - 0,01757 - 0,03364)} \right]^{1-0,01757-0,03364} \left(\frac{3}{0,01757 \cdot 200} \right)^{0,01757} \times \\ \times \left(\frac{14,34}{0,03364 \cdot 500} \right)^{0,03364} = 8,042 \text{ грн/г.}$$

Знаючи мінімальну собівартість грама матеріалу, можна вважати собівартість виготовлення поліефіркетонної втулки за формулою:

$$C_{сп} = G \cdot q_0 = 48 \cdot 8,042 = 386 \text{ грн.} \quad (4.9)$$

Щоб визначити значення температури та часу, необхідно підставити отримане значення технологічної собівартості у вираз (4.7). Необхідно не переводити отримані дані у безрозмірні одиниці. Для цього скористаємося програмою Mathcad. Отримані значення в результаті обчислень, з урахуванням максимальних та мінімальних меж, склали: $C_{сп} = 386$ грн; $t = 115$ °C; $T = 2$ год.

Виходячи з отриманих раніше виразів, ми можемо зробити розрахунок дійсної (4.10) та технологічної продуктивності (4.11):

$$P_T^* = \frac{m \cdot n}{T^*} = \frac{50 \cdot 100}{85} = 588.2 \text{ г/год.}; \quad (4.10)$$

$$P^* = P_T^* - n_T = 588.2 \cdot 0.8 = 470.6 \text{ г/год.} \quad (4.11)$$

Приграничні умови $100 < t < 115$ °C, $8,5 < T_0 < 10,5$ (при $T_n = 0,5$ год.; $T_{ox} = 6$ год.; $2 < T_{вид} < 4$ год.).

За аналогією розраховується і питома енергопродуктивність обладнання (K_1) та процесу (K_2): $K_1 = 118$ г/кВт-год.; $K_2 = 210$ г/кВт-год.

Згідно з виразом (4.12), ми можемо визначити собівартість розточення поліефіркетонної втулки з урахуванням того, що зміна собівартості

$$C_{рост} = C_{zn} + C_e + C_a + C_p; \quad (4.12)$$

де C_{zn} , C_e , C_a , C_p – відповідно витрати на заробітну плату, електроенергію, амортизацію обладнання та ремонт обладнання.

Відповідно:

$$C_{zn} = 3П_{год} * T_{ум} = 125,4 * 0,255 = 32 \text{ грн.} \quad (4.13)$$

$$C_e = \frac{N_{mex} \cdot C_{кВт} \cdot t_0}{60} = \frac{6,21 \cdot 3 \cdot 11,3}{60} = 3,5 \text{ грн;} \quad (4.14)$$

де N_{mex} – технологічна потужність верстата.

$$C_a = \frac{H_a \cdot C_{об} \cdot T_{ум}}{\Phi_p \cdot 60} = \frac{0,15 \cdot 400000 \cdot 15,3}{2040 \cdot 60} = 7,5 \text{ грн;} \quad (4.15)$$

де H_a – коефіцієнт амортизаційних відрахувань;

$C_{об}$ – балансова вартість обладнання;

Φ_p – річний фонд роботи обладнання.

$$C_p = \frac{b \cdot C_{об} \cdot T_{ум}}{\Phi_p \cdot 60} = \frac{0,05 \cdot 400000 \cdot 15,3}{2040 \cdot 60} = 2,5 \text{ грн;} \quad (4.16)$$

де b – коефіцієнт відрахування на ТО і ремонт обладнання.

Таким чином:

$$C_{рост} = 32 + 3,5 + 7,5 + 2,5 = 45,5 \text{ грн.}$$

Витрати виробництва втулки розраховуємо аналогічно:

$$C_e = \frac{3,75 \cdot 3 \cdot 0,8}{60} = 0,15 \text{ грн;} \quad (4.17)$$

$$C_a = \frac{0.15 \cdot 500000 \cdot 3,2}{426 \cdot 60} = 9,4 \text{ грн};$$

$$C_p = \frac{0.05 \cdot 500000 \cdot 3,2}{426 \cdot 60} = 3,1 \text{ грн.}$$

З урахуванням усіх обчислень, оптимальне значення технологічної собівартості при відновленні поліефіркетонної втулки дорівнюватиме:

$$C_{\text{тс}} = 68,65 + 8,042 \cdot 48 = 454,6 \text{ грн.}$$

4.5 Розрахунок економічного ефекту від застосування способу відновлення шворневих вузлів виготовленням втулок з композиційних матеріалів

Основним критерієм доцільності впровадження у виробництво технологічних нововведень є досягнення вагової економії коштів, за умови збільшення продуктивності та зниження собівартості виготовлення.

Дуже важливим фактором при відновленні вузлів та агрегатів є технічна ефективність нововведення. Цей фактор дозволяє оцінити надійність під час експлуатації автомобіля, а також скоротити час простою.

У таблиці 4.3 наведено розрахункові дані основних показників, з яких утворюється економічний ефект до та після впровадження поліефіркетонної втулки.

При розрахунках прийнято, що шворінь можна розточувати до двох ремонтних розмірів, після цього вузол буде потребувати заміни на новий. При ремонті розглядається використання якісних запчастин.

Таблиця 4.3– Розрахункові дані основних показників до та після впровадження поліефіркетонкової втулки.

Показники	Одиниці вимірювання	До	Після
Вихідні дані:			
1. Виробнича програма ремонту шворневих вузлів	од.	4	3
2. Трудомісткість заміни шворневого вузла	Люд.-год.	2,8	2,8
3. Трудомісткість операцій відновлення шворневого вузла	люд.-год.	-	1,6
4. Годинна тарифна ставка слюсаря	грн	90	90
5. Вартість нового шворневого вузла MAN original (комплект)	грн	48800	48800
6. Розрахункова собівартість відновлення шворнів	грн	-	910
Ресурс відремонтованого шворневого вузла	Тис. км	170	255
Імовірність можливості відновлення шворневого вузла без заміни	-	-	0,66
Вартість виконаних робіт	грн	196208	51664

З отриманих даних, зазначених у таблиці 4.3, можна дійти висновку, що економічний ефект, отриманий результаті зниження витрат вартість заміни втулки шворневого вузла в умовах ПП «Промінь» становить 144544 грн за рік.

