

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



**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему «Підвищення довговічності засобів транспорту триботехнологіями  
відновлення в процесі експлуатації автомобілів товариства з обмеженою  
відповідальністю «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556»»

Виконав: студент 2 курсу,  
групи 1АТ-18мз спеціальності  
274 – Автомобільний транспорт  
Бережнов Б.П.  
Керівник: канд. техн. наук, доцент  
Крещенецький В.Л.  
Рецензент: к.т.н.,доц. Обертюх Р.Р.

Вінниця – 2020 року

## АНОТАЦІЯ

В даній магістерській роботі розглядається проблема підвищення довговічності засобів транспорту триботехнологіями відновлення в процесі експлуатації.

В першому розділі дано сучасний стан функціонування ТОВ «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556», наведено характеристику парку рухомого складу, проаналізовано механічні втрати в основних спряженнях деталей систем і агрегатів автотранспортної техніки, обґрунтовано тему, актуальність і практичну новизну магістерської роботи.

В другому розділі розглянуто режими тертя та види зношування у спряженнях деталей дизеля АТТ. Досліджено зміни характеристик оливи в процесі експлуатації систем і агрегатів АТТ та методи їх поліпшення. Проаналізовано методи підвищення надійності систем і агрегатів АТТ, що працюють у сільськогосподарському виробництві.

В третьому розділі дано обґрунтування виробничої структури підприємства, розрахована річна виробнича програма і штат працівників за всіма видами ТО і ПР.

В розділі "Охорона праці" розкрити небезпечні фактори, які можуть виникнути при проведенні робіт у випробувальній дільниці при виконанні операцій згідно розробленої технології прискореної обкатки двигунів й запропоновані заходи щодо зменшення негативного впливу дії цих факторів на виробничий персонал та навколишнє середовище.

## ANNOTATION

This master's thesis deals with the problem of increasing the durability of means of transport by tribotechnology of restoration during operation.

In the first section the current state of functioning of LLC "Vinnytsia Motor Transport Company - 10556" is given, the characteristics of the fleet of rolling stock are given, the mechanical losses in the main interfaces of details of systems and units of motor vehicles are analyzed, the topic, relevance and practical novelty of the master are substantiated.

The second section discusses the friction modes and types of wear in the joints of ATT diesel parts. Changes in the characteristics of oil during the operation of ATT systems and units and methods for their improvement are investigated. The methods of increasing the reliability of ATT systems and units operating in agricultural production are analyzed

In the third section the substantiation of the production structure of the enterprise, the annual production program and the staff of all types of maintenance and PR are calculated.

In the section "Occupational safety" to reveal the dangerous factors that may arise when performing work in a test site when performing operations according to the developed technology of accelerated running-in of engines and proposed measures to reduce the negative impact of these factors on the production staff and the environment.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТОВ «ВІННИЦЬКЕ АВТО- ТРАНСПОРТНЕ ПІДПРИЄМСТВО – 10556» ТА МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ В ОСНОВНИХ СПРЯЖЕННЯХ ДЕТАЛЕЙ СИСТЕМ І АГРЕГАТІВ АТЗ.....	12
1.1 Аналіз діяльності підприємства .....	12
1.2 Аналіз структури, складу та стану рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю "Вінницьке АТП-10556".....	15
1.3 Аналіз виробничо-господарської діяльності автотранспортного підприємства.....	17
1.4 Дослідження ринку автотранспортних послуг.....	19
1.5 Механічні втрати в основних спряженнях деталей систем і агрегатів АТЗ.....	26
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕРТЯ ТА ВИДІВ ЗНОШУВАННЯ У СПРЯЖЕННЯХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЯ АТЗ ТА ТРИБОТЕХНОЛОГІЙ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ.....	33
2.1 Механічні втрати дизеля та методи їх зниження .....	33
2.2 Режими тертя та види зношування у спряженнях деталей дизеля АТЗ.....	36
2.3 Зміна характеристик оливи в процесі експлуатації систем і агрегатів АТЗ та методи їх поліпшення .....	51
2.4. Аналіз попиту на перевезення молочної продукції .....	56
2.5. Методи підвищення надійності систем і агрегатів АТЗ .....	63
2.6 Висновки до розділу 2.....	72
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	95
3.1 Вибір програмного забезпечення для розрахунку на ЕОМ .....	95
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	107
4.1 Аналіз умов праці.....	107
4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії .....	108
4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	111
4.4 Електробезпека.....	114
4.5 Пожежна безпека.....	115
4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	117
ВИСНОВКИ.....	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	121
ДОДАТКИ.....	126

## ВСТУП

Проблема підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів за рахунок збільшення ресурсу спряжень деталей їхніх систем та агрегатів з часом лише неухильно зростає. Найвагомими в загальному балансі є механічні втрати на тертя у дизелів, що припадають на деталі ЦПГ. Варто також відзначити, що методи обґрунтованого вибору мастильних матеріалів і режимів експлуатації дизелів відсутні в багатьох випадках через ускладнення мастильних композицій, одержаних додаванням різноманітних функціональних присадок.

При цьому мастило розглядається як важливий трибоелемент та частина конструкції спряження деталей агрегатів та систем, що може надійно і тривало виконувати відповідні функції, забезпечуючи деталям заданий ресурс. Але це можливо лише при повній відповідності властивостей мастила тим хімічним, механічним та термічним впливам, яким воно піддається у процесі експлуатації. На основні показники роботи дизельних агрегатів та ефективність використання автотранспортної та мобільної сільськогосподарської техніки експлуатаційні властивості оливо впливають дуже відчутно.

При виборі відповідної марки мастила та встановленні терміну проведення ТО необхідно враховувати його експлуатаційні властивості. До них належать наступні: в'язкісно-температурні властивості, змащувальна здатність, мийні властивості, антикорозійні властивості, а також протиокисна стабільність. Покращення експлуатаційних властивостей мастила досягається вивченням умов роботи агрегатів і встановленням до них певних експлуатаційних вимог; розробкою якомога детальнішої класифікації та уточненням маркуванням мастил; вивченням закономірностей зміни експлуатаційних та фізико-хімічних показників; додаванням добавок і присадок в мастила.

З метою розв'язання задачі забезпечення надійності в експлуатації варто звернути увагу на триботехнічні технології відновлення, їх застосування спричиняє зміну фізико-хімічних властивостей і показників мастил за рахунок модифікування додатковими речовинами (присадками) і обробка різноманітними

фізичними полями (електромагнітним, магнітним, електричним й т.ін.) дає змогу збільшити ресурс і підвищити зносостійкість спряжень, а у деяких випадках – й відновити сильно зношені робочі поверхні деталей за допомогою формування робочих антифрикційних покриттів.

Потрібно дослідити закономірності загального впливу комбінованого модифікування (обробка мастила магнітним і електричним полями, додавання присадок) на механізм зміни структури мастила та механізм формування робочого мастильного шару на поверхнях деталей та зразків, а також їхній вплив на товщину шару мастила та його несучу здатність.

Продемонструвати, що змащувальні властивості моторних мастил покращуються через додавання функціональних присадок з різноманітними поверхнево-активними присадками (ПАР), що формують на поверхнях тертя міцні багатомолекулярні шари, в широкому діапазоні температур, швидкостей та навантажень у ТТС, запобігаючи інтенсивному зношуванню, завдяки конкурентній фізичній адсорбції молекул ПАР. Основним параметром, який визначає процес адсорбції на робочих поверхнях тертя, вважається концентрація молекул ПАР присадки та їхній асоціативний стан. Під впливом силового фізичного поля на поверхні деталей та при обробці зовнішнім фізичним полем надмолекулярні структури руйнуються, й тоді у зоні тертя формується багатомолекулярний шар зі збільшеною несучою здатністю.

Визначити, що характер зміни властивостей і показників мастила при додаванні до нього добавок та присадок сприяє схильності поверхневих шарів деталей та близьких до поверхні шарів мастила до мезоморфізму. Про це свідчать дані ізотерми коефіцієнта поверхневого натягу мастила та характерні схеми розташування асоціатів композиційного мастила на поверхні деталі.

З'ясувати властивості моторного мастила як неньютонівської рідини при додаванні у нього функціональних присадок певної концентрації, використовуючи приклад дослідження коефіцієнта поверхневого натягу. Поверхневу активність мастила за Гіббсом можна апроксимувати лінійною залежністю, і разом зі зміною коефіцієнта поверхневого натягу в діапазоні, що

досліджується, концентрацій гліцерату міді на спряженнях поверхнях деталей під час адсорбції змінюється спосіб розташування асоціатів молекул. Ефективність дії композиційних мастил на поверхню деталі залежить від їхніх фізико-хімічних властивостей і характеристик. При зростанні навантаження складові у присадках починають працювати ефективніше і подальші покращення триботехнічних характеристик агрегатів пов'язані зі структурними перебудовами у композиційних мастилах: при деякій концентрації присадки починає спостерігатись мінімальне значення коефіцієнта тертя та стан самоорганізації, а отже, і мінімальний знос деталей даного трибоспряження, при подальшому зростанні концентрації присадки проявляється стан облітерації та зростання коефіцієнта тертя. Також спостерігається й зміна в'язкості композиційного мастила.

Більш ефективною є модифікуюча дія на фізико-хімічні показники та властивості моторних мастил поздовжнього електромагнітного поля, ніж аналогічна поперечного. Відмітимо, що більш відчутним даний вплив є на мастило з додаванням присадки, в складі якої є гліцерат міді. Це пояснюється дією структуруючого поздовжнього магнітного поля на мастило як на рідинний діелектрик, в якому диполі в основному орієнтуються у перпендикулярних до напрямку руху мастила площинах.

В зв'язку з тим, що від змочувальної здатності моторного мастила залежить формування гарантованого змащувального шару в основних спряженнях деталей ДВЗ, то потрібно досліджувати зміну кута змочування для кількох різних поверхонь зразків, базового та модифікованого мастил, а також – характер зміни їхніх коефіцієнтів поверхневого натягу.

На основі вище викладеного, в магістерській роботі поставлена задача по вдосконаленню технології обкатки двигуна після ремонту, що забезпечить: зменшення тривалості припрацювання двигуна; зниження величини зносу деталей за цей період; підвищення експлуатаційної надійності двигуна, міжремонтних пробігів і ресурсу; зниження собівартість обкатки, технічного обслуговування і ремонту двигунів; підвищення культури обслуговування, продуктивності праці і якості обслуговування; застосування високопродуктивного устаткування, засобів

механізації та автоматизації; краще використання виробничих площ і технологічного обладнання.

Отже, відповідно до вище викладеного тема даної магістерської роботи є беззаперечно актуальною на сучасному етапі.

**Метою даної магістерської роботи** є підвищення довговічності засобів транспорту покращенням триботехнологій відновлення в процесі експлуатації і дослідження впливу цих заходів на довговічність відремонтованого двигуна.

Для досягнення поставленої мети в магістерській роботі слід розв'язати комплекс задач.

**Задачами досліджень**, які потребують розробки та аналізу у відповідних розділах роботи є:

- провести аналіз виробничої діяльності підприємства;
- проаналізувати механічні втрати в основних спряженнях деталей систем і агрегатів автомобільної техніки;
- розглянути режими тертя та види зношування у спряженнях деталей дизеля автомобіля;
- дослідити зміни характеристик оливи в процесі експлуатації систем і агрегатів дизелів автомобілів та методи їх поліпшення;
- проаналізувати методи підвищення надійності систем і агрегатів АТЗ.
- розробити технологічний проект виробничо-технічної бази підприємства;
- розкрити небезпечні фактори, які можуть виникнути при проведенні робіт у відділенні при виконанні операцій згідно розробленого технологічного процесу й запровадження заходів щодо зменшення негативного впливу дії цих факторів на виробничий персонал та навколишнє середовище.

**Об'єкт дослідження.** Режими тертя та види зношування у спряженнях деталей дизеля автомобіля

**Предмет дослідження.** Вплив зміни характеристик оливи в процесі експлуатації дизелів автомобілів на підвищення їх надійності.

**Методи дослідження.** Теоретичний та експериментальний, заснований на використанні методів статистичного аналізу, математичного моделювання та



обчислювальної математики, а також відомих і широко апробованих на практиці експериментальних методів дослідження автомобілів згідно з вимогами ДСТУ та міжнародних правил.

**Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:**

Теоретично обґрунтовано динаміку зміни зносостійкості трибоспряження "поршневе кільце – гільза циліндра" з композиційним мастилом, враховуючи характер спрацювання присадки. Побудована математична модель зношування деталей дизеля з використанням активних присадок до моторних мастил та одержано рівняння експериментальної оцінки за швидкістю потрапляння заліза до мастила і зміною його діелектричної проникності та теоретичної оцінки їхнього залишкового ресурсу.

**Практична цінність:** Вимірюванням електричного опору моторного мастила та з використанням діаграми Герсі-Штрибека було обґрунтовано метод визначення режимів тертя всередині зазорів зразків та деталей ЦПГ. Викладене трибофізичне обґрунтування ефекту зміни режимів тертя та зростання товщини мастильного шару, виявлена низка обумовлених ними явищ та ефектів. З врахуванням критерію Зоммерфельда для КШМ було виявлено, що спряження "поршневе кільце – гільза циліндра" взаємодіє при різних режимах тертя: гідродинамічному, граничному та змішаному. При зміні кута повороту колінчастого валу в трибоспряженні також змінюється й коефіцієнт тертя: істотне зростання при  $75^\circ$  та  $90^\circ$  і подальший спад в інтервалі  $180^\circ \dots 360^\circ$  при комбінованому модифікуванні моторного мастила, наведено обґрунтування даних отриманих результатів.

З використанням зміни відносних параметрів було проаналізовано механічні втрати у ДВЗ: потужність механічних втрат з питомої та погодинної витрати палива механічного ККД. Одержано вирази відносних погодинної витрати палива та індикаторної потужності зі зміною коефіцієнту тертя (триботехнічних характеристик) і переважаючої відносної частки фрикційних режимів (гідродинамічного, граничного або змішаного).

**Достовірність теоретичних положень** кваліфікаційної магістерської роботи підтверджено чіткістю постановки задач, під час доведення наукових положень коректним застосуванням математичні методи, строго виведені аналітичні співвідношення, порівняно результати, отримані за допомогою розроблених в даній роботі методів, з уже відомими, та перевірено збіжність результатів математичного моделювання із результатами, які були отримані під час проведення експериментів.

**Публікації.** Основні положення і результати досліджень за участі автора опубліковані в матеріалах VIII Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", Вінниця, ВНТУ 2020. [1]

Спираючись на зазначену тему роботи, результати пошукових досліджень наведених вище та маючи за додаткову мету крім основної – підвищення ефективності організації виробничої діяльності підприємства, подальші дослідження та пропозиції повинні бути узгоджені із наступними положеннями:

- всі зміни та корективи, які будуть розроблені в даній магістерській роботі для внесення у виробничий процес підприємства повинні узгоджуватися із його основним виробничим спрямуванням;
- ефективність від висловлених пропозицій повинна бути максимальною за мінімальних змін та капітальних вкладень у виробничий процес;
- декларування ефективності впровадження кожної пропозиції повинне відбуватися лише після проведення ґрунтовних фахових досліджень підтверджених економічними розрахунками.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТОВ «ВІННИЦЬКЕ АВТОТРАНСПОРТНЕ ПІДПРИЄМСТВО – 10556» ТА МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ В ОСНОВНИХ СПРЯЖЕННЯХ ДЕТАЛЕЙ СИСТЕМ І АГРЕГАТІВ АТЗ

#### 1.1 Аналіз діяльності підприємства

Товариство з обмеженою відповідальністю «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556» понад 50 років надає населенню послуги з перевезення автомобільним транспортом різноманітних вантажів. Володіє відмінною виробничою базою, що в повному обсязі забезпечує якісний ремонт рухомого складу. Для своєчасного та якісного надання послуг АТП також має власні мийку, стоянку та автозаправку.

ТОВ "Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556" (далі – Товариство) було засноване згідно з рішенням №6 ДП, прийнятим регіональним відділенням Фонду держмайна України у Вінницькій області від 26 липня 1995 року, яке перетворило державне Вінницьке АТП-10556 на відкрите акціонерне товариство згідно з Указом № 699/94 Президента України від 26 листопада 1994 року "Про заходи стосовно забезпечення прав громадян на використання майнових приватизаційних сертифікатів".

Повна назва Товариства: «Вінницьке автотранспортне підприємство 10556» (скорочена назва – «Вінницьке АТП-10556»).

Філій та дочірніх підприємств Товариство "Вінницьке АТП-10556" не має.

Адреса підприємства: 21034, м. Вінниця, вул. Сергеева-Ценського, 14.

Зі сходу та півночі Товариство межує з територією, яка належить Вінницькому Олієжиркомбінату, з півдня – з жилим масивом та спеціалізованою налагоджувально-монтажною дільницею № 55, з заходу від підприємства протікає річка Вінничка.

Предметом діяльності АТП-10556 є:

- виконання замовлень юридичних та фізичних осіб в галузі перевезення вантажів автотранспортом маршрутами внутрішнього і міжнародного сполучення;

- надання фізичним та юридичним особам послуг з технічного обслуговування, поточного і капітального ремонту легкових і вантажних автомобілів, автобусів, причепів іноземного та вітчизняного виробництва, а також їхніх агрегатів, як дизельних так і карбюраторних, а саме:

- 1) мийка агрегатів та рухомого складу;
- 2) постові роботи, пов'язані із заміною вузлів та агрегатів: зчеплень, двигунів, карданних валів, коробок передач, задніх мостів, передніх осей, рам і підвісок, кермових управлінь, а також підйомних механізмів автомобілів-самоскидів, систем електрообладнання та живлення;
- 3) збирання і розбирання автомобілів, їхній ремонт;
- 4) цехові роботи з розбирання, відновлення та ремонт, збирання і випробування агрегатів: зчеплень, двигунів, коробок передач й т.ін.;
- 5) ремонт автомобільного електрообладнання: генераторів, акумуляторних батарей, стартерів, реле-регуляторів;
- 6) ремонт приладів систем живлення: паливних насосів та карбюраторів;
- 7) реставрація агрегатів та окремих деталей;
- 8) верстатні роботи з обробки деталей: розточування блоків та гільз циліндрів двигунів, шліфування колінвалів, свердлильні, фрезерні та токарні роботи;
- 9) мідницькі роботи;
- 10) ремонт паливних баків, масляних, опалювальних радіаторів;
- 11) жерстяницькі, шиномонтажні, теслярно-кузовні, ковальсько-ресорні, малярні, оббивочні, переобладнувальні, газо-електрозварювальні, рихтувальні роботи на легкових та вантажних автомобілях та автобусах усіх марок;
- 12) підготовка поверхонь до фарбування та фарбування легкових і вантажних автомобілів та автобусів.

- продаж і оренда дизельного і карбюраторного автотранспорту (легкових і вантажних автомобілів, електрокарів, автобусів, причепів та автокранів), агрегатів і вузлів, а також запасних частинами до автомобілів.

Основними клієнтами Вінницького АТП-10556 є: ПАТ «Чернівецький ОЖК», ПАТ «Вінницький Олієжиркомбінат», Каролінське ХПП, Корделівське ХПП, Голованівське ХПП, ТОВ «Вінницязерносервіс», ПСП ВКП «Поділля-Агро», ТОВ «Христинівка-Агро», Медвинське ХПП, Elibra Group.

Організаційна структура управління Товариства "Вінницьке АТП-10556" (див. рис. 1.1) побудована агрегатно-дільничним методом.



Рисунок 1.1 – Організаційно-структурна схема товариства з обмеженою відповідальністю "Вінницьке АТП-10556"

Відзначимо, що агрегатно-дільнична форма організації виробництва дає змогу запровадити персональну відповідальність виконавців за якість виконуваних ними робіт, систематично аналізувати стан виробництва, враховувати та планувати роботу кожної з виробничих дільниць та регулярно проводити роботу з підвищення надійності автомобілів.

## 1.2 Аналіз структури, складу та стану рухомого складу товариства з обмеженою відповідальністю "Вінницьке АТП-10556"

Характеристики рухомого складу підприємства наведені у табл. 1.1 – 1.5:

Вінницьке автотранспортне підприємство 10556 володіє наступним рухомим складом:

- автомобілі SCANIA 114 L, L124L – 29 одиниць
- автомобілі DAF XF95, CF95 – 9 одиниць.
- бортові автомобілі МАЗ 5336– 5 одиниць.
- напівпричіп – 35 одиниць.

Таблиця 1.1 – Рухомий склад підприємства

Найменування	Рік випуску	Кількість, од	вид палива
Тягачі			
Тягач DAF XF95, CF95	з 1998	9	Диз.паливо
Тягач SCANIA 114 L, 124L	з 2001	29	Диз.паливо
Бортові автомобілі			
МАЗ 5336	2005	5	Диз.паливо
Напівпричепи			
<i>SCHMITZ</i> – тент	з 1998	15	
<i>KRONE</i> – тент-борта	з 2000	20	

Таблиця 1.2 – Склад транспортних машин за тривалістю їх використання

Кількість транспортних машин, од.	Кількість транспортних машин за тривалістю їх використання в роках, од.				
	До 3	Від 3 до 5	Від 5 до 7	Від 7 до 10	Більше 10
Всього:	-	-	-	-	43
в тому числі вантажних	-	-	-	-	43
легкових	-	-	-	-	-

Таблиця 1.3 – Склад напівпричепів за тривалістю їх використання

Кількість напівпричепів, од.	Кількість напівпричепів за тривалістю їх використання в роках, од.				
	До 3	Від 3 до 5	Від 5 до 7	Від 7 до 10	Більше 10
Всього:	-	-	-	-	35

Таблиця 1.4 – Склад парку транспортних машин за пробігом

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	Більше 300
Всього:	-	-	-	-	-	23	20
в тому числі вантажних	-	-	-	-	-	23	20
легкових	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 1.5 – Склад напівпричепів за пробігом

Кількість напівпричепів, од.	Кількість напівпричепів з пробігом з початку експлуатації 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	Більше 300
Всього:	-	-	-	-	-	-	35

Рухомий склад ТОВ АТП-10556 не дуже різноманітний та налічує більше трьох найменувань марок, типів та моделей транспортних засобів. Рік випуску техніки та автомобілів варіюється від 1998 р. до 2011 р.

На базі підприємстві представлена деяка кількість автотранспортних засобів, вік яких перевищує 10 років (таких є 26%), але техніку підтримують у належно доброму технічному стані, до того ж рухомий склад кожного року без особливих проблем проходить плановий технічний огляд.

Підприємство перебуває на етапі помірнього зростання: час від часу закуповує нові напівпричепа та іншу техніку, розширює сферу своєї діяльності, запроваджує інноваційні методи удосконалення організації сучасного робочого процесу тощо.

Керівний склад, підрозділи, робочий персонал підприємства також періодично проходять навчання та підвищення кваліфікації заради забезпечення вищої ефективності роботи всього рухомого складу та максимального забезпечення всіх побажань клієнтів.

### 1.3 Аналіз виробничо-господарської діяльності автотранспортного підприємства

Даний аналіз проводиться з метою визначення основних техніко-експлуатаційних показників роботи рухомого складу підприємства.

За останній період часу результати роботи автотранспорту визначаються за формами № 2-тр державного статистичного нагляду.

А саме, беручи за основу відомості, що містяться в таблиці 1.6, визначають основні техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу АТП за попередній період, враховуючи рекомендації джерела [5].

В якості періоду приймають календарний рік (2015, 2016, 2017, 2018).

Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію визначають за формулою:

$$\alpha^i_{\text{в}} = \frac{AD^i_{\text{роб}}}{AD^i_{\text{госп}}}, \quad (1.1)$$

де  $AD^i_{\text{роб}}$  – автомобіле-дні в роботі за  $i$ -тий період, тис.;

$AD^i_{\text{госп}}$  – автомобіле-дні перебування в господарстві за  $i$ -тий період, тис.

$$\alpha^{12}_{\text{в}} = \frac{1,1}{1,6} = 0,69;$$



$$\alpha_{\epsilon}^{13} = \frac{3,2}{6,4} = 0,5;$$

$$\alpha_{\epsilon}^{14} = \frac{4,1}{7,6} = 0,54.$$

$$\alpha_{\epsilon}^{15} = \frac{3,3}{7,5} = 0,44.$$

Таблиця 1.6 – Основні дані про роботу автотранспорту на підприємстві

Показник	Період	
	2017	2018
Наявність автомобілів на підприємстві, одиниць	42	43
Автомобіле-дні перебування в господарстві, тис	7,6	7,5
Автомобіле-дні в роботі, тис	4,1	3,3
Автомобіле-тонно-дні перебування в господарстві, тис	126,1	119,9
Час у наряді, тис.год	28,7	23,1
Загальний пробіг, тис.км	2016	1488,6
Пробіг з вантажем, тис.км	864,8	652,4
Перевезено вантажів, тис.тонн	56,5	56,7
Вантажообіг, тис.ткм	13340,6	12873,6

Середній час перебування рухомого складу в наряді за добу визначають за формулою:

$$T_{\text{н}}^i = \frac{AG_{\text{нар}}^i}{AD_{\text{роб}}^i}, \quad (1.2)$$

де  $AG_{\text{нар}}^i$  - час перебування автомобілів в наряді за  $i$ -тий період, тис. год.;

$$T_{\text{н}}^{12} = \frac{10,5}{1,1} = 9,55 \text{ год};$$

$$T_{\text{н}}^{13} = \frac{25,5}{3,2} = 7,97 \text{ год};$$

$$T_n^{14} = \frac{28,7}{4,1} = 7 \text{ год.}$$

$$T_n^{15} = \frac{23,1}{3,3} = 7,03 \text{ год.}$$

Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу обчислюють за формулою:

$$l_{cd}^i = \frac{L_{заг}^i}{AD_{роб}^i}, \quad (1.3)$$

де  $L_{заг}^i$  – загальний пробіг рухомого складу за  $i$ -тий період, тис. км;

$$l_{cd}^{12} = \frac{163}{1,1} = 148,18 \text{ км};$$

$$l_{cd}^{13} = \frac{1403,3}{3,2} = 438,53 \text{ км};$$

$$l_{cd}^{14} = \frac{2016}{4,1} = 491,71 \text{ км.}$$

$$l_{cd}^{15} = \frac{1488,6}{3,3} = 451,09 \text{ км.}$$

#### 1.4 Дослідження ринку автотранспортних послуг

Сегмент ринку, на якому працює Вінницьке автотранспортне підприємство 10556, складють внутрішні вантажні перевезення, складські послуги, експедиторські послуги великоваговими автомобілями об'ємом 76-120 м<sup>3</sup> і вантажопідйомністю до 22т.

ТОВ "Вінницьке АТП-10556" надає наступні види послуг:

1) мийка агрегатів та рухомого складу;

2) постові роботи, пов'язані із заміною вузлів та агрегатів: зчеплень, двигунів, карданних валів, коробок передач, задніх мостів, передніх осей, рам і підвісок, кермових управлінь, а також підйомних механізмів автомобілів-самоскидів, систем електрообладнання та живлення;

3) збирання і розбирання автомобілів, їхній ремонт;

4) цехові роботи з розбирання, відновлення та ремонт, збирання і випробування агрегатів: зчеплень, двигунів, коробок передач й т.ін.;

5) ремонт автомобільного електрообладнання: генераторів, акумуляторних батарей, стартерів, реле-регуляторів;

6) ремонт приладів систем живлення: паливних насосів та карбюраторів;

7) реставрація агрегатів та окремих деталей;

8) верстатні роботи з обробки деталей: розточування блоків та гільз циліндрів двигунів, шліфування колінвалів, свердлильні, фрезерні та токарні роботи;

9) мідницькі роботи;

10) ремонт паливних баків, масляних, опалювальних радіаторів;

11) жерстяницькі, шиномонтажні, теслярно-кузовні, ковальсько-ресорні, малярні, оббивочні, переобладнувальні, газо-електрозварювальні, рихтувальні роботи на легкових та вантажних автомобілях та автобусах усіх марок;

12) підготовка поверхонь до фарбування та фарбування легкових і вантажних автомобілів та автобусів.

- продаж і оренда дизельного і карбюраторного автотранспорту (легкових і вантажних автомобілів, електрокарів, автобусів, причепів та автокранів), агрегатів і вузлів, а також запасних частинами до автомобілів.

Вінницька область та зокрема місто Вінниця знаходяться на етапі помірного економічного розвитку. Поступово збільшується кількість промислових підприємств, розташованих на території області, яку обслуговує автотранспортне підприємство 10556. Обсяги продукції, яку вони виробляють, зростає, з'являється більше місць, де її використовують. Це, в

свою чергу, добре впливає на збільшення попиту, а отже, і задоволення побажань і потреб, уподобань та смаків різноманітних категорій споживачів.

Проводимо пошук на цільовому сегменті ринку можливої зони для автосервісних послуг. Це відбувається наступним чином:

- за географічною ознакою обираємо сегмент – країна, регіон, область, місто, район тощо, чи (або одночасно) за фірмою-виробником – м. Вінниця;
- визначаємо всі підприємства, а також інших надавачів транспортних послуг в обраному нами сегменті (за рекламними оголошеннями або іншими способами доступу до інформації) – табл. 1.12;
- визначаємо ємність обраного цільового сегменту – 25%, рис. 1.2;
- визначаємо частину ринку, яку займають конкуренти - рис. 1.2;
- визначаємо ємність незайнятої частини ринку як різницю між потенційною ємністю ринку та реалізацією послуг підприємств або підприємців, що діють на цьому ринку – 10%, див. рис. 1.2;
- аналізуємо сильні та слабкі сторони конкурентів та свої власні – SWOT-аналіз, п. 1.1.2.2;
- знаходимо можливі вільні зони – 10%;
- аналізуємо доцільність свого включення у боротьбу за можливість роботи в таких зонах – SWOT-аналіз, п. 1.1.2.2;
- розробляємо стратегію і тактику конкурентної боротьби, спосіб взяти участь у змаганні: висока якість; низькі ціни; особливі та додаткові послуги – SWOT-аналіз, п. 1.1.2.2.

У випадку, що розглядається, проводимо сегментацію за місцем надання послуг підприємством у м. Вінниця з перевезення вантажів та експедування Україною та країнами Європи.

Визначивши вантажообіг конкурентів, потенційну ємність ринку та дослідивши її розподіл між конкурентами, зведемо дані до таблиці 1.12 та побудуємо їхнє графічне відображення на рисунку 1.2.

Таблиця 1.7 – Розподіл потенційної ємності на ринку

Позначення на рис.1.2	Назва СТО	Вантажообіг в рік, тис. тон	Частка ринку, %
1	ТОВ "Вінницьке АТП-10556", вул. Сергєєва-Ценського, 14	150	20
2	ТОВ «Транс-Легіон Україна», вул. Черняхівського, 6	160	22
3	ПАТ «УкрТранс-Вінниця», вул. Хмельницьке. шосе, 4	110	18
4	ПП «БЕРКУТ-ТРАНС», вул. Тарногородського, 42	120	20
5	ПАТ «Вінницьке АТП-10554», вул. Максимовича, 6	140	20
6	Вільна частина ринку	-	17

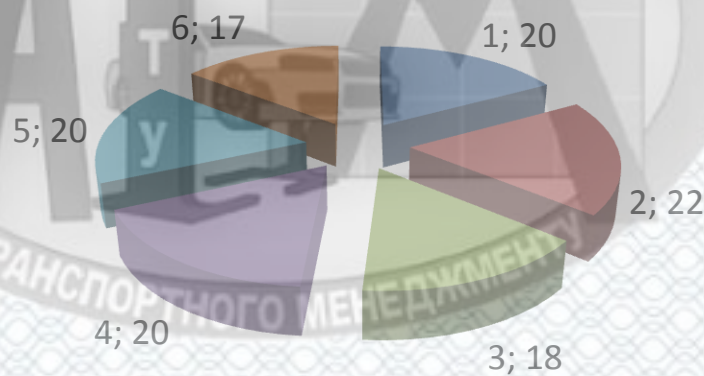


Рисунок 1.2 – Графічне відображення вільної частки ринку та частин, які займають конкуренти

SWOT-аналіз – це групування факторів маркетингового середовища на внутрішні та зовнішні (відносно фірми) та їхній аналіз з позиції визначення негативного чи позитивного впливу на маркетингову діяльність фірми. Обстеження внутрішніх сильних та слабких сторін підприємства проводиться за допомогою SWOT-аналізу. При його проведенні необхідно визначити не лише можливості та ризики зовнішнього середовища організації, але також виявити ймовірність використання і вплив обраних можливостей та ризиків на результати діяльності організації в цілому. Спочатку оцінюється ймовірність використання

можливостей та їхній вплив на діяльність організації, на основі чого будують матрицю можливостей.

Основні завдання SWOT-аналізу:

- виявити маркетингові можливості, які відповідають ресурсам фірми;
- визначити маркетингові ризики та розробити заходи стосовно знешкодження їхнього впливу;
- виявити сильні сторони фірми та порівняти їх з можливостями ринку;
- визначити слабкості фірми та розробити стратегічні напрями їх подолання;
- виявити конкурентні переваги фірми та сформувані її стратегічні пріоритети.

Узагальнюючим елементом SWOT-аналізу, на якому ґрунтується формування маркетингової стратегії фірми, є базова матриця сильних та слабких сторін, можливостей і ризиків (див. табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Базова матриця SWOT – аналізу

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
1	2
S1. Наявність сучасних великовагових автомобілів (SCANIA, DAF)	W1. Недостатня кваліфікація управлінського персоналу (середньої ланки)
S2. Достатня забезпеченість виробними чи площами та обладнанням	W2. Частина рухомого складу фізично зношена
S3. Підприємство займається обробкою та складським зберіганням вантажів	W3. Велика частина застарілих технологій і обладнання
S4. Наявність рухомого складу, який відповідає нормам Euro-2, Euro-3	W4. Прості частини площ складських приміщень
S5. Наявність довгострокових договорів з постійними клієнтами (Вінницький ОЖК)	W5. Низька мотивація персоналу
S6. Підприємство займається перевезеннями вантажів по всій Україні і за кордоном	W6. Слабке уявлення про конкурентів, недостатність інвестувань в маркетинг і рекламу
S7. Досвід роботи на ринку більше 50 років	W7. Недостатня розвиненість логістичних технологій
S8. Наявність підрозділів з продажу запасних частин	W8. Високий рівень цін на послуги

Продовження таблиці 1.8

1	2
Можливості (О)	Загрози (Т)
О1. Зростання числа клієнтів, за рахунок збільшення промислового виробництва О2. Відсутність потужних конкурентів на ринку вантажних перевезень Вінниччини О3. Вихід на нові сегменти ринку О4. Збільшення попиту на перевезення вантажів, складські послуги, і експедиторські послуги автомобілями за умови стабілізації економіки О5. Застосування інформаційних технологій в області логістики О6. Наявність на ринку підприємств і приватних перевізників, які не мають ремонтної бази О7. Наявність попиту на послуги з зберігання вантажів і рухомого складу О8. Відновлення кредитування, зменшення ставки, доступність кредитів	Т1. Ріст ціна на паливно-мастильні матеріали Т2. Погіршення виробничих потужностей та платоспроможності клієнтів Т3. Високі ставки по кредитах на обмежений доступ до них Т4. Низькі бар'єри виходу на ринок потенційних конкурентів, тобто можливість появи нових конкурентів Т5. Неприятлива політика уряду, недосконалість законодавчої бази в області лізингу автомобілів Т6. Неприятливі економічні, демографічні зміни Т7. Стрибки курсів валют Т8. Зміна законодавства в гіршу сторону

Проведений аналіз факторів внутрішнього й зовнішнього середовища та ранжування їх по рівню впливу на діяльність організації дозволяє сформулювати конкретний перелік слабких і сильних сторін організації, а також загроз і можливостей. Встановлення зв'язків між найбільш впливовими слабкими і сильними сторонами організації, загрозами і можливостями зовнішнього середовища - заключний етап процесу SWOT-аналізу. Для встановлення взаємозв'язків будується матриця SWOT-аналізу (табл. 1.8).

Проектування стратегій на основі розробленої раніше SWOT-матриці виконується наступним чином.

На основі створеної раніше SWOT-матриці спроектуємо стратегії чотирьох типів:

- стратегії виду SO – сили-можливості.
- стратегії виду ST – сили-загрози.
- стратегії виду WO – слабкості-можливості.
- стратегії виду WT – слабкості-загрози.

В таблиці 1.9 представлені розроблені стратегії, для кожної з них вказаний скорочений запис параметрів, з яких утворена стратегія. При цьому використані найбільш значимі фактори.

Керівництво ТОВ "Вінницьке АТП-10556" для реалізації поставлених задач обрали стратегію обмеженого зростання. Для стратегії обмеженого зростання характерно встановлення цілей від досягнутого, скоригованих з врахуванням змін. Якщо підприємство мало прибуток за попередній період діяльності, використовуючи стратегію обмеженого зростання, то його керівництво і в подальшому буде її дотримуватись.

Таблиця 1.9 – Стратегії, розроблені на основі даних SWOT-аналізу

Стратегії виду SO	Стратегії виду WO
SO1: S1 S2 O1 O2 – Зростання числа клієнтів при відсутності потужних конкурентів забезпечить подальший розвиток підприємства, завантаженість рухомого складу та виробничих площ	WO1: W2 O1 O2 – Відсутність потужних конкурентів та зростання числа клієнтів забезпечать завантаженість складських приміщень та достатній рівень цін на послуги
SO2: S2 S3 S4 O2 O3 O4 – Забезпеченість виробничими площами та обладнанням, сучасним рухомим складом, відсутність потужних конкурентів дозволить вийти на нові сегменти ринку з збільшенням послуг на міжнародні перевезення.	WO2: W1 W5 W6 O4 O7 – Недостатня кваліфікація управлінського персоналу та слабкий маркетинг компенсуються збільшенням попиту на перевезення, зберігання вантажів і ремонт рухомого складу
SO3: S5 S6 S7 S8 O5 O6 O8 – Застосування інформаційних	
Стратегії виду ST	Стратегії виду WT



<p>ST1: S1 S4 S5 T1 T2 T8 – наявність сучасних великогазових автомобілів, а саме рухомого складу, який відповідає нормам Euro-2, Euro-3, довгострокових договорів з клієнтами дозволить підприємству працювати при рості цін на паливно-мастильні матеріали, погіршенні виробничих потужностей клієнтів та більш жорсткому митному законодавстві</p>	<p>WT1: W1 W2 T2 – Вибір вірного курсу на конкурентний рівень цін, реклама, навчання управлінського персоналу дозволять вистояти при погіршенні виробничих потужностей та платоспроможності клієнтів, рості цін на паливно-мастильні матеріали а при появі нових конкурентів</p>
<p>ST2: S7 S8 T5 T6 T7 – досвід роботи на ринку більше 50 років</p>	

Отже в підрозділі проведено обстеження внутрішніх сильних і слабких сторін підприємства, проаналізовані стратегії розвитку чотирьох типів.

### 1.5 Механічні втрати в основних спряженнях деталей систем і агрегатів АТЗ

При зростанні напрацювання їх деталей, спряжень, систем та агрегатів безперервно відбувається зміна технічного стану, передусім пов'язана із процесами тертя та зношування. Через необоротний характер цих процесів знижується або втрачається працездатність автотранспортної техніки (АТЗ) в результаті відмов і несправностей. Діаграми розподілу відмов систем дизелів АТЗ при їх припрацюванні та експлуатації наведено на рис. 1.3.



а)



б)

Рисунок 1.3 – Розподіл відмов систем дизелів у період припрацювання (а) та експлуатації до першого капітального ремонту (б)

В початковий період експлуатації найбільший відсоток відмов мають деталі кривошипно-шатунного механізму (КШМ) (23...29%) (в тому числі ЦПГ (7...11%)),

системи живлення (18...23%), газорозподільного механізму (ГРМ) (10...14%), система охолодження (9...11%). В процесі експлуатації до капітального ремонту картина виглядає наступним чином: КШМ (33...39%) (в тому числі (ЦПГ (14...15%)), ГРМ (14...16%), системи живлення (11...14%), система охолодження (8...10%). Можна бачити, що частка відмов КШМ з ЦПГ і ГРМ є суттєвою протягом усіх періодів експлуатації. По показникам відмов елементи КШМ (з ЦПГ) мають найбільші значення і відносяться до найбільш навантажених і відповідальних деталей дизеля АТЗ, ресурс яких у першу чергу визначається надійною роботою та зносостійкістю його основних трибоспряжень деталей.

Жорсткі умови експлуатації АТЗ приводять до того що, ресурс їх дизелів складає 26...47%, а знос деталей збільшується в 2,0...5,0 разів у порівнянні з використанням АТЗ в звичайних умовах експлуатації. Величини швидкостей зносу основних деталей дизелів при повільній та швидкій зміні їх стану подано в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Швидкість зносу основних деталей дизелів АТЗ при різній швидкості зміни стану

Деталь	Швидкість зносу $v_u$ , мм/1000 год.		Середня зміна швидкості зносу $\bar{v}_u$ , $\frac{\text{мм/с}}{\text{год}}$	
	Характер зміни стану			
	повільний	швидкий	повільний	швидкий
Гільза циліндра	0,01...0,1	0,5...1,0	0,001	0,025
Канавки першого поршневого кільця	0,002...0,01	0,03...1,0	0,002	0,01
Перше хромоване кільце	0,15...0,30	0,30...0,90	0,001	0,015
Наступні поршневі кільця	0,03...0,05	0,30...0,90	0,001	0,02
Напрямні втулки впускних клапанів	0,03...0,05	0,06...0,10	0,003	0,02
Напрямні втулки випускних клапанів				
Вкладиші шатунних та корінних підшипників	0,005...0,020	0,01...0,05	0,008	0,015
Шийка колінчастого вала	0,002...0,008	0,02...0,04	0,009	0,020

В таких умовах експлуатації характерним є одночасна дія різних видів зношування, співвідношення яких залежать від конструкції, технології виготовлення деталей, якості використовуваних мастильних матеріалів та навантаження тертям. При описі процесів зношування зазвичай вважають, що швидкість зносу деталей залежить, в основному, від режиму мащення та тривалості напрацювання, але щоб адекватно протистояти втраті працездатності спряжень деталей систем і агрегатів АТЗ, необхідно знати увесь спектр закономірностей розвитку та деградації протікаючих процесів та станів.

Застосування високоякісних моторних оливо і примусової системи охолодження дозволяє значно полегшити умови роботи трибоспряжень деталей дизеля АТЗ. По оцінках експертів тільки в результаті поліпшення якості моторних оливо є можливість підвищити в 1,5 рази ресурс дизелів без істотної зміни їхньої конструкції. Однак у будь-якому силовому агрегаті неминучі ситуації, які не можуть захистити трибоспряження або локальні ділянки контактних поверхонь від зношування: недостатня кількість оливи в зоні тертя у моменти холодних пусків дизеля, при забрудненні оливних каналів та змиві оливного шару паливом; локальне перегрівання оливи в окремих спряженнях деталей через підвищене тепловиділення або погіршений тепловідвід та ін.

Ударний характер взаємодії, вібрації поверхонь тертя поршня, пальця, кілець і гільзи циліндра, які збільшуються в залежності від зносу спряжень, ускладнюють умови роботи дизеля. В області верхньої мертвої точки (ВМТ) спостерігається повне руйнування оливної плівки. В області підвищених швидкостей ковзання поршня несуча спроможність оливної плівки підвищується і може реалізуватися режими напіврідинного тертя. При малих обертах зона напівсухого тертя поширюється на більшу частину циліндра, ніж при високих обертах. З підвищенням тиску на поршневі кільця температура поверхонь спряжених деталей "гільза циліндра-поршневе кільце" при сухому терті збільшується. Зазначене свідчить, що є потреба в підвищенні мастильної здатності моторної оливи, керуванні режимами в трибоспряженнях деталей й розробці заходів, які підвищують їх зносостійкість та зменшують втрати на тертя.

Напруженість роботи дизелів АТЗ відносно велика, що приводить до підвищеного питомого тиску в трибоспряженнях, виникненню ударних навантажень, підвищеному зношуванню деталей та ін. Крім того, за час виконання технологічних операцій при технічному обслуговуванні характер навантаження непостійний. Це обумовлено тим, що енерговитрати на подолання опору переміщенню деталей змінюються в часі. Для забезпечення високої безвідмовності і довговічності дизелів необхідно враховувати специфічні особливості їх роботи та втрати потужності внаслідок наявності шкідливого опору – тертя.

Відомо, що 34...45% відмов АТЗ припадає саме на силовий агрегат. Напрацювання на відмову відремонтованого двигуна знижується у 1,7...2,0 рази, а продуктивність зменшується на 10...15% у порівнянні з новим двигуном.

На двигуни оснащені газотурбінним наддувом, який є елементом конструкції встановлені з'ємні гільзи циліндрів, які виготовлені з сірого чавуну. Внутрішню поверхню гільзи ретельно обробляють до чистоти не нижче 9-го класу. На цій поверхні не допускаються риси та подряпини. Еліпсність та конусність нової гільзи не повинні перевищувати 0,02 мм. Зазор між гільзою та блок-картером у верхньому та нижньому поясах 0,05...0,13 мм. При затягуванні головки циліндрів гільза щільно притискується до блок-картеру, завдяки чому верхній торець фланця виступає над площиною блок-картера на 0,06...0,16 мм. Нижня частина гільзи може вільно рухатись в осьовому напрямку, що компенсує різницю в подовженні гільзи та блок-картеру при їх нагріві та приводить до запобігання надлишкового термічного напруження в конструкції.

Техніко-економічні показники двигуна суттєво залежать від технічних характеристик деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ) та КШМ. Деталі ЦПГ відносяться до найбільш навантажених і відповідальних деталей дизельного двигуна. Ресурс двигуна, у першу чергу, визначається надійною і довговічною роботою його основної пари тертя: "гільза циліндра-поршневе кільце". Ці деталі знаходяться в найбільш важких умовах експлуатації і є найменш довговічними з основних деталей двигуна. На процес зносу гільз циліндрів, поршнів і поршневих кілець впливає велика кількість факторів, що залежать від типу двигуна, його

конструктивних особливостей, рівня форсування, застосовуваного палива й мастила, підготовки обслуговуючого персоналу, кліматичної зони експлуатації та багатьох інших факторів.

Підвищення питомої потужності двигуна шляхом наддуву призводить до зростання максимальних тисків згоряння, збільшення питомого тиску у зоні тертя між поршковими кільцями і гільзою циліндра, зростання кількості тепла, що виділяється в циліндрі, і зростання його теплонапруженості. Велика кількість тепла, що відводиться через кільця, обумовлює підвищення їх температури та робочої поверхні гільзи. На кращих сучасних двигунах максимальний тиск згоряння досягає 13...15 МПа, а температура робочої поверхні гільзи в ВМТ першого компресійного кільця 473...513°C. Короблення поверхні тертя гільзи внаслідок асиметрії температурних полів, високі тиски, тертя і температури сильно інтенсифікують процеси зношування.

Глибокі і ґрунтовні дослідження в області тертя і зношування спряжень деталей систем і агрегатів АТЗ викладені в роботах вітчизняних і зарубіжних вчених: Б.І. Костецького, І.В. Крагельського, М.К. Мишкіна, Д.М. Гаркунова, А.В. Чичинадзе, А.Г. Кузьменка, С.Г. Костогриза, О.В. Дихи, В.В. Ауліна І.А. Буяновського, Л.П. Клименка, Пітера Блау та ін.

Розподіл механічних втрат по механізмах, спряженнях і системам дизелів (табл. 1.11 залежить від багатьох чинників, серед яких основними є конструкція, розмірність і технологічний стан двигуна, тип охолодження, наявність або відсутність наддуву, а також умови експлуатації та способи визначення механічних втрат.

Таблиця 1.11 – Розподіл механічних втрат в основних спряженнях деталей АТЗ дизеля при номінальному швидкісному режимі та 100% навантаженню

Системи та механізми дизелів	Частка втрат, %
Циліндро-поршнева група	45...50
Кривошипно-шатунний механізм	22...24
Система мащення	10...14
Механізм газорозподілення	5...6
Система живлення і охолодження	5...6
Загальні втрати	100

З таблиці 1.11 видно, що максимальні загальні механічні втрати вносять сили тертя в спряженнях деталей ЦПГ – 45...50 %, а для підшипників КШМ – 22...24 %.

Результати досліджень, також дають підстави вважати, що втрати на тертя в спряженнях ЦПГ є найбільш вагомими у загальному балансі механічних втрат. Це передусім обумовлюється умовами роботи: високі питомі навантаження і температури в зоні зупинки компресійних кілець; зворотно-поступальний характер руху поршня, що робить неможливим гідродинамічний режим мащення в зонах верхніх і нижніх мертвих точок; розвинені площі поверхонь тертя поршня, при мінімально можливих проміжках і т.п

### Висновок до розділу 1

1. Показано, що мастильні властивості моторних оливо покращуються додаванням функціональних присадок з ПАР, які на поверхнях тертя формують міцні полімолекулярні шари, запобігаючи інтенсивному зношуванню в широкому діапазоні навантажень, швидкостей і температур в трибоспряженнях деталей, внаслідок конкурентної фізичної адсорбції молекул ПАР. Параметром, що визначає процес адсорбції на поверхнях тертя є концентрація молекул ПАР присадки і їх асоціативний стан. При дії силового поля поверхні деталі і обробці зовнішнім фізичним полем руйнуються надмолекулярні структури і в зоні тертя формується полімолекулярний шар.

2. Оскільки серед спряжень деталей ДВЗ найбільш відповідальними трибоспряженнями є ЦПГ, то обґрунтовано протікання механічних та теплових явищ, виявлено їх специфіку: плівка оливи товщиною в декілька мікрометрів є динамічним і тепловим демпфером; насосна дія поршневих кілець в трибосистемі "поршень-кілець-гільза"; нерівномірність товщини плівки по твірній гільзи циліндрів; відповідність епюр навантаження, зносу та розподілу температури і товщини плівки оливи.

## РОЗДІЛ 2

# ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕРТЯ ТА ВИДІВ ЗНОШУВАННЯ У СПРЯЖЕННЯХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЯ АТЗ ТА ТРИБОТЕХНОЛОГІЙ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ

### 2.1 Механічні втрати дизеля та методи їх зниження

Сумарні механічні втрати дизеля визначаються механічним коефіцієнтом корисної дії (ККД):  $\eta_M = N_e / N_i = 0,8 \dots 0,9$ , де  $N_e$  – ефективна потужність;  $N_i$  – індикаторна потужність. Необхідно відзначити, що механічний ККД істотно залежить від в'язкості оливи.

Для зниження втрат на тертя в спряженнях деталей систем і механізмів застосовуються різні методи. Велике значення мають процеси припрацювання основних спряжень деталей ЦПГ, використання спеціальних припрацювальних олив. Ефективно застосовують і функціональні присадки до олив і палива. Велике значення мають також матеріали деталей трибоспряжень. Нові антифрикційні матеріали і покриття різко знижують втрати на тертя.

Для аналізу механічних втрат потужності на тертя в основних спряженнях дизеля зв'язок їх з паливною економічністю більш доцільно проводити використовуючи відносні зміни значень параметрів: механічного ККД; потужності механічних втрат; погодинну та питому витрати палива; коефіцієнта тертя.

Виходячи з теорії теплових процесів дизеля можна вважати, що погодинна витрата палива і індикаторна потужність практично не змінюються при зміні механічних втрат ДВЗ. При цьому механічний ККД двигуна визначається за формулою:

$$\eta_m = \frac{g_i}{g_e}, \quad (2.1)$$

де  $g_i$  і  $g_e$  – відповідно питома індикаторна та питома ефективна витрата палива.



При зміні механічних втрат двигуна, внаслідок протікання процесів тертя і зношування, змінюється питома ефективна витрати палива, і відповідно змінюється ККД:

$$\eta'_m = \frac{g_i}{g'_e}. \quad (2.2)$$

Враховуючи (2.1) і (2.2) відносна зміна механічного ККД дорівнює:

$$\delta_{\eta_m} = \frac{\eta'_m - \eta_m}{\eta_m} = \frac{g_e - g'_e}{g'_e}. \quad (2.3)$$

Для показника  $g_e$  існує аналогічна формула відносної зміни, яка для позитивності величини береться зі зворотнім знаком:

$$\delta_{g_e} = \frac{g_e - g'_e}{g_e}. \quad (2.4)$$

Враховуючи (2.4) в (2.3) і, провівши деякі перетворення, маємо:

$$\delta_{\eta_m} = \frac{\delta_{g_e}}{1 - \delta_{g_e}}, \text{ або } \delta_{g_e} = \frac{\delta_{\eta_m}}{1 + \delta_{\eta_m}}. \quad (2.5)$$

Оскільки, згідно прийнятих припущень, погодинна витрата і індикаторна потужність в дизелі зберігаються:  $G_t = const$  і  $N_i = const$ , то питома ефективна витрата палива становить:

$$g_e = \frac{G_t}{N_e} = \frac{G_t}{N_i - N_{MB}}, \quad (2.6)$$

де  $N_e$ ,  $N_i$  – ефективна та індикаторна потужності,  $N_{MB}$  – потужність механічних втрат.

Після певних технічних дій, наприклад, модифікування моторної оливи

присадкою та її обробкою фізичним полем механічні втрати змінюються, відповідно змінюються і значення питомої ефективної витрати палива:

$$g'_e = \frac{G_t}{N_i - N'_{MB}}, \quad (2.7)$$

де  $N'_{MB} = N_{MB}(1 - \delta_{N_{MB}})$ ;  $\delta_{N_{MB}} = \frac{N_{MB} - N'_{MB}}{N_{MB}}$  – відносна зміна потужності механічних втрат.

Підставляючи (2.6) і (2.7) в (2.4), а також, враховуючи вираз для  $\delta_{N_{MB}}$ , отримуємо:

$$\delta_{g_e} = \frac{\delta_{N_{MB}}}{\frac{N_e}{N_{MB}} + \delta_{N_{MB}}}. \quad (2.8)$$

Оцінка точності формули (2.8), показує, що похибка розрахунку складає не більше 9% при нормативній похибці вимірювання  $g_e$ , рівній 1%.

Якщо двигун працює з постійною ефективною потужністю  $N_e = \text{const}$ , а його індикаторна потужність змінюється пропорційно зміні погодинної витрати палива: ( $N_i \sim G$ ), то, внаслідок дії сил, та реалізації певних режимів тертя, змінене значення потужності механічних втрат складе:

$$N'_{MB} = (1 - k_{\text{рт}} \delta_f) N_{MB}, \quad (2.9)$$

де  $k_{\text{рт}}$  – відносна частка переважаючого режиму тертя (граничного, змішаного або гідродинамічного);  $\delta_f = (f - f')/f$  – відносна зміна коефіцієнта тертя в спряженні деталей ДВЗ.

Значення індикаторної потужності при цьому дорівнює:

$$N'_i = N_e + N'_{MB} = N_e + (1 - k_{\text{рт}} \delta_f) N_{MB}, \quad (2.10)$$

а її відносна зміна становить:

$$\delta_{N_i} = \frac{N_i - N'_i}{N_i}. \quad (2.11)$$

Після підстановки (2.10) в (2.11) і відповідних перетворень, отримаємо:

$$\delta_{N_i} = k_{\text{пр}} \delta_f \left( 1 - \frac{N_e}{N_i} \right) = k_{\text{пр}} \delta_f (1 - \eta_m). \quad (2.12)$$

Оскільки  $N_i \sim G_t$ , то відносна погодинна витрата палива становить:

$$\delta_{G_t} = k_{\text{пр}} \delta_f (1 - \eta_m). \quad (2.13)$$

Формула (2.13) дозволяє оцінити зміну відносної погодинної витрати палива при зміні коефіцієнту тертя деталей двигуна, викликаній методами модифікування моторної оливи додаванням присадки та обробкою фізичним (електричним, магнітним, електромагнітним, УЗК та ін.) полем, з урахуванням частки переважаючого режиму тертя та відносних змін коефіцієнту тертя і механічного ККД.

При експлуатації двигуна основним чинником, що впливає на величину механічних втрат і рівень зносу, є стан і фізико-хімічні показники якості оливи, передусім в'язкість та лужне число (кислотне число), склад оливи, її чистота та наявність присадок.

## 2.2 Режими тертя та види зношування у спряженнях деталей дизеля АТЗ

В різноманітних спряженнях деталей дизеля наявні три основні режими тертя: граничний, змішаний і гідродинамічний.

Граничний режим визначається тертям в тонких поверхневих (граничних) шарах деталей. Фізико-хімічні властивості цих шарів істотно відрізняються від

властивостей оливи і основного матеріалу деталей. Інтенсивність зношування деталей в цьому режимі залежать від співвідношення міцності граничних шарів на зріз-розрив, а також від характеру зміни міцності по глибині матеріалу деталей. Якщо міцність шарів на зріз велика, то сила тертя може досягати великих значень. Найбільш сприятливим є збільшення міцності від поверхні в глибину матеріалу, тобто позитивний градієнт механічних властивостей.

Змішаний режим тертя виникає при критичному зменшенні товщини оливи, що призводить до появи ділянок безпосереднього контакту поверхонь деталей. Тертя в цьому режимі, на відміну від гідродинамічного, супроводжується незначним зносом поверхонь деталей в місцях контакту.