4.6 Висновки

1. Розроблено технологічний процес відновлення втулок вузлів тертя із застосуванням композиційних матеріалів.

2. На основі проведених досліджень було встановлено, що коефіцієнт міцності зчеплення істотно вищий за базовий, що дозволило підвищити ресурс даного вузла до 255000 тис. км.

3. Економічний ефект, отриманий внаслідок зниження витрат на ремонт шворневого вузла в умовах ПП «Промінь» становить 144544 грн на рік.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Зменшення імовірності виникнення захворювань та виробничого травматизму під час забезпечення нормованих показників умов праці є головним завданням охорони праці.

Неналежний рівень охорони праці може викликати соціально-економічні проблеми працюючих і їх родин. Тому соціально-економічне значення охорони праці полягає в наступному: зростанні продуктивності праці, зростанні сукупного національного продукту, скороченні виплат за лікарняними і компенсаційних виплат за важкі умови праці та інше.

В цьому розділі проводиться аналіз небезпечних, шкідливих і уражаючих для працівника і оточуючого середовища чинників, що виникають при проведенні вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця. В ньому розглядаються, в тому числі, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, технічні рішення з безпеки під час проведення вдосконалення, безпека в надзвичайних ситуаціях.

В процесі вдосконалення вказаного процесу на працюючих діють ті або інші небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп відповідно до [5].

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

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: нервово-психічні перевантаження: розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці.

5.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

5.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Показники, які характеризують мікроклімат: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання.

Якщо з технічних чи економічних міркувань оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини параметрів мікроклімату.

Визначаємо для приміщення, де проводяться роботи з вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іб.

Відповідно до [12] допустимі показники мікроклімату в робочій зоні для холодного та теплого періодів року приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормовані допустимі показники мікроклімату [12]

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Іб	20-24	17-25	75	≤0,2
Теплий	Іб	21-28	19-30	60 при 27°С	0,1-0,3

Перепад температури повітря за висотою робочої зони дозволяється до 3°С. При опроміненні менше 25% поверхні тіла працівника, нормована інтенсивність теплового опромінення – 100 Вт/м².

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), що використовуються при

проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, для контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, які утворюються у даному виробничому приміщенні наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони

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

Для забезпечення необхідних за нормативами показників мікроклімату і чистоти повітря робочої зони передбачено такі заходи:

- 1) у приміщенні повинна бути розміщена система опалення для холодного і кондиціонування для теплого періодів року;
- 2) здійснювати вологе прибирання кожного дня;
- 3) застосування витяжної вентиляції, яка видаляє забруднення або нагріте повітря з приміщення, а також за допомогою неї контролюється швидкість руху повітря і вологість.

5.1.2 Виробниче освітлення

Для створення раціональних гігієнічних умов на робочих місцях великі вимоги пред'являються до якісних та кількісних показників освітлення.

З погляду задач зорової роботи в приміщенні, де проводяться роботи з вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця, згідно [9] знаходимо, що вони відносяться до III розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном –

великий, а характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт з.

Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) і мінімальні значення освітленості при штучному освітленні приведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення і мінімальні освітленості при штучному освітленні

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

Так як приміщення розташоване в місті Вінниця (друга група забезпеченості природним світлом), а світлові пройми розташовані за азимутом 45°, то для таких умов КПО визначатиметься за виразом [3, 9]

$$e_N = e_n m_N [\%], \quad (5.1)$$

де e_n – табличне значення КПО, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

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

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

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

Для забезпечення нормованих значень параметрів освітлення передбачено такі заходи:

- 1) за недостатнього природного освітлення у світлу пору доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;
- 2) використання загального штучного освітлення у темну пору доби.

5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

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

Визначено, що приміщення, де проводиться робота з вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця може мати робочі місця із шумом та вібрацією, який генерується двигунами внутрішнього згорання.

Для попередження травмування працюючих під дією шуму та вібрації вони підлягає нормуванню. Основним документом з питань промислового шуму, діючим в Україні, є [10], згідно з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях у промислових приміщеннях не мають перевищувати значень, що приведені в таблиці 5.4. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці 5.5 для 1-ї категорії (транспортна).

Таблиця 5.4 – Нормовані рівні шуму і еквівалентні рівні звуку

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

Таблиця 5.5 – Нормовані рівні вібрації [11]

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

Для покращення віброакустичного клімату у приміщенні передбачено такі заходи:

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

5.1.4 Виробничі випромінювання

Аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому виконується робота з вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів наведені у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання, амплітудна чи кутова модуляція)

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

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

5.2 Технічні рішення щодо безпеки під час проведення вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу ПП «Промінь» місто Вінниця

5.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Конструкція робочого місця, взаємне розташування його елементів і його розміри повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним властивостям людини, а також характеру праці [6].

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

У випадку розміщення робочих місць у приміщеннях з джерелами шкідливих та небезпечних промислових чинників, вони зобов'язані розміщатись в абсолютно ізольованих кабінетах з природним освітленням та організованим повітрообміном. Площа одного робочого місця має складати не менше 6,0 м², об'єм приміщення – не менше як 20 м³, висота – не менше 3,2 м [23].

Кольорове оздоблення інтер'єру приміщення повинно відповідати вказівкам з проектування кольорової обробки інтер'єрів приміщень будівель промислових підприємств. Поверхня підлоги повинна бути гладкою, без вибоїн, не слизькою, мати антистатичні властивості, зручною для вологого прибирання. Забороняється застосовувати під час оздоблення інтер'єру полімерні матеріали, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

5.2.2 Електробезпека

Причинами ураження електричним струмом у цьому приміщенні можуть бути: робота під напругою під час проведення ремонтних робіт, несправність електрообладнання, випадкове торкання до струмоведучих частин чи металевих частин, які опинилися під напругою. У відповідності до [26] дане приміщення належить до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом в наслідок наявності високої (більше 75 %) вологості.