Гідродинамічний режим тертя характеризується наявністю суцільної плівки оливи між спряженими поверхнями деталей, товщина якої перевищує сумарну висоту шорсткості поверхонь. Гідродинамічний режим є найбільш сприятливим з точки зору зниження тертя і зносу, оскільки знос деталей відсутній, а тертя незначне і між собою взаємодіють легкозсувні шари оливи, а не деталі. Проте сила гідродинамічного тертя може бути досить високою при істотному збільшенні швидкості деталей, площі їх поверхонь, в'язкості оливи. Слід відмітити, що в гідродинамічному режимі фізико-хімічні властивості і шорсткість поверхонь практично не впливають на тертя і зношування.

Механічні втрати в ЦПГ і КШМ складають переважну частку загальних механічних втрат дизеля, тому проаналізуємо режими тертя і види зношування в цих спряженнях.

Численні експерименти на спеціальних установках і повнорозмірних двигунах АТЗ дозволили встановити, що тертя в спряженні "поршневе кільце-гільза циліндра" є переважно граничним (60...70 % від часу робочого циклу) і у меншій мірі змішаним і гідродинамічним (30...40 %).

Тертя в спряженні "поршень-гільза циліндра" носить, навпаки, переважно гідродинамічний характер (70...80%), що переходить в змішане і граничне тертя (20...30%).

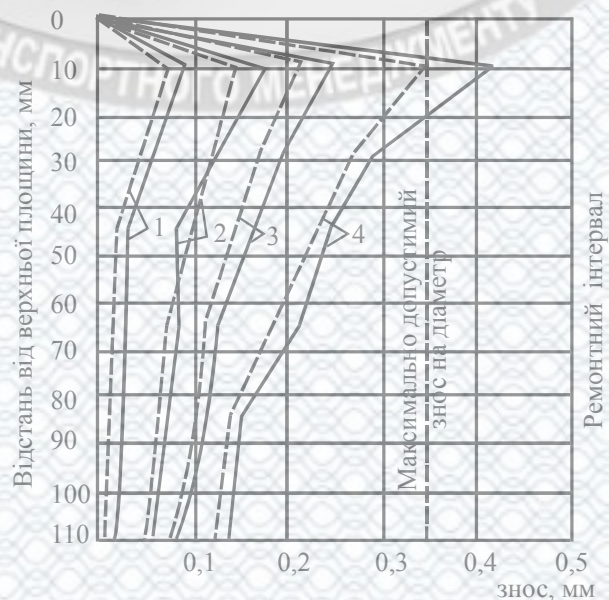
Підшипники КШМ працюють, в основному, в режимі гідродинамічного тертя

(90%), що переходить в змішаний і граничний (10%) лише в моменти пуску-зупинки і максимального навантаження двигун внутрішнього згорання (ДВЗ).

Про роботу поршневих кілець в режимі граничного тертя йде мова в дослідженнях. Такий режим тертя обґрунтовується залежністю сили тертя поршневого кільця від навантаження, а також відсутністю яскраво вираженої залежності сили тертя від кількості оливи, що подається.

За даними багатьох досліджень поведінка коефіцієнта тертя, в'язкості і експериментально вимірної товщини шару оливи не підтверджують теорію гідродинамічного режиму мащення в спряженні "поршневе кільце-гільза циліндра" і найбільш вірогідним вважається граничний режим тертя з переходом у змішаний.

Максимальний знос має місце у верхній частині гільзи циліндрів, сильно зношується верхнє компресійне кільце і канавка під нього в поршні. Аналіз епюр зносу гільз циліндрів по твірній (рис. 2.1) показує наявність чітко вираженого максимуму у верхній частині, у зоні між ВМТ першого і другого компресійного кільця.



1 – 25 тис. км; 2 – 60 тис. км; 3 – 80 тис. км; 4 – 120 тис. км.

Рисунок 2.1 – Епюри зносу гільз циліндрів двигунів по твірній (суцільними лініями показано знос перпендикулярно осі блоку; штрихпунктирними – паралельно осі)

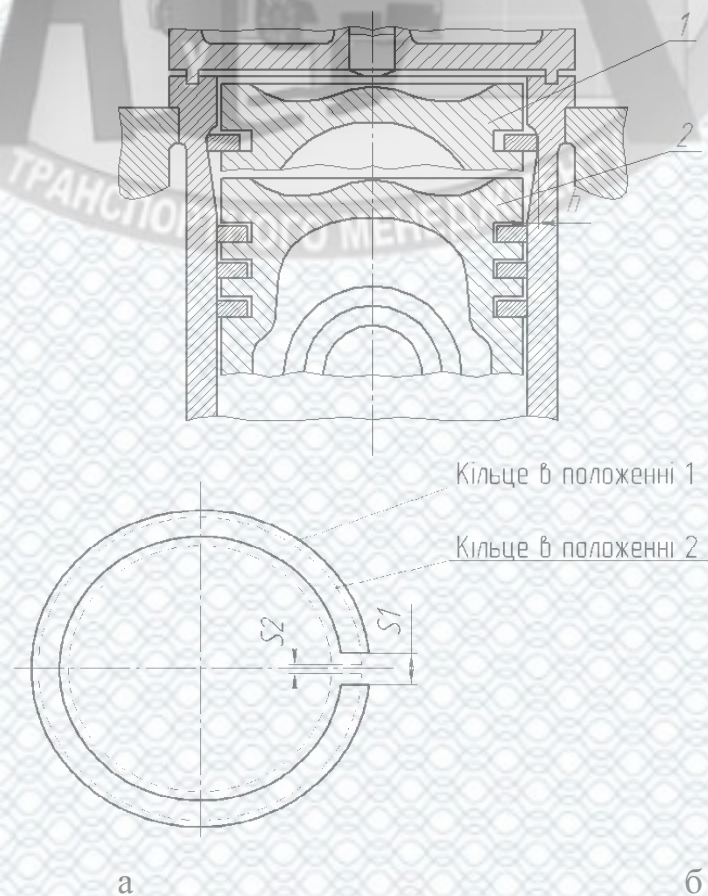
В процесі експлуатації гільза зношується нерівномірно по довжині твірної. У дизельних двигунів, що мають великий граничний знос, відбувається значна зміна

макрогеометрії гільзи циліндрів в процесі експлуатації. Велика різниця в діаметрі гільза циліндрів по його висоті негативно впливає на показники роботи двигуна. Зазор у замку 1-го компресійного кільця може становити декілька міліметрів. Кільце тисне на стінку гільзи циліндра нерівномірно по колу. Поблизу замка тиск кільця на стінку гільзи циліндра може бути відсутнім. При цьому втрати палива збільшується на 11...15%, а витрата оливи у 2,0...2,5 рази.

У момент знаходження поршня у ВМТ поршневі кільця (як верхнє, так і інші) перебувають в зоні максимального зносу і займають граничне положення, при якому зазор у замку найбільший (рис. 2.2).

При русі поршня вниз поршневе кільце переміщується в зону гільзи з меншим зносом і має радіальне переміщення зі швидкістю  $v$ .

Зменшення діаметра гільзи циліндра і кривизни зовнішньої поверхні кільця викликає зменшення зазору в замку.



1 – положення поршня у ВМТ; 2 – положення поршня у НМТ

Рисунок 2.2 – Схема характеру зносу деталей ЦПГ (а) та зміни положення поршневих кілець і величини зазорів (б) у відповідних положеннях деталей спряження

Тертя, що виникає між кільцем і поршнем, внаслідок тиску газів, перешкоджає коловому та радіальному рухам кільця в поршневій канавці і викликає додаткове притиснення його до гільзи, що інтенсифікує її знос та знос канавок під кільця в поршні.

Нерівномірний знос гільзи приводить до того, що робоча поверхня у верхній зоні має конічну форму і поршневе кільце або контактує тільки гранню, або перекошується і розбиває поршкову канавку. Контактуюча гранню при лінійному контакті деталей викликає високий питомий тиск у зоні тертя, що обумовлює заїдання і захоплення деталей.

Нерівномірний знос гільзи циліндра викликає підвищене зношування всіх деталей ЦПГ і різке зменшення надійності їхньої роботи. Усунення такого характеру зносу значно поліпшить умови роботи деталей і відповідно їхню експлуатаційну надійність.

Серед факторів, що суттєво впливають на знос гільзи циліндра і поршневих кілець, можна виділити три основні: тиск, швидкість руху і температура в кожній точці поверхні тертя. Ці фактори змінні в локальних областях робочої поверхні вдовж твірної циліндра і здійснюють відповідний вплив на її зношування. Крім того на довговічність двигунів впливає правильна організація процесів мащення і підбір оптимального сорту оливи. Сучасні оливи складні за вмістом: до 30% містять різні присадки, що забезпечує поліпшення протизносних, протизадирних, протипінних, протикорозійних, противоокислювальних та інших властивостей.

При дослідженні процесів зношування основних деталей двигуна, у першу чергу варто звернути увагу на те, що деталі зношуються по різному при різних режимах тертя.

У процесах тертя, мащення і зношування беруть участь поверхневі шари деталей і олівна плівка різної товщини. Властивості оливи й активних поверхневих шарів металу безперервно змінюються. На межі поділу "метал-олива" відбуваються складні фізико-хімічні процеси, що впливають на утворення структури поверхневих шарів деталей і їхню довговічність.

За дослідженнями, випливає, що для спряжень ЦПГ і КШМ типовими є

наступні основні види зношування: молекулярно-механічний; абразивний; корозійний (рис 2.3).

Молекулярно-механічне зношування носить досить плавний, тривалий за часом характер. До цього виду зносу схильні спряження "поршневе кільце-поршень", "поршневе кільце-гільза циліндра", "поршень-гільза циліндра", підшипники КШМ в нормальному режимі експлуатації.

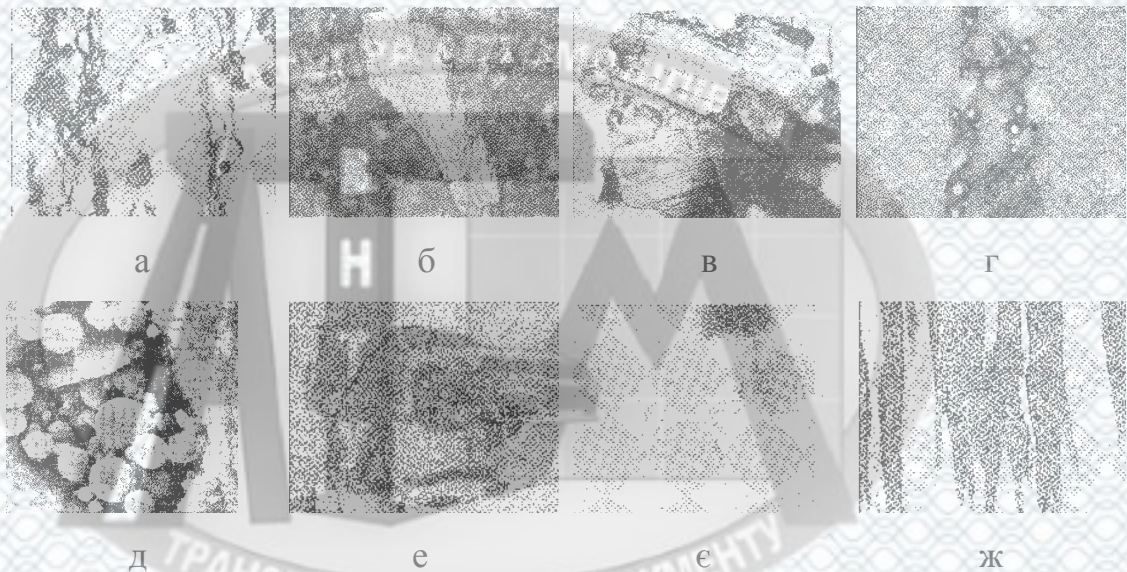


Рисунок 2.3 – Стан поверхонь деталей АТЗ при різних видах зношування: а – мікрорізання, б,в–задири; г–мікротріщини; д,е,є–утомне викришування; ж–корозія, ×500

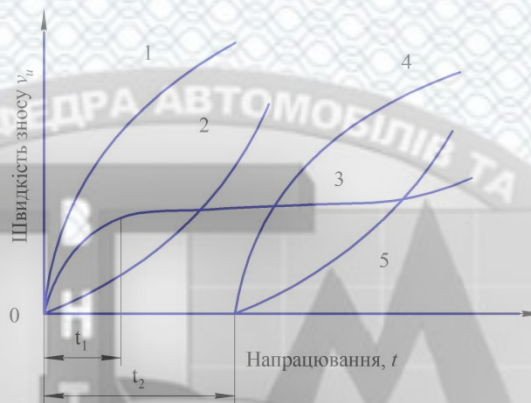
Абразивне зношування має високу інтенсивність й приводить до швидкого виходу з ладу деталей або порушення роботи механізмів: шуми, вібрації, підвищена витрата оливи і т.п. Проте у певних випадках абразивне зношування може відігравати і позитивну роль. Наприклад, керований абразивний знос в період обкатки і припрацювання деталей ДВЗ дозволяє скоротити час і підвищити якість даних технологічних операцій. Абразивне зношування є найбільш характерним для спряжень ЦПГ і ГРМ.

Корозійному зношуванню піддаються поршневі кільця і гільзи циліндрів при несприятливих умовах експлуатації, але ймовірність виникнення цього виду зношування і небезпека його наслідків набагато нижча, ніж перших двох видів.



Таким чином, підвищення експлуатаційних показників і ресурсу двигуна залежить від стану і умов роботи деталей передусім ЦПГ. Аналіз балансу механічних втрат в ДВЗ, показав, що зниження механічних втрат в ЦПГ дозволяє підвищити його техніко-економічні показники.

Схематично характерний розвиток процесів зношування основних деталей дизелів АТЗ за швидкістю зносу з напрацюванням представлено на рис. 2.4.



1 – гільза циліндра; 2, 3 – канавки та перше хромоване кільце; 4 – спрямовуючі клапанів (випускного); 5 – шатунні та корінні вкладиші підшипників.

Рисунок 2.4 – Схема характеру розвитку процесів зношуванні основних деталей дизелів АТЗ з напрацюванням

Можна бачити, що локальний знос контактуючих мікронерівностей робочих поверхонь деталей викликає спочатку падіння значення швидкості зносу на етапі припрацювання, потім вона на етапі експлуатації, за стабільних умов і постійних навантажувально-швидкісних режимах, практично залишається незмінною. На третьому етапі спостерігається катастрофічний знос, який може відбутися у будь-який момент часу при істотній зміні стану деталей та їх спряжень під впливом ряду факторів. В таких умовах швидкість деградації процесів тертя та зношування починає зростати у критичних біфуркаційних локальних областях зносу за експоненціальною залежністю до моменту повного руйнування деталі.

Аналіз досліджень робіт вчених В.А. Аметова, В.В. Ауліна, А.Г. Кузьменка, І.А. Мішина, В.В. Солміна та ін. свідчить, що ресурсовизначеними деталями дизелів АТЗ є деталі ЦПГ, природа і механізм тертя та зношування яких важливі

при розв'язанні проблеми підвищення зносостійкості. Дотепер немає єдиної думки серед дослідників про природу зношування деталей ЦПГ. Більшість з них схильні до того, що, наприклад, гільза циліндра одночасно піддається молекулярно-механічному, корозійно-механічному й абразивному видам зношування. Процес молекулярно-механічного зношування найбільш ймовірний у верхній частині циліндра, де внаслідок недостатнього змащування, малої швидкості поршня, високих температур і тиску порушується безперервність плівки оливи, і в окремих точках виникає схоплювання поверхонь тертя. З іншого боку, високі температури поверхні гільзи циліндрів, розрив оливної плівки і теплове випромінювання процесу згоряння палива сприяє інтенсивному утворенню окисних і лакових плівок, наявність яких перешкоджає появі ювенільних поверхонь й усувається ймовірність схоплювання спряжень поверхонь. Немає єдиного погляду і стосовно впливу теплових, кінематичних та індикаторних показників роботи двигуна на знос гільз циліндрів. Майже всі автори стверджують, що ця деталь є однією з напружених, відповідальних і лімітуючих ресурс двигуна.

У момент знаходження поршня у ВМТ поршневі кільця (як верхнє, так і інші) перебувають в зоні максимального зносу і займають граничне положення, при якому зазор у замку найбільший. При русі поршня вниз поршневе кільце переміщується в зону гільзи з меншим зносом і має радіальне переміщення зі швидкістю  $v$ . Зменшення діаметра гільзи циліндра і кривизни зовнішньої поверхні кільця викликає зменшення зазору в замку. Тертя, що виникає між кільцем і поршнем, внаслідок тиску газів, перешкоджає коловому та радіальному рухам кільця в поршневій канавці і викликає додаткове притиснення його до гільзи, що інтенсифікує її знос та знос канавок під кільця в поршні. Нерівномірний знос гільзи приводить до конічності її форми і у верхній зоні поршневе кільце або контактує тільки гранню, або перекошується і розбиває поршкову канавку. Таке контактування викликає високий питомий тиск у зоні тертя, що обумовлює заїдання і схоплювання деталей ЦПГ.

Нерівномірний знос гільз циліндрів обумовлює підвищене зношування усіх деталей ЦПГ. Усунення такого характеру зносу значно поліпшить умови роботи

деталей дизелів АТЗ та підвищить їх зносостійкість і надійність. Серед факторів, що суттєво впливають на знос гільзи циліндрів і поршневих кілець, є три основні: тиск, швидкість руху і температура в кожній точці поверхні тертя. Ці фактори змінні вдовж твірної циліндра і здійснюють відповідний вплив на зношування його поверхні. Не можна відкидати і правильну організацію процесів мащення та підбір оптимального сорту оливи. Сучасні оливи є складними, оскільки можуть містити до 30% різних присадок і добавок, що забезпечують поліпшення протизносних, протизадирних, протипінних, протикорозійних, протиокислювальних та інших властивостей.

Розглядаючи процеси зношування деталей і спряжень дизелів АТЗ слід звернути увагу на режим тертя, оскільки деталі та їх трибоспряження по різному зношуються при різних режимах тертя. У процесах тертя, мащення і зношування беруть участь ПШ деталей і плівки оливи різної товщини. Властивості моторних олив й активних ПШ металу безперервно змінюються. На межі поділу "метал-олива" відбуваються складні фізико-хімічні процеси, що впливають на структури ПШ деталей і їх довговічність. Слід також зазначити, що ТТС "гільза циліндра-поршневе кільце" в основному знаходиться в умовах граничного тертя. При цьому під впливом високої температури, підвищеного навантаження і зворотно-поступального руху гідродинамічна плівка оливи стає тонше 2 мкм і закономірності рідинного мащення порушуються. Коефіцієнт тертя в таких умовах залежить не від в'язкості оливи, а від наявності в ній полярно-активних компонентів. Одночасно змінюються властивості ПШ деталей через розвиток процесів пластифікування, окрихчування, квазірідкого стану, самоорганізації та ін. При цьому мастильна дія граничних шарів визначається здатністю забезпечувати ковзання, зниження сил молекулярної адгезії і пластифікацію поверхонь та можливостей утворення плівки фізичної адсорбції і хемосорбції. Виявлено здатність усіх плівок до саморегенерації при зберіганні зовнішніх умов тертя. Їх товщина і міцність залежить від хімічного складу моторної оливи і присадок до неї, властивостей поверхні тертя і зовнішніх умов. Щодо товщини граничних шарів єдиної думки не існує. За деякими даними вона складає від частки мікрометра до

декількох його десятків.

Отже для виявлення напрямків підвищення зносостійкості спряжень деталей систем і агрегатів АТЗ з мастильним середовищем є необхідність в ретельних дослідженнях закономірностей процесів і станів їх елементів, режимів тертя, умов реалізації різних видів ефекту самоорганізації поверхонь тертя, робочого (технологічного) середовища та їх трибофізичного обґрунтування.

Розглядаючи режими тертя в основних спряженнях деталей ЦПГ, оливу вважали одним з елементів такої трибосистеми, що виконує функції зниження витрат на тертя і зношування. Одиницю маси оливи в потоці, що протікає в зазорі між деталями, згідно принципу Делаμβера можна описати системою диференціальних рівнянь гідродинаміки плівки оливи. Рівняння гідродинаміки існують у формі Лагранжа, Нав'є-Стокса і Ламе, інтегрування яких у формі Рейнольдса має вигляд:

$$\frac{d}{dx} \left( h_{\text{ш}}^3 \frac{dp}{dx} \right) = 6\eta v \frac{dh_{\text{ш}}}{dx}, \quad (2.14)$$

де  $p$  – тиск,  $v$  – швидкість,  $x, h_{\text{ш}}$  – відповідно довжина та товщина шару (плівки) оливи,  $\eta$  – в'язкість оливи. За рівнянням (2.14) можна оцінити тиск в плівці оливи за умови задання сукупності параметрів, важливим з яких є в'язкість, що характеризує фізичні властивості оливи та тип присадки до неї і режим роботи трибоспряження. Залежно від швидкості відносного переміщення робочих поверхонь спряжених деталей, навантаження і співвідношення цих величин реалізується граничний, змішаний або гідродинамічний режим тертя.

Виходячи з гідротермодинамічної теорії мащення, розробленої М.П. Петровим, сила тертя  $F_{\text{тр}}$  і коефіцієнт тертя  $f_{\text{тр}}$  дорівнюють:

$$F_{\text{тр}} = \eta v \cdot S_{\text{тр}} / h_{\text{ш}}, \quad f_{\text{тр}} = \eta v / p \cdot h_{\text{ш}}, \quad (2.15)$$

де  $S_{\text{тр}}$  – площа поверхні тертя;  $\eta \cdot v / p = \lambda$  – співвідношення, яке є постійним для даної конструкції спряження деталей. Наявність шару оливи в спряженні "гільза

циліндра-поршневе кільце" визначають критерієм Зоммерфельда  $S_0$ :

$$S_0 = \eta v / \bar{p}_{\kappa-2} \cdot b_{\kappa}, \quad (2.16)$$

де  $b_{\kappa}$  – висота поршневого кільця;  $\bar{p}_{\kappa-2}$  – тиск кільця на гільзу циліндра;  $v$  – швидкість переміщення поршня. При цьому товщина шару оливи дорівнює:

$$h_{ш} = \sqrt{\eta v b_{\kappa} / \bar{p}_{\kappa-2}} = b_{\kappa} \sqrt{S_0}. \quad (2.17)$$

Товщину шару оливи можна оцінити і за її електропровідністю:

$$h_{ш} = \chi \cdot S_{\delta} / G_{ел}, \quad (2.18)$$

де  $G_{ел}$  – електропровідність ( $R_{ел} = 1/G_{ел}$  – електричний опір) шару оливи;  $\chi$  – питома електропровідність оливи;  $S_{\delta}$  – площа бічної поверхні кільця:

$$R_{ел} = b_{\kappa} \cdot \sqrt{S_0} / \chi \cdot S_{\delta}; \quad f_{тр} = \eta \cdot v / \bar{p}_{\kappa-2} \cdot b_{\kappa} \cdot \sqrt{S_0}, \quad (2.19)$$

де  $\bar{p}_{\kappa-2}$  – тиск кільця на гільзу циліндра,  $v$  – швидкість переміщення поршня,  $f_{тр}$  – коефіцієнт тертя,  $S_0$  – критерій Зоммерфельда.

Для аналізу режимів тертя, в спряженнях деталей ЦПГ, використовують діаграму Герсі-Штрибека: графічну залежність коефіцієнта тертя або товщини плівки оливи (2.15) від критерію Зоммерфельда, що дорівнює:

$$S_0 = (D/2\Delta)^2 \cdot (\eta \cdot n/p), \quad (2.20)$$

де  $D$  – діаметр гільзи;  $\Delta$  – зазор в трибоспряженні;  $n$  – кількість обертів колінчастого валу за хвилину. Виявлено, що при  $S_0 = 10^{-5}$  – спостерігається режим

граничного тертя, при  $S_0 < 10^{-5}$  – реалізується перехідний режим тертя, а при  $S_0 > 10^{-5}$  – режим гідродинамічного тертя. Зміну режиму тертя можна оцінювати і за зміною в'язкості: при малій в'язкості гідродинамічне тертя не спостерігається, але після досягнення мінімуму коефіцієнта тертя збільшення в'язкості оливи підвищує опір тертю. Протилежну дію проявляє питоме навантаження: при великому тиску умови для реалізації гідродинамічного тертя несприятливі; зниження навантаження до деякої величини приводить до ефекту "спливання"; подальше зменшення навантаження супроводжується збільшенням товщини шару змащувального матеріалу. В даній роботі режим тертя визначали по залежності електричного опору шару оливи від значення критерію  $S_0$  (2.19). При цьому кожному значенню критерію Зоммерфельда відповідає певне значення електричного опору, а по характерним значенням  $S_0$  визначають режими тертя в спряженнях зразків і деталях ЦПГ.

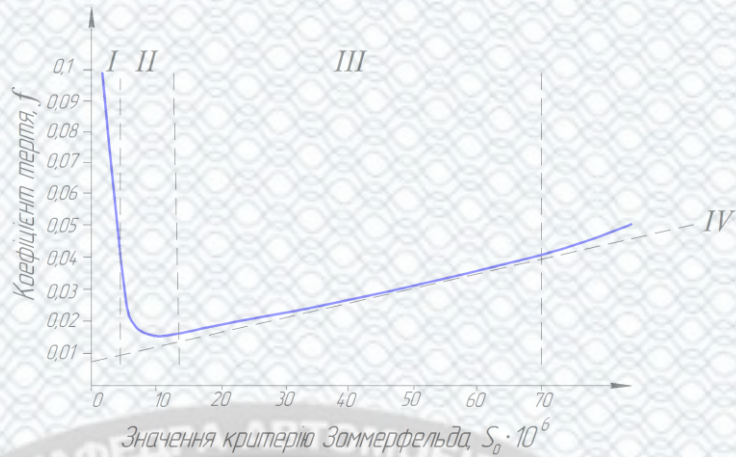
Характер тертя робочих поверхонь деталей спряжень і режим мащення визначаються як кількістю мастильного матеріалу і його в'язкістю, так і умов роботи трибоспряження. Залежно від швидкості відносного переміщення робочих поверхонь, навантаження і співвідношення цих величин в спряженні може спостерігатися граничний, змішаний (напіввідинний) або гідродинамічний режими тертя. При переході від граничного до гідродинамічного тертя, величина сили тертя і втрата потужності на тертя зменшуються в сотні разів.

Графічно залежність коефіцієнта тертя від значення критерію Зоммерфельда визначає діаграма Герсі-Штрибека (рис. 2.5).

Згідно діаграми Герсі-Штрибека: максимальний коефіцієнт тертя  $f_{\max}$  відповідає мінімальному значенню критерію Зоммерфельда  $S_0$ , що характерне для тертя спокою; при переході з граничного через змішане тертя на гідродинамічне коефіцієнт тертя знижується майже в 10 разів і відповідно знижуються витрати потужності на тертя.

При порівняно легких режимах експлуатації (навантаження  $p$  і швидкості  $v$ ) на поверхнях тертя унаслідок молекулярної адсорбції утворюються і міцно утримуються якнайтонші шари змащувального матеріалу, об'ємні властивості яких практично не виявляються. Таким чином, створюються умови граничного тертя (рис.

2.5 зона I).



I – зона граничного тертя; II – зона змішаного тертя; III – зона гідродинамічного тертя; IV – асимптота Петрова.

Рисунок 2.5 – Діаграма Герсі-Штрибека

Коефіцієнт тертя в умовах граничного тертя  $f_{гр}$  є сумою трьох доданків:

$$f_{гр} = f_{тв} + f_p + f_{пр} = \alpha_s \frac{\sigma_{тв}}{\bar{p}_к} + (1 - \alpha_s) \frac{\sigma_p}{\bar{p}_к} + f_{пр}, \quad (2.21)$$

де  $f_{тв}$ ,  $f_p$ ,  $f_{пр}$  – складові коефіцієнту тертя, обумовлені відповідно механічною взаємодією твердих поверхонь, внутрішнім тертям шарів змащувального матеріалу і опором тертя, унаслідок продряпування поверхні виступами нерівностей при пошкодженні змащувальної плівки;  $\alpha_s$  – частка номінальної площі, на якій відбувається механічна взаємодія робочих поверхонь деталей;  $\sigma_{тв}$  – міцність на зріз твердого матеріалу деталі;  $\sigma_p$  – опір відносному переміщенню шарів змащувального матеріалу;  $\bar{p}_к$  – середній номінальний тиск в зоні контакту.

Аналіз формули (2.21) свідчить, що другий доданок значно менше першого  $\alpha_s \cdot \sigma_{тв} / \bar{p}_к \gg (1 - \alpha_s) \cdot \sigma_p / \bar{p}_к$ . Не дивлячись на малу товщину граничної плівки змащувального матеріалу (до 0,5 мкм), коефіцієнт тертя твердих поверхонь при цьому значно менший, ніж в умовах тертя без змащувального матеріалу ( $f_{гр} = \alpha_s \cdot \sigma_{тв} / \bar{p}_к \approx 0,10$ ).

Механізм граничного тертя складний, оскільки при цьому відбуваються різні за своєю фізичною природою процеси адсорбційної, фізико-хімічної і механічної взаємодій. Адсорбційні і фізико-хімічні процеси відбуваються на межі взаємодії плівки оливи з матеріалом деталі. Механічна взаємодія поверхонь тертя обумовлена малою товщиною змащувального шару.

При збільшенні шару змащувального матеріалу, що розділяє поверхні тертя, зменшується механічна взаємодія виступів нерівностей, знижується також молекулярна складова сили тертя. В результаті спостерігається значне зменшення коефіцієнта тертя і створюються умови взаємодії поверхонь, характерні для змішаного тертя. На діаграмі Герсі-Штрибека ця область відповідає мінімуму кривої (рис.2.5, зона II). В змішаному терті, зона II, частково здійснюється рідинне мащення.

У зоні III тверді поверхні повністю розділено шаром змащувального матеріалу, товщина якого значно перевищує висоту нерівностей профілю. У цих умовах характер взаємодії елементів спряження визначається об'ємними властивостями оливи. Опір відносному переміщенню деталей спряження обумовлений внутрішнім тертям змащувального матеріалу. Коефіцієнт тертя рівний 0,01...0,05. Такі умови взаємодії поверхонь характерні для гідродинамічного тертя, що забезпечують стійкий режим роботи спряження.

Збільшення коефіцієнта тертя в зонах I або II також спричиняє за собою зменшення значення критерію Зоммерфельда  $S_0$  та погіршення умов роботи спряження, тобто, граничне і змішане тертя не забезпечують стійкого режиму експлуатації спряжень двигуна.

Оскільки, швидкість  $v$  поршня є функцією кута повороту колінчастого валу, то значення критерію Зоммерфельда можна оцінити за виразом:

$$S_0 = \frac{\eta \cdot \pi \cdot n \cdot r (2 \sin \alpha_n + \lambda \sin 2\alpha_n)}{p_{кр} (1 + m_2 \cdot \cos 2\psi + m_3 \cdot \cos 3\psi + \dots + m_k \cdot \cos k\psi) \cdot b}, \quad (2.22)$$

де  $n$  – частота обертання колінчастого валу,  $c^{-1}$ ;  $r$  – радіус кривошипу, м;  $\alpha_n$  –

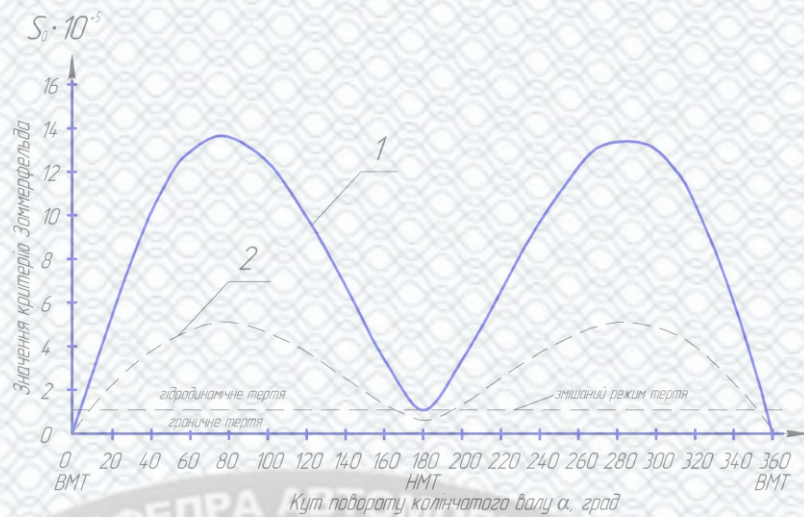


кут повороту колінчастого валу, град;  $\lambda = r/L_{ш}$  – число, що характеризує КШМ двигуна,  $L_{ш}$  – довжина шатуна, м;  $b$  – висота кільця, м;  $\psi = 15^\circ$  – кут від стінки до замку стиснуто кільця;  $k$  – порядковий номер члена ряду Фур'є;  $p_{зм}/\bar{p}_{кг} = 2,86$ ,  $k = 1...12$ ;  $m_k$  – відоме співвідношення змішаного тиску до середнього,  $m_k = p_{зм}/\bar{p}_{кг}$ .

$$p_{зм}/\bar{p}_{кг} = 1 + 0,309 \cdot \cos 2\psi - 0,436 \cdot \cos 3\psi + 0,288 \cdot \cos 4\psi - 0,196 \cdot \cos 5\psi + 0,141 \cdot \cos 6\psi - 0,109 \cdot \cos 7\psi + 0,097 \cdot \cos 8\psi - 0,09 \cdot \cos 9\psi + 0,080 \cdot \cos 10\psi - 0,071 \cdot \cos 11\psi + 0,041 \cdot \cos 12\psi \quad (2.23)$$

Для перехідного режиму,  $S_o = 10^{-5}$ , оскільки поршень з кільцем співвісний гільзі циліндру, неважко встановити зміну видів мащення при переміщенні поршня  $n = 2 \cdot c^{-1}$ ,  $\eta = 0,0808 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ,  $P_o = 0,179 \text{ МПа}$ . Проведені оцінки, свідчать, що досліджувані поверхні взаємодіють при різних режимах тертя (крива 1, рис. 2.6): граничному, змішаному і гідродинамічному.

Умови граничного тертя спостерігаються для поршневих кілець при положеннях в ВМТ і НМТ, де швидкість поршня мінімальна. Для граничного режиму тертя достатньо товщини плівки до 0,1 мкм, при цьому вона в спряженні "поршневе кільце-гільза циліндра" не володіє об'ємними властивостями рідини, а має характер еластичного покриття поверхні пружно деформованого під поршневим кільцем і відновлюючим після його проходження шаром. Граничний режим тертя повинен мати місце при куті повороту колінчастого валу  $0,0012^\circ$ ,  $179,9979^\circ$ ,  $180,0021^\circ$  і  $359,9988^\circ$ . В межах кутів повороту колінчастого валу:  $0...0,0012^\circ$ ;  $179,9979^\circ...180,0021^\circ$ ;  $359,9988^\circ...360^\circ$  буде мати місце механічне контактування деталей спряжень.



1, 2 – значення критерію Зоммерфельда відповідно на модифікованій композиційній і базовій моторній оливі

Рисунок 2.6 – Зміна режимів тертя в спряженні "гільза циліндра-поршневе кільце" при модифікуванні моторної оливи в залежності від кута повороту колінчастого валу за один подвійний хід поршня

Розраховані дані свідчать, що за подвійний хід поршня двигуна гідродинамічне мащення повинно мати місце при куті повороту колінчастого валу в межах:  $3,37^{\circ} \dots 174,02^{\circ}$  та  $185,98^{\circ} \dots 356,63^{\circ}$ .

Епюра радіальних тисків здійснює незначний вплив на зміну режиму тертя по колу кільця. В той час погіршення умов мащення, при яких зменшується частка гідродинамічного тертя, буде мати місце в області замку кільця (крива 2 рис. 2.7). Розрахунки, що збільшення частки гідродинамічного режиму тертя в спряженні "кільце-гільза" буде в області  $45^{\circ}$  від замку кільця, що особливо чітко проявляється при умові частоти обертання колінчастого валу до  $3,33 \text{ с}^{-1}$  і в'язкість  $0,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

У реальних спряженнях деталей при зміні умов експлуатації (температури, швидкості або тиску) відбувається плавний перехід від режиму тертя одного виду до іншого.

Максимальна довговічність спряження спостерігається при формуванні умов рідинного тертя і його різновидів (гідродинамічного і еластогідродинамічного), що дозволяє значно скоротити енергетичні витрати на подолання сил тертя і забезпечуються найбільш стабільні умови взаємодії деталей в мастильному

середовищі.

### 2.3 Зміна характеристик оливи в процесі експлуатації систем і агрегатів АТЗ та методи їх поліпшення

В дизелях основні спряження деталей розглядаються як тріада тертя, і їх робочим тілом або трибоелементом є олива з присадками, яка забезпечує не тільки зниження втрат на тертя, але й підвищення довговічності, економічності і автономності роботи двигуна в цілому.

Олива в процесі експлуатації змінює свої властивості, тому встановлення для неї ресурсу і розробка засобів контролю її фізико-хімічних характеристик і властивостей є важливою проблемою.

При визначенні ресурсу моторних олив суттєвим є пошук і обґрунтування критерію оцінки механізму їх старіння. Насьогодні відсутні науково-обґрунтовані критерії оцінки ресурсу олив з урахуванням зміни технічного стану експлуатованих машин і механізмів. Зниження експлуатаційних властивостей олив визначається багатьма чинниками: процеси окиснення її базової основи; витрата і деструкція функціональних присадок; вплив умов і режимів роботи техніки, її технічний стан, матеріали трибоспрямиць; продукти окиснення і домішок, що потрапляють ззовні. Внаслідок цього підхід до рішення цієї проблеми повинен бути комплексним.

Моторну оливу рівноправно можна розглядати як елемент конструкції ДВЗ, працездатність яких характеризується як початковими властивостями, так і набутими станами в процесі експлуатації машини.

Свіжі моторні оливи мають стандартні фізико-хімічні показники, які не завжди можна використовувати для діагностики стану оливи. Пропонується оцінку придатності оливи здійснювати шляхом діагностики його стану по так званих граничних, або показникам бракувань, які вказують на втрату її експлуатаційних властивостей. Найважливіші з них: в'язкість, диспергуюча здатність, лужне і кислотне числа, водневий показник, вміст нерозчинних забруднень, – води, металів (продуктів зношування, активних елементів присадок до оливи або охолоджуючі

рідини) і кремнію, температура спалаху. Іноді визначають і інші показники, наприклад залишковий вміст активних присадок в працюючій оливі, ступінь окиснення основи оливи, корозійну агресивність.

У трибоспряженнях деталей двигуна і його оливній системі йде не тільки безперервна зміна поверхонь тертя, але і відбувається зміна властивостей моторної оливи з присадками.

Первинні властивості (фізико-хімічні і експлуатаційні) свіжої оливи визначаються відповідним ДСТУ 4106-2002. Сучасні оливи і більшість мастил випускаються з присадками. Присадки – це хімічні сполуки, які додаються в оливу в кількості 0,005...20% для поліпшення його експлуатаційних властивостей. При цьому використовуються такі типи присадок: 1 – антиокислювальні; 2 – антикорозійні; 3 – антизадири; 4 – протизносні; 5 – мийно-диспергуючі; 6 – антипінні. Зазвичай в моторну оливу вводиться композиція присадок, що складається з різних компонентів (наприклад, 1+5+6 або 1+4+5+6). У хороших композиціях дія окремих компонентів взаємно посилюється, тобто має місце синергетичний ефект. Такі присадки різко знижують знос і відкладення в трибоспряженнях деталей, запобігають задирам і забезпечують тривалу роботу спряжень і самої оливи.

Тонка плівка оливи в основних спряженнях деталей ДВЗ піддається складному комплексу зовнішніх дій і усередині плівки відбуваються фізико-хімічні процеси, що і приводить до зміни властивостей оливо з часом, тобто йде процес старіння оливи. Схема зміни складу моторної оливи при її роботі в двигуні наведена на рис. 2.7.



Рисунок 2.7 – Схема зміни складу моторної оливи з напрацюванням

По мірі експлуатації в оливі накопичуються продукти окиснення, зносу, може потрапляти вода і паливо. Частина оливи згорає після випаровування у верхній частині гільзи циліндра і її кількість зменшується. Спрацьовуються і частково втрачають свої захисні властивості присадки. Утворення продуктів окиснення – смол, карбенів, асфальтенів, приводить до забруднення поверхонь тертя і їх підвищеному зносу.

Щоб уникнути підвищеного зносу деталей трибоспряжень ДВЗ і аварійних ситуацій, необхідно або загальмувати (стабілізувати) шкідливі процеси, або змінити оливу в двигуні.

Необхідними умовами надійної і довговічної роботи двигуна є безперервне високоякісне мащення його деталей тертя, відведення від них тепла і захист від корозії. Умови роботи моторної оливи в двигуні характеризуються різноманіттям і широким діапазоном зміни різних дій. Так, температура оливи в картері може змінюватися разом з температурою навколишнього повітря, відхиляючись в ту і іншу сторони на декілька десятків градусів і залежно від режиму роботи двигуна досягати 80...120°C. Дуже широкий діапазон температур при мащенні поршня. У

нижній його частині температура дорівнює 150...250 °С, на внутрішній поверхні доходить до 340...370 °С, а у верхній частині – 400°С. У момент займання робочої суміші температура в камері згорання досягає 1700...2200 °С і вище.

Олива в картері при роботі знаходиться в туманоподібному стані, що створює умови для його інтенсивної аерації. Олива також сприймає високі питомі навантаження від шестерень оливного насоса, шатунових і корінних підшипників колінчастого валу, опорних шийок розподільного валу. Певний вплив на моторну оливу чинять кисень повітря, продукти згорання, каталітична дія різних металів і сплавів, навантаження двигуна і т.д. Умови експлуатації АТЗ характеризуються також значними змінами вологості, запиленості, вібрацій.

Щоб забезпечити в цих умовах надійне мащення деталей двигуна олива повинно протягом тривалого періоду зберігати свої властивості, не піддаватися окисленню, не забруднюватися різними домішками, не утворювати відкладень стійких до виділення низькотемпературних осадів, здатних забивати оливоприймальні сітки оливних насосів, фільтруючих пристрої і оливопроводи.

На процес окиснення моторної оливи головним чином впливає кисень. Першим продуктом цього процесу є перекиси, які потім утворюють різні продукти більш глибокого окиснення. Ароматичні вуглеводні з короткими бічними ланцюгами утворюють різні нейтральні сполуки, що знаходяться в оливі як в розчиненому стані (феноли, смоли), так і випадуючого осаду (асфальгени, карбени). Вуглеводні парафінового і нафтового рядів, а також ароматичні з довгими бічними ланцюгами окислюються з утворенням кислих продуктів (асфальтогеновіе кислоти, карбоїди оксикислот).

З підвищенням температури значно прискорюються процеси окиснення. Найбільша окиснюваність оливи знаходиться в інтервалі 130...150°С. Початкова стадія окиснення характеризується так званим індукційним періодом, протягом якого властивості оливи можна вважати незмінними. Тривалість індукційного періоду у олив різний. Після індукційного періоду спостерігається інтенсивне окиснення оливи, а потім цей процес стабілізується. Продукти окиснення зазнають розщеплювання, конденсацію, полімеризацію і ін.

На швидкість дифузії кисню в оливу і міру його окиснення впливає поверхня окиснюваної оливи. У двигуні, де відбуваються розпилування, розбризування оливи, багатократна його циркуляція, процес окиснення значно прискорюється.

При хорошому технічному стані двигуна на мащення його деталей йде 20...25% оливи, що подається насосом, інша частина через перепускний клапан повертається в картер. По мірі збільшення проміжків в спряженнях об'єм оливи прокачуваної в систему, збільшується. Завищена подача в систему оливи двигуна веде до додаткового її окиснення.

Об'єм оливної системи двигуна істотним чином впливає на зміну фізико-хімічних показників моторної оливи. Зменшення об'єму оливи в оливній системі призводить до більш інтенсивної її зміни. Це пояснюється збільшенням кратності прокачування оливи і сприйняттям нею великих теплових і питомих навантажень (в розрахунку на одиницю об'єму оливи). Чим менше об'єм оливи в системі оливи, тим більше лако- і нагаровідкладань на поршні двигуна. Отже, місткість оливної системи вибирається з урахуванням зміни показників моторної оливи, а при експлуатації РС необхідно підтримувати оптимальний заданий рівень оливи в картері двигуна.

Міра завантаження двигунів залежить від виконуємого технологічного процесу. На сільськогосподарських роботах (оранка, посів та ін.) двигун завантажений на 70...90%, на транспортних – 30...60% номінальної потужності. Оцінка стану моторної оливи після певного часу роботи на різних технологічних операціях дає можливість виявити оптимальні терміни її заміни.

Процес накопичення механічних домішок в моторній оливі проходить тим інтенсивніше, чим вищий ступінь завантаження двигуна. При цьому більш інтенсивно протікають процеси окиснення. Вміст в оливі нерозчинних продуктів (асфальгени, карбени, карбоїди продукти зносу та ін.) підвищується з підвищенням завантаження двигуна, особливо різко зростає воно при завантаженні більше 80% номінальної потужності. Спрацьовуються при цьому і присадки наявні в моторній оливі, тобто з часом знижується їх вміст.

Моторна олива забруднюється домішками органічного (смолисто-асфальтові з'єднання, вуглецеві частинки і кислі продукти окиснення вуглеводнів оливи) і

неорганічного походжень (продукти зносу деталей тертя двигуна, частина присадок, що спрацювала, а також що потрапляють в оливу пил, пісок, вода і тому подібне). Неорганічні забруднення потрапляють в моторну оливу і накопичуються в ній, викликають інтенсивне зношування деталей тертя. Механічні домішки найінтенсивніше накопичуються в моторній оливі в перші 60...120 год., його роботи, а потім процес стабілізується.

Зазначимо, що з напрацюванням змінюються властивості і значення фізико-хімічних показників моторної оливи.

В'язкість моторної оливи найінтенсивніше зростає у перші 60...180 год., а далі процес стабілізується, і вона практично зберігається на досягнутому рівні. Кінематична в'язкість оливи збільшується на  $2,5...3,5 \text{ мм}^2 \cdot \text{с}^{-1}$  при  $100^\circ\text{C}$ . Це пояснюється випаровуванням в перший період роботи оливи його легкокип'ячих малов'язких фракцій і накопиченням в ній поляризованих і конденсованих продуктів окиснення.

Лужність є характеристикою кількості введених в оливу лужних присадок. Інтенсивне зниження лужності оливи спостерігається в перший період роботи двигуна (60...120 год.). Введена в оливу присадка знижує відкладення на деталях двигуна, тобто підвищується надійність його роботи.

Продукти окиснення – смоли інтенсивно накопичуються в оливі в перший період його роботи (до 250 год.), а потім їх вміст знижується, що пояснюється переходом смол у асфальтени в результаті протікання окиснювальних процесів і полімеризації. Вміст асфальтенів в оливі збільшується протягом більш тривалого періоду роботи оливи (до 450...500 год.) в результаті полімеризації і конденсації смолянистих речовин і перехід їх в асфальтени.

Термоокиснювальна стабільність моторної оливи при роботі в дизелях дещо змінюється. Корозійність оливи досягає  $20...25 \text{ г/см}^3$ . При цих змінах моторної оливи в двигунах не відбувається підвищеного нагароутворення, закоксування поршневих кілець і корозії вкладишів підшипників.

Таким чином, при підвищенні температури оливи збільшується знос деталей, підвищується витрата палива, зростає чад оливи. Зміна експлуатаційних і фізико-



хімічних показників моторної оливи взаємопов'язано з технічним станом двигунів.

Періодичне додавання в працюючу моторну оливу присадки дозволяє зберігати експлуатаційні властивості оливи на більш високому рівні і збільшити термін експлуатації моторної оливи до заміни в 2...3 рази. При цьому зменшуються лако- і нагаровідкладення і знос деталей двигуна.

Збільшення терміну роботи оливи в двигуні – це найбільш ефективний варіант скорочення його споживання. Раніше термін заміни оливи і двигунів дорівнював 120 год., потім 240 год., а зараз складає 480 год. Це виявляється можливим за рахунок значного підвищення якості моторних оливи і високоефективних присадок що вводяться в них, а також вдосконалення умов роботи оливи в двигунах і поліпшення технічного обслуговування.

Основним призначенням оливи є утворення стійкої мастильної плівки для забезпечення мінімального тертя і запобігання зношування поверхонь тертя. Моторні оливи – це в основному продукти переробки нафти, леговані різними присадками для поліпшення експлуатаційних властивостей. При цьому присадки поділяються на наступні типи:

- в'язкісні, покращують в'язкістно-температурні властивості оливи (полімерні з'єднання: поліізобутилен, поліметакрилат, поліалкілстироли та ін.);
- депресорні, знижують температуру застигання оливи (ПАР: барієва сіль біс-алкілфенол-дисульфід, поліметакрилат "Д" та ін.);
- антиокиснювальні і нейтралізуючі, зменшують утворення кислих і смолоподібних продуктів окиснення оливи, а також нейтралізуюча дія сірчистих з'єднань (діалкілфенілдитіофосфат цинку, кальцієва сіль ефіру дитіофосфорної кислоти та ін.);
- мийно-диспергуючі, перешкоджають утворенню різних відкладень на деталях ДВЗ і підтримують забруднюючі домішки в оливі в зваженому дрібнодисперсному стані (алкілфенолят барію, сульфонат барію алкілсукцинимід та ін.);
- захисні, запобігають корозії залізовмісних деталей (нітро-оксіалкілсукцинімід мочевины та ін.);

- антипінні, зменшують схильність оливи до піноутворення (полімерні кремнійорганічні з'єднання – силікони або полісилоксани та ін.);
- антикорозійні, захищають від корозійного зносу підшипники виконані з кольорових металів і сплавів (сульфонати магнію чи кальцію, барієва сіль бісалкілфенол-дисульфідів та ін.);
- протизносні, знижують величину зносу в парах тертя, що працюють при високих контактних тисках (діалкіл- і діарілді-тіофосфати цинку, осірчені олефіни, органічні сірки, фосфоровмісні з'єднання та ін.);
- протизадирні, призначені для забезпечення роботи поверхонь тертя без заїдання або для пом'якшення процесу заїдання. Як правило, не лише не знижують знос при помірних навантаженнях, але навіть внаслідок їх хімічної взаємодії з металом можуть знос підвищити, тому для нейтралізації цієї властивості необхідно поєднання з компонентом протизносу.

Здебільшого покращення експлуатаційних властивостей моторних оливо відбувається при введенні в них присадок в процесі припрацювання та експлуатації дизелів АТЗ. За допомогою присадок намагаються досягти таких функціональних властивостей поверхонь тертя, як протизношувальні, протизадиркові, антифрикційні, антикорозійні та інші. Ці властивості поверхні деталей можуть обумовити моторні оливи з присадками завдяки утворенню спеціальних плівок.

Протизношувальні та протизадиркові присадки (табл. 2.1) створюють на поверхнях тертя адсорбційні, хемосорбційні плівки, а також композиційні плівки хімічних сполук присадок з металом.

Основою композицій для протизношувальних присадок є хімічні елементи P, S, Cl. Вони утворюють захисні плівки фосфатів, сульфідів та хлоридів. Для протизадиркових присадок використовуються композиційні сполуки, які одночасно містять S і Cl. При використанні присадок намагаються йти шляхом синтезу органічних речовин, які вміщують одночасно P, S, Cl. Недоліком таких присадок є мала їх довговічність та обмеження за температурним фактором і питомим тиском у зоні тертя.

Таблиця 2.1 – Протизношувальні та протизадиркові присадки

Вид присадки	Матеріал	Недоліки
Протизадиркові	Одночасно вміщують <i>S, Cl</i>	Ефективність мащення обмежена температурою у зоні тертя (до 423К)
Протизношувальні	Полярні групи ( <i>COOH, OH</i> ) модифікування хімічними елементами <i>P, S, Cl</i>	Ефективність мащення обмежена температурою у зоні тертя (до 423К) і питомим тиском (7...8МПа)

Існуючі металовмісні присадки поділяються на такі види: присадки, що містять один метал; комплексні (декілька металів) присадки; присадки з композиції металів та елементоорганічних сполук.

За своєю дією на поверхні тертя присадки поділяються наступним чином: поверхнево-активні (ПАП); хімічно-активні (ХАП); інактивні (ІП); металоплакуючі (МП) і пластично-деформуючі.

До складу ПАП входять жирні кислоти (олеїнова, стеаринова і пальмітинова), ефіри органічних кислот і спиртів, технічний лецитин тощо. Їх дія полягає в зміцненні і подальшому пластифікуванні поверхонь тертя. Як недолік поверхнево-активних присадок можна відмітити експлуатаційну їх обмеженість за температурним фактором.

До складу ХАП входять *P, S, Cl*. Найбільшим поширенням серед цих присадок набула присадка ЛЗ-301. Це прозора рідина, яка вміщує 50% сірки. Рекомендований вміст такої присадки в оливі – 1,5...2,0%. На практиці також поширення набула присадка дипроксид з вмістом сірки біля 48%, яку додають до оливи у концентрації 2,5%.

У якості ІП використовують дисульфід молібдену  $MoS_2$ , графіт, дрібнодисперсний каолін та інші. Ефективність такого виду присадок є висока антифрикційна та протизношувальна дія, а недоліком - випадання їх в осад при тривалому зберіганні.

Згідно роботи, як МП присадки використовують наступні: КТЦМС-1, "Гретерин 3", ОГМ та інші, що являють собою суміші жирних кислот та солей металів (в основному олова та міді).

На увагу заслуговують антифрикційні присадки (АФП), які можна поділити на три основні класи: модифікатори тертя; реметалізанти; кондиціонери металу.

Перший клас, будучи найбільш численним, представлений наступними препаратами: Аспект-модифікатор (Росія), РТФЕ (США), 8Х747 (США), Фриктол (Україна), Молитранс (Росія), Motorol (США), ХАДО (Україна) STP (США), VP-357 (Німеччина) та ін. Їх позитивний вплив на антифрикційні і протизносні властивості моторної оливи пов'язують з попаданням найдрібніших частинок цього продукту в спряження між деталями тертя і утворення ним захисного шару, що перешкоджає безпосередньому контакту поверхонь тертя.

Інший механізм дії закладений в присадках на основі оливорозчинних сполук молібдену (Фриктол, Молитранс, Молиприз та ін.). Практичний інтерес мають оливорозчинні беззолні антифрикційні присадки, що містять сірку, фосфор, азот. Їх механізм дії пов'язаний, з утворенням міцних адсорбційних шарів на поверхні тертя, будова яких визначається як полярною, так і "хвостовою" частинами молекули присадки.

В якості антифрикційної присадки як правило, застосовується графіт спільно з дисульфідом молібдену. Випускається ряд моторних оливок Marly (Бельгія) і присадок до них, що містять у своєму складі цю композицію.

У важких умовах експлуатації спряжень деталей при додаванні присадок в моторну оливу спостерігається ефект самоорганізації, що регулює процеси зносу і регенерації поверхонь тертя (вибірковий перенос) без технічного обслуговування.

Відомі препарати ще однієї групи присадок: так звані шаруваті модифікатори тертя. Вони складаються з елементів з низьким опором зсуву між шарами, наприклад, ди- і трисульфіди молібдену, диселенід молібдену, дисульфіди вольфраму та інші.

До класу реметалізаторів відносяться препарати: РиМЕТ (Росія), Metalyz-6 (Швейцарія), Lubrifilm (Швейцарія) та ін. Загальним, в даному випадку, являється те, що АФП містять у своєму складі, ультрадисперсні порошки (УДП) кольорових і благородних металів, серед яких найчастіше використовують мідь, свинець, олово, срібло, цинк, алюміній, нікель, а також їх сплави. Механізм дії присадок цього класу

полягає в наступному: частинки УДП мідного сплаву (РиМЕТ) за рахунок різниці хімічних потенціалів і високої поверхневої енергії легко осідають на дефектних ділянках поверхонь трибоконтакту і на сталевих частинках зносу, створюючи активні мідні острівці на поверхні трибоконтакту. В результаті цього частинки зносу не йдуть із зони тертя, а формують на поверхні трибоконтакту нові зносостійкі дрібнодисперсні структури, які сприяють встановленню оптимального проміжку в трибоспряженні при даному режимі функціонування, мінімізації сил і моментів тертя зменшенню зношування.

Поширення на практиці набули присадки: "MILITEK", "FENOM", "ER", "Победитель трения", що діють по механізму доставки до поверхні металу необхідних компонентів (середовища чи енергії), тобто спостерігається взаємодія (адсорбція) поверхнево-активних їх компонентів (сполук на основі фторкарбонату, кварцу, есторів) з поверхнями тертя.

При цьому відбувається пластифікування поверхонь тертя і формування на них тонкого шару сервовитної плівки, що характерно для ефекту вибіркового переносу. Присадки даного класу дозволяють збільшити ресурс деталей та їх спряжень в 3...5 разів на етапі експлуатації і отримати економію енергоресурсів на 10...40%.

Не дивлячись на суттєві переваги, присадкам другого класу притаманні наступні недоліки:

- їх дія продовжується, поки вони присутні в оливі в достатній концентрації;
- як правило, такі присадки не тільки не є антифрикційними, але навіть здатні збільшити опір тертю;
- високі концентрації цих речовин, звичайно, впливають на реологію мастильного матеріалу;
- в силу складності процесів фізико-хімічних перетворень, не володіють універсальністю до матеріалів і режимів роботи елементів ТС.