Через це безпека використання електрообладнання повинна гарантуватись комплексом заходів, що включають застосування ізоляції струмоведучих елементів, захисних блокувань, захисного заземлення тощо [8].

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Відповідно до [7] приміщення, в якому проводиться робота з вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця, відноситься до категорії пожежної небезпеки А, яка характеризується наявністю легкозаймистих рідин з температурою спалаху не більше 28 °С, що застосовуються під час проведення вдосконалення. Це приміщення відноситься до 2-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 5.7 і являють собою час, протягом якого конструкції затримують поширення вогню, оцінюється межею вогнестійкості. Межа вогнестійкості конструкції визначається часом в хвилинах від початку сприймання вогню до утворення в конструкціях наскрізних тріщин або отворів,

підвищення температури на поверхні, яка не обігривається вище допустимої, руйнування конструкції.

Таблиця 5.7 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [7]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни					Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки	Плити, прогони				Балки, ферми	
										М0
2	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	REI 15 M0	R 30 M0	

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см.

В таблиці 5.8 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 5.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [28]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної безпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Протипожежні розриви, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Максимально допустима площа поверху, м ² , для кількості поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	A	2	40	25	15	45	9	9	12	6	н.о.	–	–

Примітка: н.о. – не обмежується

Вибір видів та кількості первинних засобів пожежегасіння проводиться із урахуванням властивостей фізико-хімічних та пожежонебезпечних горючих

речовин, їхньої взаємодії з вогнегасними речовинами, а також розмірів і площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків і установок.

Встановлюємо, що приміщення, в якому проводиться робота з вдосконалення, має бути оснащено двома вогнегасниками, пожежним щитом, ємністю з піском [24].

5.4 Висновки

В результаті виконання даного розділу було опрацьовано такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки при проведенні вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця, безпека в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було вивчено питання забезпечення виконання робіт з відновлення шворневих вузлів вантажних автомобілів.

1. В першому розділі був проведений аналіз стану питання відновлення шворневих вузлів композиційними матеріалами. На основі аналізу та попередніх дослідницьких робіт, було обґрунтовано доцільність застосування поліефіркетону для ремонту шворневих вузлів.

2. Аналіз структури і стану рухомого складу та ВТБ транспортного підрозділу ПП «Промінь» виявлена потреба в оновленні технологічного обладнання та автомобілів, проте наявна ВТБ дозволяє виконувати роботи по відновленню шворневих вузлів.

3. Проведено повнофакторний експеримент з метою оцінки впливу зовнішніх факторів на інтенсивність зношування вузла. При виконанні математичних розрахунків та досліджень було визначено збільшення зносостійкості вузла більш ніж у 1,5 рази, за рахунок запропонованого матеріалу за оптимальних умов роботи з'єднання. Запропоновано математичну модель тертя рухомих сполучень вузлів автомобілів (на прикладі шворневого вузла) із застосуванням поліефіркетону.

3. Розроблено технологічний процес відновлення шворневого вузла автотранспортних засобів із застосуванням поліефіркетону.

4. На основі проведених досліджень встановлено, що коефіцієнт міцності істотно вищий за базовий. На основі виконаних розрахунків, встановлено, що довговічність вузла в даних умовах експлуатації складе 225 тис.км..

5. Економічний ефект, отриманий внаслідок зниження витрат на ремонт шворневого вузла в умовах ПП «Промінь» становить 144544 грн на рік.

6. В п'ятому розділі вивчено питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в транспортному підрозділі ПП «Промінь».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Варчук В. В.. Автомобілі та автомобільне господарство. Дипломне проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 171 с.
2. Божидарнік В.В., Гусев А.П. Основи технології виробництва і ремонту автомобілів: Навчальний посібник. – Луцьк: «Надстир'я», 2007. – 320 с.
3. Бондаренко Є. А. Освітлення виробничих приміщень : довідник / Є. А. Бондаренко, В. О. Дрончак. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 61 с.
4. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник / [В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов]. Вінниця, ВНТУ, 2013. Режим доступу : <http://posibnyky.vntu.edu.ua/newauto/5/index.html>.
5. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями.
6. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. ДСанПіН 3.3.2-007- 98. Міністерство охорони здоров'я, Головне санітарно-епідеміологічне управління. Наказ № 7 від 10.12.98.
7. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
8. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
9. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
10. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
11. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.
12. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
13. Забашта В. Ф. Полімерні композиційні матеріали конструкційного

призначення / В. Ф. Забашта, Г. О. Кривов, В. Г. Бондар. К.: Техніка. 1993. 160 с.

14. Захарчук О.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О. В. Захарчук. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. – 140 с.

15. Захарчук О.В. Технічне обслуговування і ремонт АТЗ: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Олег Вікторович Захарчук. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. 140 с.

16. В.І. Кальченко, В.В. Кальченко, В.І. Венжега. Відновлення деталей автомобілів: Навчальний посібник. Чернігів: ЧНТУ, 2013. 192с.; іл.

17. Канарчук В.С., Лудченко О. А., Чигринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів: Підручник. К. : Вища шк., 1994. 495 с.

18. В. Копань. Композиційні матеріали: Навчальний посібник. К.: Університетське видавництво ПУЛЬСАРИ, 2004, 200 с., з іл.

19. Кузнєцов О.Д, Смирнов Є.В. Обґрунтування методу відновлення деталей шворневих вузлів автомобілів / Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», Вінниця, 2024. [Електронний ресурс].

Режим

доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/19562>

20. Курніков І.П. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту / [Курніков І.П. та ін.]. К.: Вища школа, 1993.

21. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : організація і управління : підручник / О. А. Лудченко. К. : Знання, 2004. 478 с.

22. Матеріали та матеріалознавство в автомобільному транспорті. Навчальний посібник / В. А. Косенко, Н. Ф. Куцевська, О.Г. Добровольський, В.В. Малишев. К.: Університет «Україна», 2015 р. 313 с.

23. Методичні вказівки до опрацювання розділу "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей, що пов'язані з функціональною електронікою, автоматизацією та

управлінням / Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 64 с.

24. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.

25. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я, Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 544 с.

26. Правила улаштування електроустановок. 2-е вид., перероб. і доп. – Х: "Форт", 2009. – 736 с.

27. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. - Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. - 720 с.

28. Правила охорони праці на автомобільному транспорті : ДНАОП 0.00-1.28-97. К. : Держнагляд охорони праці, 1997.

29. Форнальчик, Є. Ю. Основи технічного сервісу транспортних засобів [Текст]: навчальний посібник / Є. Ю. Форнальчик, Р. Я. Качмар ; МОН України, НУ «Львівська політехніка». – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 304 с.

30. Чередніков О.М. Технологічні основи ремонту машин і відновлення деталей: Навчальний посібник.– Чернігів: ЧДТУ, 2008. – 212с.

Ремонт автомобілів: Навчальний посібник. Книга 1./ Упор. В.Я. Чабанний. Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. 720 с.

31. Demas N. G., Polycarpou A. A. Tribological performance of PTFE-based coatings for air-conditioning compressors. Surf Coat Tech 203: 307–316 (2008).

32. McCarthy D M C, Glavatskih S B. Assesment of polymer composites fo hydrodynamic journal-bearing applications. Lubr Sci 21: 331–341 (2009).

33. Nunez E. E., Yeo S. M., Polychronopoulou K., Polycarpou A. A. Tribological study of high bearing blended polymer-based coatings for air-conditioning and refrigeration compressors. Surf Coat Tech 205: 2994–3005 (2011).

34. Tribology of Interface Layers / Hooshang Heshmat. Taylor & Francis, 2010. – p. 444.

Додаток А
(обов'язковий)



ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ШВОРНЕВИХ ВУЗЛІВ ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ В УМОВАХ
ТРАНСПОРТНОГО ПІДРОЗДІЛУ ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«ПРОМІНЬ» МІСТО ВІННИЦЯ**

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



Графічний матеріал до
магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із
застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного
підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця

Розробив: ст. гр. 2АТ-22м

Кузнецов О. Д.

Керівник: к. т. н., доцент

Смирнов Є. В.

Вінниця - 2023

Мета роботи – вдосконалення відновлення шворневих вузлів вантажних автомобілів в умовах ПП «Промінь» методом ремонтної деталі шляхом використання композиційного матеріалу з поліпшеними властивостями – поліефірефіркетону.

Завдання дослідження

- провести аналіз методів підвищення довговічності вузлів композиційними матеріалами з метою оцінки можливості їх застосування для шворневих вузлів автотранспортних засобів;
- описати математичну модель тертя рухомих з'єднань вузлів ходової частини транспортних засобів за допомогою поліефірефіркетону;
- провести дослідження технології відновлення шворневого вузла та його фізико-хімічних характеристик при застосуванні втулки з поліефіркетону;
- розробити технологічний процес відновлення шворневих вузлів, із застосуванням даного матеріалу — поліефіркетону;
- виконати оцінку ефективності застосування даного способу відновлення шворневих вузлів на прикладі транспортного підрозділу ПП «Промінь».

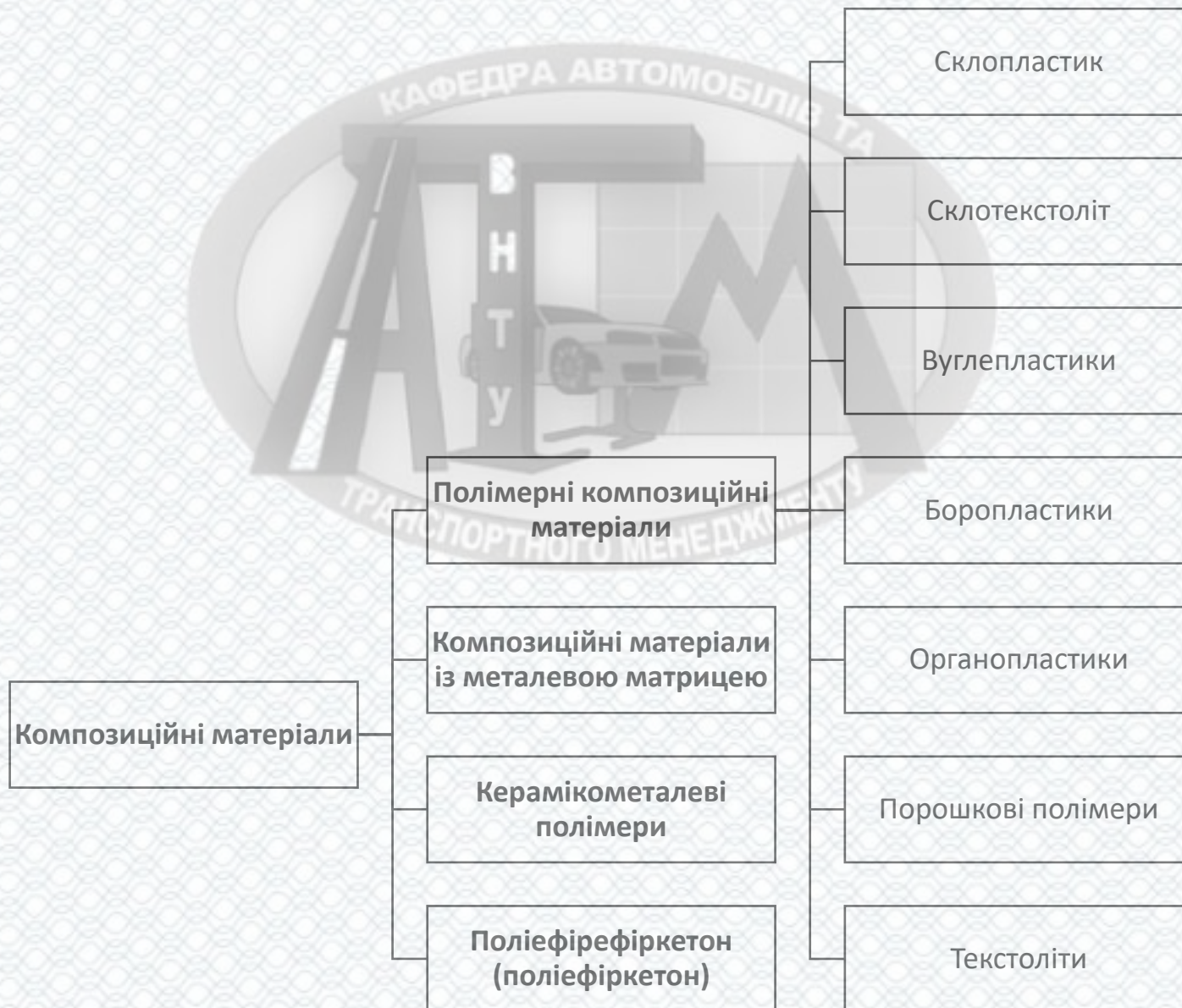
Об'єкт дослідження – процеси тертя та зношування в рухомих з'єднаннях ходової частини вантажних автомобілів, а саме шворневий вузол ходової частини.

Предмет дослідження – триботехнічна система шворневого вузла ходової частини вантажних автомобілів.

Новизна отриманих результатів

- отримали розвиток залежності вихідних параметрів технологічного процесу відновлення вузлів тертя ходової частини із застосуванням композиційних матеріалів при ремонті деталей автопоїздів з експлуатаційними показниками;
- розроблено перспективний технологічний процес відновлення шворневих вузлів ходової частини вантажних транспортних засобів.

Класифікація композиційних матеріалів



Характеристика транспортного підрозділу ПП «Промінь»

Загальна характеристика транспортного підрозділу:

- Кількість одиниць рухомого складу: MAN TGX – 6, н/п Schmitz SPR 24 – 6;
- Площа території – 0,8 га;
- Коефіцієнт використання території – 0,42.

Таблиця 1 – Аналіз техніко-експлуатаційних показників ВТБ

Найменування ТЕП	Еталонний показник P_i^e	Нормативний показник $P_i^н$	Фактичний показник $P_i^ф$	Результат порівняння, %
1. Чисельність виробничих робітників	0,32	0,98	0,55	-44
2. Кількість робочих постів	0,10	0,42	0,33	-21
3. Площа виробничо-складських приміщень, м ²	19,0	56,8	37,1	-34
4. Площа допоміжних приміщень, м ²	8,70	22,9	24,5	9
5. Площа стоянки, м ²	37,2	64,5	82,1	27
6. Площа території, м ²	120	378,5	405,2	7

Модель тертя в рухомих шворневих вузлах

Залежність сили тертя як функції від швидкості, з якої переміщається шворень та тиску всередині втулки та шворня

$$F_{mp} = \begin{cases} F_C \cdot \left(1 + (K_{brk} - 1) \cdot e^{-c_v |v_{nrp}|}\right) \cdot \text{sign}(v_{nrp}) + f_{vfr} v_{nrp} & \text{при } |v_{nrp}| \geq v_0 \\ K \cdot v_{nrp} & \text{при } |v_{nrp}| < v_0 \end{cases}$$

де F_C - кулонівське тертя; K_{brk} - коефіцієнт зміни сили зрушування; c_v - коефіцієнт, що характеризує інтенсивність спаду сили зрушування; f_{vfr} - коефіцієнт в'язкого тертя.

Сила кулонівського тертя $F_C = F_{pr} + f_{cfr} \cdot (p_A + p_B)$.

Коефіцієнт кулонівського тертя залежить від в'язкості консистентного мастила

$$f_c = A_r \cdot p^{\frac{2}{3}} \cdot v^{-0.4} \cdot \mu^{\frac{1}{6}} + A_{жс} \cdot p^{\frac{1}{2}} \cdot v^{\frac{1}{2}} \cdot \mu^{\frac{1}{2}},$$

де μ – коефіцієнт динамічної в'язкості рідини.

Рівняння, що описує роботу шворневого вузла $\frac{dF_{mp}^{nc}}{dt} = \frac{1}{T_{ушц}} \cdot (F_{mp} - F_{mp}^{nc})$,

де F_{mp} - сила строгування, t - час роботи ущільнення;

F_{mp}^{nc} - сила тертя з урахуванням динаміки роботи ущільнень, $T_{ушц}$ - постійна часу