Третій клас АФП представляють препарати ER (США), MILITEC-1 (США) і FENOM (Росія). Кондиціонери металів, будучи складними органічними термоактивуючими, препаратами, що формують в зоні тертя надтонку (близько 25

нм) захисну плівку з хімічно чистого заліза (ER) і фаз вуглецю в алмазоподібному стані (RENOM). У формуванні плівки беруть участь мікрочастки зносу металу. Отримання такої шаруватої структури на поверхнях тертя дозволяє контактуючим деталям взаємодіяти один з одним випробовуючи тільки пружні деформації, що значно знижує інтенсивність зношування, а наявність фаз вуглецю сприяє збільшенню межі критичних навантажень.

Геомодифікатори тертя (ГМТ) (ревіталізанти) є принципово іншими по характеру впливу на поверхню. Ревіталізанти приготовлені на основі природних мінералів ультраосновних порід. Виробниками продуктів даного класу є НПО "РЦС Промремонт" (Росія) і корпорація "ХАДО" (Україна).

При наявності в моторній оливі ревіталізаторів за рахунок енергії тертя в зоні контакту відбувається відділення дефектного шару металу, текстурування поверхні тертя з одночасним зміцненням матеріалу підкладки на значну глибину. В ході припрацювання зношених поверхонь тертя поступово відбувається відновлення їх мікрогеометрії і створення на них оптимального мікрорельєфу (врівноваженої шорсткості), обумовлених реальними умовами експлуатації.

За хімічним і фазовим складами ревіталізанти частіше всього являють суміш класичного магнезіально-залізного силікату (серпентину  $Mg_6[(Si_4O_{10})(OH)_8]$ ), тобто формою цілого ряду мінеральних руд класу олівінів, кінцевими фазами якого є форстерит ( $Mg_2SiO_4$ ) і фаяліт ( $Fe_2SiO_4$ ), а також, в невеликих кількостях, кремнезему  $SiO_2$  і доломіту  $CaMg(CO_3)_2$ .

Хімічна складова утворена з ревіталізаторів металокерамічного шару розроблена достатньо добре, але глибоких досліджень поверхневих і підповерхневих шарів деталей дизелів при використанні присадок при аналізі літературних джерел не виявлено.

Широко поширені хімічні методи модифікування змащувальних олив. Одним з вирішуваних при цьому завдань є стабілізація лужного числа оливи при його окисненні і надходженні в нього кислих продуктів, що утворюються при згоранні палива. Пропонується вдосконалена змащувальна система дизеля, що включає апарат додавання трибохімічних відновників в працюючу моторну оливу.

Пропонується встановлювати замість одного з фільтроелементів, або в охолоджуючу магістраль оливної системи, пристрій, що дозволяє стабілізувати лужне число оливи на заданому рівні протягом часу, який у декілька разів перевищує періодичність заміни оливи в двигуні. При цьому періодичність заміни оливи для АТЗ зростає до 60 тис. км., на 40% знижується димність відпрацьованих газів, на 10% підвищується в'язкість. Але така система дозволяє підвищити надійність двигунів, що працюють в сталих режимах з досконалою системою очищення повітря і оливи, коли переважними є корозійні види зношування. Для підвищення їх довговічності разом з високою нейтралізуючою здатністю олив необхідні їх високі протизносні і протизадирні властивості.

Одним з напрямів підвищення протизносних властивостей олив є додаванням до них поверхнево активних речовин (ПАР). Такою добавкою може служити олеїнова кислота, яка в кількості 1% підвищує опір заїданню в 1,5 рази. Проте цей ефект спостерігається тільки в дуже вузькому діапазоні навантажень, але жирні кислоти можуть утворювати корозійні активні продукти.

Найбільш поширені на сьогодні є металлоплакуючі присадки до моторних олив, що поліпшують їх трибологічні властивості і представляють собою комплекси перехідних металів (Co, Cu, Ni, Mn, Fe, Ba і ін.). Вплив комплексу перехідних металів як напівфункціональні присадки до нафтопродуктів досліджений в роботі. З аналізу результатів випливає, що ефективність протизносу комплексів змінюється в наступному ряду металів:  $Cu > Ni > Co > Mn > Fe > Ba$ .

При цьому найбільш ефективним спряженням, що володіє найкращими протизносними властивостями у порівнянні з нікелем, кобальтом і марганцем, є спряження міді. Це пов'язано з ефектом вибіркового перенесення.

Ряд дослідників, що працюють в області експлуатації АТЗ наголошують на позитивний вплив додавання присадок на основі УДП міді. Додавання міді дозволяє знизити знос деталей тертя до 2 разів, при одночасному зниженні коефіцієнта тертя.

Таким чином, металлоплакування є перспективним різновидом вибіркового перенесення. Основна увага дослідників приділена умовам плакування і ефективності використання присадки, обмежуючись оцінкою тільки протизносних і

протизадирних властивостей, вважаючи, що їх достатньо для забезпечення довговічності дизелів. В той же час дизелі АТЗ є складними трибологічними системами, що вимагають комплексного підходу до вирішення проблеми підвищення їх експлуатаційної надійності, тобто розгляду оливи як трибоелементу, який впливає на триботехнічні характеристики робочих поверхонь деталей ТС.

Специфічні особливості експлуатації АТЗ у СГВ визначають комплекс методів модифікуючих дій. Окрім додавання різних хімічних препаратів до оливи відомі фізичні методи обробки різними полями, звуковими та ультразвуковими хвилями, опромінювання світлом різної довжини хвилі і т.д.

#### 2.4 Методи підвищення надійності систем і агрегатів АТЗ

В загальному підході усі методи підвищення надійності і зносостійкості спряжень деталей систем і агрегатів АТЗ також поділяються на три основні групи: конструкційні, технологічні і експлуатаційні.

Конструкційні рішення по підвищенню зносостійкості і надійності, закладаються на етапі проектування спряжень деталей систем і агрегатів в цілому. При цьому можливе зниження витрат потужності на тертя на 8...10%, а обмеженням є ускладнення конструювання ДВЗ, зростання чаду оливи та ін. На величину зносу робочої поверхні спряжень деталей безпосередньо впливають рівень механічних і теплових навантажень, тип і продуктивність систем мащення і охолодження.

Насьогодні зниження рівня зносу деталей дизелів АТЗ досягається переважно застосуванням технологічних методів:

- підвищення точності обробки деталей в трибоспряженнях тертя;
- підбір і отримання шорсткості поверхонь, що забезпечує оливозберігаючі функції;
- нанесення покриттів на поверхні трибоспряжень, що знижують коефіцієнт тертя (хромування компресійних і оливоз'ємних кілець, азотування гільз циліндрів, цементування колінчастих валів і т.д.);
- застосування матеріалів з високими циклічною міцністю і демпфуючою



здатністю (металокерамічні або виті поршневі кільця) та ін.

При експлуатації систем і агрегатів з мастильним середовищем основним чинником, що впливає на рівень зносу деталей є в'язкість, склад, чистота мастильного середовища та характеристики системи мащення. Поширення набули оливи з пологою в'язкісно-температурною характеристикою при поєднанні мінеральної малов'язкої основи з присадками-загусниками, методи прискореного припрацювання поверхонь тертя деталей ЦПГ та їх відновлення електролітичним, хімічним, фрикційним та іншими методами формування спеціальних покриттів. При цьому ефективно використовуються експлуатаційні властивості хрому, особливо його припрацьовуваність, а пори (лунки) хрому є місткістю для мащення. Процес пористого хромування використовують при хромуванні гільз циліндрів і поршневих кілець ДВЗ. Хромовані поршневі кільця добре працюють в парі з сірим чавуном і азотованою сталлю. Для підвищення зносостійкості і для відновлення поршневих пальців, гільз циліндрів застосовують електролітичне нікелювання. Міднення застосовують для одержання тонкого шару міді, а також для відновлення деталей, наприклад, бронзових втулок верхньої головки шатуна.

Для оптимальних умов припрацювання деталей АТЗ, необхідне створення на поверхнях тертя тонких плівок, які сприяють пластифікуванню та згладжуванню мікронерівностей. Цього досягають при використанні оливо з металоорганічними присадками, які забезпечують утворення на поверхнях тертя тонких протизношувальних плівок. Найбільшого поширення серед металовмісних органічних присадок набули металоорганічні сполуки міді, гліцерату міді.

Характер та природа трибохімічних процесів припрацювання поверхонь тертя в ТТС широко висвітлене у роботах. Цей метод розроблено в КНТУ проф. О.Г. Терхуновим та набув подальшого розвитку з накладанням фізичних полів (електричного, магнітного, електромагнітного) колективом співробітників під керівництвом проф. Ауліна В.В. В ЛНАУ В.П. Алексеєвим, Т.М. Замотою та ін. розроблено та удосконалено метод електрохіміко-механічного припрацювання (доведення) (ЕХМП(Д)) основних спряжень деталей вузлів та агрегатів при їх ремонті, сутність якого полягає в тому, що в зону тертя в якості мастильного

матеріалу подається спеціальний електроліт і між деталями пропускається змінний електричний струм. В результаті механічної і електрохімічної взаємодії деталей відбувається швидка взаємна припрацьовуваність їх робочих поверхонь.

Застосування при технологічній обкатці оливи з присадкою сприяє переходу до нормального механо-хімічного зношування деталей спряжень і утворенню ювенільних поверхонь, здатних сприймати експлуатаційні навантаження. І.А. Кравець для розв'язання задачі підвищення ресурсу машин і механізмів пропонує стабілізувати їх технічний стан, склад та експлуатаційні властивості поверхонь тертя деталей і мастильних середовищ шляхом трибоелектрохімічного відновлення або репаративною регенерацією ТТС. При цьому на зношеній поверхні деталей осаджуються іони металів. Для реалізації процесу в зоні тертя розміщують ізольовану від спряжених деталей металеву вставку. На ТТС подають постійний електричний струм напругою 1...2 В так, що вставка стає анодом, а деталі ТТС – катодом. При проходженні струму відбувається електрохімічне розчинення аноду, іони якого в електричному полі переносяться на поверхні тертя деталей, де і відбувається їх осадження. Цей процес обумовлює утворення зносостійких структур в ПШ деталей ТТС і являє собою ВП.

Найбільш перспективним є використання електротрибохімічного методу, в основі якого покладені електротрибохімічні реакції, що відбуваються в умовах механічної активації в системі "метал-електроліт (композиційна олива)". Основною причиною протікання таких реакцій є перенос речовини електрично зарядженими компонентами через електропровідне середовище (електроліт). Якщо підібрати електроліт і активувати поверхню, що оброблюється, можливо досягти спрямованої доставки на неї зносостійких компонентів. Збільшити швидкість їх нанесення і упорядкувати рух заряджених частинок можна джерелом електричної енергії. Взаємодія робочої поверхні і провідного середовища відбувається на атомно-молекулярному рівні електромагнітними силами. Отже, зовнішнім електромагнітним полем, яке буде утворюватись при проходженні електричного струму від зовнішнього джерела крізь взаємодіючу поверхню, можна впливати на атоми і молекули зносостійких компонентів.

Покращення експлуатаційних властивостей олив відбувається при введенні в них присадок і утворенні спеціальних плівок на поверхнях тертя деталей. За своєю дією на поверхні тертя розрізняють наступні присадки: ПАП; хімічно-активні (ХАП); інактивні (ІП); металоплакуючі і пластично-деформуючі присадки та ін. У важких умовах експлуатації спряжень деталей при цьому утворюється самоорганізаційна ТТС, що регулює процеси зношування і регенерації поверхонь тертя без технічного обслуговування. Але не дивлячись на суттєві переваги присадкам притаманні наступні особливості: їх дія триває при достатній концентрації; в деяких умовах здатні навіть збільшити опір тертю; їх високі концентрації впливають на реологію мастильного матеріалу; через складність фізико-хімічних процесів, перетворень, не володіють універсальністю до матеріалів елементів і режимів роботи трибоспрязень систем і агрегатів АТЗ.

Основна увага дослідників приділена умовам і ефективності використання присадок, обмежуючись оцінкою тільки протизносних і протизадирних їх властивостей, вважаючи, що їх достатньо для забезпечення зносостійкості деталей дизелів АТЗ. В той же час вирішення проблеми вимагає комплексного підходу і розгляду оливи як елемента трибоспрязень, який істотно впливає на триботехнічні характеристики робочих поверхонь деталей. Глибоких трибофізичних досліджень ПШ матеріалів деталей спряжень при використанні присадок не проведено. Практично відсутні також дослідження динаміки утворення за допомогою присадок шару покриттів, їх стійкість та руйнування.

Найбільш раціональним технічним рішенням, спрямованим на зниження зносу в спряженнях дизелів, є застосування методів модифікування моторних олив (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Класифікація способів модифікуючих впливів на моторну оливу для підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей дизелів АТЗ

Модифікування олив здійснюється механічними, тепловими, фізичними (очищення, дія фізичних полів і т.д.) та хімічними (додавання присадок і добавок) методами.

В роботах наголошується, що для підвищення якості МС в трибоспряженнях деталей використовуються магнітні рідини, які під дією магнітного поля (МП) концентруються в зоні найбільшої напруженості, створюючи шар товщиною 3...4 мкм. Це сприяє створенню умов рідинного мащення в різних ТТС і опорах рухомих з'єднань. Утворений несучий шар, при цьому сприймає зовнішнє навантаження, знос контактуючих поверхонь практично виключається, а коефіцієнт тертя стає надзвичайно малим і визначається лише в'язкістю мастильної рідини. Здатність навантаження в ТТС може бути збільшена за рахунок підбору властивостей магнітних рідин і кращою конфігурацією магнітних потоків в зонах контакту.

Останнім часом все більша увага приділяється дослідженням модифікування моторної оливи обробкою її фізичними полями, результати яких відображені в роботах В.А. Аметова, В.В. Ауліна, А.М. Болотова, Є.С. Венцеля, А.Б. Григорова,

І.А. Кравця, Є.М. Лисікова, Л.І. Погодаєва, С.В. Путінцева, Ю.С. Саркісова, С.М. Соловійова та ін. Вплив ЕП і МП, в основному, спрямований на вдосконалення і інтенсифікацію процесів дії полем на різні середовища, і, зокрема, паливно-мастильні матеріали. При цьому використовуються як постійне, так і змінне магнітне поле, але ці методи потребують ретельних експериментальних та теоретичних досліджень та розробки нових методів ТТВ.

Відомо, що на довговічність деталей суттєво впливає величина і характер зношування їх основних спряжень. Характерні залежності величини зазору деталей ЦПГ в часі подано на рис. 2.9.

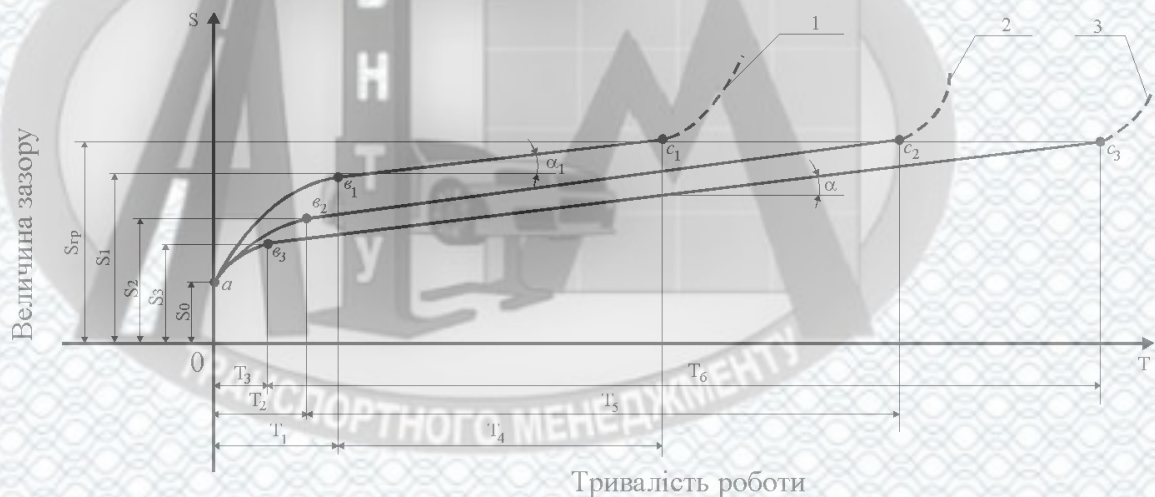


Рисунок 2.9 – Зміна величини зазору спряжень деталей з часом: 1, 2 і 3 – криві зносу спряжень деталей;  $S_0$ ,  $S_{гр}$ ,  $S_1$ ,  $S_2$  і  $S_3$  – початковий, граничний та зазори після припрацювання поверхонь тертя;  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$  – точки, які відповідають тривалості роботи спряжених деталей до повного їх припрацювання та  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$  – точки, які відповідають тривалості роботи спряжених деталей до граничного зазору;  $\alpha$  і  $\alpha_1$  – кути, величина яких характеризує темп зносу спряжених деталей;  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  – тривалість роботи спряжених деталей до повного їх припрацювання і  $T_4$ ,  $T_5$ ,  $T_6$  – тривалість роботи спряжених деталей після повного їх припрацювання до граничного зносу

Можна бачити, що від тривалості припрацювання двигуна (ділянка  $ав$ ) суттєво залежить період його нормальної роботи (ділянки  $вс$ ), а також настання моменту граничного зносу (точки  $с$ ). Це дає підстави щодо необхідності розробки технологій прискорення обкатки двигунів.

Для розробки ТТВ використовуються наступні методи:

– використання ревіталезантів та спеціальних присадок до робочої рідини;

- формуванням покриттів на поверхнях тертя;
- трибохімічний метод;
- пропускання електричного струму по спряженням систем і агрегатів;
- електрохіміко-механічне припрацювання.

Проаналізуємо більш детально процеси, що спостерігаються при використанні трибологічних методах прискорення обкатки двигунів.

Розглянемо процес формування мікрогеометрії поверхні гільзи циліндрів і поршневих кілець, як елементів трибосистеми, яку символічно позначимо  $\Gamma\alpha K$  (рис.2.11), де  $\Gamma$  – гільза циліндра,  $K$  – поршневе кільце,  $\alpha$  – шар оливи.

Мікрорельєф поверхневого шару характеризується висотою нерівностей  $R_z$  або середнім арифметичним відхиленням профілю від середньої лінії  $R_a$  й являє собою складне чергування западин і виступів (рис. 2.10, а), характер яких змінюється з часом при відповідній відносній швидкості руху  $v_{\text{відн}}$  елементів спряження "гільза циліндра – поршневе кільце" (рис. 2.10, б).

Для певного моменту часу сума усіх мікрооб'ємів нерівностей для гільзи циліндра  $V_\Gamma$  і кільця  $V_K$  відповідно дорівнюють:

$$V_\Gamma = \sum_{i=1}^n V_{\Gamma_i}(t); \quad V_K = \sum_{i=1}^m V_{n_i}(t), \quad (2.24)$$

де  $V_{\Gamma_i}(t)$  – об'єм  $i$ -ої мікронерівності поверхні гільзи циліндра у певний момент часу  $t$ ,  $V_{n_i}(t)$  – відповідно об'єм  $i$ -ої мікронерівності поверхні поршневого кільця.

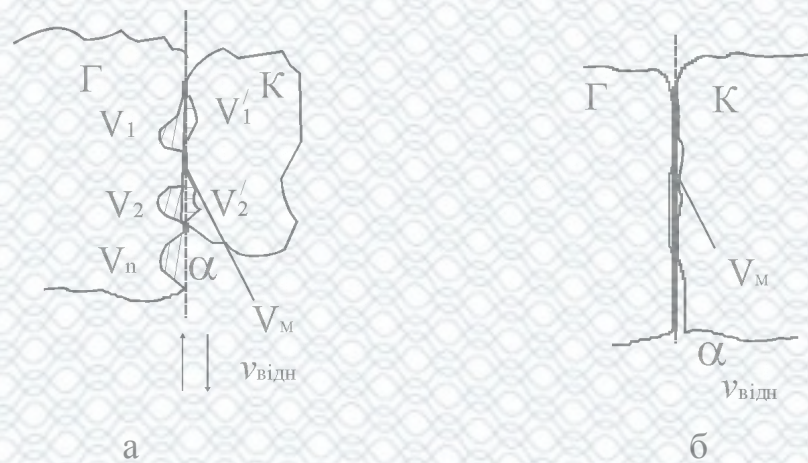


Рисунок 2.10 – Схема спряження "гільза циліндра – поршневе кільце" як трибосистема  $\Gamma\alpha K$ :  $\Gamma$  – гільза циліндра,  $K$  – поршневе кільце та  $\alpha$  – шар оливи в початковий момент (а) та в момент припрацювання (б).

Підсистеми  $V_{\Gamma}$  і  $V_K$  заповнені компонентами робочої рідини разом із продуктами зношування, а також розчиненими в них повітрям і газами. За рахунок механічного і теплового руйнування в результаті мікроконтактного схоплювання й локального підвищення температури та за рахунок окислювального руйнування в результаті взаємодії поверхнево-активних речовин композиційної оливи й кисню розчиненого повітря спостерігаються суттєві зміни мікрогеометрії робочої поверхні. Ці зміни можуть суттєво ініціюватися і при протіканні електромагнітних явищ.

Систему  $\Gamma\alpha K$  можна розглядати як багатофазну: перша фаза – матеріал гільзи; друга – композиційне мастильне середовище з частками зносу; третя фаза – матеріал кільця. Відповідно до цього в системі  $\Gamma\alpha K$  (рис. 2.10) в будь-який момент часу можна виділити наступні об'єми:  $V_I$  – об'єм зазору між гільзою й поршневим кільцем;  $V_{II}$  – об'єм оливної плівки на робочій поверхні гільзи;  $V_{III}$  – об'єм перехідної зони.

Під час руху поршневого кільця в місцях щільного дотику його з гільзою оливна плівка може перериватися. Мастильне середовище, в залежності від напрямку руху поршневого кільця, може переходити з одного об'єму в інший через вузькі щілини мікроповерхонь деталей, що припрацьовуються.

Об'єми  $V_I$  і  $V_{III}$  змінюються в залежності від тривалості припрацювання. Об'єм

$V_{III}$  значно менший об'ємів  $V_I$  і  $V_{II}$ . Об'єм  $V_I$  складається з  $V_G + V_K$  і  $V_M$ , де  $V_M$  – об'єм оливи між гільзою й кільцем.

Щоб керувати процесами в системі  $G\alpha K$  при терті і зношуванні необхідно мати дані про механізм взаємодії оливи з вихідною металевою поверхнею деталей. Показано, що процеси, відбуваються в результаті взаємодії поверхневих шарів деталей на атомно-молекулярному рівні як електромагнітної взаємодії заряджених частинок (іонів, електронів, активних радикалів) та електричних і магнітних полів.

Для визначення якісних і кількісних характеристик взаємодії композиційного оливи з поверхнями тертя деталей ЦПГ, крім загальних положень електромагнетизму, необхідно знати фізико-хімічні характеристики оливи і поверхонь тертя та здійснити, користуючись термінологією І.А. Кравця, процес електрохімічної енергорепарації певним способом. Енергорепарація в даній роботі здійснюється подачею постійного електричного струму на спряження зразків чи деталей.

Це дає можливість прискорити рух заряджених частинок (передусім іонів міді) або інших металів в об'ємі оливного шару та спрямувати їх на відновлювану поверхню тертя. Крім цього змінюючи напругу і щільність струму або силу струму можна керувати силою, що діє на іони плакуючого металу, а також напрямом і швидкістю їх руху. Як показують експериментальні дослідження й теоретичні оцінки для здійснення цього впливу достатньо невеликі значення електричних характеристик: напруга – 0,4...1,2 В; сила струму – 0,5...5,0 А.

Як було зазначено, на іони металу (міді) при русі їх в шарі оливи діє цілий комплекс сил, у тому числі і електричних. Якщо товщини шару оливи товщиною  $h$ , то при різниці потенціалів  $\Delta\varphi$  буде здійснюватися рух переважно під впливом градієнту потенціалу величиною  $\Delta\varphi/h$ , тобто наявна електрична сила:

$$F_e = -ze\Delta\varphi/h, \quad (2.25)$$

де  $\Delta\varphi = \varphi_K - \varphi_G$  – різниця потенціалів між поверхнями гільзи циліндра і



поршневого кільця;  $ze$  – заряд іону металу. В залежності від знаку  $\Delta\varphi$ , можна регулювати потоком іонів металу на кільце або на гільзу.

Зазначимо, що рух іонів металу гальмується силою опору мастильного середовища, тобто швидкість іону залежить від напруженості електричного поля і в'язкості оливи. В стані рівноважного руху швидкість іонів є усталеною швидкістю дрейфу:

$$6\pi r\eta V_{el} = ze \frac{U}{h}. \quad (2.26)$$

Звідки величину швидкості дрейфу можна оцінити за виразом:

$$V_{el} = \frac{ze}{6\pi r\eta} \frac{U}{h}, \quad (2.27)$$

де  $r$  – радіус іона плакуючого металу;  $\eta$  – динамічна в'язкість оливи;  $U$  – електрична напруга.

У переважній більшості трибоспряджень деталей ЦПГ спостерігається граничне тертя, яке забезпечує товщина плівки оливи процесу 0,01...1,0 мкм. Величина напруги, що має місце в електричних ланцюгах автотракторного електроустаткування знаходиться в межах 1,0...12,5 В. Цей діапазон напруг є сприйнятним для реалізації запропонованої технології електротрибохімічного припрацювання спряжених деталей.

Сила опору переміщенню потоку іонів металу в свою чергу складається з двох доданків: опору тиску  $R$  і опору тертю  $T$ :

$$R = CS \frac{\rho v_{yem}^2}{2}; \quad (2.28)$$

$$T = B\eta v_{yem} l_k, \quad (2.29)$$

де  $C$  – коефіцієнт опору;  $S$  – площа найбільшого перерізу оливної плівки, перпендикулярно напрямку руху;  $\rho$  – густина рідини;  $v_{ycm}$  – відносна швидкість руху іона по відношенню до рідини;  $B$  – безрозмірний коефіцієнт;  $l_k$  – характерний розмір контакту.

При дуже малих швидкостях руху іонів сила опору тертю, що пропорційна швидкості в першому степені, буде значно більше сили опору тиску, яка пропорційна квадрату швидкості руху іонів. Звісно, що при великих швидкостях справедливо зворотне співвідношення.

З метою конкретної визначеності в цьому питанні в роботі вводиться спеціальний критерій:

$$\frac{R}{T} = \frac{C}{2B} \cdot \frac{\rho \cdot v_{ycm}^2 \cdot S}{\eta \cdot v_{ycm} \cdot l_k} = \frac{\rho \cdot v_{ycm} \cdot l_k}{\eta} = Re, \quad (2.30)$$

де  $Re$  – число Рейнольдса.

Характерним є те, що при  $Re < 1$ , можна знехтувати силами тиску і враховувати тільки сили тертя. При великих значеннях числа Рейнольдса  $Re$  слід враховувати тільки сили тиску, відкидаючи сили тертя. В нашому випадку  $Re \ll 1$ .

Для певного проміжку часу рівняння динаміки руху іонів металу в оливному шарі трибосистеми дає можливість отримати вираз для його усталеної швидкості:

$$v_{ycm} = \frac{g(m - 4/3 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho_m)}{6\pi\eta r}, \quad (2.31)$$

де  $m$  – маса іону плакуючого металу;  $r$  – його радіус;  $\rho_m$ ,  $\eta$  – відповідно густина та динамічна в'язкість композиційної оливи;  $g=9,81 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння.

З урахуванням витрат оливи можна прийняти, що через зазори в спряженнях двигуна серії СМД протікає приблизно 60 л/хв. оливи, тобто середня швидкість оливи дорівнює 500 мкм/с.

Результуючу швидкість  $v_p$  руху іонів металу від дії електричного поля струму

і подачі оливи до поверхонь тертя можна оцінити, врахувавши вплив електромагнітного поля на характер руху іонів міді в шарі оливи, товщина якого забезпечує нормальну роботу спряжених деталей:

$$v_p = \sqrt{v_{nod}^2 + v_{el}^2}, \quad (2.32)$$

де  $v_{nod}$  – швидкість подачі оливи,  $v_{el}$  – швидкість іонів металу спричинена електричним полем.

При наявності магнітного поля індукції  $B$  на іон металу діє сила Лоренца, яка змінює траєкторію його руху. При цьому радіус кривизни дорівнює:

$$r_{mp} = \frac{p_{iон}}{q \cdot B} = \frac{20\pi m v_p h}{q \mu \mu_0 I_{el}}, \quad (2.33)$$

де  $p_{iон} = m \cdot v_p$  – імпульс іона металу;  $\mu$ ,  $\mu_0$  – магнітна проникність оливи та магнітна сила ( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м).

Аналізуючи вирази можна виявити ефективність зміни руху іонів металу при їх доставці на відновлювану поверхню деталей спряження розділених шаром оливи товщиною  $h$ :

– якщо діаметр  $2r_{mp}$  траєкторії буде більше товщини шару оливи ( $2r_{mp} > h$ ), то рухомий іон негайно досягне поверхні;

– якщо ж  $2r_{mp} < h$ , то іон рухатиметься у напрямі результуючої швидкості і практично виключається можливість керування його доставкою на поверхню деталі.

Зазначимо, що зменшуючи напругу в електричному колі і швидкість подачі потоку оливи можна зменшити радіус руху іона. Але зменшення напруги в ланцюгу електричного струму можливо тільки в певних межах, оскільки напруга, або різниця потенціалів, повинні бути не нижчими за електрохімічний потенціал відновлюваних металів. В протилежних випадках осадження металів на деталі з композиційної оливи не відбувається.

У випадку товщини шару оливи рівного подвоєній величині Ларморова

радіусу ( $h=2r_n$ ) спостерігається рух іона металу при напрузі порядку 1 вольт. В цьому випадку індукція магнітного поля дорівнює:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I_{el}}{20\pi h} = \frac{\mu\mu_0 I_{el}}{40\pi r_n}, \quad (2.34)$$

де  $I_{el}$  – сила електричного струму, що подається на спраження деталей.

Врахувавши (2.33) у виразі (2.34) та знаючи масу, заряд і швидкість іону металу в шарі оливи, можна оцінити необхідну силу струму:

$$I_{el} = \frac{40\pi m v_p}{\mu\mu_0 z e}. \quad (2.35)$$

Розглянемо більш детально процес формування шару міді на поверхнях тертя трибосистеми "гільза циліндра – поршневе кільце" в запропонованому в даній роботі електротрибохімічному методі припрацювання із застосуванням металоорганічної присадки до базової оливи – гліцерату міді, або геомодифікаторів.

При взаємодії елементів трибосистеми в процесі зносу відбувається руйнування мікронерівностей (рис. 2.11, а-б), змінюється шорсткість поверхні (рис. 2.11, в).

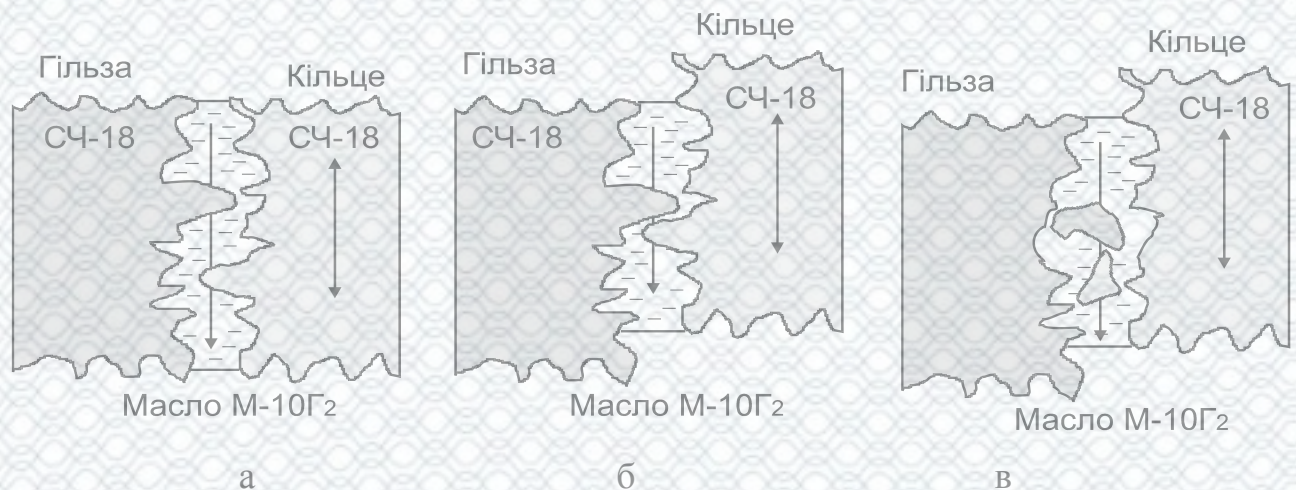


Рисунок 2.11 – Характер механічної взаємодії поверхонь тертя в трибоспраженні деталей "гільза циліндра-поршневе кільце": а – вихідний стан; б – процес руйнування мікронерівностей; в – процес зміни шорсткості поверхонь

Робота сил тертя спрямована на деформування поверхневих шарів спряжених деталей і виділення теплової енергії. Температура при цьому досягає величини 473...493 К.

Виділена тепла енергія спричиняє розпад гліцерату міді  $\text{Cu}_3(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$  на іони міді  $\text{Cu}^{++}$  та активні радикали гліцерату  $(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)^{3-}$  (рис. 2.12).

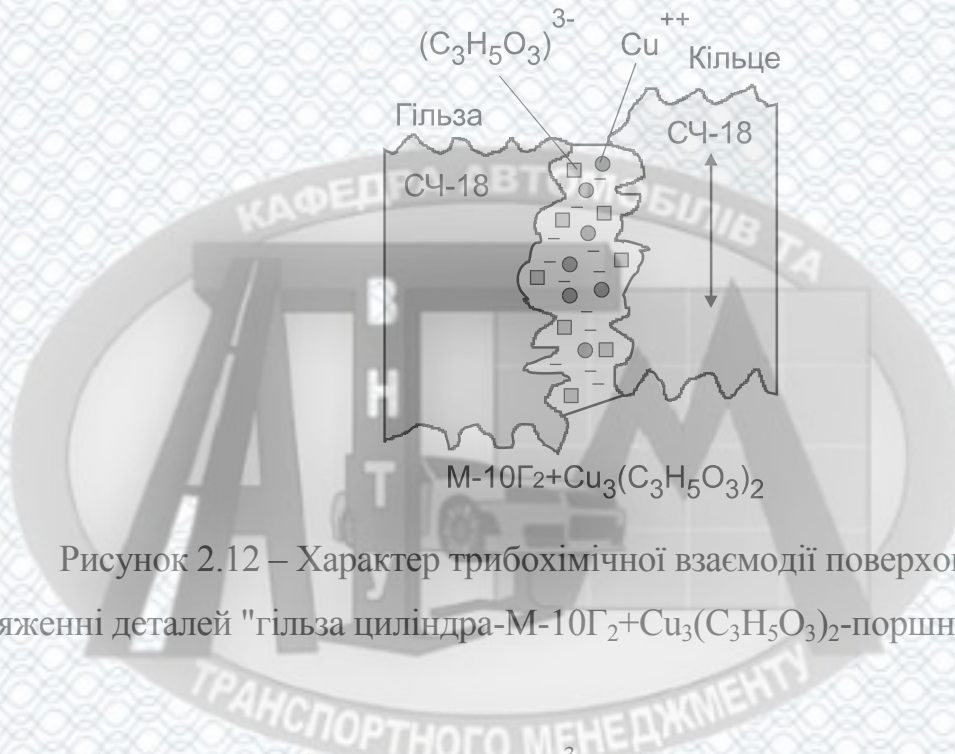
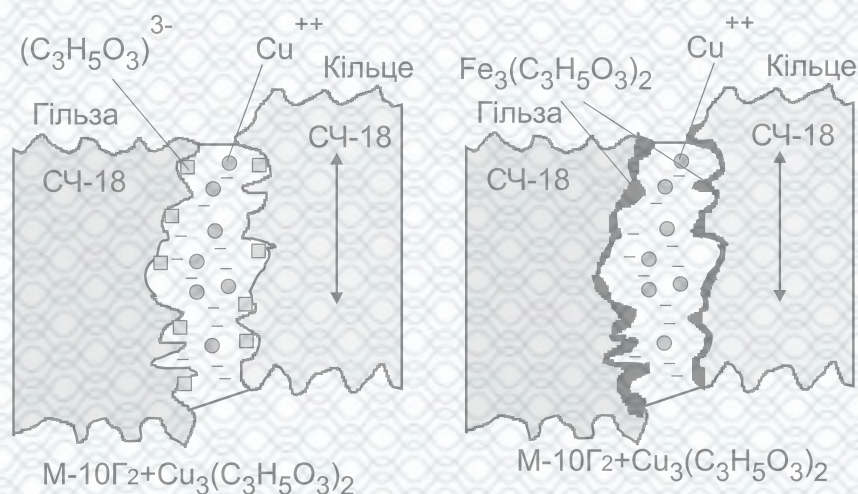
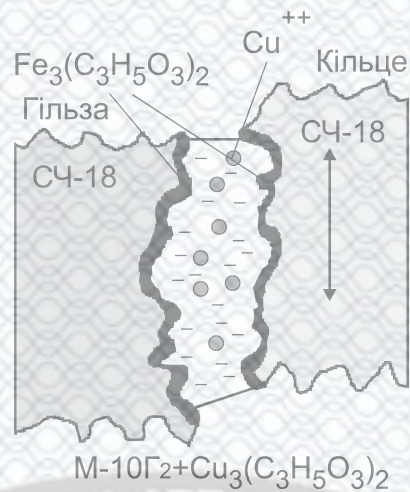


Рисунок 2.12 – Характер трибохімічної взаємодії поверхонь тертя в спряженні деталей "гільза циліндра-М-10Г<sub>2</sub>+Cu<sub>3</sub>(C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-поршневе кільце"

Активні радикали гліцерату  $(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)^{3-}$  адсорбуються поверхнею (рис. 2.13, а), утворюючи гліцерат заліза  $\text{Fe}_3(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$ , (рис. 2.13, б). Слід зазначити, що ця сполука має низький опір зсуву і обумовлює прискорення процесу припрацювання робочих поверхонь (рис. 2.13, в).





а

б

в

Рисунок 2.13 – Трибохімічна взаємодія поверхонь тертя трибоспряжень деталей "гільза циліндра-поршневе кільце": а – адсорбування активних радикалів гліцерату; б – утворення гліцерату заліза; в – процес припрацювання поверхонь

Одночасно із зазначеним процесом відбувається виділення іонів міді  $\text{Cu}^{++}$  при реалізації трибохімічної реакції розпаду гліцерату міді, а також плакування на поверхнях тертя вільної міді  $\text{Cu}^0$ , що сприяє зниженню коефіцієнта тертя, утворенню захисного шару, тобто мідь виконує роль твердого мастила. Аналогічне відбувається при використанні інших антифрикційних металів.

Цей процес можна прискорити як внутрішнім так і зовнішнім електричними полями.

Відомо, що у зоні контакту спряжених деталей генерується слабе електричне поле, яке є наслідком термоелектронного процесу, але його напруженість незначна –  $10^{-4} \dots 10^{-2}$  В/м. Для активації і локального спрямування процесів відкладення міді в даній трибосистемі використовували зовнішнє електричне поле постійного струму з такими параметрами:  $I = 0,5 \dots 5,0$  А;  $U = 0,4 \dots 1,2$  В. Від'ємний потенціал подавали на гільзу циліндра, а додатній – на поршневе кільце (рис. 2.14).

Крім зазначених процесів, спостерігається дифузія міді вглиб кристалічної ґратки заліза, яка забезпечує створення зносостійкого інтерметалевого спряження  $\text{FeCu}$  в зонах контакту, що суттєво підвищує адгезійні властивості покриття.

Наведені процеси можна звести до загальної схеми механізму формування металоплакуючих покриттів на робочих поверхнях спряжених деталей при реалізації електротрибохімічного процесу.

Таким чином, формування покриттів плакованого металу на робочих поверхнях спряжених деталях ЦПГ приводить до прискорення згладжування мікронерівностей і до оптимальної мікрогеометрії поверхонь. Це суттєво буде впливати на динаміку зміни об'ємів мікронерівностей поверхонь тертя гільзи  $V_{Г}$ , поршневого кільця  $V_{К}$  і оливи  $V_{М}$  в спряженні, а також їхнього загального об'єму.

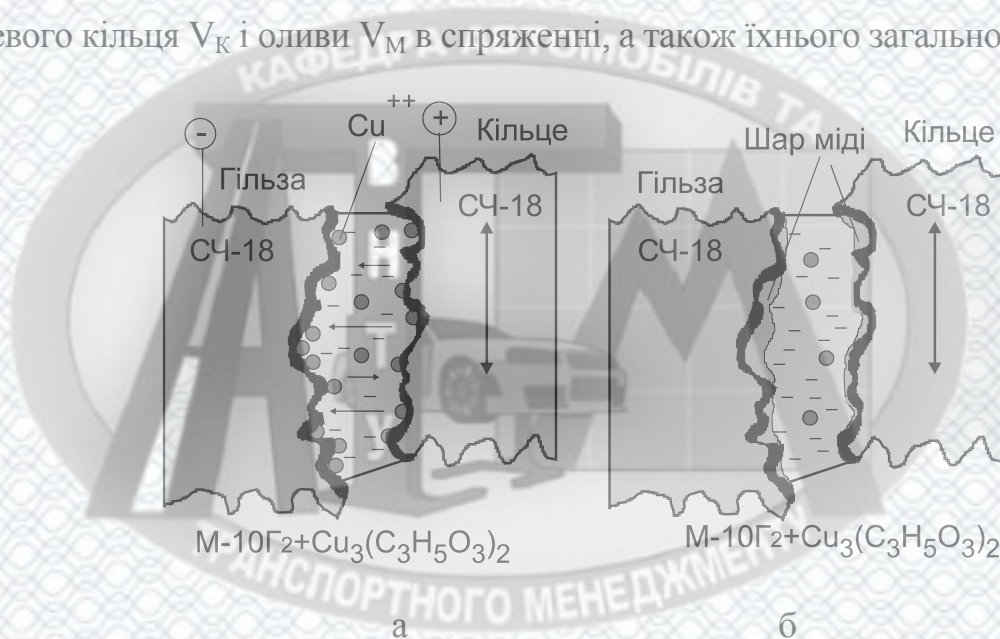


Рисунок 2.14 – Схема процесу формування шару міді (а) та оптимальної мікрогеометрії поверхонь тертя (б) спряжених деталей "гільза циліндра – поршневе кільце"

Крім цього можна бачити більшу ефективність процесів припрацювання спряжених поверхонь деталей в композиційній оливі при реалізації електротрибохімічного процесу, тобто зменшення його тривалості ( $t_{пр1} < t_{пр2} < t_{пр3}$ ) і покращення якості у порівнянні з припрацюванням в середовищі композиційної оливи з реалізацією трибохімічного процесу, а також в середовищі базової оливи (рис. 2.15).

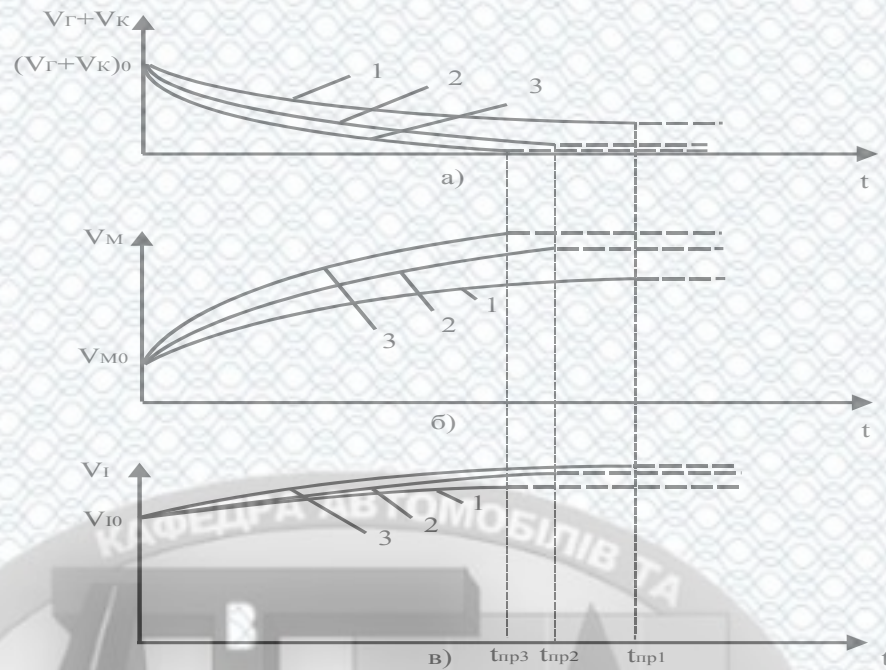


Рисунок 2.15– Схема динаміки зміни об'ємів в системі  $\Gamma\alpha K$  в залежності від тривалості припрацювання: а) об'єм мікронерівностей на поверхні циліндра і поршневого кільця; б) об'єм оливи між гільзою циліндра і поршневим кільцем; в) загальний об'єм  $(V_{\Gamma} + V_{\kappa})_0$ ,  $V_{M0}$ ,  $V_{I0}$  – початкові значення об'ємів мікронерівностей на поверхні циліндра і кільця, оливи, загального

У випадку, коли поверхні тертя спряжень деталей ЦПГ підлягають впливу електротрибохімічного характеру в ТТВ, швидкість нарощування шару антифрикційного матеріалу (зміни розмірів деталей) в зоні тертя може бути визначена на основі закону Фарадея:

$$\Delta m = k I_{\text{ел}} dt, \quad (2.36)$$

де  $\Delta m$  – зміна маси елементарної площинки тертя;  $k$  – електрохімічний еквівалент матеріалу деталі;  $I_{\text{ел}}$  – сила електричного струму, що проходить між гільзою циліндром і поршневим кільцем;  $dt$  – елемент часу протікання процесу.

Виходячи з рівняння (2.36), швидкість нарощування плівки металу  $v_n$  визначається виразом:



$$v_n = \frac{k}{\rho_\delta} \eta \frac{U - \Delta\varphi}{h} \chi, \quad (2.37)$$

де  $\rho_\delta$  – густина матеріалу деталі;  $\eta$  – вихід металу по струму;  $U$  – робоча напруга;  $\Delta\varphi$  – різниця потенціалів між гільзою циліндрів і поршневым кільцем;  $\chi$  – питома електропровідність електроліту;  $h$  – міжелектродний зазор (товщина оливої плівки);  $k$  – електрохімічний еквівалент металу.

Зміна радіусу  $\Delta r$  (товщина шару металу  $h_{uu} = \Delta r$ ) кривизни в площині контакту при пропусканні постійного струму, дорівнює:

$$h_{uu} = \Delta r = \frac{I_{\text{ел}} t k \eta}{\pi d B_{\text{п}} \rho_\delta}, \quad (2.38)$$

де  $d$  – діаметр гільзи;  $B_{\text{п}}$  – довжина твірної.

Зазор по колу в зоні тертя в sprzęженні "гільза циліндра-поршневе кільце" можна визначити за виразом:

$$h_\alpha = r\psi(1 + \xi \cos \alpha), \quad (2.39)$$

де  $r$  – радіус поверхні деталі в зоні тертя;  $\psi$  – відносний зазор, який дорівнює  $\psi = s/d$ , де  $s$  – діаметральний зазор;  $\xi = 2e/s$  – відносний ексцентриситет;  $e = \frac{s}{2} - h_{\text{min}}$  – абсолютний ексцентриситет;  $h_{\text{min}}$  – мінімальна товщина шару при граничному змащуванні;  $\alpha$  – кут повороту елементарної площинки зони тертя, який змінюється від 0 (при  $h_{\text{max}}$ ) до  $\pi$  (при  $h_{\text{min}}$ ).

Сила струму, що проходить через елементарні площинки катоду і аноду, можна визначити враховуючи спад напруги в елементарному стовпчику електроліту, обмеженого елементом кута  $d\alpha$  і опорою цього стовпчика

$$dI_{\text{ел}} = \frac{(U - \Delta\varphi)\chi r B_{\text{п}}}{h_{\alpha}} d\alpha. \quad (2.40)$$

Підставивши (2.39) у вираз (2.40), маємо:

$$dI_{\text{ел}} = \frac{(U - \Delta\varphi)\chi B_{\text{п}} d\alpha}{\psi(1 + \xi \cos\alpha)}. \quad (2.41)$$

Локальна густина струму на поверхнях тертя, обмежених елементарним кутом  $d\alpha$ , визначається за виразом:

$$dj_{\text{ел}} = \frac{dI_{\text{ел}}}{d\alpha_{\alpha} B_{\text{п}}} = \frac{(U - \Delta\varphi)\chi}{r\psi(1 + \xi \cos\alpha)}. \quad (2.42)$$

За час повороту елементарної площинки тертя на кут  $d\alpha$  крізь неї пройде електричний заряд:

$$dq = \frac{1}{2} dj_{\text{ел}} r_{\alpha} = \frac{1}{2} dj_{\text{ел}} \frac{d\alpha}{\omega}, \quad (2.43)$$

або

$$dq = \frac{1}{2} \frac{(U - \Delta\varphi)\chi d\alpha}{\omega r_k \psi(1 + \xi \cos\alpha)}. \quad (2.44)$$

Візьмемо похідну по куту повороту

$$\frac{dq}{d\alpha} = \frac{(U - \Delta\varphi)\chi}{2\omega r_k \psi} \frac{1}{(1 + \xi \cos\alpha)}. \quad (2.45)$$

З виразу (2.45), можна бачити, що найменші витрати електричного заряду приходяться по твірній, що складає кут  $\alpha=0$ , а найбільше – при  $\alpha=\pi$ . Це достатньо

узгоджується з розміром міжелектродного зазору  $h_\alpha$ .

Кількість електричного заряду, що проходить через твірну за один оберт дорівнює:

$$q_1 = 2 \int_0^\pi dq = \frac{U - \Delta\varphi}{\omega r_k \psi} \left[ \frac{1}{1 + \xi \cos \alpha} \right]_0^\pi = \frac{(U - \Delta\varphi)\chi}{\omega r_k \psi} \left( \frac{1}{1 - \xi} - \frac{1}{1 + \xi} \right) = 2 \frac{(U - \Delta\varphi)\chi}{\omega r_k \psi} \frac{\xi}{1 - \xi^2},$$

тобто

$$q_1 = \frac{2\xi}{1 - \xi^2} \cdot \frac{(U - \Delta\varphi)\chi}{\omega r_k \psi}. \quad (2.46)$$

Звідси зміна радіусу кривизни площинки зони тертя за один оберт дорівнює:

$$\Delta r_1 = q_1 \frac{k\eta_k}{\rho_\delta} = 2 \frac{k\eta_k}{\rho_\delta} \frac{(U - \Delta\varphi)\chi}{\omega r_k \psi} \frac{\xi}{1 - \xi^2}. \quad (2.47)$$

Враховуючи у виразі (2.47) те, що  $\psi = \frac{s}{2r_k}$ ,  $\xi = \frac{(s - 2h_{\min})}{s}$ , після деяких

перетворень, маємо:

$$\Delta r_1 = \frac{k\eta_k (U - \Delta\varphi)\chi}{2\pi\rho_\delta h_{\min}} = \frac{k\eta_k (U - \Delta\varphi)r_k \chi}{\nu\rho_\delta h_{\min}}. \quad (2.48)$$

Залежність мінімального шару мастильного матеріалу  $h_{\min}$  від параметрів режиму тертя при граничному мащенні описується відомою формулою:

$$h_{\min} = \frac{3,6 \cdot 10^{-3} r_k^2 n \eta}{p S_3 C_r}, \quad (2.49)$$

де  $r_k$  – радіус контактної площинки (м);  $n$  – частота обертання ( $\text{с}^{-1}$ );  $\eta$  – динамічна в'язкість мастильного матеріалу (Па·с);  $p$  – навантаження на вузол тертя (Па);  $S_3$  – площа діаметрального зазору;  $C_r$  – поправка Гюмбеля,  $C_r = \frac{B_\pi + 2r_k}{B_r}$ .

Після деяких перетворень вираз (2.49) набуває вигляду:

$$h_{\min} = \frac{5,73 \cdot 10^{-4} v \eta}{p S_3 C_r} \quad (2.50)$$

де  $v$  – лінійна швидкість.

Підставляючи (2.50) в (2.48), маємо:

$$h = \Delta r_1 = \frac{1,745 \cdot 10^3 k \chi \eta_k (U - \Delta \varphi) r_k p S_3 C_r}{\rho_o \eta \cdot v^2} \quad (2.51)$$

Вираз (2.51) являє собою залежність зміни радіусу площинки зони тертя від електрохімічних параметрів і умов тертя при гідродинамічному змащуванні. Він свідчить про те, що процес нарощування шару міді зворотно пропорційний квадрату лінійної швидкості руху.

За певний час  $t$  проведення процесу, тобто за  $N$  обертів ( $N = n \cdot t$ ), зміна розмірів можна визначити за виразом:

$$h = \Delta r_i = N \cdot \Delta r_1 = \frac{1,745 \cdot 10^3 \cdot n t k \chi (U - \Delta \varphi) r_k p \cdot S_3 \cdot C_r}{\rho_o \eta v^2} \quad (2.52)$$

Порівнюючи (2.38) та (2.52) і, зробивши деякі перетворення, маємо для електротрибохімічного процесу, маємо:

$$I_{\text{ел}} = 6,88 \cdot 10^4 \frac{n \chi (U - \Delta \varphi) r_k^2 p \cdot S_3 (B_n + 2r_k)}{\eta_k \eta v^2} \quad (2.53)$$

Отже, сила струму є функцією як режимів процесу тертя, так і зміни геометричних розмірів зони тертя під час електротрибохімічного процесу в трибоспряженні. Проведені оцінки дають можливість визначити межі зміни шару нанесення металу при ефективній роботі спряження деталей "гільза циліндра-

поршневе кільце" та визначити параметри електротрибохімічного процесу з такими показниками постійного електричного струму:  $I=0,5...5,0$  А;  $U=0,4...1,2$  В.

На практиці використання технологій триботехнічного відновлення поверхонь деталей великий інтерес викликають металовмісні присадки. Це пов'язано з тим, що відновлення поверхонь тертя деталей АТЗ, що зношуються, передбачається здійснювати іонами металів, певним чином введених в оливу, у тому числі і з металовмісними присадками.

У складному поєднанні фізико-хімічних явищ насичення поверхні металу полярними молекулами оливи і завдяки їх здатності до орієнтованої адсорбції і утворення міцних граничних шарів, що приводять до рівноваги або насичення мономолекулярного шару, процес змочування стає стаціонарним.

Теоретичне обґрунтування впливу процесу змочування поверхонь тертя оливою на основі експериментальних даних дає можливість диференційовано підійти до питання взаємодії оливи з поверхнею металу і зробити наступний висновок: крайовий кут змочування обернено пропорційний кінематичній в'язкості оливи, тривалості його розтікання по поверхні твердого тіла, а також тривалості роботи оливи в двигуні.

Багаточисельні експериментальні дані з використанням присадок свідчать проте що для зменшення зношуванню створюють захисні антифрикційні металеві покриття на поверхнях тертя.

Знос трибоспряження деталей "гільза циліндра-поршневе кільце" з композиційною оливою при напрацюванні  $t$  дорівнює:

$$u(t) = u_{\sigma}(t) - u_{\pi}(t), \quad (2.54)$$

де  $u_{\sigma}(t)$ ,  $u_{\pi}(t)$  – знос ГТС в базовій та композиційній оливі:

$$u_{\pi}(t) = u_{\pi\Gamma}(t) + u_{\pi\kappa}(t) = \delta_{\Gamma-\kappa}, \quad (2.55)$$

де  $u_{\pi\Gamma}$ ,  $u_{\pi\kappa}$  – знос гільзи циліндрів та поршневого кільця;  $\delta_{\Gamma-\kappa}$  – зазор між ними,

який при напрацюванні зростає.

Використасмо найбільш поширений вид функції зв'язку зносу з напрацювання:

$$u = K_p \cdot t^{\alpha_{I_u}}, \quad (2.56)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт, що залежить від режиму роботи спряження;  $\alpha_{I_u}$  – показник зміни інтенсивності його зношування. При цьому швидкість зносу дорівнює:

$$du(t)/dt = \alpha_{I_u} \cdot K_p t^{\alpha_{I_u}-1} - K_p m(t), \quad (2.57)$$

де перший доданок характеризує швидкість зносу деталей в базовій моторній оливі, а другий – при додаванні присадки. При цьому зміна маси присадки в оливі з напрацюванням становить:

$$m(t) = m_0 \exp\left(-\frac{I_u}{V_M \rho_M} \cdot t\right), \quad (2.58)$$

де  $m_0$  – початкова маса присадки;  $V_M$  – об'єм мастильного матеріалу;  $\rho_M$  – густина антифрикційного матеріалу;  $I_u$  – інтенсивність зношування деталей. Враховуючи (2.58) в рівнянні (2.57), маємо:

$$u(t) = \int_0^t \alpha_{I_u} K_p t^{\alpha_{I_u}-1} dt - \int_0^t K_p m_0 \exp\left(-\frac{I_u}{V_M \rho_M} t\right) dt = K_p t^{\alpha_{I_u}} - \frac{K_p m_0 \rho_M V_M}{I_u} \exp\left(-\frac{I_u}{V_M \rho_M} t\right). \quad (2.59)$$

Отриманий вираз являє собою математичну модель зносу деталей дизеля АТЗ при використанні активних присадок до моторних олів. Виявлено, що зносостійкість деталей підвищується за рахунок зміни характеристик і властивостей моторної оливи та періодичного формування на їх робочих поверхнях покриття антифрикційного металу.