Дослідження тертя поверхонь шворневого вузла

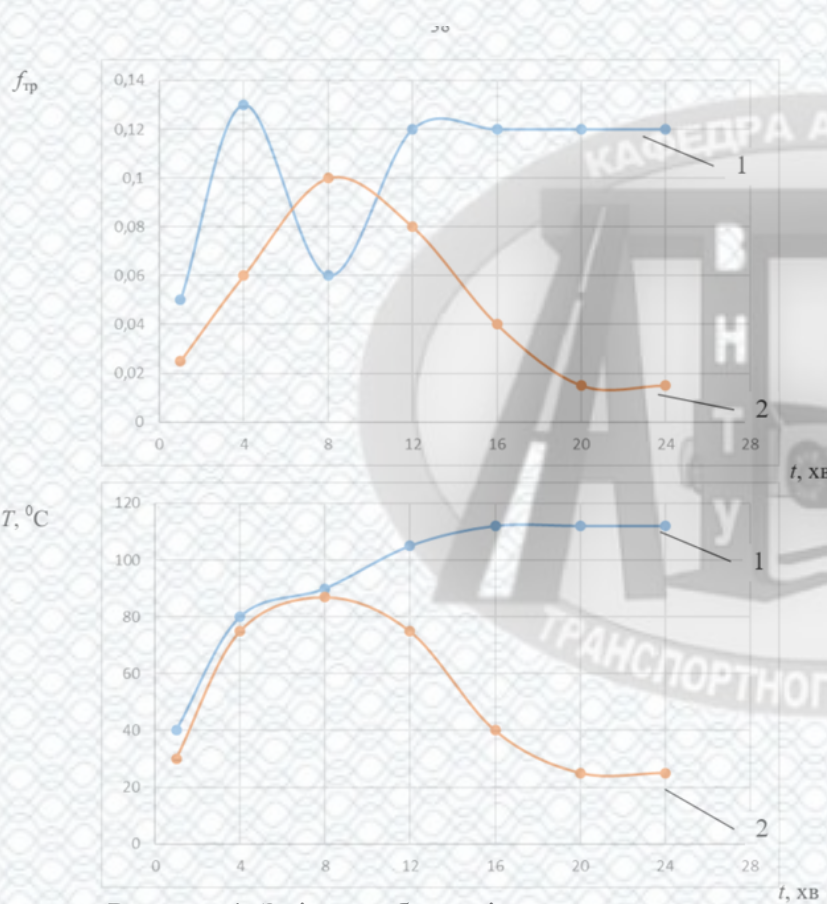


Рисунок 1. Зміна триботехнічних характеристик при терті Бр ОЦС 5-7-12 (1) та полієфіркетону (2) по сталевій поверхні

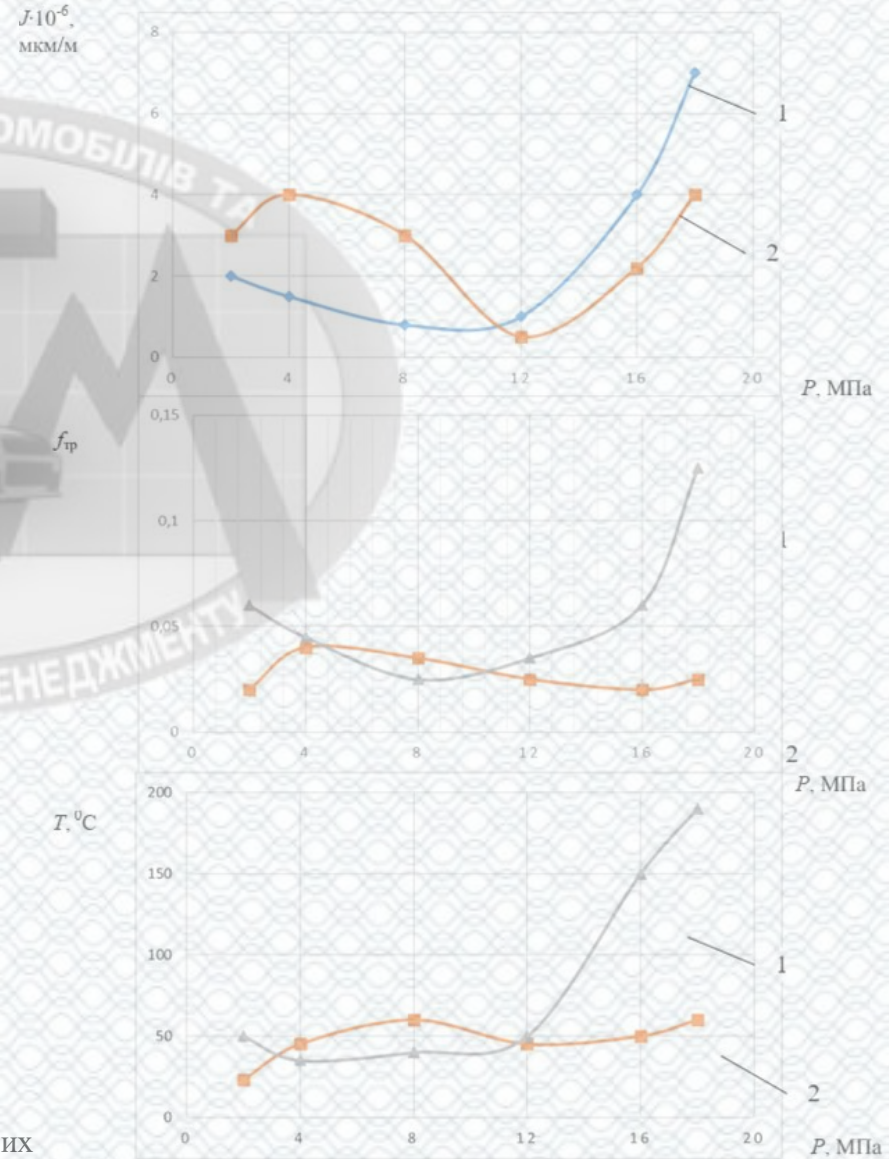


Рисунок 2. Залежність триботехнічних характеристик при терті Бр ОЦС 5-7-12(1) та полієфіркетону(2) зі сталевією поверхнею від навантаження в трибоконтакті

Дослідження тертя поверхонь шворневого вузла (продовження)

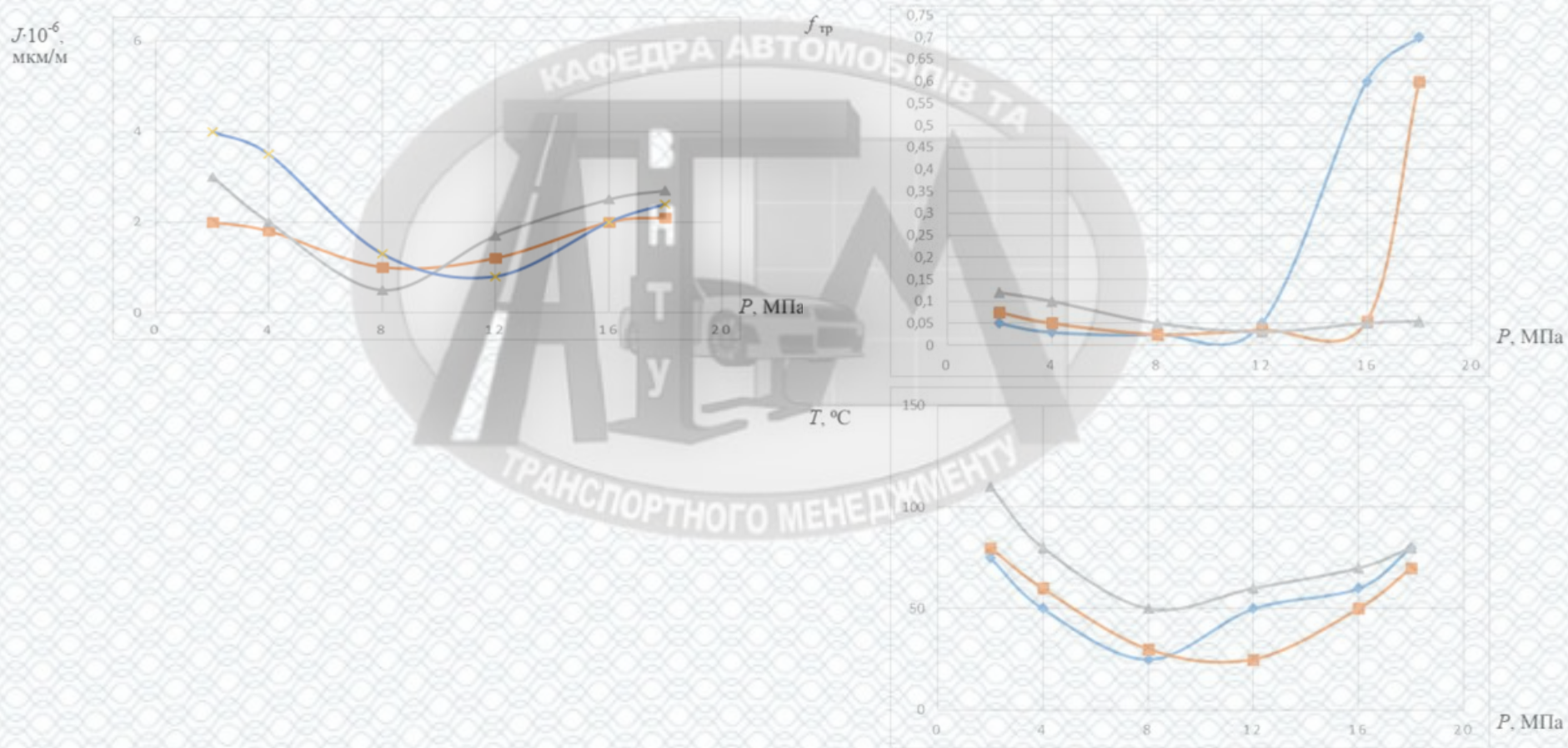


Рисунок 3. Графік залежності тиску від інтенсивності зношування, коефіцієнта тертя та температури при різних швидкостях ковзання.

$$V_{ск} = 0,5 \text{ м / хв}; V_{ск} = 1,5 \text{ м / хв}; V_{ск} = 2,5 \text{ м / хв}$$

Карта технологічного процесу відновлення шворневого вузла

№	Зміст робіт	Місце виконання, виконавець	Нормативні документи	Обладнання, інструмент	Трудомісткість, люд.-хв.	Технічні умови
1	2	3	4	5	6	7
1	Встановлення автомобіля на оглядову канаву	Пост ПР. Автослосар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Оглядова канава	5	Встановити автомобіль на оглядову канаву, ввімкнути стоянкове гальмо
2	Встановити противідкатні упори під задню вісь	Пост ПР. Автослосар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Противідкатні упори	2	Встановити противідкатні упори під задню вісь, упори повинні відповідати ширині колеса
3	Вивішування передньої частини автомобіля	Пост ПР. Автослосар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Домкрат канавний	7	При вивішуванні передньої частини автомобіля домкрат встановлювати чітко під балку, щоб уникнути перекосу автомобіля
4	Знімання передніх коліс	Пост ПР. Автослосар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Пневматичний або електричний гайковерт, пристрій для демонтажу маточини з коліс	12	Дотримання техніки безпеки при зніманні коліс та обладнання
5	Демонтаж гальмівних супортів	Пост ПР. Автослосар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Пневматичний або електричний гайковерт, ключі, пристосування для демонтажу супортів, гідравлічний візок	25	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та ручним інструментом
6	Демонтаж маточин в зборі з підшипниками	Пост ПР. Автослосар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Ключ для маточин, пристосування для знімання маточин	25	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом
7	Демонтаж рульових наконечників	Пост ПР. Автослосар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Знімач рульових наконечників, молоток	22	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом
8	Демонтаж шворнів	Пост ПР. Автослосар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Пристрій для випресування для шворневих пальців, ключі	60	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом
9	Демонтаж цапф	Пост ПР. Автослосар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Візок	10	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом

Карта технологічного процесу відновлення шворневого вузла (продовження)

1	2	3	4	5	6	7
10	Миття деталей	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Ванна із содовим розчином	10	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом
11	Дефектування деталей	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	ТУ на дефектування деталей ходової частини	Вимірювальні інструменти (мікрометр, нутромір, штангенциркуль)	20	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та інструментом
12	Шліфування шворня	Слюсарно-механічна дільниця. Шліфуваль-ник	ТУ на шліфування деталей	Круглошліфу-вальний верстат, паводковий патрон з повідцем, центрами, шліфувальний круг	30	Шворень шліфувати до найближчого ремонтного розміру та отримання поверхні з шорсткістю не більше Rz=120
13	Виготовлення нової втулки	Слюсарно-механічна дільниця. Токар	ТУ на токарну обробку деталей	Токарний верстат, повідковий патрон із повідцем, центрами. Прохідний, розточувальний та відрізний різці, штангенциркуль, мікрометр	40	Точити деталь із проходом різця не більше 2 мм на бік. Швидкість обробки 650 об/хв. Дотримання техніки безпеки під час роботи з вимірювальним інструментом, верстатом та різальним інструментом.
14	Віброобкатка на внутрішній діаметр втулки	Слюсарно-механічна дільниця. Токар	ТУ на вібраційну накатку деталей	Віброголовка, токарний верстат, вимірювальний інструмент	25	Вібраційну накатку робити при швидкості обертання деталі 560 об/хв. Виставити зусилля тарованої пружини 130кг. Амплітуда синусоїди 0,75 мм. Накатку робити при автоматичній подачі. Дотримання техніки безпеки під час роботи з вимірювальним інструментом, верстатом та різальним інструментом.
15	Встановлення деталей у зворотній послідовності на автомобіль	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	Типова інструкція з охорони праці	Динамометричний ключ, пневматичний або електричний гайковерт, ключі, пристосування для монтажу супортів, гідравлічний візок	340	Дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням та ручним інструментом
16	Перевірка та регулювання сходження	Пост ПР. Автослюсар 4 розряду	ТУ на перевірку та регулювання кутів сходження	Лазерний стенд	50	Дотримання техніки безпеки під час роботи з високоточним обладнанням

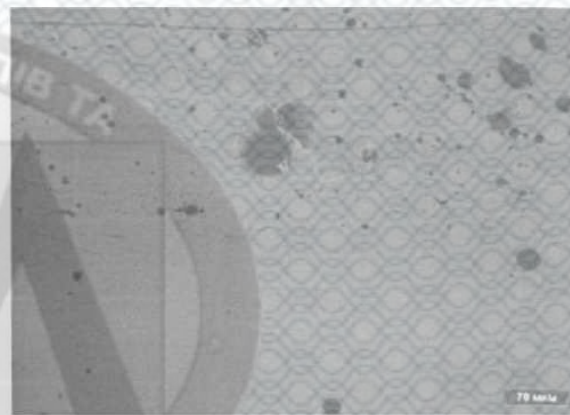
Дослідження структури втулки з поліефіркетону



Рисунок 1 – Зразок для випробувань



50-кратне



200-кратне



500-кратне

Рисунок 2 – Структура досліджуваних матеріалів у перехідній зоні

Визначення ефективності запропонованих рішень

Показники	Одиниці вимірювання	До	Після
Вихідні дані:			
1. Виробнича програма ремонту шворневих вузлів	од.	4	3
2. Трудомісткість заміни шворневого вузла	Люд.-год.	2,8	2,8
3. Трудомісткість операцій відновлення шворневого вузла	люд.-год.	-	1,6
4. Годинна тарифна ставка слюсаря	грн	90	90
5. Вартість нового шворневого вузла MAN original (комплект)	грн	48800	48800
6. Розрахункова собівартість відновлення шворнів	грн	-	910
Ресурс відремонтованого шворневого вузла	Тис. км	170	255
Імовірність можливості відновлення шворневого вузла без заміни	-	-	0,66
Вартість виконаних робіт	грн	196208	51664

Економічний ефект, отриманий в результаті зниження витрат вартість заміни втулки шворневого вузла в умовах ПП «Промінь» становить 144544 грн за рік.

Висновки

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було вивчено питання забезпечення виконання робіт з відновлення шворневих вузлів вантажних автомобілів.

1. В першому розділі був проведений аналіз стану питання відновлення шворневих вузлів композиційними матеріалами. На основі аналізу та попередніх дослідницьких робіт, було обґрунтовано доцільність застосування поліефіркетону для ремонту шворневих вузлів.

2. Аналіз структури і стану рухомого складу та ВТБ транспортного підрозділу ПП «Промінь» виявлена потреба в оновленні технологічного обладнання та автомобілів, проте наявна ВТБ дозволяє виконувати роботи по відновленню шворневих вузлів.

3. Проведено повнофакторний експеримент з метою оцінки впливу зовнішніх факторів на інтенсивність зношування вузла. При виконанні математичних розрахунків та досліджень було визначено збільшення зносостійкості вузла більш ніж у 1,5 рази, за рахунок запропонованого матеріалу за оптимальних умов роботи з'єднання. Запропоновано математичну модель тертя рухомих сполучень вузлів автомобілів (на прикладі шворневого вузла) із застосуванням поліефіркетону.

3. Розроблено технологічний процес відновлення шворневого вузла автотранспортних засобів із застосуванням поліефіркетону.

4. На основі проведених досліджень встановлено, що коефіцієнт міцності істотно вищий за базовий. На основі виконаних розрахунків, встановлено, що довговічність вузла в даних умовах експлуатації складе 225 тис.км..

5. Економічний ефект, отриманий внаслідок зниження витрат на ремонт шворневого вузла в умовах ПП «Промінь» становить 144544 грн на рік.

6. В п'ятому розділі вивчено питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в транспортному підрозділі ПП «Промінь».

Додаток Б
(обов'язковий)

**Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових
запозичень**



ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Вдосконалення процесу відновлення шворневих вузлів із застосуванням композиційних матеріалів в умовах транспортного підрозділу приватного підприємства «Промінь» місто Вінниця

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 89,3 % Схожість 10,7 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

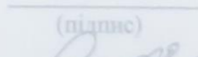

(підпис)

Цимбал О.В.

(прізвище, ініціали)

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

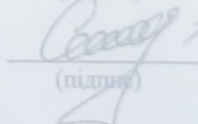
Автор роботи


(підпис)

Кузнєцов О.Д.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Смирнов Є.В.

(прізвище, ініціали)