Результати стендових та експлуатаційних випробувань двигунів АТЗ на досліджуваних композиційних оливі дають можливість, розв'язуючи рівняння (2.59),

визначити їх ресурс. Для цього формулу швидкості зношування деталей ЦПГ подаємо у вигляді:

$$v_u(t) = v_{u0}(t) - v_{u1}(t) - v_{u2}(t), \quad (2.60)$$

де  $v_{u0}(t)$ ,  $v_{u1}(t)$ ,  $v_{u2}(t)$  – швидкості зношування в оливі, до і після додавання присадки і формуванні антифрикційного покриття. Зміна швидкості зношування в таких умовах дорівнює:

$$v_{u1}(t) = a_1 \exp(-b_1 t), \quad v_{u2}(t) = a_2 \exp(-b_2 t), \quad (2.61)$$

де  $a_1$ ,  $a_2$  – параметри ступінчастої зміни швидкості зношування:  $a_1 = v_{u0} - v_{u1}$ ,  $a_2 = v_{u0} - v_{u2}$ ;  $b_1$ ,  $b_2$  – параметри, що характеризують тривалість збереження нанесеного антифрикційного шару металу і зміни властивостей базової оливи.

Враховуючи (2.61), вираз (2.60) набуває вигляду:

$$v_u(t) = v_{u0}(t) - a_1 \exp(-b_1 t) - a_2 \exp(-b_2 t). \quad (2.62)$$

Позначивши через  $\varepsilon_1 = v_{u1}/v_{u0}$ ,  $\varepsilon_2 = v_{u2}/v_{u0}$  – коефіцієнти, що характеризують відносну зміну швидкості зношування після модифікування оливи присадкою і враховуючи те, що  $v_u(t) = du(t)/dt = \alpha K_p t^{\alpha-1} = kt^{\alpha-1}$ , маємо:

$$v_u(t) = v_{u0} \left[ K_p t^{\alpha-1} - (1 - \varepsilon_1) \exp(-b_1 t) - (1 - \varepsilon_2) \exp(-b_2 t) \right]. \quad (2.63)$$

Приймаючи до уваги те, що під залишковим ресурсом спраження деталей  $L_R$  розуміють його напрацювання до досягнення граничного зносу, отримаємо:

$$v_{u\text{ ep}} = v_{u0} \left[ K_p L_R^{\alpha-1} - (1 - \varepsilon_1) \exp(-b_1 L_R) - (1 - \varepsilon_2) \exp(-b_2 L_R) \right]. \quad (2.64)$$

Останнє рівняння дає можливість теоретично чисельними або графічними методами оцінити залишковий ресурс, який за експериментальними дослідженнями надходження частинок зносу в оливу визначають за формулою:

$$L_R = \Delta m_{\text{гран. Fe}} / v_{\text{Fe}} - L_0, \quad (2.65)$$

де  $t_0$  – напрацювання до моменту дослідження;  $v_{\text{Fe}}$  – швидкість надходження заліза з частинками зносу в оливну систему двигуна:

$$v_{\text{Fe}} = d(\Delta m_{\text{Fe}}(t)) / dt \approx (\Delta m_{\text{Fe}2} - \Delta m_{\text{Fe}1}) / (L_2 - L_1), \quad (2.66)$$

де  $\Delta m_{\text{Fe}1}$ ,  $\Delta m_{\text{Fe}2}$  – вміст заліза в моторній оливі при напрацюванні  $L_1$  і  $L_2$ . За граничним значенням діелектричної проникності оливи  $\varepsilon_{\text{сп}}$  та вимірюванням інтенсивності її зміни за попередній період  $I_{\text{со}}$ , залишковий ресурс дорівнює:

$$L_R = (\varepsilon_{\text{сп}} - \varepsilon) / I_{\text{со}}. \quad (2.67)$$

Виявлено також, що в області малих концентрацій присадок подавлення процесу спрацювання превалює над його ініціюванням. Це пояснюється тим, що утворення хімічно-активних й адсорбційно-активних речовин, що сприяють адсорбційному диспергуванню та протіканню інших процесів, намагається протидіяти руйнуванню робочих поверхонь основних трибоспрязень деталей двигуна.

В області малих концентрацій присадок  $c$  в оливі залежність інтенсивності зношування  $I_1$  від концентрації присадки можна описати диференціальним рівнянням:

$$\frac{dI_1}{dc} = -K_1 I_1, \quad (2.68)$$

де  $I_1$  – інтенсивність зношування матеріалу в оливі з присадкою;  $c$  – концентрація присадок;  $K_1$  – коефіцієнт, що характеризує швидкість подавлення



процесу зношування деталі, який визначається емпіричним шляхом.

Проінтегрувавши праву і ліву частини рівняння (2.68), враховуючи початкові умови: при  $t = 0$ ;  $I = I_0$ ;  $c = 0$ , маємо:

$$I_1 = I_0 \exp(-K_1 c), \quad (2.69)$$

де  $I_0$  – інтенсивність зношування матеріалів деталей в оливі без присадок.

В області концентрацій присадки, що перевищують оптимальні значення, реалізуються переважно фізико-хімічні процеси, що приводять до ініціювання подальшого процесу зношування. В цьому випадку залежність інтенсивності зношування  $I_2$  деталей від концентрації присадки можна описати диференціальним рівнянням:

$$\frac{dI_2}{dc} = \frac{K_2 I_2}{c}. \quad (2.70)$$

де  $K_2$  – коефіцієнт, що характеризує швидкість ініціювання спрацювання робочих поверхонь трибоспряження деталей і визначається експериментально.

Проінтегрувавши рівняння (2.70), і врахувавши початкові умови, маємо:

$$\int_B^{I_2} \frac{dI_2}{I_2} = K_2 \int_0^c \frac{dc}{c},$$

або остаточно:

$$I_2 = Bc^{K_2}, \quad (2.71)$$

де  $B=I_{02}$  – початкова інтенсивність зношування, що характеризує реакційну здатність середовища до матеріалів поверхонь тертя деталей.

Оскільки обидва процеси мають місце при будь-яких концентраціях присадки, то враховуючи (2.70) і (2.71), залежність інтенсивності зношування деталей від концентрації присадки можна описати сумою розв'язків диференціальних рівнянь (2.68) і (2.70):

$$I = I_{01} \exp(-K_1 c) - Bc^{K_2}. \quad (2.72)$$

В умовах рівноважності зазначених процесів, маємо:

$$I_{01} \exp(-K_1 c) = Bc^{K_2}. \quad (2.73)$$

Умова (2.73) свідчить про те, що процеси зношування робочої поверхні деталі компенсуються процесами її реновації (відновлення). Це дає можливість визначити оптимальну концентрацію присадки.

Для цього прологарифмуємо рівність (2.73):

$$\ln(\exp(-K_1 c)) = \ln\left(\frac{B}{I_{01}} c^{K_2}\right).$$

Після деяких перетворень, маємо:

$$-K_1 c = \ln \frac{B}{I_{01}} + K_2 \ln c. \quad (2.74)$$

Для отримання аналітичного виразу необхідної концентрації присадки, введемо заміну  $c = 1 - c_x$ , де  $c_x$  вважаємо змінною величиною. Тоді рівняння (2.74) набуває вигляду:

$$-K_1(1 - c_x) = \ln \frac{B}{I_{01}} + K_2 \ln(1 - c_x). \quad (2.75)$$

Розкладемо функцію  $\ln(1 - c_x)$  в ряд і візьмемо в ньому перші два його доданки, а потім врахувавши це в рівнянні (2.75), маємо наступне:

$$-K_1(1 - c_x) = \ln \frac{B}{I_{01}} + K_2 \left(1 - c + \frac{(1 - c)^2}{2}\right). \quad (2.76)$$

Після деяких перетворень і переходу до змінної  $c$  рівняння (2.76) набуває вигляду:

$$K_1 c = -\ln \frac{B}{I_{01}} + \frac{K_2}{2} (c^3 - 4c + 3), \quad (2.77)$$

Зазначимо, що в рівнянні (2.77) величини  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $I_{01}$ , і  $B$  є сталими і такими, що можна визначити із експерименту. Після деяких перетворень це рівняння трансформується в квадратне рівняння відносно концентрації присадки:

$$K_2 c^2 - (4K_2 + K_1)c + \left(3K_2 - 2 \ln \frac{B}{I_{01}}\right) = 0. \quad (2.78)$$

Розв'язавши рівняння (2.78), одержимо оптимальне значення концентрації присадки в оливі, з урахуванням процесів в трибоспряженні деталей:

$$c = \frac{b - (b^2 - 4K_2 d)^{\frac{1}{2}}}{2K_2}, \quad (2.79)$$

де  $b = 4K_2 + K_1$ ;  $d = 3K_2 - 2 \ln \frac{b}{I_{01}}.$  (2.80)

Зауважимо, що вираз (2.79) має зміст при умові:

$$b \geq 2\sqrt{K_2 d}. \quad (2.81)$$

## Висновки до 2 розділу

1. На основі моделі мащення та режимів тертя в спряженні "гільза циліндра-поршневе кільце" розглянуто рівновагу поршневого кільця на шарі оливи відносно стінок гільзи циліндру під дією зовнішніх і внутрішніх сил за допомогою пружнозв'язаних перерізів з урахуванням модифікування властивостей оливи додаванням присадки та накладанням зовнішніх фізичних полів. Дано оцінку мінімальним товщинам шару оливи для вибраного і невибраного зазорів у замку кільця та використання їх для ідентифікації режимів тертя при порівнянні з шорсткості робочих поверхонь спряження.

2. Використовуючи модель Дж. Арчарда, яка пов'язує інтенсивність зношування з фактичною площею контакту та ймовірністю утворення продуктів

зносу, отримано вирази для об'ємного та лінійного зносу гільзи циліндрів з урахуванням зміни триботехнічних характеристик, режимів тертя та адгезійних механізмів в плівках моторної оливи при модифікуванні додавання металовмісної присадки та обробкою фізичним полем.

3. Припрацювання поверхонь тертя деталей ЦПГ нових і відремонтованих двигунів при реалізації електротрибохімічного процесу характеризується спрямованим на них переносом іонів металу з композиційної оливи й формування антифрикційного шару металу під впливом внутрішнього і зовнішнього фізичних полів. Показано що кількісні і якісні характеристики взаємодії композиційної оливи з поверхнями тертя носять електромагнітний характер і залежать від фізико-хімічних властивостей оливи і матеріалів деталей трибоспряження.

4. Дано порівняльний аналіз динаміки зміни об'ємів мікронерівностей на поверхні циліндра і поршневого кільця, об'єму оливи в зазорі між спряженими деталями, а також загального об'єму в середовищі базової оливи, композиційної оливи та при обробці їх фізичним полем. Розкрито механізм та фізику процесу формування оптимальної мікрогеометрії поверхні тертя деталей ЦПГ.

5. Визначено умову рівноважності процесів зношування і відновлення при наявності електротрибохімічного процесу. Отримано аналітичні вирази для визначення оптимальної концентрації присадки при виконанні ТТВ.

6. Досліджено процес нарощування плівки плакуючого металу в зоні тертя при накладанні зовнішнього електричного поля. Отримано вираз для сили струму як функції режимів процесу тертя, так і зміни геометричних розмірів зон тертя під час електротрибохімічного процесу. Показано, що під час припрацювання змінюється електричний опір прошарку оливи між гільзою і поршневим кільцем. Побудовано математичну модель, що описує процеси зношування і відновлювання поверхні деталей дизельного двигуна на стадії його обкатки із застосуванням активних присадок в композиційній оливі, яка при досягненні трибоспряженням граничного зносу, дає можливість оцінити міжремонтний ресурс.

7. Теоретично обґрунтовано динаміку зміни зносостійкості трибоспряження "гільза циліндра-поршневе кільце" з композиційною оливою, враховуючи характер спрацювання присадки. Побудовано математичну модель зносу деталей дизеля при використанні активних присадок до моторних оливо й отримано рівняння теоретичної оцінки їх залишкового ресурсу і експериментальної оцінки за швидкістю надходження заліза в оливу та зміною її діелектричної проникності.

8. Обґрунтовано метод визначення режимів тертя в зазорах зразків і деталей ЦПГ вимірюванням електричного опору моторної оливи та використання діаграми Герсі-Штрибека. Дано трибофізичне обґрунтування ефекту зростання товщини мастильного шару і зміни режимів тертя, виявлені ряд обумовлених ними ефектів і явищ. Враховуючи вираз критерію Зоммерфельда для КШМ виявлено, що спряження "гільза циліндра-поршневе кільце" взаємодіють при різних режимах тертя: граничному, змішаному і гідродинамічному. При зміні кута повороту колінчастого валу, змінюється і коефіцієнт тертя в трибоспряженні: істотне підвищення при  $75^\circ$  і  $90^\circ$  та подальше зниження на інтервалі  $180^\circ \dots 360^\circ$  при комбінованому модифікуванні моторної оливи, наведене обґрунтування отриманих результатів.

9. Проаналізовано механічні втрати у ДВЗ, використовуючи зміну відносних параметрів: механічного ККД, потужність механічних втрат з погодинної та питомої витрати палива. Отримано вирази відносних індикаторної потужності та погодинної витрати палива зі зміною триботехнічних характеристик (коефіцієнту тертя) та переважаючої відносної частки режимів тертя (граничного, змішаного або гідродинамічного).

## РОЗДІЛ 3

## ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

## 3.1 Вибір програмного забезпечення для розрахунку на ЕОМ

Специфіка розрахунку виробничої програми АТП полягає в тому, що для різних технологічно сумісних груп автомобілів виконуються однакові обчислення. Отже, доцільно застосувати циклічну структуру алгоритму, блок-схема якого приведена на рис. 3.1.

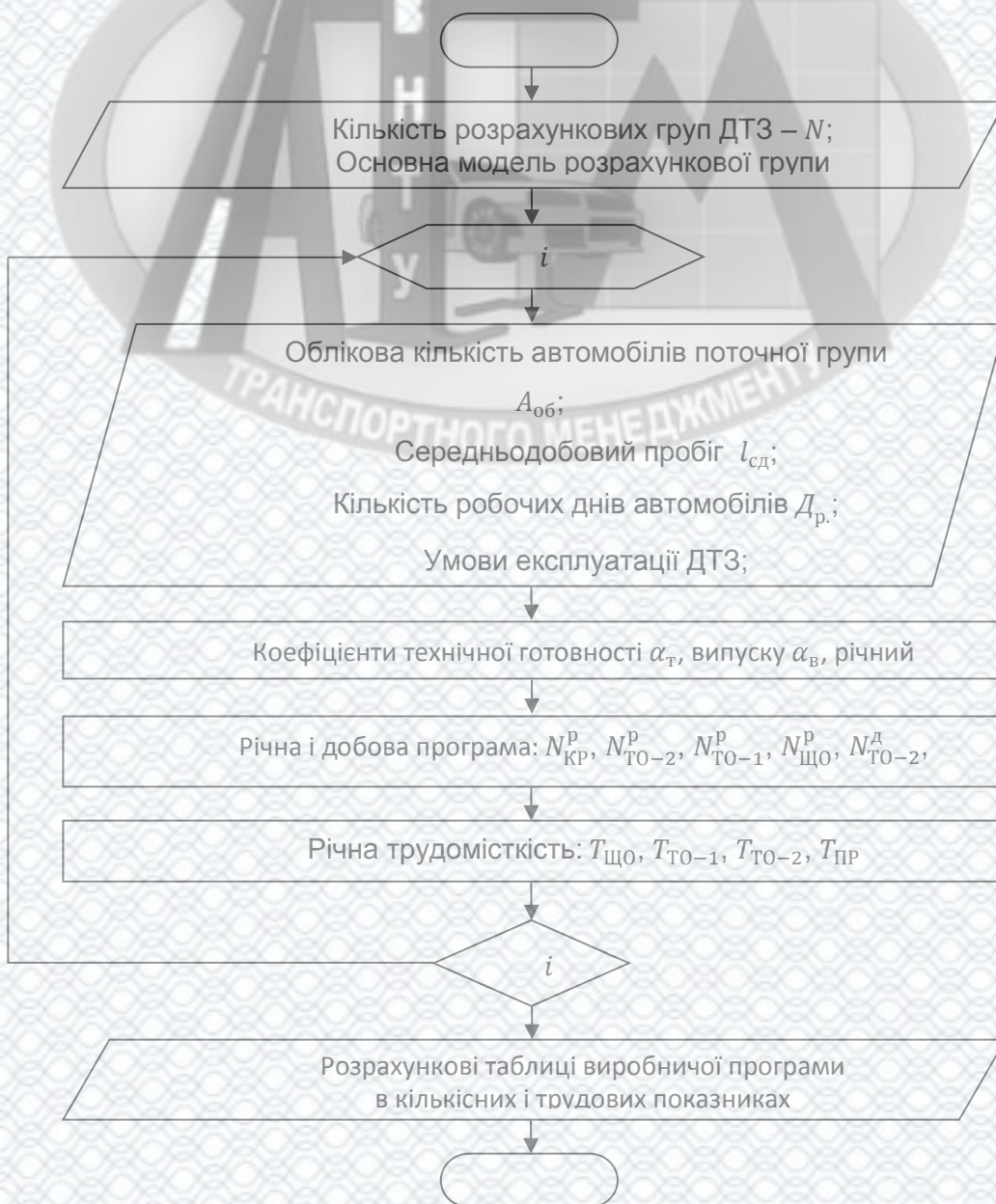


Рисунок 3.1 – Блок-схема програмного забезпечення

Розрахункова частина дипломного проекту виконана з використанням ЕОМ.

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

Розрахунок основних показників технологічного проекту підприємства виконується на персональному комп'ютері в діалоговому режимі за програмою "ВТБ-09", яка виконана за допомогою мови програмування С++ та знаходиться в каталозі програмного забезпечення кафедри "Автомобілі та транспортний менеджмент".

Технологічний проект виконується за методикою, викладеною у [27].

У відповідності з рекомендаціями [27] для розрахунку програми необхідно мати такі вихідні дані:

- тип рухомого складу: тягач SCANIA 114 L, 124L; тягач DAF XF95, CF95; бортовий автомобіль MA3-5336; напівпричепи.

Цей рухомий склад за рекомендаціями [27] складають чотири технологічно сумісні групи.

- кількість рухомого складу

Кількість рухомого складу розраховано в першому розділі цього дипломного проекту: тягач SCANIA – 30 од., тягач DAF – 10 од., бортовий автомобіль MA3-3309 – 5 од., напівпричіп – 35 од.

- середньодобовий пробіг РС по кожній групі складає:

Тягачі SCANIA 114 L, L124L – 500 км.; тягачі DAF XF95, CF95 – 450 км.; бортовий автомобіль MA3-3309 – 150 км.; напівпричіп – 475 км.

- категорія умов експлуатації

Враховуючи тип дорожнього покриття, тип рельєфу місцевості, а також умови роботи у відповідності з [8] приймається II – а категорія умов експлуатації.

- природно – кліматичні умови

У відповідності з [8] приймаємо помірний кліматичний район.

- режим роботи рухомого складу

У відповідності з [12] кількість днів роботи за рік становить 365 днів.

- режим виконання технічного обслуговування і поточного ремонту рухомого складу (вибираємо за рекомендаціями [12] ).

Результати розрахунків наведено в таблицях.

Режим роботи виробничих підрозділів підприємства визначаємо згідно з рекомендаціями [1] та заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Режими роботи виробничих підрозділів технічної служби

Найменування видів робіт по технічному обслуговуванню і поточному ремонту ДТЗ	Режим виробництва, що рекомендується		
	число днів роботи на рік	число змін роботи на добу	період виконання (зміни)
Роботи щоденного обслуговування	365	2	II, III
Діагностика загальна і поглиблена (Д-1 і Д-2)	365	1	I
Перше технічне обслуговування (ТО-1)	365	2	II, III
Друге технічне обслуговування (ТО-2)	365	1	I
Регульовальні і розбірно-складальні роботи поточного ремонту	365	3	I,II,III
Фарбувальні роботи	255	1	I
Агрегатні і слюсарно-механічні, електротехнічні роботи, ремонт приладів системи живлення, шиномонтажні роботи, вулканізація, ковальсько-ресорні, мідницькі, зварювальні, бляхарські, арматурні, деревообробні, оббивні, радіоремонтні роботи	365	1	I
Акумуляторні роботи	365	1	I

Коефіцієнти  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ , що характеризують коректування нормативів в залежності від умов експлуатації, коректування залежності пробігу від впливу зовнішнього середовища і коректування трудомісткості відповідно занесемо до таблиці 3.2 попередньо визначивши їх з довідкових таблиць [6].



Таблиця 3.2 – Коефіцієнти коректування нормативів пробігу до ТО, ПР, КР

Марка автомобіля	SCANIA			DAF			MAZ			Напівпричіп		
Вид обслуг. Коef. корект.	ТО	ПР	КР	ТО	ПР	КР	ТО	ПР	КР	ТО	ПР	КР
$K_1$	0,9	1,1	0,9	0,9	1,1	0,9	0,9	1,1	0,9	0,9	1,1	0,9
$K_2$	1,15	1,1	0,9	1,15	1,1	0,9	1,0	1,0	1,0	1,6	-	1
$K_3$	1,0	0,9	1,1	1,0	0,9	1,1	1,0	0,9	1,1	1,0	0,9	1,1
$K_4$	1,55			1,55			1,35			1,55		
$K_5$	1,0			1,0			1,0			1,0		

Виходячи із положення про ТО і ПР рухомого складу, згідно завдання вибираємо нормативи по видам робіт. Нормативи вибираємо для кожного з видів автомобілів і заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Нормативи по видам робіт

Нормативи Марка автомобіля	Періодичності, км			Трудомісткості, люд·год				Час простою	
	$L_{TO-1}^H$	$L_{TO-2}^H$	$L_{ED}^H$	$t_{ЩО}^H$	$t_{TO-1}^H$	$t_{TO-2}^H$	$t_{ПР}^H$ , люд·год/ 1000км	При ТО, д нів/10 00км	При Р, дн.
SCANIA	4000	16000	300000	0,35	5,7	21,6	5,0	0,43	22
DAF	4000	16000	300000	0,35	5,7	21,6	5,0	0,43	22
MAZ	4000	16000	175000	0,3	3,0	12,0	2,0	0,3	18
Напівпричіп	4000	16000	300000	0,1	2,1	8,4	2,15	0,43	22

Таблиця 3.4 – Нормативна і скорегована трудомісткості по видам робіт

Показник	SCANIA		DAF		MAZ		Причіп	
	Нормований	Корегований	Нормований	Корегований	Нормований	Корегований	Нормований	Корегований
$t_{ЩОд}$	0,35	0,45	0,35	0,45	0,3	0,39	0,1	0,13
$t_{ТО-1}$	5,7	10,16	5,7	10,16	3	4,05	2,1	3,55
$t_{ТО-2}$	21,6	38,5	21,6	38,5	12	16,2	8,4	13,02
$t_{ПР}$	5	8,44	5	8,44	2	2,67	2,15	3,63

### 3.1.1 Розрахунок річної та добової виробничих програм з ТО вантажних автомобілів

Розподіл обсягу робіт з ТО і ПР виконується за рекомендаціями [27], а результати розрахунку наведені в таблиці 3.5

Таблиця 3.5 – Частки трудомісткості  $ЩО_d$ ,  $ЩО_m$ ,  $ТО-1$ ,  $ТО-2$ ,  $ПР$ , люд.-год.

Види робіт ТО і ПР	Вантажні автомобілі загального призначення		Напівпричепи	
	%	Трудомісткість по видам робіт	%	Трудомісткість по видам робіт
1	2	3	4	5
$ЩО_d$				
Мийні	9	444,35	30	346,32
Прибиральні	14	691,21	10	115,44
Заправні	14	691,21	-	-
Контрольно-діагностичні	16	388,352	15	173,16

Ремонтні (усунення дрібних несправностей)	47	789,95	46	531,02
Разом:	100	4937,2	100	1154,4
<i>ЩО<sub>m</sub></i>				
Прибиральні	40	178,68	40	146,64
Мийні (включаючи сушку-обтирання)	60	268,02	60	219,96
Разом:	100	446,7	100	366,6
<i>ТО-1</i>				
Діагностика загальна (Д-1)	10	939,25	4	109,94
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	90	8453,25	96	2638,46
Всього:	100	9392,5	100	2748,4
<i>ТО-2</i>				
Діагностика поглиблена (Д-2)	10	1187,42	2	67,24
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	90	10686,78	98	3294,56
Всього:	100	11874,2	100	3361,8
<i>ПР</i>				
Постові роботи				
Діагностика загальна (Д-1)	1	414,62	2	299,79
Діагностика поглиблена (Д-2)	1	414,62	1	149,89
Регулювальні і розбирально-збиральні роботи	35	14511,7	30	4496,82
Зварювальні роботи	3	1243,86	11	1648,83
Бляхарські роботи	2	829,24	7	1049,26
Фарбувальні роботи	6	2487,72	7	1049,26
Деревообробні роботи	2	829,24	7	1049,26

Разом:	50	20731	65	9743,11
Дільничні роботи				
Агрегатні роботи	18	7463,16	-	-
Слюсарно-механічні роботи	10	4146,2	13	1948,62
Електротехнічні роботи	5	2073,1	3	449,68
Акумуляторні роботи	2	829,24	-	-
Ремонт приладів системи живлення	4	1658,48	-	-
Шиномонтажні роботи	1	414,62	1	149,89
Роботи вулканізації	1	414,62	2	299,79
Ковальсько-ресорні	3	1243,86	10	1498,94
Мідницькі роботи	2	829,24	2	299,79
Зварювальні роботи	1	414,62	2	299,79
Бляхарські роботи	1	414,62	1	149,89
Арматурні роботи	1	414,62	1	149,89
Оббивні роботи	1	414,62	-	-
Таксиметричні	-	-	-	-
Разом:	50	20731	35	5246,29
Всього:	100	41462	100	14989,4

### 3.1.2 Розрахунок виробничої програми допоміжних робіт

Розподіл допоміжних робіт у люд·год., наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розподіл допоміжних робіт

Вид роботи	Обсяг, %	Трудомісткість, $T_g$
По самообслуговуванню	40	8173,5
Транспортні	10	2043,4
Перегон автомобілів	15	3065
Прийом, зберігання і видача матеріальних цінностей	15	3065
Прибирання приміщень	20	4086,8
Усього	100	20433,8

У свою чергу роботи по самообслуговуванню підрозділяються на електротехнічні, слюсарні, ковальські, зварювальні, жерстяницькі, мідницькі, трубопровідні, ремонтно-будівельні та деревообробні. Розподіл обсягів робіт наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Розподілені обсяги робіт по самообслуговуванню.

Вид роботи	Обсяг, %	Трудомісткість, $T_{гСАМ}$
Електротехнічні	25	2043,4
Механічні	10	817,4
Слюсарні	16	1307,8
Ковальські	2	163,5
Зварювальні	4	327
Жерстяницькі	4	327
Мідницькі	1	81,7
Трубопровідні	22	1716,4
Ремонтно-будівельні та деревообробні	16	1307,8
Всього	100	8173,5

### 3.1.3 Розрахунок чисельності виробничого персоналу

Таблиця 3.8 – Розподіл виробничого персоналу за видами робіт

Види робіт ТО і ПР	Труд- сть по видам робіт	$\Phi_m$	$P_m$ , люд	Прий- нята $P_m$ , люд	$\Phi_p$	$P_u$	Прийнята , $P_u$
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>ЩО</i>							
Мийні	790,67	2070	0,38	1	1840	0,43	1
Прибиральні (включаючи сушку- обтирання)	325,32	2070	0,16		1840	0,18	
Заправні	691,21	2070	0,33	1	1840	0,37	2
Контрольно- діагностичні	561,512	2070	0,27		1840	0,31	
Ремонтні (усунення дрібних несправностей)	1320,97	2070	0,64		1840	0,72	

й)							
Прибиральні	806,62	2070	0,39		1840	0,44	
Мийні (включаючи сушку-обтирання)	487,98	2070	0,26		1840	0,27	
Разом:	4984,5		2,4	2		2,7	3
<i>ТО-1</i>							
Діагностика загальна (Д-1)	1049,2	2070	0,51	1	1840	0,57	1
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	11091,7	2070	5,36	5	1840	6,03	6
Всього	12140,9		5,87	6		6,6	7
<i>ТО-2</i>							
Діагностика поглиблена (Д-2)	1254,7	2070	0,61	1	1840	0,68	1
Продовження таблиці 2.8							
1	2	3	4	5	6	7	8
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	13981,3	2070	6,75	7	1840	7,6	8
Всього:	15236		7,36	8	1840	8,3	9
<i>ПР</i>							
Постові роботи							
Діагностика загальна (Д-1)	714,4	2070	0,36		1840	0,39	
Діагностика поглиблена (Д-2)	564,5	2070	0,27		1840	0,31	
Регулювальні розбирально-складальні роботи.	19008,5	2070	9,2	10	1840	10,3	11
Шиномонтажні та шиноремонтні	564,5	2070	0,27		1840	0,31	
Фарбувальні роботи	3536,9	2070	1,71	2		1,92	2
Бляхарські роботи	1878,5	2070	0,9			1,02	
Зварювальні роботи	2892,7	2070	1,39	2		1,57	3
Разом:	29160	2070	14,08	14	1840	15,84	16
Дільничні роботи							
Агрегатні роботи	7463,16	2070	3,61	4	1840	4,06	4
Слюсарно-механічні роботи	6094,82	2070	2,94	3	1840	3,3	3
Електротехнічні роботи	2522,78	2070	1,22	2	1840	1,37	2

Ремонт приладів системи живлення	1658,48	2070	0,8		1840	0,9	
Акумуляторні роботи	402,68	2070	0,4	1	1840	0,45	1
Ковальсько-ресорні роботи	2742,8	2070	1,33	2	1840	1,49	3
Зварювальні роботи	714,41	2070	0,35		1840	0,39	
Бляхарські роботи	564,5	2070	0,27		1840	0,31	
Арматурні роботи	564,5	2070	0,27		1840	0,31	
Оббивні роботи	414,62	2070	0,2		1840	0,23	
Разом:	23142,75	2070	11,18	12	1840	12,58	13
Всього:	52302,75		42,3	42		48,43	48

### 3.1.4 Розрахунок кількості постів і ліній ТО і постів ПР

Мінімальна кількість постів ТО-1:

$$P_{TO-1} = \frac{12140,9 \cdot 1,4}{365 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,98} = 2,12.$$

Для обслуговування ТО-1 обираємо 2 пости.

Мінімальна кількість постів ТО-2:

$$P_{TO-2} = \frac{15236 \cdot 1,4}{365 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,98} = 2,46.$$

Для обслуговування ТО-2 обираємо 2 пости.

Мінімальна кількість постів для робіт ПР:

$$P_{PR} = \frac{23142 \cdot 1,8}{365 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,98} = 4,3.$$

Обираємо 4 пости для робіт ПР.

### 3.1.5 Розрахунок площ приміщень

Таблиця 3.9 – Площі виробничих ділянок ТО і ПР в залежності від числа працюючих

Ділянки	Кількість $P$	Площа, $m^2$
Агрегатна, слюсарно-механічна, шиномонтажна	2	100
Зварювальна, ковальсько-ресорна, мідницька	1	60
Акумуляторна, регулювання системи живлення, електротехнічна	1	40
$\Sigma$	3	200

Отже площа зони ТО і ПР становитиме:

$$F_3 = 22,15 \cdot 4 \cdot 7 = 620 \text{ м}^2.$$

### 3.1.6 Розробка планувальних рішень

#### 3.1.6.1 Розробка генерального плану підприємства

Генеральний план підприємства - це план відведеної під забудову земельної ділянки, зорієнтованої відносно проїздів загального користування та суміжних територій з позначенням на ньому будівель та споруд по їх габаритним розмірам, площ для безгаражного зберігання рухомого складу, основних та допоміжних проїздів та шляхів руху автомобілів на території. Територія підприємства займає площу 2,28 га, щільність забудови 35%.

Генеральний план підприємства розроблений у відповідності з вимогами [27].

Земельна ділянка під будівництво відведена з урахуванням;



- специфіки роботи підприємства;
- близького розташування проїзних доріг загального користування.

### 3.1.6.2 Розробка планувального рішення виробничого корпусу

Планування виробничого корпусу АТП виконане з урахуванням діяльності підприємства.

Розміри ділянки, відведеної під будівництво АТП обумовили розміщення виробничого корпусу в одно поверховій будівлі.

Виробничий корпус має розміри 126,5×60,5 м. Виробничі зони розташовані довільно-зональним способом. В виробничий корпус входять: склад інструменту, склад запасних частин та агрегатів, склад матеріалів, склад шин, склад масел, склад проміжний, зона ТО ПР яка містить чотири універсальні тупикові пости розміщені під кутом 90°, обладнані канавами та підйомником, агрегатна ділянка, теплова ділянка, слюсарно-механічна ділянка, шиномонтажна та вулканізаційна ділянка, карбюраторна ділянка, електротехнічна ділянка, акумуляторна ділянка, ділянка регулювання дизельної апаратури, малярна ділянка, мідницька ділянка, санвузли, ділянка миття деталей, комора.

У Товаристві є ремонтна база, яка обладнана металообробним, шліфувальним, фрезерним та іншими станками і стендами для технічного обслуговування і ремонту автомобілів усіх марок, у т.ч. і іноземних. Автотранспортний підрозділ також надає транспортні послуги іншим організаціям, фірмам і підприємствам. Для замовлення послуг підрозділу складається договір про надання послуг з попереднім узгодженням з керівництвом підприємства. Оплата послуг виконується готівкою або по безготівковому розрахунку після надання якісної та кваліфікованої роботи.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Аналіз умов праці

В умовах виробництва на людину діють техногенні фактори, які об'єднуються у дві групи – небезпечні та шкідливі.

Небезпечний виробничий фактор – це фактор, дія якого на працюючого при певних умовах приводить до травми або іншого раптового різкого погіршення стану здоров'я.

Шкідливий виробничий фактор – це фактор, дія якого на працюючого при певних умовах призводить до захворювання.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізичні.

При роботі на випробувальній станції мають місце наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

До фізичних факторів належать:

- кінетична енергія рухомих елементів машин і механізмів (карданного валу стенду, вентилятора системи охолодження);
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюгу;
- несприятливі метеорологічні умови;
- запыленість і загазованість повітряного середовища;
- недостатній рівень освітлення;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищений рівень шуму, вібрації.

До хімічних факторів належать:

- використання паливно-мастильних матеріалів;
- використання електроліту в системі охолодження;
- шкідливі речовини відпрацьованих газів двигунів.

До психофізіологічних факторів належать:

- фізичні й емоційні перевантаження;
- розумова перевтома;
- монотонність праці.

Простір, в межах якого діють небезпечні та шкідливі фактори називають небезпечною зоною.

#### 4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Визначається як система організаційних, технічних засобів, які запобігають або зменшують дію на робітників шкідливих факторів.

По санітарним нормам на одного працюючого повинно припадати не менше  $S=6 \text{ м}^2$  виробничої площі та

$V=15 \text{ м}^3$  об'єму, при кількості персоналу до 20 чоловік.

Без врахування обладнання в нашій аудиторії на одну людину припадає  $S=5 \text{ м}^2$  та  $V=14 \text{ м}^3$ , без врахування обладнання,

Враховуючи площу обладнання, одержимо  $S=4,4 \text{ м}^2$  та  $V=12,8 \text{ м}^3$

#### Мікроклімат

Мікроклімат – це стан повітря в робочій зоні обслуговування та на постійних робочих місцях.

Параметрами мікроклімату приміщень є:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання.

Всі ці параметри нормують залежно від теплових характеристик виробничого приміщення, категорії робіт за важкістю та періоду року. Розрізняють оптимальні і допустимі мікрокліматичні умови.

Для створення необхідних параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях використовують системи вентиляції, кондиціонування, а також опалювальні системи.

### *Забруднення повітря виробничих приміщень*

Для створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечення не лише комфортних метеорологічних умов, а й необхідну чистоту повітря. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть надходити різноманітні речовини, що використовуються в технологічних процесах.

Шкідливі речовини, що потрапляють в організм людини спричиняють порушення здоров'я лише у тому випадку, коли їх кількість в повітрі перевищує граничну для кожної речовини гранично допустиму концентрацію (ГДК).

Величина ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони визначається відповідним ГОСТом.

Загальні заходи та засоби попередження забруднення повітряного середовища на виробництві та захисту працюючих включають:

- вилучення шкідливих речовин в технологічних процесах, заміна шкідливих речовин менш шкідливими;
- автоматизація і дистанційне управління технологічними процесами та обладнанням, що виключає безпосередній контакт працюючих зі шкідливими речовинами;
- герметизація виробничого устаткування, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції, аспіраційних укриттів;
- нормальне функціонування загальнообмінної вентиляції, кондиціонування повітря;
- контроль за вмістом шкідливих речовин в повітрі робочої зони;
- використання засобів індивідуального захисту.

## Освітлення

Серед небезпечних та шкідливих факторів, що впливають на працюючого, погане освітлення займає одне з перших місць. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Врешті, погане освітлення може призвести до професійних захворювань.

Для створення сприятливих умов зорової працевиробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- не повинно чинити засліплюючої дії;
- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях;
- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней;
- повинен забезпечуватися достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються;
- не створювати небезпечних та шкідливих виробничих факторів;
- повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

Залежно від джерела світла може бути природнім, штучним та суміщеним, коли природне освітлення доповнюється штучним.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове.

На автотранспортних підприємствах застосовується як природне, так і штучне освітлення.

## Шум та вібрації

Такі фактори як вібрація і шум призводять до ушкодження слуху, вестибулярного, опорно-рухового апарату, нервової та кровоносної системи.

Заходи щодо захисту від вібрації та шуму поділяють на технічні, організаційні та лікувально-профілактичні.

До технічних засобів зниження вібрації і шуму відносять зниження їх рівня в джерелах виникнення і на шляху розповсюдження (реалізуються застосуванням кожухів, екранів, огорожень, кабін спостереження, звукоізоляційного облицювання, глушників, вібродемпфування, віброгасіння, віброізоляції, навушників, м'яких шоломів, рукавиць, килимків).

До організаційних заходів зниження рівня вібрації і шуму належать ремонт і обслуговування обладнання, чергування праці та відпочинку.

До лікувально-профілактичних заходів захисту відносять медичний огляд та лікувальні процедури.

#### 4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

Заходи безпеки при роботі на випробувальній станції повинні відповідати НПАОП 0.00-1.28-97 «Правила охорони праці на підприємствах автомобільного транспорту» Підвищення рівня безпеки при роботі на обкаточному стенді досягається проведенням комплексу інженерно-технічних та організаційних заходів.

Температура, відносна вологість та швидкість руху повітря в робочій зоні повинні відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 12.1005:2008 «ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования».

Чистота повітря робочої зони повинна відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 12.1007:2008 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и методы испытаний».

Електрообладнання випробувальної станції повинні експлуатуватися у відповідності з НПАОП 0.00-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Виробниче обладнання випробувальної станції повинно бути виконано відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.2003:2007 «ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности», ДСТУ ГОСТ 12.2049:2007 «ССБТ.

Оборудование производственное. Общие эргономические требования» і забезпечене захисними огороженнями згідно з ДСТУ ГОСТ 12.2082:2007 «ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные».

Електрозахист виробничого обладнання повин бути виконаний згідно ДСТУ ГОСТ 12.1019:2008 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» і ДСТУ ГОСТ 12.1030:2008 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

Виробниче обладнання, що є джерелом шуму повинно відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 12.1005:2007 «ССБТ Шум. Общие требования безопасности». Рівні виробничого шуму не повинні перевищувати значень встановлених СН 32.23-85 «Санітарні норми допустимого шуму на робочих місцях».

Вібронебезпечне обладнання необхідно встановлювати у виробничих приміщеннях з урахуванням забезпечення на робочих місцях гігієнічних норм вібрації згідно з ДСТУ ГОСТ 12.1012:2008 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».

Вантажепідйомне обладнання для транспортування двигунів повинно встановлюватися у відповідності з НПАОП 0.00-1.01-07 «Правила будови і безпечної експлуатації вантажепідйомних кранів».

Освітлення виробничої зони повинно здійснюватися згідно зі СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение».

Виробничі процеси на випробувальній ділянці повинні організовуватися згідно ДСТУ ГОСТ 12.3002:2009 «ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности».

Виробничі працівники повинні забезпечуватися спеціальним захисним одягом та засобами захисту, що відповідають ДСТУ ГОСТ 12.40266:2009 «ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» і ГОСТ 12.4109:2009 «ССБТ. Одежда специальная защитная, средства защиты ног и рук. Классификация».

Використання знаків безпеки та сигнальних кольорів у виробничій зоні регламентуються ДСТУ ГОСТ 12.4026:2009 «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности».

Водозабезпечення і каналізація виробничих приміщень виконуються згідно СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий», а метеорологічні умови повинні відповідати вимогам СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Робочі місця повинні бути атестовані відповідно до вимог постанови Кабінету міністрів України «Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці».

Для забезпечення безпеки праці на стенді здійснюються наступні заходи.

Стенд встановлюють в спеціально обладнаному боксі, що має звукопоглинаючі стінки і загальнообмінну вентиляцію. Відведення відпрацьованих газів здійснюється по газопроводам, що розміщуються під підлогою випробувальної станції, з допомогою витяжного вентилятора.

Спостереження за випробуванням двигуна оператор здійснює з окремої кабіни, що має оглядове скло.

Зменшення рівня вібрації двигуна, що обкатують, до допустимого рівня досягають шляхом встановлення його на віброопори (гумові амортизатори). Для виключення можливості перекидання двигуна, а також надійного закріплення його на гвинтових опорах двигун кріпиться до повздовжніх опор за допомогою стяжних муфт.

Карданий вал, що з'єднує електродвигун з двигуном, що відновлюють та струмознімач забезпечуються захисними кожухами. Вентилятор радіатора системи охолодження захищають решіткою. Для індивідуального захисту працюючих від небезпечних рухомих елементів машин і механізмів використовують спецокуляри, спецодяг, спецвзуття.

Забезпечення електробезпеки здійснюється наступними технічними засобами: електричною ізоляцією струмопровідних частин, застосуванням огорож, блокуванням (рубильник на електрошафі), захисним відключенням



(плавкі запобіжники), світловою сигналізацією, використанням знаків безпеки і попереджувальних плакатів «Стій, небезпечно для життя», «Небезпека ураження струмом», «Заземлено» та ін. Для захисту виробничих робітників від можливого ураження електричним струмом корпус електродвигуна має захисне заземлення. Крім того, як засіб індивідуального захисту використовують діелектричні рукавички, килимки і калоші.

Крім технічних засобів, для досягнення безпечності робіт виконуть такі організаційні заходи: призначення осіб відповідальних за організацію і ведення робіт, здійснення допуску до проведення робіт, оформлення закінчення робіт, перерви у роботі.

#### 4.4 Електробезпека

Сучасне виробництво органічно пов'язане з широким застосуванням електроенергії, особливо це стосується технологічного і транспортного устаткування. У процесі роботи з електричними установками, приладами і агрегатами необхідно дотримуватись вимог електробезпеки, які є системою організаційних і технічних заходів і засобів.

Ураження електричним струмом людини називають електротравмою.

Електротравми поділяють на загальні (електроудари) і місцеві. Загальна електротравма – це ураження центральної нервової системи, що супроводжується судомним скороченням м'язів, зупинкою дихання, фібриляцією та зупинкою серця. Місцеві електротравми – це електричні опіки, металізація шкіри, механічні пошкодження і електрофтофталмія.

До основних технічних способів і засобів електрозахисту належать:

- ізоляція струмопровідних частин, та її безперервний контроль;
- попереджувача сигналізація та блокування;
- використання знаків безпеки і попереджувальних плакатів;
- використання малих напруг;
- електричне розділення мереж;

- захисне заземлення;
- занулення;
- вирівнювання потенціалів;
- захисне відімкнення;
- засоби індивідуального захисту.

Для досягнення безпеки робіт на діючих електроустановках виконують наступні організаційні заходи: призначення осіб відповідальних за організацію і ведення робіт, оформлення наряду або розпорядження на ведення робіт, здійснення допуску до проведення робіт, оформлення закінчення робіт, перерви у роботі.

#### 4.5 Пожежна безпека

За ступенем вогнестійкості приміщення відноситься до І ступені - приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями з природних чи штучних матеріалів, бетону, залізобетону з використанням листових чи плитних перегороджуючих матеріалів.

Пожежі на підприємствах являють собою велику небезпеку для працюючих і можуть спричинити велику матеріальну шкоду. Можливими причинами виникнення пожеж в можуть бути: порушення технологічного режиму, несправність системи опалення і вентиляції, несправність електрообладнання (коротке замикання, перевантаження), несправність запираючої арматури, самозапалення матеріалів, схильних до горіння. Усі виробництва поділяються на декілька категорій по пожежній вибуховій і вибуховопожежній безпеці. Приміщення відноситься до категорії Д - негорючі речовини і матеріали в холодному стані (табл.4.1)

Таблиця 4.1 Визначення категорії приміщення

Категорія приміщення	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверхів в межах пожежного відділення, м <sup>2</sup>
Д	6	1	не обмежується

Границі вогнестійкості наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 Мінімальні граници вогнестійкості і максимальні граници розповсюдження вогню, см.

Стіни				Колони	Поверхові площадки, косовури, балки, марші поверхових клітин	Ненесучі конструкції перекриття	Елементи покриття
Несучі та поверхових клітин	Само-несучі	Зовнішні не несучі	Внутрішні не несучі (перегородки)				
2,5/0	1,25/ 0	0,5/0	0,5/0	2,5/0	1 /0	1 /0	0,5/0

При проектуванні приміщень передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі: висота від підлоги донизу виступаючих конструкцій перекриття повинна бути не менше 2,2 (м); висота від підлоги донизу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного надходження людей і на шляхах евакуацій не менше 2(м), а в місцях нерегулярного приходу людей - не менше 1,8 (м).

Кількість евакуаційних виходів не повинна складати менше двох з кожного поверху. Евакуаційні виходи повинні розташовуватись окремо. Кількість людей на 1(м) евакуаційного виходу (дверей) для приміщень І ступені вогнестійкості категорії Д - 260 чоловік. Відповідно до таблиці визначаємо відстань по коридорам до виходу і розміщення виходів.

Таблиця 4.3 Відстань до виходу.

Розміщення виходів	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості	Відстань по коридорам до виходу, м
Між двома зовнішніми виходами	Д	1	Більше/120

Для запобігання необхідно провести ряд заходів по ПБ:

- установити пожежні сповісники;
- навчити робітників елементарним правилам та основам вогнегасіння;
- проводити своєчасні профілактичні огляди і випробовування обладнання;
- підвести аварійне водопостачання.

#### 4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для проведення контролю радіоактивного забруднення притягують групи (ланки) спеціальної і загальної розвідки, що входять в склад рятувальних формувань.

Ланки радіометричного контролю проводять роботи на пунктах спеціальної обробки (ПуСО), санітарно – обмиваючих пунктах (СОП).

Пункт спеціальної обробки ПуСО призначається для проведення повної санітарної обробки особового складу і населення, повної дезактивації, дезінфекції озброєння, техніки, дезактивації і дезінфекції обмундирування, одягу, взуття і засобів захисту.

Під дезактивацією будемо розуміти видалення (зниження концентрації радіоактивних речовин з забруднених поверхонь (доріг, обладнання, техніки, транспортних засобів)) і різних середовищ (повітря, води до допустимих норм).

Пункт спеціальної обробки розгортається на незараженій місцевості близько або безпосередньо в районі дії сил ЦО, що підлягають спеціальній обробці.

Станція обеззаражування транспорту (СОТ) створюється для проведення повного обеззаражування техніки і автотранспорту невоснізованих формувань ЦЗ. СОТ формується на базі автомобільних колон, гаражів, міських автогосподарств, станцій технічного обслуговування автомобілів, трамвайних і тролейбусних депо.

ПуСО включає в себе: контрольно-розподільчий пункт (КРП); майданчик спеціальної обробки автотранспорту (МСОА); майданчик технічного обслуговування і повторної обробки (МТО); майданчик санітарної обробки (МСО); вихідний пункт дозиметричного контролю обробленого транспорту (ВПДК); майданчик відстою сильно забрудненого автотранспорту (МВЗТ).

На кожному з цих перелічених майданчиків виконуються роботи по очищенню вузлів і агрегатів автомобіля.

Обробка транспорту з розбиранням займає дуже багато часу і її проведення для різних видів транспорту специфічна. Тим не менш така тривала процедура обходиться дешевше, чим випуск нової техніки. Тому при зараженні виникає необхідність у створенні ПуСО.

Спеціальна обробка включає знезараження різних поверхонь і санітарну обробку особового складу формувань і населення.

Дезактивація – видалення радіоактивних речовин із заражених поверхонь транспортних засобів і техніки, будинків і споруджень, території, одягу і засобів індивідуального захисту, а також з води. Для проведення дезактивації використовується вода. Разом з нею застосовуються спеціальні препарати, що підвищують ефективність змивання радіоактивних речовин. Це поверхнево-активні і комплексоутворюючі речовини, кислоти і луги. До першого відносять порошок СФ-2 і препарати ОП-7, ОП-10; до других -

фосфати натрію, трилон Б, щавлева. Для одержання розчину порошок додають у воду невеликими порціями при постійному перемішуванні.



## ВИСНОВКИ

1. Дано характеристику виробничої діяльності підприємства. Розглянуто основні техніко-економічні показники вибраного типу рухомого складу.
2. Проаналізовано механічні втрати в основних спряженнях деталей систем і агрегатів автотранспортної техніки.
3. Розглянуто режими тертя та види зношування у спряженнях деталей дизеля АТЗ.
4. Досліджено зміни характеристик оливи в процесі експлуатації систем і агрегатів АТЗ та методи їх поліпшення.
5. Проаналізовано методи підвищення надійності систем і агрегатів АТЗ.
6. У відповідності до прийнятих змін в технологічному процесі технічного обслуговування автомобілів розроблено та впроваджено організаційні зміни на підприємстві з метою забезпеченні застосування розробленої технології у виробничому процесі із найбільшою ефективністю.
7. Розроблено технологічний проект підприємства. Розраховано обсяги робіт, кількість постів, площі зон та діляниць, число виробничих робітників за спеціальностями
8. Розкрито небезпечні фактори, які можуть виникнути при проведенні робіт у відділенні при виконанні операцій згідно розробленого технологічного процесу й запровадження заходів щодо зменшення негативного впливу дії цих факторів на виробничий персонал та навколишнє середовище.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кукурудзяк Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР : навч. пос. / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
2. Мишин И.А. Долговечность двигателей. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1976. – 288 с.
3. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984.–312с.
4. Гурвич И.Б., Сыркин П.Э., Чумак В.И. Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1994. – 144с.
5. Аулін В.В. Прогнозування довговічності СГТ на основі ресурсної механіки / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.М. Лівіцький [та ін.] / Зб. наук. праць Луганського нац. аграр. університету. Серія: Технічні науки.–Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2007, - №76(99). – С 19-23.
6. Аулін В.В. Автохімічний тюнінг двигуна / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, В.М. Лисенко / Тези доповідей студентів та магістрантів Всеукр. студ. наук.-практ. конф. "Підвищення надійності машин і обладнання" 10 квітня 2008 р. – Кіровоград: КНТУ, 2008. – С. 102-103.
7. Аулін В.В. Фізичне моделювання процесу припрацювання спряження деталей ЦППГ / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, В.Б. Батехін / Сучасні проблеми триботехніки / Матеріали міжнар. наук. техн. конф. 29 вересня – 1 жовтня. – Миколаїв: НУК, 2005. – С. 91-93.
8. Аулін В.В. Проблеми та задачі теорії надійності машин / В.В. Аулін, М.І. Черновол, Є.К. Солових / Зб. наук. праць I Міжнар. наук.-техн. конф. "Динаміка, міцність і надійність с/г машин DSR AM-I" Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя. Тернопіль 2004. С.567-569.
9. Аулін В.В. Системно-спрямований підхід до використання



технологій триботехнічного відновлення для підвищення надійності мобільної сільськогосподарської техніки на етапах її життєвого циклу / В.В. Аулін, С.В. Лисенко // Матеріали X Міжнар. наук.-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації с.-г. техніки. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С.145-147.

10. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем, 2-е изд., перераб. / Н.П. Бусленко. - М.: Наука, 1978. - 399 с.

11. Аулін В.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегій технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки / Аулін В.В., Гриньків А.В. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/. – вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С 126-131.

12. Аулін В.В. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості / В.В. Аулін, А.В. Гриньків, Т.М. Замота // Вісник інж. академії України. – 2015. – №3. – С. 66-72.

13. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; За заг. ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП "ДержавтотрансНДІпроект", 2005. – 400 с.

14. Правила по охране труда на автомобильном транспорте.— М.: Транспорт, 1982. – 96 с.

15. Кравец И.А., Ремонтная регенерация трибосистем. – Т.: Изд-во Бережанского агротехн. ин-та, 2003. – 284 с.

16. Кузьменко А.Г., Диха О.В. Дослідження взаємодії змашених поверхонь тертя. Монографія. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – 183 с.

17. Лашхи В.Л., Демьянов Л.А. Оценка прирабочных свойств обкаточных масел // Трение и износ. – 1991. – т.12. – №1. – С. 118-123.

18. Поляков А.А., Рузанов Ф.И. Трение на основе самоорганизации. –

М.: Наука, 1992. – 204 с.

19. Энергетика бессервисных систем / И.А.Кравец, В.В.Щепетов, С.Л.Максимов, Я.Н. Гладкий // Проблемы трибологии. – 2002. – №2. – С. 12-14.

20. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность. – М.: Машиностроение, 2001. – 616 с.

21. Джус Р.Н. Реологические особенности автомобильных трибосистем при применении ревитализантов // Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов. Вып. 14. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – С. 52-55.

22. Кащеев В.Н. Процессы в зоне фрикционного контакта. – М.: Машиностроение, 1978. – 213с.

23. Справочник по триботехнике / Под общ. ред. М. Хебды, А.В. Чичинадзе: В 3 т. – М.: Машиностроение, 1989.– Т. 2: Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения. – 412 с.

24. Беркович И.И., Громаковский Д.Г. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учеб. Для ВУЗов / Под ред. Д.Г. Громаковского – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2000. – 268 с.

25. Еськов В.Е. ХАДО это очень просто // Совершенно секретно. – 2001. – №9. – С. 4.

26. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту» за напрямком «Проектування автотранспортних підприємств» для студентів всіх форм навчання спеціальності 7(8).07010601 – «Автомобілі та автомобільне господарство» / Уклад. В. В. Біліченко, Є. В. Смирнов, С. О. Романюк – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 119 с.

27. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту. В. В. Біліченко, В. Л. Крещенецький., С.О. Романюк, Є.В.Смирнов Навчальний посібник :Вінниця: ВНТУ, 2013. –187 с. Режим доступу: <http://posibnyky.vntu.edu.ua>

28. Онолов М.В., Аулін В.В., Лисенко С.В. Характеристика основних

технологій триботехнічного відновлення деталей ЦПГ // Тези доповідей студентів та магістрантів на Всеукраїнській конференції «Підвищення надійності машин і обладнання» 19 квітня 2007 року / Наука – виробництву, 2007. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – С. 82-83.

29. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 556 с.

30. Кузьмин А.В. и др. Расчеты деталей машин: Справ. пособие / А.В. Кузьмин, И.М. Чернин, Б.С. Козинцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 400 с.

31. Експлуатація автомобілів. Планування: Навчальний посібник / Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2009. – 400 с.

32. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3 кн. Кн. 1. Теоретичні основи. Технологія: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець. – К.: Вища шк., 1994 – 324 с.

33. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3 кн. Кн. 2. Організація, планування й управління: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець. – К.: Вища шк., 1994 – 383 с.

34. Канарчук В.Є. та ін. Ремонт автотранспортних засобів. У 3 кн. Кн. 3. Теоретичні основи. Технологія: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець. – К.: Вища шк., 1994 – 599 с.

35. Синельников А. Ф., Васильев Б.С. Автомобили МАЗ: Техническое обслуживание и ремонт. – М.: Транспорт, 2000. – 372 с.

36. Автомобили МАЗ-64227, МАЗ-54322: Устройство, техническое обслуживание, ремонт / М.С. Высоцкий, Л.Х. Гилелес, Л.И. Кадилко и др. – М.: Траспорт, 1987. – 191 с.

37. Автомобили КамАЗ-53204 и Урал-4320: Учебное пособие / В.И. Медведков, С.Т. Билык, И.П. Чайковский и др. – М.: ДОСААФ, 1981. – 334с.

38. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Навчальний посібник. – Вид. 4-те, доповнене. – Львів: Афіша, 2000. –

350 с.

39. Охорона праці: Навч. посібник / За ред. В. Кучерявого. – Львів. Оріяна-Нова, 2007. – 368 с.

40. Яким Р.С. Безпека життєдіяльності людини: Навч. посібник. – Львів: Видавництво “Бескид Біт”, 2005. – 304 с.





ДОДАТКИ: