

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Двигуни внутрішнього згорання»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему «Дослідження впливу картерних газів бензинового двигуна на експлуатаційні показники моторних олив»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи T-419M

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма (спеціалізація)

«Двигуни внутрішнього згорання»

Дрібас Д.Е.

Керівник доц., к.т.н. Кубіч В.І.

Рецензент Мозговий А.К.

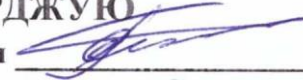
(прізвище та інішали)

(підпис)

Форма № 25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Двигуни внутрішнього згорання
 Ступінь вищої освіти Магістр
 Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Двигуни внутрішнього згорання
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри 
 _____ Слинко Г.І.
 « 14 » 12 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Дрібаса Дмитра Едуардовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження впливу картерних газів бензинового двигуна на експлуатаційні показники моторних оливо

керівник проекту (роботи) Кубіч В.І.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «06» листопада 2020 року № 312

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Система вентиляції картера бензинового двигуна ВАЗ 21011

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Аналіз стану питань щодо впливу картерних газів бензинових двигунів на експлуатаційні показники моторних оливо;

Загальна характеристика системи «ЦПГ двигуна – вентиляція картера – моторна олива»;

Експериментальні дослідження впливу стану ЦПГ двигуна ВАЗ 21011 на експлуатаційні показники моторних оливо;

Розробка попередніх рекомендацій щодо подальшого використання отриманих експериментальних даних;

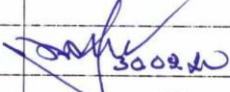
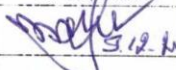
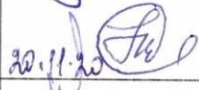
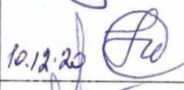
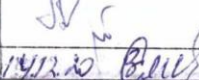

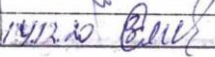

Здійснення аналітичних розрахунків витрат на виконання магістерського дослідження;

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

Презентація на аркушах А4

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

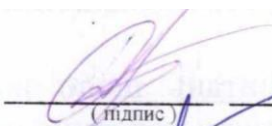
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Дослідницький	к.т.н. доцент Кубіч В.І.	 30.09.20	 31.12.20
Економічний	професор Левченко Н.М.	 20.11.20	 10.12.20
Охорона праці	к.т.н. доцент Лазуткін М.І.	 14.12.20	 14.12.20
Н/КОНТРОЛЬ	Слинько В.В., ст. викладач каф. АБЗ	 14.12.20	 14.12.20

7. Дата видачі завдання « 30 » вересня 2020 року.

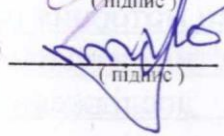
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Срок виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Узгодження теми дослідження	1.10.20 – 1.10.20	
2	Здійснення аналізу літературних джерел	5.10.20 – 20.10.20	
3	Аналіз конструкції об'єкту дослідження	21.10.20 – 03.11.20	
4	Експериментальні дослідження	05.11.20 – 18.11.20	
5	Економічні аспекти витрати на виконання НДР	20.11.20 – 26.11.20	
6	Розробка заходів щодо охорони праці і безпеки у надзвичайних ситуаціях	26.11.20 – 30.11.20	
7	Оформлення пояснювальної записки та представлення роботи до захисту	30.11.20 – 09.12.20	

Студент(ка)


(підпис) Дрібас Д.Е.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис) Кубіч В.І.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 95 стр., 22 рис., 12 табл., 39 джерел.

ДВИГУН, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ, КАРТЕРНІ ГАЗИ, МОТОРНА ОЛИВА, СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ КАРТЕРА, КІНЕМАТИЧНА В'ЯЗКІСТЬ, ЛУЖНЕ ЧИСЛО, КИСЛОТНЕ ЧИСЛО, ГАЗОРІДИННИЙ ОБМІН

Актуальність дослідження полягає у виконанні необхідного узагальнення існуючих досліджень щодо зміни стану експлуатаційних показників моторної оливи внаслідок різних факторів і у розробці методики фізичного моделювання взаємодії моторної оливи та картерних газів на газорідинному рівні, що дало змогу врахувати до оцінки такого явища й триботехнічний стан циліндропоршевої групи. На основі аналізу побудованих графічних залежностей можна зробити висновки про якісну складову кожної досліджуваної оливи за її основою.

В роботі вирішено науково-технічне завдання щодо аналізу наукових публікацій по дослідженню зміни експлуатаційних показників моторних олив внаслідок їх окислення та старіння і розроблена методика дослідження зміни експлуатаційних показників моторних олив з різними основами внаслідок взаємодії з картерними газами через систему вентиляції картера бензинового двигуна ВАЗ 21011.

Інженерно-технічний об'єкт – система «ЦПГ двигуна – вентиляція картера – моторна олива».

Мета роботи – визначити зміну експлуатаційних показників моторних олив за різними основами при роботі бензинового двигуна внаслідок взаємодії з картерними газами для визначення рекомендацій у корегуванні термінів їх використання за призначенням.

Об'єкт дослідження – процес газорідинного обміну між картерними газами та мірними об'ємами мінеральних, напівсинтетичних і синтетичних моторних олив при фізичному моделюванні їх взаємодії.

Предмет дослідження – закономірності зміни кінематичної в'язкості, лужного числа, кислотного числа від триботехнічного стану циліндропоршневої групи двигуна (компресія в циліндрах).

Задачі дослідження:

- проведення аналізу наукових публікацій щодо проявів змін експлуатаційних показників моторних оливо;
- визначення та аналіз методів діагностування ДВЗ по параметрам картерних газів;
- визначення напрямків вдосконалення систем вентиляції картерів ДВЗ;
- аналіз впливу зміни триботехнічного стану ЦПГ ДВЗ на стан системи «система вентиляції картера - картерні гази – моторна олива» ;
- виявлення недоліків в конструкції систем вентиляції картерів та узагальнення поглядів на їх вдосконалення
- теоретичне обґрунтування взаємодії параметрів, які визначають стан системи « ЦПГ – система вентиляції картера – моторна олива»;
- визначення параметрів технічного стану ДВЗ за навантаженням та тиску картерних газів в залежності від зміни компресії в циліндрах;
- розробка методу фізичного моделювання натурного газорідинного обміну між картерними газами та мірними об'ємами моторних оливо;
- отримання графічних залежностей змін кінематичною в'язкості, лужного та кислотного чисел при зміні часу моделювання взаємодії та компресією двигуна;
- розробка попередніх рекомендацій щодо подальшого використання отриманих експериментальних даних
- здійснення аналітичних розрахунків витрат на виконання магістерського дослідження;
- розробка заходів з охорони праці при виконанні теоретичної та практичної складової дослідження.

Методи дослідження – узагальнення та аналіз теоретичних положень з використання моторних оливо в двигунах; метод фізичного моделювання газорідинного обміну; метод визначення тиску картерних газів; метод

визначення розрідження у впускному колекторі; методи математичної статистики для обробки і узагальнення експериментальних даних.

Практична значимість полягає у розробці та практичному опробуванні запропонованої методики фізичного моделювання газорідинного обміну газів та моторної оливи, що буде корисним у освітньому процесі при вивченні здобувачами дисципліни «Надійність технічних систем», а також для оцінки ресурсів моторних оливи за різними основами з урахуванням трибологічного стану ЦПГ двигуна. Результати дослідження можуть бути використані в галузі машинобудування, технічного обслуговування та ремонту автомобілів та на виробництвах моторних оливи.

Результати магістерського дослідження обговорювались на 2-х конференціях та опубліковані у вигляді 2-х тез та однієї наукової статті у співавторстві у наступних виданнях.

1. Кубич В.И. Экспериментальная оценка влияния картерных газов на эксплуатационное состояние моторного масла/Кубич В.И., Дрибас Д.Э./ «Тиждень науки-2020» - щоріч. наук.-практ. конф., 13-17 квітня 2020 р.: зб. тез допов., Т.1. - Запоріжжя, 2020. - ЗНТУ - С.57-59.
https://zp.edu.ua/uploads/dept_s&r/2020/conf/4.1/TN_2020-TF

2. Кубич В.И. Навантаження і тиск картерних газів при зміні триботехнічного стану ЦПГ бензинового ДВЗ/ В.І. Кубіч, О.Г. Чернета, Д.Е. Дрібас// XI між нар. наук.-практ. конфер. «Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту» 3 - 4 грудня 2020 року. ДІ НУ «Одеська морська академія» (очікується вихід збірника).
<https://dinuoma.com.ua/conference/>

3. Кубіч В.І. Експлуатаційні показники моторних оливи при моделюванні взаємодії з картерними газами ДВЗ/ В.І. Кубіч, О.Г. Чернета, Д.Е. Дрібас// Проблеми тертя та зношування в машинах. Київ, НАУ. №4 (89). 2020. с.12-23. <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/PTZ/issue/view/795>

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання

ЦПГ – циліндропоршнева група

КГ – картерні гази

ТО – технічне обслуговування

PCV – Positive Crankcase Ventilation (примусова система вентиляції картера)

ЗМІСТ

Вступ	10
1 Аналіз стану питань щодо впливу картерних газів бензинових двигунів на експлуатаційні показники моторних олив	11
1.1 Аналіз змін експлуатаційних показників моторних олив внаслідок штучного ініціювання окислення і при експлуатації в ДВЗ	11
1.2 Методи оцінки стану системи вентиляції картера і діагностики ДВЗ по витраті картерних газів	20
1.3 Напрямки вдосконалення систем вентиляції картерів ДВЗ	29
1.4 Формулювання основних наукових категорій дослідження	31
2 Загальна характеристика системи «ЦПГ двигуна – вентиляція картера – моторна олива»	34
2.1 Система вентиляції картера бензинових двигунів потужністю $N_e = 45-90$ КВт	36
2.2 Експлуатаційні показники моторних олив	41
2.3 Аналіз впливу зміни триботехнічного стану ЦПГ ДВЗ на стан системи «система вентиляції картера - картерні газы – моторна олива»	44
Висновки за розділом	43
3 Експериментальні дослідження впливу стану ЦПГ двигуна ВАЗ 21011 на експлуатаційні показники моторних олив	45
3.1 Визначення параметрів навантаження двигуна та тиску картерних газів в залежності від компресії двигуна	45
3.1.1 Методика вимірів навантаження та тиску картерних газів	45
3.1.2 Закономірності зміни тиску картерних газів від компресії двигуна	46
3.2 Фізичне моделювання взаємодії картерних газів з мірними об'єктами моторних олив AZMOL 15W40, EVO 10W40, EVO	

5W40	51
3.2.1 Розробка методики моделювання газорідного обміну між картерними газами та мірними об'ємами олив	53
3.2.2 Закономірності змін кінематичної в'язкості, лижного та кислотного чисел від зміни компресії двигуна	56
Висновки за розділом	64
4 Розробка попередніх рекомендацій щодо подальшого використання отриманих експериментальних даних	65
5 Здійснення аналітичних розрахунків витрат на виконання магістерського дослідження;	67
Висновки за розділом	77
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	79
Висновки за розділом	88
Висновки	89
Перелік джерел посилання	90

ВСТУП

Постійні процеси окислення підвищують небезпеку термічного і механічного руйнування масляної плівки на сполучених парах тертя двигуна, що призводить до порушення нормальної роботи двигуна (залягання і закоксовування поршневих кілець, прогару головок поршнів і т. п.). В процесі окислення в моторній оливі накопичуються корозійно-агресивні по відношенню до металів продукти, утворюється велика кількість твердих частинок, що ускладнюють циркуляцію масла, а на поверхнях, що труться утворюються відкладення. Таким чином для моторної оливи потребується стійкість до небажаного впливу на встановлений період від виробника.

Однак на моторну оливу мають вплив багато різних факторів, які можуть помітно знижувати заданий виробником ресурс і втрачати раніше закладений пакет присадок для противодії негативним хімімотологічним процесам.

Серед таких факторів впливу є триботехнічний стан циліндропоршневої групи двигуна і, на жаль, часто цей фактор не враховується. Так багаточисленні дослідження підтверджують підвищення прориву картерних газів внаслідок напрацюванням двигуна певного пробігу, через що триботехнічний стан ЦПГ погіршується і цим провокується прориви картерних газів і їх інтенсивніша взаємодія з моторною оливою.

На підставі цього необхідно провести аналіз стану питань с приводу зміни експлуатаційних показників через взаємодію з картерними газами. Цей аналіз дасть змогу оцінити враховуваність усіх факторів впливу на моторну оливу при оцінці її як прогнозованого ресурсу так і після напрацювання. Також на його основі можна виокремити результати, що спонукатимуть для проведення науково-дослідницьких робіт з їх підтвердженням чи спростуванням.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАНЬ ЩОДО ВПЛИВУ КАРТЕРНИХ ГАЗІВ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ МОТОРНИХ ОЛИВ

1.1 Аналіз змін експлуатаційних показників моторних олив внаслідок штучного ініціювання окислення і при експлуатації в ДВЗ

Як відомо, при окисленні водню, який входить до складу палива, утворюються пари води, що містяться також в картерних газах. При роботі двигуна в умовах низьких температур з картерними газами в картер надходить не тільки вода, а також частково окислені паливні фракції, що зазнали термічної деструкції, сажа, сірка, азот. Ці речовини мають низьку агрегатну стійкість і переходять в сполучні речовини утворюючи відкладення на деталях двигуна.

Вода є каталізатором низькотемпературного утворення відкладень. Активне надходження води в масло відбувається в період роботи двигуна на низькотемпературному режимі, коли картерні гази, що мають високу температуру, потрапляють в холодне середовище картерного простору, що призводить до конденсаційних процесів. Негативний вплив води на стан моторного масла, описано в роботі [1].

Зміна кінематичної в'язкості моторних олив в процесі експлуатації двигунів внутрішнього згорання в основному оцінюється по величині цього показника, який впливає на ресурс олив. Однак на зміну в'язкості одночасно впливають процеси окислення, температурної і механічної деструкції олив, продукти неповного згорання палива і зносу. Тому метою досліджень [2] була оцінка впливу продуктів окислення на в'язкісно-температурні характеристики моторних олив.

Для дослідження були обрані моторні оливи: мінеральну Роснефть Optimum 10W-40 SQ / CD і дві частково синтетичних Роснефть Maximum 10W-40 SL / CF і Лукойл Люкс 5W-40 SL / CF. Засоби випробування і контролю: прилад для окислення масел; фотометричний пристрій;

малооб'ємний віскозиметр, що дозволяє вимірювати кінематичну в'язкість в діапазоні температур від 40 до 130 ° С. [3]

Сутінсть методики дослідження полягала в наступному: проба оливи масою 100 г заливалася в прилад для окислення при температурі 180 ° С з перемішуванням скляній мішалкою з частотою обертання 300 об / хв при атмосферному тиску. Тривалість термостатування становила 8 годин. Після кожних 8 годин експерименту відбиралися частина оливи, що піддавалася окисленню, для прямого фотометрування при товщині фотометрованого шару 2 мм і визначення коефіцієнта поглинання світлового потоку, і частина проби масою 9 г для вимірювання в'язкості в діапазоні температур від 40 до 130 ° С зі збільшенням температури на 10 ° С.

Окислення проби тривало до значення коефіцієнта поглинання світлового потоку, рівного 0,75 ... 0,85. За значеннями кінематичної в'язкості, яка вимірюється при 40 і 100 ° С, визначався індекс в'язкості за нормативами.

За отриманими експериментальними даними будувалися графічні залежності, зображені на рис. 1.1, за якими визначався вплив процесів окислення на в'язкісно-температурні властивості моторних масел.

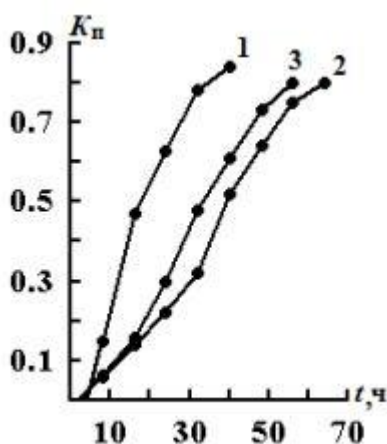


Рисунок 1.1 - Залежності коефіцієнта поглинання світлового потоку від часу окислення моторних масел:

1 - Роснефть Optimum 10W-40

SQ / CD; 2 - Роснефть Maximum 10W-40 SL / CF; 3 - Лукойл Люкс

5W-40 SL / CF

Графічна залежність по результатам дослідів на рисунку 1.1 показала, що більш стійким до окислення при використаному методі окислення є частково синтетична олива Роснефть Maximum 10W-40 SL / CF (крива 2).

Наступним у роботі показана залежність індекса в'язкості μ від коефіцієнта поглинання K_{Π} , зображена на рис. 1.2

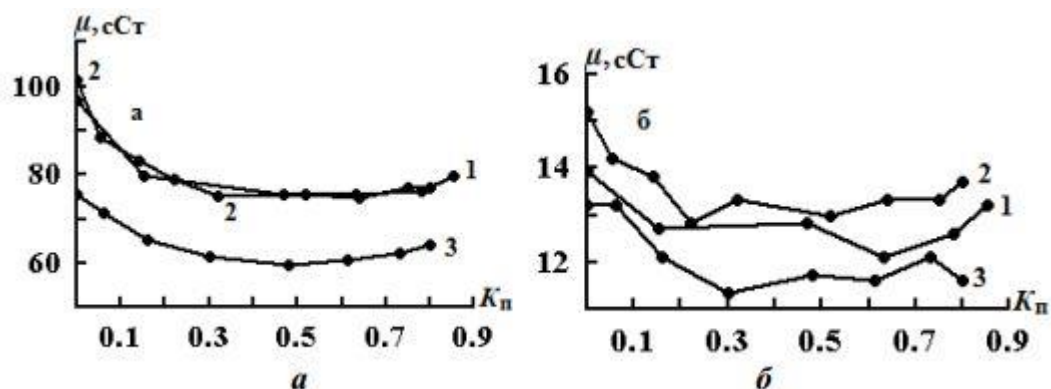


Рисунок 1.2 - Залежності кінематичної в'язкості при температурах 40 (а) і 100 (б) ° С від коефіцієнта поглинання світлового потоку:

1 - Роснефть Optimum 10W-40 SQ / CD; 2 - Роснефть Maximum 10W-40 SL / CF; 3 - Лукойл Люкс 5W-40 SL / CF

Так графічні залежності кінематичної в'язкості μ досліджуваних олив від коефіцієнта поглинання світлового потоку (рис. 1.2) дають змогу простежити, що зі збільшенням коефіцієнта K_{Π} в'язкість оливи, виміряної при температурі

40 ° С (рис. 1.2, а), змінюється по U-образному закону і більш стабільна для частково-синтетичної оливи Лукойл Люкс 5W-40 SL / CF. В'язкість, виміряна при температурі 100 ° С (рис. 1.2, б), зберігає ту ж тенденцію зміни, але схильна до значних коливань, що пов'язано зі зміною структури продуктів окислення при температурі 100 ° С.

Також у роботі було запропоновано оцінювати в'язкісно-температурні характеристики досліджуваних моторних олив при окисленні по тангенсу кута їх нахилу до осі ординат. Це дало змогу побачити межу зміни тангенса

кута нахилу в'язкісно-температурною характеристики, а до того ж встановити, що продукти окислення до певної концентрації збільшують кут нахилу залежностей (пологість), але зі збільшенням концентрації викликають його зменшення.

За результатами даного оцінювання по графічній залежності краще впоралась мінеральна олива Роснефть Optimum 10W-40 SQ / CD - з межою зміни тангенса кута нахилу 0,047 (2,19°); а частково синтетичні моторні оливи з наступними результатами: Роснефть Maximum 10W-40 SL/CF – 0,058 (2,66°); Лукойл Люкс 5W-40 SL/CF – 0,06 (2,66°).

Дані публікації спонукають для дослідження втрати експлуатаційних показників моторних оливок (зокрема з повністю синтетичною основою) внаслідок взаємодії з картерними газами. Такі дослідження включатимуть в собі взаємодію оливок з водяними парами, продуктами неповного згорання палива, сіркою та азотом, що дасть змогу наблизити умови взаємодії до реальних умов, які існують в процесі роботи двигуна.

У своїй роботі [4] вчені А.С. Попов, Б.И. Ковальский, С.И. Васильев досліджували вплив доливів оливок на окислювальні процеси моторної оливи, а також обґрунтовували критерій оцінки цього впливу.

Для дослідження обрані мінеральні оливи: М-10-Г2К (СС) і «Лукойл стандарт» 10W-40 SF / СС. Технологія досліду та засоби випробування і контролю була по аналогії до даного дослідження. [5]

Кількість теплової енергії, поглиненої продуктами окислення і випаровування при термостатуванні оливок, визначено коефіцієнтом термоокислительной стабільності $E_{ТОС}$, який є сумою коефіцієнту поглинання світлового потоку $K_{П}$ і коефіцієнту летючості $K_{Г}$.

Свідчить, що доливи оливок при температурах 180 і 160 °С зменшують значення коефіцієнта $E_{ТОС}$ за один і той же період часу, а при температурі 170 °С вони дещо збільшують коефіцієнт $E_{ТОС}$, причому, доливи проявляються через певний час випробування.

За допомогою визначеного коефіцієнта $E_{ТОС}$ можна встановити

температурні межі процесів перетворення: температуру початку процесу і граничну температуру, при якій вони протікають з великими швидкостями.

Як показник впливу доливів на ресурс мінеральних моторних олів дослідниками був запропонований коефіцієнт збільшення ресурсу $K_{ур}$ (1.1), який визначається відношенням часу досягнення прийнятих значень коефіцієнта термоокислювальної стабільності без доливів t_g до часу з доливами t .

$$K_{ур} = \frac{t_g}{t} \quad (1.1)$$

Результати роботи показали, що за даними для температури випробування 180°C , долив збільшують ресурс мінеральних олів, проте цей показник схильний до великих коливань, що вказує на складність процесу окислення при доливах. Доливи неоднозначно впливають на ресурс мінеральних олів.

Так, для оливи М-10-Г2К до значення коефіцієнта $E_{ТОС} = 0,2$ доливи не впливають на ресурс, а при значенні коефіцієнта $E_{ТОС} = 0,3$ ресурс збільшується на 20%. подальше збільшення коефіцієнта $E_{ТОС}$ викликає стабілізацію ресурсу на рівні 15%.

Для оливи «Лукойл стандарт» ресурс на початку випробування оливи з доливами збільшується на 40 %, але в подальшому зі збільшенням коефіцієнта $E_{ТОС}$ знижується до 15%.

Тож коефіцієнт збільшення ресурсу може служити додатковою інформацією для уточнення ресурсу моторних олів при експлуатації двигунів внутрішнього згорання і може бути взятим до розгляду. Однак він не враховує багатьох інших факторів впливу на ресурс моторної оливи.

У публікації доцента І.С. Наглюка [23] приведені результати наукової роботи, метою яких було дослідження якості моторних олів і швидкості надходження продуктів зносу в оливу при експлуатації на легкових автомобілях. Приведенні дані по зміні кислотного і лужного наведені у таблиці 1 і можуть слугувати аналітичними даними для подальших

експериментів з напрямку досліджень експлуатаційних показників моторних олів з різними основами.

У представленій таблиці даних по дослідженням можна одразу відмітити різні зазначені терміни служби олів, тобто напрацювання до заміни відрізняються. При напрацюванні в 10380 км олива Avanza 5W-40 на двигуні з пробігом 48930 км показала значення лужного числа в 2,23 мг КОН/г

Таблиця 1 – Результати аналізу показників якості моторних олів при експлуатації ВАЗ-21104

Найменування показників		Galaxis Extra 2 SAE 10W-40 API SJ/CF	Avanza SAE 5W – 40 API SL/ CF	Avanza SAE 5W – 40 API SL/ CF	Shell Helix Plus- SAE 10W – 40 API SJ/CF
Пробіг автомобіля, км		12 170	38 550	48 930	60 570
Термін служби оливи , км		9868	16 512	10 380	11 640
Лужне число мг КОН/г оливи		1,5	3,63	2,23	1,83
Кислотне число мг КОН/г оливи		4,74	4,94	4,12	4,36
Концентрація Fe, г/г		71	86	153	169
Швидкість надходження заліза до оливи	мг/км	0,022	0,016	0,046	0,041
	мг/л палива	0,31	0,22	0,63	0,56

Були взяті до уваги результати дослідів щодо зміни характеристик моторних олів в газопоршневих двигунах великої потужності. Досліди наведені у статті [7]. З результатами, наведеними у публікації, можна проводити порівняльну характеристику з отриманими даними після типових досліджень зміни показників моторної оливи.

Так олива G-Profi PSN 40 при нормованому періоді роботи в трьох двигунах (Jenbacher J320GSC, Caterpillar G3516 s/n ZBA, Waukesha L5794 GSI) не показала недопустимої втрати кінематичної в'язкості при 100°C, що свідчить про в'язкісно-температурну стабільність. За приведеними у роботі графоаналітичними даними можна простежити плинність втрати експлуатаційних показників оливою в залежності від напрацювань і взяти до

уваги момент настання втрати оливою її показників.

В цілому олива G-Profi PSN 40 протягом роботи в кожному з двигунів відпрацювала по нормованим показникам, встановлених виробником. Однак слід відмітити, що і олива має високотехнологічну основу і не можна сказати, що вона відноситься за нею до одного типу основи як звичайні моторні оливи бензинових двигунів. Її розробка і області використання були чітко пов'язані на виробництві. Самі ж двигуни є газопоршневого типу, що зумовлюють кращі умови для експлуатаційних показників використовуваної в них оливи.

З публікації [8] у Омському науковому журналі можна виокремити публікацію з характерними дослідженнями по темі. В ній науковці дослідили ресурс моторної оливи як показник, що залежить від умов експлуатації автотехніки. Для оцінки ресурсу оливи було прийнято розглядати його по значенням кислотного та лужного числа у пробах оливи, що піддавалась лабораторним дослідженням.

Суть дослідження наступна: була обрана універсальна олива по класу в'язкості 10W-40 і однакові двигуни УМЗ-4216 в складі автомобілів, які напружували пробіг за різних умов експлуатації (рух транспорту в заміському і міському режимі, різні види пального). Проби моторних оливи кожного з автомобілів були лабораторно досліджені, по результатами побудовані наступні графічні залежності ресурсу моторної оливи від режиму роботи автомобіля та від виду палива рисунок 1.3

Дані графічні залежності показали, що більший вплив на ресурс моторної оливи має двигун на бензиновому паливі, а на газовому – менший. Тобто у двигуні на газовому паливі прогнозований кінець ресурсу моторної оливи наступить на 17000 км пробігу, а в двигуні на бензиновому паливі – на 12000 км.

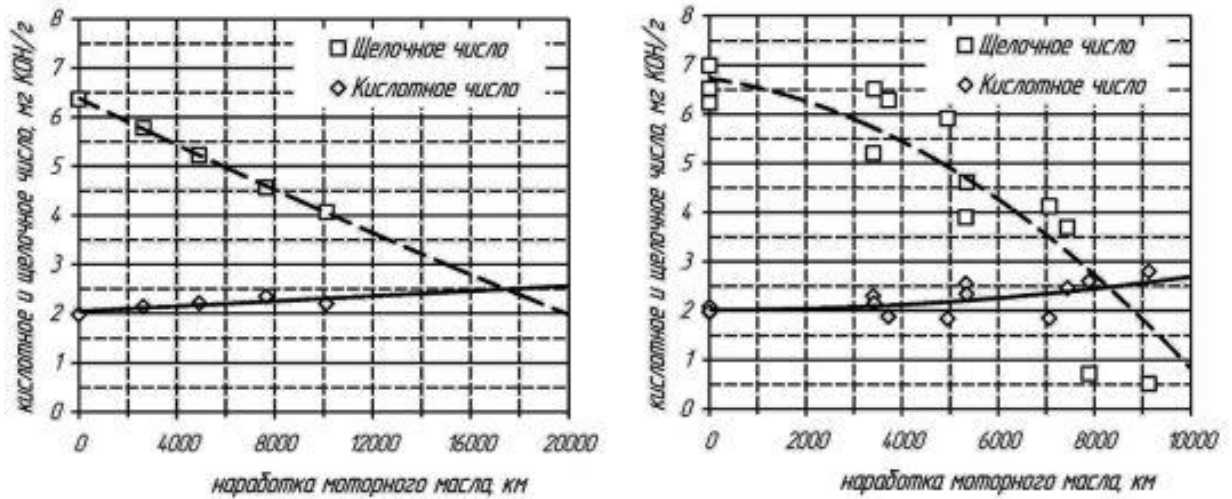


Рисунок 1.3 - Вплив виду палива і режиму роботи автомобілів на ресурс моторного масла:

а і б - автомобілі, які використовували газове паливо (рух в заміському і міському режимі відповідно); в і г - автомобілі, які працювали на бензині (рух в заміському і міському режимі відповідно)

Робота автомобіля в заміських умовах відрізняє стабільність навантажень на двигун і відсутність перехідних режимів. Тому такий режим роботи сприяє збільшенню ресурсу моторного масла, що показує графічна залежність. Так по відношенню до міського циклу при роботі на бензині прогнозований ресурс збільшується в 2,5 рази, а при роботі на газу – в 2 рази.

Дані дослідження дають змогу простежувати зміну кислотного та лужного числа в залежності від напрацювання за різних умов експлуатації. Однак прогнозовані ресурси не враховують таких чинників як знос ЦПГ двигуна та, як наслідок, параметр величини потоку картерних газів. І як відмічають самі дослідники, що представлені результати справедливі тільки для конкретних зразків техніки і моторного масла, які експлуатувалися в зазначених умовах. Тож дані нюанси спонукають до врахування їх у дослідженнях поточної науково-дослідницької роботи.

З метою попередньої оцінки зміни експлуатаційних властивостей моторних олів при примусовому збагаченні картерів газами проведені такі

натурні випробування [9] з моделюванням фізичної взаємодії полусинтетичної оливи Wolf 10W-40 з картерними газами двигуна ВАЗ 21011 через патрубок його системи вентиляції картера. Об'єм порції моторної оливи становив 200 мл. Всі зразки моторної оливи досліджувалися в спеціалізованій лабораторії. Визначалися наступні показники:

- кинематична в'язкість γ при 100 °С и 40 °С, мм²·с⁻¹;
- лужне число, мг КОН/г;
- кислотне число, мг КОН/г;
- концентрації хімічних елементів Zn, P, S, Ba, Ca

Діаграми зміни показників по п'яти зразках оливи наведені на рисунку 1.4.

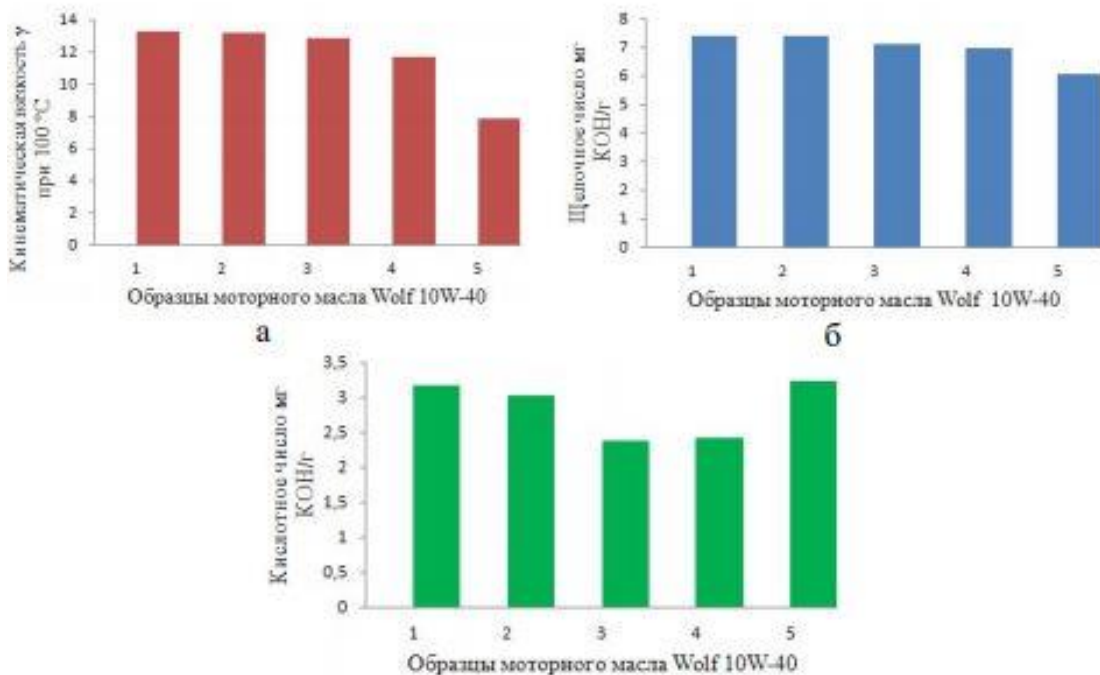


Рисунок 1.4 - Эксплуатационные показатели образцов полусинтетической моторной оливы Wolf 10W-40:

1 - нова олива, без використання; 2 - насичення картерними газами протягом $t_1 = 1$ хв при $n_1 = 975$ хв⁻¹ і змінними режимами $n_2 = 1000 \dots 3500$ n_2 протягом $t_2 = 35$ с; 3 - насичення картерними газами протягом $t_1 = 3$ хв при $n_1 = 975$ хв⁻¹ і змінними режимами $n_2 = 1000 \dots 3500$ хв⁻¹ протягом $t_2 = 15$ с;

4 - з присадкою «Ремол-2» (10% від експлуатаційного об'єму) і напрацюванням 0,25 мотогодин; 5 - з присадкою «Ремол-2» (10% від експлуатаційного об'єму) і напрацюванням 500 км пробігу автомобіля.

Аналіз отриманих даних вказує на наступне. Має місце розведення оливи продуктами незгорілого палива, що міститься в картерних газах. Зосереджене збагачення картерними газами неексплуатованої моторної оливи протягом 1 хв викликає зниження в'язкості на 0,6%, а протягом 3 хв на 3,3%. Останнє значення вказує на стрімке наближення до допустимого граничного значення: 3,3% → 5,0%.

Додавання присадки «Ремол-2» обумовлює зниження в'язкості на 12%, що вище за критичний рівень. При цьому зниження лужного числа становить 6%, а кислотного числа - 24%. Таким чином, на тлі значного впливу прискореного збагачення «свіжого» моторної оливи картерними газами, прояв властивостей присадки «Ремол-2» на спрацьовування пакета основних присадок не однозначний.

Що стосується змін в концентрації хімічних елементів, то вони відносно пропорційні зміні лужного числа. Отримані результати дослідження представляються базовими для оцінки закономірностей зношування пар тертя механізмів ДВС на етапах витрачання його експлуатаційного ресурсу і режимах інтенсифікації старіння моторних олив. Їх беремо за основу до виконання науково-дослідницьких робіт і на момент експериментальних робіт.

1.2 Методи оцінки стану системи вентиляції картера і діагностики ДВЗ по витраті картерних газів

Оскільки вимоги до систем вентиляції поступово зростають на ряду з потребою в екологічності ДВЗ, а ефективність системи в процесі експлуатації може знижуватися, то є необхідність у методиці оцінки стану роботи даної системи. Вченими з Казанського університету спільно з науково-технічним центром ПАО «КАМАЗ» була протестована методика

оцінки стану і роботи системи вентиляції картера [39]. Для оцінки розраховувалась спочатку витрата оливи G_{Π} , що попадала до системи вентиляції :

$$G_{\Pi} = G_y + G_0 = \frac{m_y + m_0}{t} \quad (1.2)$$

де G_y та G_0 – витрата віднесеної і відділеної оливи масловіддільником, г/хв;

m_0 – маса відділеної оливи (злитого з масловіддільника), г;

m_y – маса віднесеної (що осіла у фільтрі) оливи за фактичний час вимірювання, г;

t – фактичний час вимірювання, хв.

Далі для оцінки знаходилось відносний вміст оливи в КГ (г/л):

$$a = \frac{G_{\Pi}}{G} \quad (1.3)$$

де G – витрата КГ, г/хв.

І вже на основі цих даних визначалась ефективність системи вентиляції картера E , % :

$$E = \frac{m_0}{m_y + m_0} \cdot 100 \quad (1.4)$$

На основі існуючої інформації про системи вентиляції картера і про вимоги до нього вчені поставили за ціль її модернізацію з подальшою апробацією таких змін в конструкцію і впливу на ефективність роботи.

В якості елемента для модернізації дослідниками було запропоновано патентну модель масловіддільника рисунки 1.5 та 1.6.

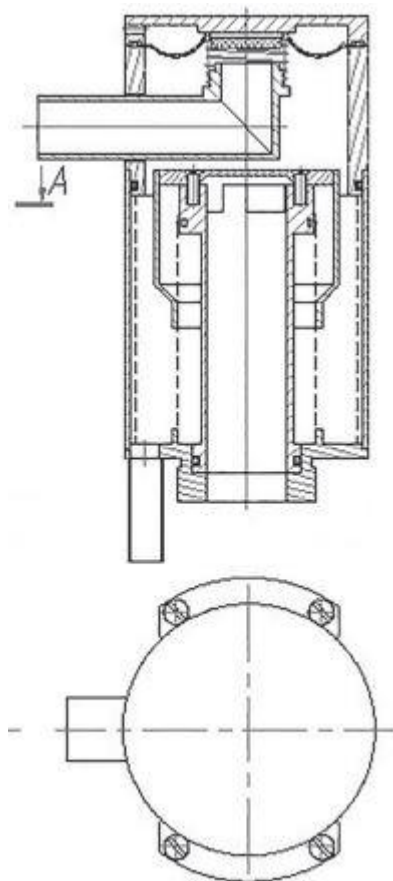


Рисунок 1.5 - Сопловий масловіддільник для закритої системи вентиляції картера ДВЗ (патент на корисну модель № 111582)

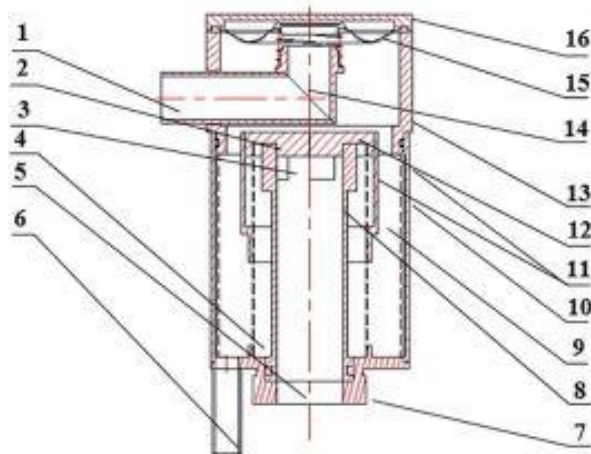


Рисунок 1.6 - Основні конструктивні елементи соплового масловіддільника для закритої системи вентиляції картера ДВЗ:

1 – вихід для випуску відділених газів; 2 – сопловий апарат центральної втулки; 3 – вікна соплового апарату; 4 – заспокоювач; 5 – вхід для прийому маслогазової суміші від двигуна; 6 – випускний патрубок для відводу і зливу оливи; 7 – нижня частина корпусу; 8 – центральна втулка; 9 – направляюча втулка; 10 – корпус масловіддільника; 11 – масловідділювальна сітка; 12 – торцева кришка; 13 – верхня частина корпусу; 14 – відвідний патрубок відділених КГ; 15 – контролюючий клапан з пружиною; 16 – кришка

Для проведення дослідження ефективності роботи патентного масловіддільника використовувалась спеціальна установка, до якої він під'єднувався [39]. Установка імітує систему вентиляції картера і забезпечує:

- імітацію картерних газів шляхом підведення повітря під тиском;
- подачу підготовленої масло-повітряної суміші для імітацію подачі оливи в систему;
- відведення газів з масловіддільника і їх фільтрацію (для визначення ефективності видалення оливи масловіддільником);
- збір осадженої оливи для її подальшого зважування і визначення ефективності масловіддільника);
- розрідження на виході з масловіддільника для роботи в закритому циклі.

В якості навантаження на систему і сам масловіддільувач при проведенні експерименту дослідники використовували підвищення параметру подачі стиснутого повітря, який варіювався від 100 до 500 л/хв з кроком в 100 л/хв.

За результатами експериментального дослідження було доведено ефективність впровадження розробленого патентного масловіддільника, яка протягом всього випробування складала 99%. Однак слід відмітити показник витрати оливи, подаваної до масловіддільника, суттєво не змінювався. А відносний вміст оливи в КГ з підвищенням витрати КГ почав знижуватися, що пояснює як раз тим, що кількість подаваної оливи залишалась сталою протягом всього експерименту.

Таким чином методика визначення ефективності системи вентиляції картера є корисною і практично застосованою, однак експериментальні підтвердження потребують більшого наближення до реальних умов взаємодії при роботі в ДВЗ.

У дисертації вченого Ніколаєва Е.В. [6] була проведена робота по вдосконаленню технології діагностування ДВЗ по параметрам картерних газів.

Николаев у своїй роботі підвів до того, що математичні моделі процесу прориву газів з надпоршневого простору в порожнину картера не враховують знос і несправність ЦПГ, що виникає при експлуатації техніки і збільшенні її напруження.

Така математична модель має вигляд (1.5):

$$V_{\text{КГ}} = 0,1 \cdot P_i \cdot \frac{D}{S} \cdot \sqrt[3]{V_{hi}} \cdot i \quad (1.5)$$

де $V_{\text{КГ}}$ - обсяг потоку газів за цикл, л / хв;

$\sqrt[3]{V_{hi}}$ - лінійний розмір одного циліндра, см;

P_i - середній індикаторний тиск, кг / см²;

i - кількість циліндрів;

D – внутрішній діаметр циліндра;

S – хід поршня;

$0,1$ – коефіцієнт, який визначається тривалістю циклу.

Однак вчений відмічає, що дана формула емпірично пов'язує геометрію і конструкцію двигуна (діаметр гільз циліндрів, хід поршня, тактність, кількість циліндрів і т.д.) з проривом газів в картер без урахування зазорів в з'єднаннях поршень - кільце – циліндр. Тому з цієї причини дана формула є корисною для розрахунків у двигунах в новому стані.

В роботі звертається увага на той факт, що з напрацюванням двигуна витрата картерних газів зростає. Тому була виведена формула (1.6), яка враховує це твердження:

$$Q_T = Q_0 + A_i \cdot T_m^\alpha \quad (1.6)$$

де Q_T - поточне значення витрати картерних газів;

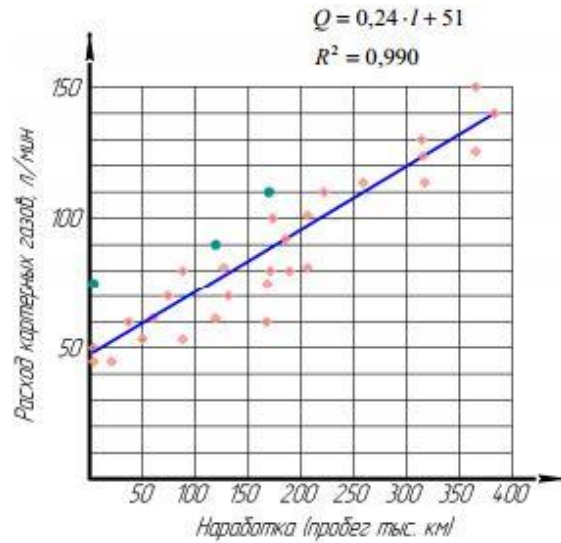
Q_0 – номінальне значення витрати картерних;

A_i – швидкість зростання витрати картерних газів від напрацювання, для кожного типу двигуна він свій;

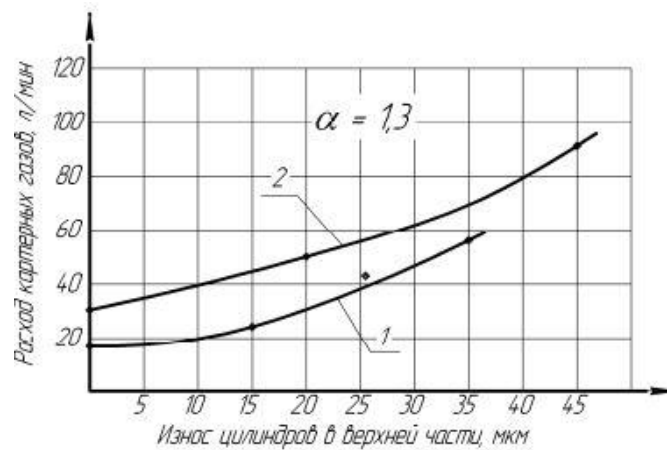
T_m - поточне напрацювання двигуна.

По даним експериментального дослідження [6] Ніколаєв визначив і представив наступні залежності витрати картерних газів:

- від пробігу автомобіля (рис 1.7, а);
- від зносу циліндрів в верхній частині (рис 1.7, б);
- від старіння моторної оливи, вираженої в її напрацюванні (рис 1.8);
- від температури прогріву двигуна;
- від навантаження на двигун;



а



б

Рисунок 1.7 - Залежність витрати картерних газів від технічного стану ЦПГ:

а - залежність витрати картерних газів від напрацювання (пробігу) двигунів

ЯМЗ-238;

б - залежність витрати газів картерів від збільшення зносів верхній частині

гільз цилиндрів двигунів.

Представлений графік на рисунку 1.7, а свідчить про постійну лінійну прогресію залежності витрати картерних газів пробігу автомобіля. Тому цілком логічно пов'язати наростання витрати КГ с постійним зносом ЦПГ двигуна в процесі роботи, оскільки знос продукує більший потік газів, що прориваються в картер.

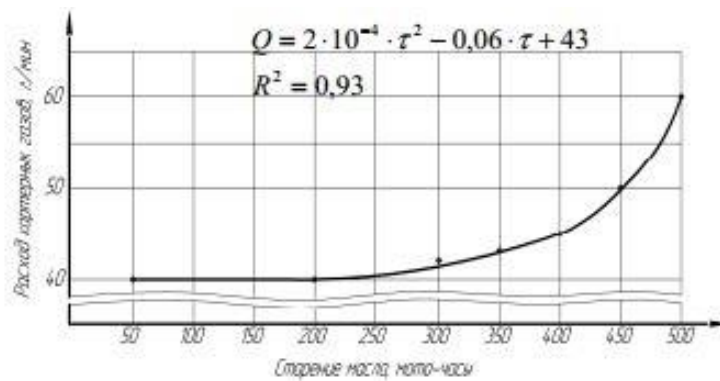


Рисунок 1.8 - Залежність витрати картерних газів від старіння моторної оливи, вираженого в її напрацюванні

Представлена на рисунку 1.8 залежність добре описує стан моторної оливи і момент початку в його старіння і втрати експлуатаційних показників. Так, моторна олива не має помітного впливу на витрату КГ до моменту, коли вона напрацює 300 мотогодин. Після такого напрацювання масло помітно підвищує свій вплив на параметр витрати КГ. Результати останнього додатково провокує до дослідження зворотної залежності в поточній магістерській роботі.

Щоб показати в більш широкому плані вплив старіння оливи на витрату картерних газів дослідник порівнює його результати з оливою тільки після її зміни на рис. 1.9. Також для достовірності досліди були проведені на семи двигунах. [6]

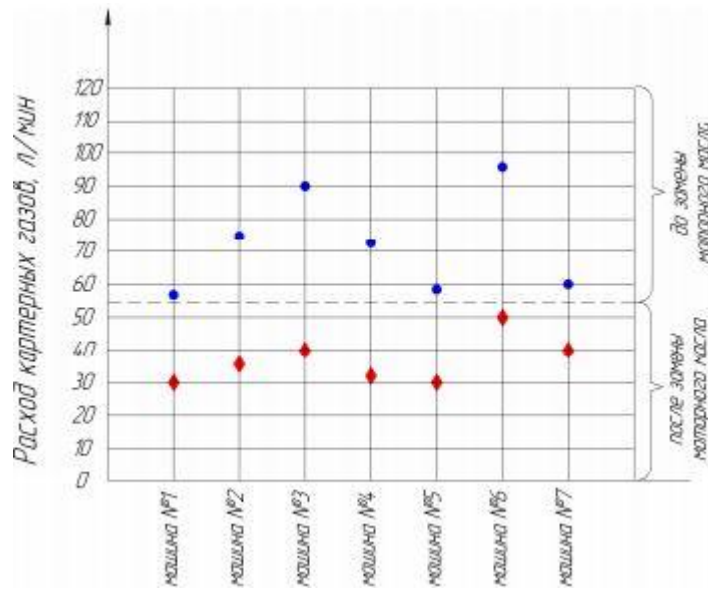


Рисунок 1.9 Залежність витрати КГ від моторної оливи на початку її роботи в двигуні і в момент перед її заміною

З зображеної залежності видно, що в середньому заміна моторної оливи зменшує витрату КГ на 30 л/хв.

Також дослідження показали, що з прогріванням двигуна лінійно зростає і параметр витрати газів. Фактор навантаження на двигун також має вплив на параметр витрати КГ і з його збільшенням витрата також збільшується.

Всі розглянуті залежності в роботі засвідчили про важливість кожної з при розрахунках картерних газів. Тому вченим Ніколаєвим була розроблена модель кореляційної залежності багатofакторного впливу на витрату картерних газів:

$$Q = 0,02T + 0,38t + 0,54M + 0,05\tau + 7,84 \quad (1.7)$$

де Q - витрата картерних газів, л / хв;

T - напруцювання двигуна, мотогодина;

t - температура охолоджуючої рідини, °С;

M - крутний момент на валу двигуна, Н · м;

τ -наработка картерної оливи, ч.

Також по результатам проведених дослідів було встановлено, що найбільший вплив на значення витрати картерних газів має навантаження на двигун - 52% і тепловий режим двигуна - 36%.

Результати даної наукової роботи несуть в собі практичний потенціал для подальших досліджень поточної дипломної роботи і потребують підтвердження їх значень для бензинового двигуна.

1.3 Напрямки вдосконалення систем вентиляції картерів ДВЗ

Оскільки інженерно-технічним об'єктом магістерської роботи є система вентиляції картера, то доцільним буде дослідити існуючі напрацювання в напрямку вдосконалення систем вентиляції картерів ДВЗ.

У розробці елементів системи вентиляції картера приймали участь такі дослідники як Баринов О.В., Башегуров С.В., Ямаев А.С, результатами напрацювань яких стала патентна розробка пристрою для зниження надходження моторної оливи до системи вентиляції картера [16].

Теоретичним результатом розробки є підвищення ефективності системи вентиляції за рахунок зниження кількості надійшовшої в систему вентиляції моторної оливи, а також забезпечення додаткової попередньої сепарації і повернення відсепарованої моторної оливи назад до двигуна. Для його досягнення пристрій для зниження поступлення моторної оливи в систему вентиляції картера ДВЗ, що має направляючий екран, додатково має встановленні в порожнині між картером маховика і блоком циліндрів велику і малу стінку з формуванням каналу зв'язку, при цьому більша стінка виконана з вигином і має отвір, який може бути виконаний в її вигині як це відображена на рисунку 1.10 [16].

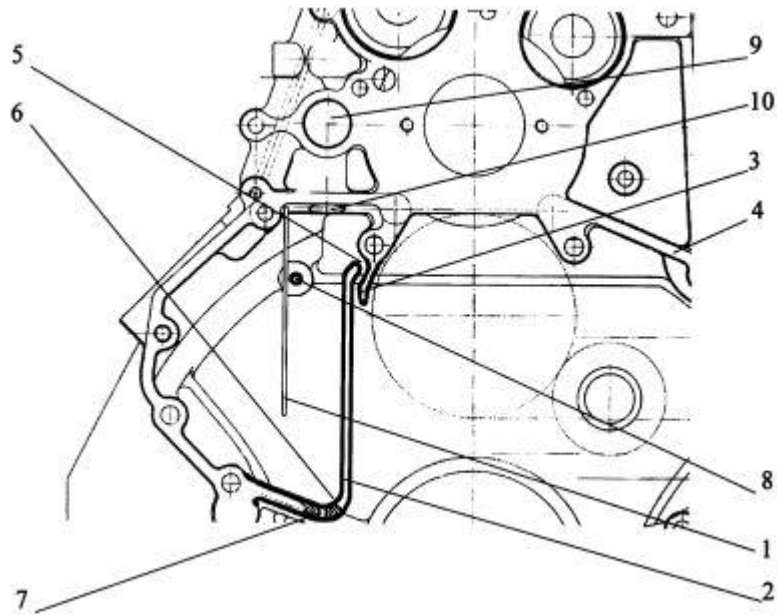


Рисунок 1.10 - Пристрою для зниження надходження моторної оливи до системи вентиляції картера

Така конструкція дозволяє забезпечити ефективну роботу системи вентиляції картерного простору ДВЗ за рахунок активного маслоосадження потоку картерних газів, при цьому осаджена олива з картерних газів зливається в двигун через отвір, виконаної у великій стінці.

На основі існуючих напрацювань і розробок конструкторами з Форд Глобал Технолоджис, США була проведена робота по модернізації системи вентиляції картера. Шляхом врахування недоліків та їх вирішення була запропонована наступна патентна розробка [14]. Дана розробка буде особливо корисною для V-образних двигунів, оскільки при прикладенні бічної і доцентрової сили до них моторна олива може збиратись в одній головці блоку циліндрів. В таких випадках олива може потрапляти й до інших систем двигуна. Тож для покращення маслоосадження і усунення зокрема цього небажаного наслідку пропонується до розгляду наступна патентна розробка, яка була встановлена в систему двигуна, що містить окрім стандартного оснащення механічно керований клапан, показаний на рисунку 1.11, розташований в трубопроводі PCV. Механічно керований клапан активується, коли бічне або доцентрове навантаження на двигун стає

вище порогового рівня, а після активації обмежує потік газів з картера двигуна в канал PCV.

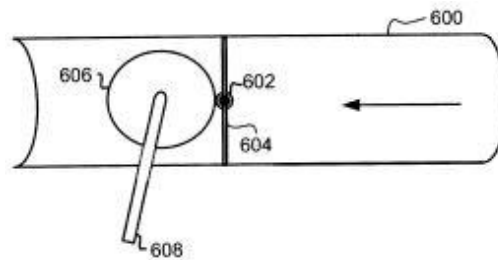


Рисунок 1.11 – Механічний клапан в трубопроводі PCV

Такий винахід має декілька переваг. Зокрема, даний підхід знижує вихлопи двигуна, пов'язані з системою примусової вентиляції картера. Крім того, даний винахід знижує вартість системи, так як виключає використання дорогих насосів для обмеження потоку оливи через систему примусової вентиляції картера. Додатково, даний винахід забезпечує спрощене управління двигуном, оскільки система в деяких прикладах здійснення обмежує потік по шляху вентиляції картера за допомогою тільки механічно активованого пристрою[14].

1.4 Формулювання основних наукових категорій дослідження

На підставі проведеного вище аналізу стану питань у напрямку досліджень зміни експлуатаційних показників моторних оливи внаслідок взаємодії з різними факторами, а також проведеного попередньо експерименту стало можливим сформулювати наступні наукові категорії магістерського дослідження.

Мета роботи – визначити характер впливу картерних газів бензинового двигуна на зміну експлуатаційних показників моторних оливи за різними основами при зміні триботехнічного стану циліндропоршневої групи двигуна.

Інженерно-технічний об'єкт – система вентиляції картера

бензинового двигуна ВАЗ 21011.

Мета роботи – визначити зміну експлуатаційних показників моторної оливи бензинового двигуна внаслідок взаємодії з картерними газами при різних співвідношеннях взаємодії, провести аналіз результатів з подальшим заключеннями.

Об’єкт дослідження – процес газорідного обміну між картерними газами та мірними об’ємами мінеральних, напівсинтетичних і синтетичних моторних олив при фізичному моделюванні їх взаємодії.

Предмет дослідження – закономірності зміни кінематичної в’язкості, лужного числа, кислотного числа від триботехнічного стану циліндропоршневої групи двигуна (компресія в циліндрах)

Задачі дослідження:

- проведення аналізу наукових публікацій щодо проявів змін експлуатаційних показників моторних олив;
- визначення та аналіз методів діагностування ДВЗ по параметрам картерних газів;
- визначення напрямків вдосконалення систем вентиляції картерів ДВЗ;
- аналіз впливу зміни триботехнічного стану ЦПГ ДВЗ на стан системи «система вентиляції картера - картерні газы – моторна олива» ;
- виявлення недоліків в конструкції систем вентиляції картерів та узагальнення поглядів на їх вдосконалення
- теоретичне обґрунтування взаємодії параметрів, які визначають стан системи « ЦПГ – система вентиляції картера – моторна олива»;
- визначення параметрів технічного стану ДВЗ за навантаженням та тиску картерних газів в залежності від зміни компресії в циліндрах;
- розробка методу фізичного моделювання натурального газорідного обміну між картерними газами та мірними об’ємами моторних олив;
- отримання графічних залежностей змін кінематичною в’язкості, лужного та кислотного чисел при зміні часу моделювання взаємодії та компресією двигуна;

- розробка попередніх рекомендацій щодо подальшого використання отриманих експериментальних даних
- здійснення аналітичних розрахунків витрат на виконання магістерського дослідження;
- розробка заходів з охорони праці при виконанні теоретичної та практичної складової дослідження.

Методи дослідження – метод фізичного моделювання газорідного обміну, метод визначення тиску картерних газів, метод визначення розрідження у впускному колекторі, методи математичної статистики для обробки і узагальнення експериментальних даних.

Практична значимість - полягає у розробці та практичному опробуванні методики фізичного моделювання газорідного обміну газів та оливи, що буде корисним у освітньому процесі при вивченні здобувачами дисципліни «надійність технічних систем», а також для оцінки ресурсів моторних оливи з різними основами з урахуванням такого фактора як стан ЦПГ двигуна. Результати дослідження можуть бути використані в області машинобудування, технічного обслуговування та ремонту автомобілів та на виробництвах моторних оливи.

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ «ЦПГ ДВИГУНА – ВЕНТИЛЯЦІЯ КАРТЕРА – МОТОРНА ОЛИВА»

Двигун внутрішнього згоряння працює за принципом спалювання паливно-повітряної суміші в циліндрах. Після спалювання паливного заряду відпрацьовані гази та інші продукти згоряння суміші повітря і палива в більшій частині виводяться через випускну систему назовні, тобто викидаються в атмосферу.

Робочі процеси двигуна протікають в широкому температурному діапазоні. Температурний діапазон обмежується рамками температурних умов в яких експлуатується двигун з одного боку і стабілізованою температурним станом в умовах максимальних навантажень з іншого боку. Такі широкі межі температур вимагають наявності теплових зазорів.

Теплові зазори конструктивно передбачені в сполученнях газорозподільного механізму в сполученнях деталей циліндропоршневої групи, а саме:

- сполучення поршень - гільза циліндра;
- поршневі кільця - канавка поршня,
- поршневі кільця - гільза циліндра.

В ході експлуатації через знос деталей теплові зазори збільшуються. Зношується внутрішня поверхня гільз і поверхня поршнів, збільшується ширина поршневих канавок, зростають зазори в замках поршневих кілець і між самими кільцями та стінкою циліндра.

Тому цілком розумне твердження, що ідеальна герметизація камери згоряння не можлива. Таке явище є невід'ємною частиною роботи двигуна і, при всій його небажаності, не може бути цілком усунуте навіть в повністю новій, справній циліндропоршневій групі, виготовленної з найкращих матеріалів.

Тому з урахуванням того, що в камері згоряння створюється високий тиск, а через знос деталей та теплові зазори в непрогрітому двигуні частина

газів, залишки незгорілого палива та різні включення прориваються через сполучення деталей циліндропоршневої групи і потрапляють в картер ДВЗ.

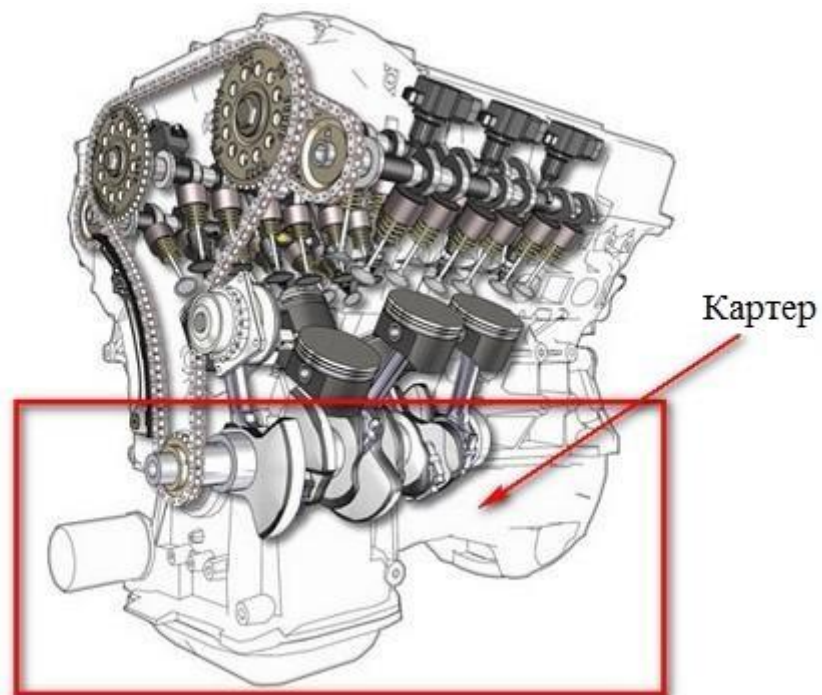


Рисунок 2.1 - Картер V-образного бензинового двигуна

Картер являє собою закриту порожнину, в якій знаходиться колінчастий вал двигуна і інші деталі силового агрегату, що зображено на рисунку 2.1 [10].

Об'єм картерного простору заповнений газомасляним туманом, який має хаотичний рух. Хаотичному руху сприяють імпульсні рухи газових прошарків, зворотно-поступальний рух поршнів, а також обертання колінчастого вала і складні плоскопаралельні рухи шатунів. Форма картера досить складна, рух газів і масла по простіру картера важко описати будь-якими законами. Проте, гази мають загальну спрямованість: від деталей циліндропоршневої групи, в сторону системи вентиляції картера, як показано на рисунках 2.1 та 2.2 схематично.

У порожнині картера постійно присутній окрім газомасляного туману ще пари незгорілого палива і водно-масляна емульсія. Зазначені гази

називаються картерними газами. Вони чинять негативний вплив на моторну оливу при роботі двгуна. Паралельно з цим надлишок картерних газів може призвести до зростання тиску в картері. В результаті моторна олива починає видавлюватися з прокладок, сальників, кришок і різних ущільнень системи вентиляції самого картера. Окрім того тиск здатен видавити масломірний щуп двигуна з подальшим викиданням оливи в моторне відділення, що в свою чергу теж несе свої негативні наслідки на роботу і ресурс двигуна.

Тому питання відводу газів з картера виникло доволі давно, на ранніх стадіях двигунобудування. Проте з плином часу і розвитком технологій це питання досі є актуальним. Його вирішення маю свою історію розвитку і ряд різних пропозицій зі своїми недоліками та перевагами.

Для того щоб звести до мінімуму вплив картерних газів і зменшити інтенсивність процесу старіння оливи, необхідно їх видаляти з картерного простору. Процес видалення газів називається вентиляцією картерного простору, а комплекс пристроїв, що забезпечують цей процес, - системою вентиляції.

2.1 Аналіз конструкції системи вентиляції картера бензинових двигунів потужністю $N_e = 45-90$ КВт

Початковим рішенням вентиляювання картера стала система вентиляції картера відкритого типу. Таке рішення хоч і давало вихід із ситуації з надлишковим тиском газів в картері, проте несло в собі багато побічних наслідків.

Конструктивні особливості даного типу можна розглянути на бензиновому ДВЗ ЗМЗ-24Д ($N_e=70$ КВт) [11].

Принцип роботи такої системи базувався на розрідженні у витяжній трубі, косий зріз якої був направлений на зустріч руху автомобіля. Таке конструктивне рішення було недосконалим, бо для виникнення розрідження необхідний рух автомобіля. Окрім цього відкрита система у двигуні з високим надлишком картерних газів часто викидала назовні і моторну оливу,

про що свідчили дороги того часу з характерною масляною полосою на ній.

Широко застосовувана вентиляція відкритого типу приблизно з середини 1960-х років була заборонена спочатку в США, а потім і в Західній Європі. Зазначений спосіб вентиляції картера двигуна відрізняє простота і дешевизна конструкції, що, втім, «компенсується» істотним забрудненням атмосфери.

На ЗМЗ-24Д для вирішення такого конструктивного недоліку було додано масловіддільник, що не давав оливі виходу назовні. В лабіринтовому відділювачі рух картерних газів сповільнюється, за рахунок чого краплі моторної оливи осідають на стінках та стікають у піддон картера двигуна.

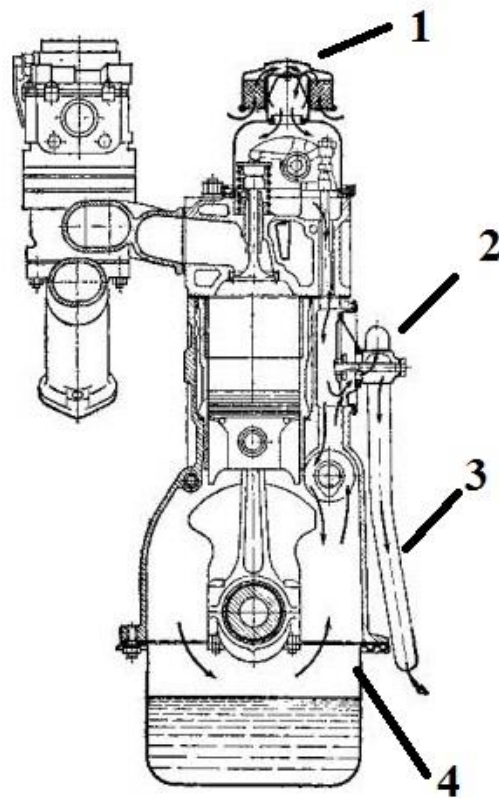


Рисунок 2.2. - Система вентиляції картера бензинового ДВЗ ЗМЗ-24Д відкритого типу:

- 1 – повітряний фільтр; 2 – масловіддільник; 3 – витяжна трубка;
4 – картерна порожнина

Однак система вентиляції потребувала кращої якості роботи з мінімумом негативних наслідків як для двигуна так і для оточуючого середовища.

Картерні гази мають негативний вплив не тільки на моторну оливу, а й на живі організми і оточуюче середовище через свою токсичність. Набираюча оберти екологізація ДВЗ торкнулась і даної системи.

Так була розроблена примусова система вентиляції закритого типу, яка не має прямого сполучення з атмосферою. Примусовість системи полягає у принципі її роботи. Беремо до розгляду конструкцію такої системи на базі бензинового ДВЗ ВАЗ 21011 ($N_e = 51$ кВт) (рисунок 2.3)

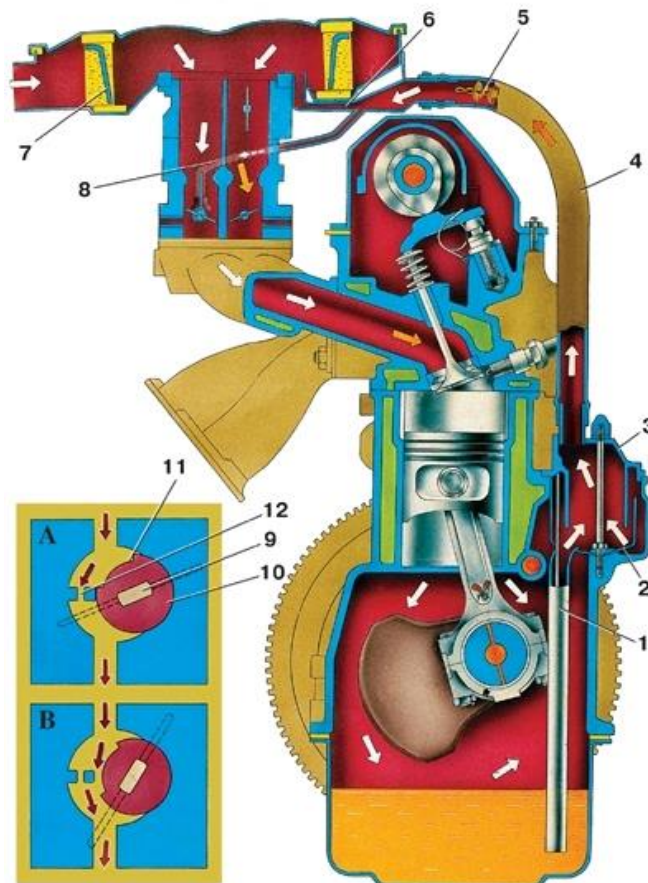


Рисунок 2.3. - Примусова система вентиляції картера бензинового карбюраторного ДВЗ ВАЗ 21011:

А і В - робота золотникового пристрою карбюратора при малій частоті обертання колінчастого вала (А) і при високій (В); 1 - зливна трубка масловіддільника; 2 - масловіддільник; 3 - кришка сапуна; 4 - шланг відведення газів; 5 - полум'ягасник; 6 - витяжний колектор; 7 - фільтруючий елемент повітряного фільтра; 8 - шланг відведення газів в задросельний простір карбюратора; 9 - вісь дросельної заслінки первинної камери; 10 - золотник; 11 - канавка золотника; 12 - калібрований отвір

Картерні гази при роботі двигуна відсмоктуються в витяжний колектор 6 через масловіддільник 2 з кришкою 3, де олива відділяється і стікає вниз по трубці 1. У шлангу 4 встановлений полум'ягасник 5, який не допускає прориву полум'я в картер при «спалахах» в карбюраторі [39]

З витяжного колектора гази в залежності від режимів роботи двигуна далі можуть проходити двома шляхами:

- у повітряний фільтр, проходячи фільтруючий елемент 7, і через карбюратор в циліндри двигуна з горючою сумішшю;
- через шланг 8 до золотникового клапану 10 карбюратора і далі у задросельний простір карбюратора.

Золотниковий клапан є тим самим елементом системи, що регулює проходження картерних газів першим чи другим шляхом. Золотник напряму пов'язаний с дросельною заслінкою і по мірі її відкриття змінює своє положення, що дає прохід газам через калібрований отвір.

Його наявність пов'язана з розрідженням у впускній системі, що «витягувало» б картерні гази до неї. При роботі двигуна на холостому ході або з невеликими навантаженнями дросельні заслінки або закриті, або злегка відкриті, розрідження у корпусі повітряного фільтра занадто мале і вентиляція через велику гілку відбувається слабо, а під закритими дросельними заслінками розрідження досить велике. Тому вентиляція відбувається через малу гілку вентиляції картера [39].

Однак, ще однією необхідністю золотникового клапану є запобігання

нестійкій роботі двигуна на холостому ході через надмірне підсмоктування стороннього повітря в карбюратор через повітряний фільтр з шлангу 4. Надмірний тиск в системі вентиляції, що може призводити до надмірного підсмоктування повітря у карбюратор часто викликаний:

- несвоєчасним ТО системи і як наслідок її забруднення;
- високим зносом циліндропоршневої групи.

Високий знос ЦПГ в свою чергу збільшує надходження картерних газів у систему, що підвищує в ній тиск, а це несе за собою швидше забруднення системи і зменшення термінів між її обслуговуваннями.

Часто ці фактори не враховуються, ТО системи ігнорується і проблеми пов'язані с цим несуть в собі:

- швидше забруднення, старіння і окислення моторної оливи;
- потрапляння оливи та емульсії до повітряного фільтра і його забруднення;
- маслянисті відкладення у впускному колекторі, на дроселі і нагар на свічках запалювання;
- перебої в роботі двигуна (він починає троїти і погано запускатися);
- забруднення відкладеннями жиклерів і каналів карбюратора (перестає піддаватися регулюванню)
- збільшення зносу ЦПГ;
- погіршення економічності внаслідок приготування перенасиченої паливної суміші .

Діагностування несправності примусової системи вентиляції чи її елементів достатньо непросто. Вона може функціонувати на грані, проте чинити шкоду іншим системам двигуна, з якими контактує напряму чи опосередковано.

2.2 Експлуатаційні показники моторних олив

У сучасному світі до двигунів внутрішнього згорання пред'являється низка вимог, зокрема економічність, екологічність та ефективність. Для досягнення цієї мети потребується не тільки інженерно-конструкторські рішення, а і ряд умов, за яких можна досягнути необхідних вимог до ДВЗ. Однією з таких умов є використання якісних моторних олив, які будуть відповідати конструкції і призначенню даного двигуна.

Взагалі моторна олива в двигуні виконує цілий ряд функцій [12], без яких робота двигуна була б не ефективною, не довговічною і взагалі не практичною.

Зазначені функції включають в себе :

- змащення деталей двигуна;
- винесення с зон тертя продуктів зносу, окислення та шламу;
- охолодження зон тертя;
- нейтралізація кислот, що утворюються при згорянні палива і окисленні масла.

Для забезпечення надійної роботи двигунів з урахуванням раніше розглянутих функцій, які виконуються моторними оливами, до їх експлуатаційних властивостей пред'являється ряд вимог [12]. Моторні оливи повинні мати:

- хороші мастильні властивості для забезпечення надійного змащення на всіх режимах роботи двигуна;
- оптимальні в'язкістно-температурні показники для забезпечення пуску двигуна без труднощів;
- достатню антиокисну стабільність, що запобігає значним змінам хімічного складу в процесі його роботи;
- хороші миючі властивості, що запобігають утворенню лаків і нагару на нагрітих деталях двигуна;
- високі антикорозійні властивості по відношенню до

конструкційних матеріалів, особливо кольорових металів і сплавів при робочих температурах оливи;

- надійні захисні властивості для запобігання корозії деталей двигунів в період консервації.

Крім того, олива повинна володіти стійкістю до процесів випаровування з метою забезпечення найменшої її витрати, мати малу піноутворюючу здатність і стійкість до втрати присадок.

В'язкість, або ж кінематична в'язкість – найважливіший показник якості моторної оливи. За цим показником оцінюють придатність оливи для відповідного двигуна залежно від його конструкції, технічного стану, сезонності, призначення та умов експлуатації. В'язкість входить у маркування оливи у вигляді цифрового індексу, наприклад, 10W-40. Де число 10 означає в'язкість при 100°C в мм²/с (сСт) [12].

В значній мірі в'язкість залежить від температури, тому її характеризують за двома ознаками:

- 1 - значення в'язкості при температурі 100°C (робоча в'язкість);
- 2 - інтенсивність зміни в'язкості при зниженні температури.

Виходячи з цього, до оливи пред'являються вимоги оптимальної в'язкості при 100 °С, яка незначно змінилась би при зміні температури.

Від в'язкості оливи залежать втрати потужності двигуна на тертя, надійність роботи деталей та їх спрацювання, легкість пуску двигуна, прокачування оливи по змащувальній системі, охолодження деталей, винесення продуктів спрацювання із зони тертя, витрата оливи на вигар. Чим менша в'язкість оливи, тим кращі прокачування по змащувальній системі, відведення теплоти від деталей, менші витрати оливи на вигар. Тому неправильно підібрана за в'язкістю олива може підвищити витрати палива. Так трапляється при використанні літніх оливи взимку, оскільки в'язкість літніх оливи вища за зиму [12].

Кислотне число (К) – є одним з найважливіших показників працюючої моторної оливи, який свідчить про її стан [12]. В процесі роботи двигуна

окислювальні процеси відбуваються в моторній оливі постійно і спочатку кислотне число олії знижується, імовірно, внаслідок завершення технологічного процесу отримання олії шляхом оптимізації упаковки функціональних присадок. Зазначений процес на даному етапі є домінуючим, по його завершенні кислотне число починає зростати за рахунок активного розвитку термохімічних і термоокислювальних процесів. При досягненні К певної величини масло втрачає свою працездатність і підлягає заміні.

Кислотне число є найбільш чутливою характеристикою стану моторних олив. З одного боку, воно відображає ступінь старіння оливи, а з іншого – ступінь завершеності процесів між присадками в оливі. Тому представляється можливим проводити оцінку оливи за цим параметром одним з існуючих методів шляхом термостатування, який полягає у високотемпературному каталітичному окисленні об'ємів оливи.

Лужне число вказує на стійкість продукту до окислення при високих температурах і тиску в присутності хімічно активних середовищ. Загальна лужність моторної оливи залежить від характеристик диспергуючих і миючих присадок, від антиокисних властивостей бази оливи. Значення лужного числа варіюються в широкому діапазоні і визначаються в мг КОН/г [12]. Широкий діапазон значень потрібен для різних типів палива, з яким буде працювати олива. Сучасні двигуни легкових авто працюють з параметрами лужного числа в 7-15 мг КОН / г.

2.3 Аналіз впливу зміни триботехнічного стану ЦПГ ДВЗ на стан системи «система вентиляції картера - картерні гази – моторна олива»

Дослідження, які наведені в роботах [9, 40] представляють своїми результатами залежність расходу катерних газів від напрацювання ДВЗ тобто від триботехнічного стану ЦПГ двигуна. Таким чином зі збільшення

напрацювання і зміни стану ЦПГ пульсації картерних газів збільшуються у геометричній прогресії. Збільшення потоку газів несуть в собі навантаження на систему вентиляції, необхідність від неї достатньої пропускної спроможності. Збільшена завантаженість системи означатиме й швидше забруднення її елементів і каналів, що слугує обґрунтуванням потреби регулярнішого технічного обслуговування.

Регламентоване ТО системи вентиляції картера ВАЗ 21011 на кожні 15000-20000 тисяч пробігу автомобіля.

Тож можна взяти до аналізу два критерії впливу на стан системи «система вентиляції картера – картерні гази – моторна олива»: ступінь зносу ЦПГ і ефективність роботи системи вентиляції.

Саму залежність буде передавати математичний вираз (2.2) умовного параметра взаємодії P_B

$$P_B = f(U_{\text{ЦПГ}}; \varepsilon_{\text{СВ}}) \quad (2.1)$$

де $U_{\text{ЦПГ}}$ – знос ЦПГ двигуна, %; $\varepsilon_{\text{СВ}}$ – ефективність роботи системи вентиляції, %

Розкриваючи сутність загального вигляду математично виразу (2.1) можливо прописати наступне, розглядаючи при цьому ступінь впливу кожного з зазначених параметрів. Тоді математичний вираз (2.1) прийме вигляд (2.2)

$$P_B = k_1 \cdot U_{\text{ЦПГ}}^{k_2} \cdot \varepsilon_{\text{СВ}}^{k_3} \quad (2.2)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує загальний стан системи в цілому; k_2 – коефіцієнт, враховуючий ступінь зносу ЦПГ; k_3 – коефіцієнт, що враховую ступінь ефективності відведення газів, при умові відсутності забруднення прохідних каналів.

Для того щоб вираз став трансцендентним, приймемо наступні числові значення для $k_2 = 1 \dots 0,1$, що означає ступінь зносу. $k_2 = 1$ – максимальний ступінь зносу; $k_2 = 0,1$ – мінімальний ступінь зносу ЦПГ.

Висновки до розділу

Конструктивна особливість замкнутості системи зумовлює накопичення шламу і забруднень у ній та потребує своєчасного ТО. Його періодичність хоч і має систематичний характер, проте не враховує деяких важливих факторів, які з напрацюванням ДВЗ значно наблизатимуть час для його проведення.

Серед цих факторів є чинний типовий їздовий цикл автомобіля (міський, заміський, змішаний), кліматичні та експлуатаційні умови [8]. А найбільш вагомим є напрацювання до капітального ремонту. За час експлуатації до капітального ремонту расход газів, що прориваються у картер на режимі холостого ходу, підвищується в 2-4 рази і в 5-7 і більше разів на режимі роботи двигуна при повному навантаженні [13] підтверджують залежність пульсацій картерних газів від даного фактору. Така тенденція підвищення расхода газів очевидно відображається в навантаженні системи і пришвидшенні її забруднення та виходу з ладу.

Тому необхідне допрацювання системи вентиляції картера шляхом встановлення, наприклад, існуючих патентних доробок [14,15,16], які дадуть змогу оптимізувати масловідведення і менше забруднюватись самій системі та якісно вентилювати картер на всіх режимах роботи двигуна.

На основі аналізу можна поставити під сумнів нормовані терміни ТО системи вентиляції картера, особливо потребує перегляду плановість ТО при великих напрацюваннях двигуна.

Стан системи вентиляції має помітний вплив на роботу двигуна і на стан експлуатаційних показників моторної оливи. В свою чергу стан двигуна, а точніше ступінь його зносу, негативно відображаються на експлуатаційних показниках моторної оливи по мірі його зростання. З цього виходить необхідність в експериментальному дослідженні залежності збільшення зносу двигуна і паралельно цьому збільшення потоку картерних газів на стан експлуатаційних показників працюючої в ньому моторної оливи.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТАНУ ЦПГ ДВИГУНА ВАЗ 21011 НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ МОТОРНИХ ОЛИВ

3.1 Визначення параметрів стану двигуна від зносу ЦПГ

Картерні гази двигуна внутрішнього згорання є об'єктом багатьох досліджень, спрямованих на вирішення актуальних науково-технічних завдань, наприклад, вдосконалення методик діагностування стану циліндропоршневої групи, про що свідчать роботи авторів [8,13] та інші. Разом з цим картерні гази є об'єктом впливу на динаміку зміни експлуатаційних показників моторних олів. В роботі [17] запропоновано визначати характер прояву таких змін за комплексним критерієм, який функціонально залежить від співвідношення таких параметрів, як тиск картерних газів p_c , навантаження на двигун (розрідження на впуску p_0), час впливу (напрацювання двигуна), режими роботи двигуна. При цьому виділяється така складова процесу як інтенсивність взаємодії картерних газів з моторною оливою, яка обумовлюється триботехнічним станом сукупності спряжень «кільце – циліндр», що визначається середнім тиском на такті стиску $p_{ц}$.

3.1.1 Методика дослідження

Методичне забезпечення вимірювання значень параметрів наведено на рисунку 3.1. Розрідження вимірювали під дросельною заслінкою карбюратора вакуумметром 1, тиск картерних газів манометром 2 від тонометра. При цьому в експеримент була включена операція примусового насичення моторних олів картерними газами за певні проміжки часу за допомогою патрубків 4.

Було діагностовано три двигуна ВАЗ-2101 робочим об'ємом 1300 см³, один зі стаціонарного навантажувального стенду, двоє інших, які експлуатуються у складі автомобілів ВАЗ-21063 з пробігом 134220 км і 157380 км. Середній тиск на такті стиску $p_{ц}$ (компресія) для них склав 10,2 кгс/см², 9,5

кгс/см², 9,0 кгс/см².



Рисунок 3.1 - Методичне забезпечення вимірів:

1 – вакуумметр; 2 – манометр тонометра; 3 – знімний патрубок вентиляції картера; 4 – патрубки насичення картерними газами; 5 – патрубок вакуумного регулятора випередження запалення

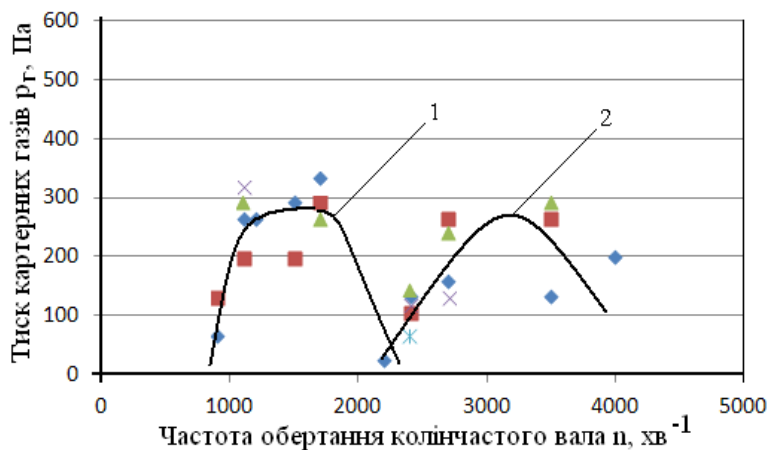
3.1.2 Результати дослідження та їх обговорення

За результатами обробки експериментальних даних побудовані графічні закономірності $p_e=f(n)$ і $p_o=f(n)$, рисунок 3.2. Аналіз графічних залежностей вказує на наступне.

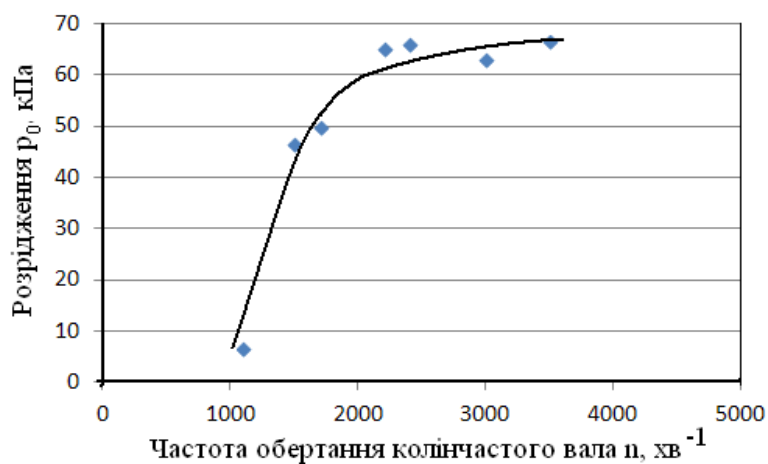
По-перше, характер зміни тисків картерних газів зі зменшенням середнього тиску на такті стику неоднозначний. При $p_{ц}=10,2$ кгс/см² спостерігається пульсація тисків з набором обертів частоти обертання колінчастого вала від 0 до 260-280 Па, що обумовлюється спроможністю компресійних кілець протидіяти прориву газів, що відпрацювали у межах зазору. При цьому притискання кілець та герметизація об'єму над ними ще здійснюється силами їх пружності та тиском від відпрацьованих газів. При $p_{ц}=9,5$ кгс/см² спостерігалось тільки збільшення тиску картерних газів від 0 до 1100 Па, і тиск газів, що відпрацювали, був не здатним збільшувати

притисну силу кілець до циліндрів та забезпечувати герметизацію об'єму над ними.

При $p_c=9,0 \text{ кг/см}^2$ на обертах холостого ходу тиск картерних газів не був малим, як у попередніх випадках, а мав великі початкові значення $600\pm 35 \text{ Па}$.

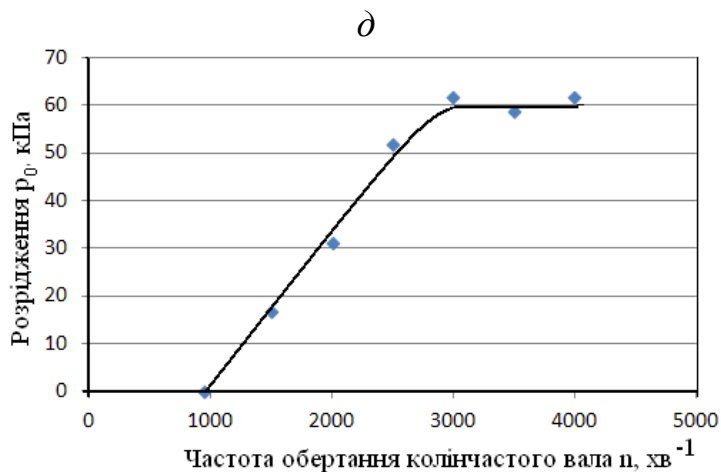
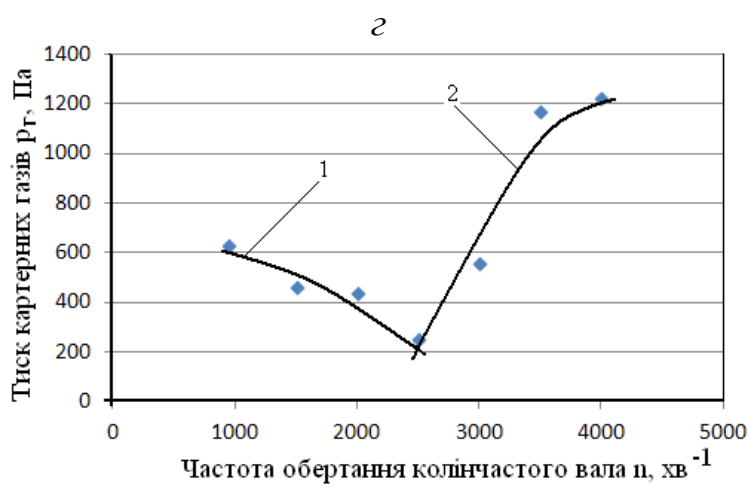
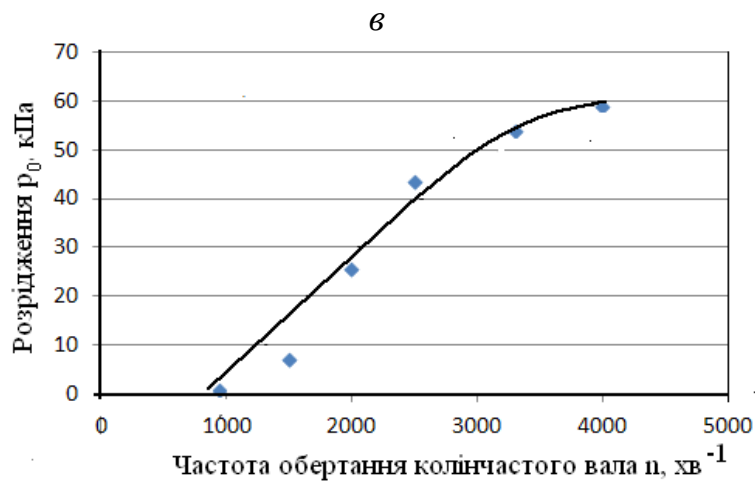


а



б





е

Рисунок 3.2 – Закономірності зміни параметрів робочих процесів на впуску та у картері від частоти обертання колінчастого вала двигуна ВАЗ-2101:
 а, б - $p_{ц}=10,2 \text{ кгс/см}^2$; 1, 2 – пульсації тисків при динамічному наборі частоти обертання;
 в, г - $p_{ц}=9,5 \text{ кгс/см}^2$; д, е - $p_{ц}=9,0 \text{ кгс/см}^2$; 1,2 - гілки змін тисків при відсутності пружної роботи кілець поршнів

У цьому випадку має місце інший механізм взаємодії кілець з поверхнею циліндра. Деяке зменшення тиску картерних газів зі збільшенням обертів колінчастого валу обумовлювалось тільки дією газів, що відпрацювали та притискали кільця до циліндрів, які за рахунок збільшення зазору вже втратили свою пружну притискну силу. Надалі ж тиск газів тільки збільшувався, при цьому швидкість його приросту помітно збільшилася.

По-друге, характер зміни розрідження зі зменшенням середнього тиску на такті стику однозначний та підпорядковується фізичній суті робочого процесу, що розглядається. Зі зменшенням герметичності об'єму розрідження зменшується. При цьому при більшій компресії швидкість наростання більша, і діапазон сталих значень також довший по частоті обертання колінчастого валу. При $p_c=10,2$ кгс/см² $p_0=65$ кПа в діапазоні від 2200-2300 хв⁻¹ і вище. При $p_c=9,0$ кгс/см² $p_0=60$ кПа в діапазоні від 2900-3000 хв⁻¹ і вище.

3.2 Фізичне моделювання взаємодії картерних газів з мірними об'ємами моторних олів AZMOL 15W40, EVO 10W40, EVO 5W40

Витрачання ресурсу моторних олів під час експлуатації автомобілів неминуче. На це впливає ряд факторів, до яких, в першу чергу, слід віднести процеси трибофізичної взаємодії з матеріалами деталей трибоз'єднань механізмів двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), при яких безпосередньо здійснюється навантаження мікрооб'ємів структурних компонентів моторних олів. Але при роботі ДВЗ існують і інші процеси впливу на властивості моторних олів, до яких слід віднести газорідинний обмін між картерними газами, що відводяться системою вентиляції картера та моторною оливою, яка поверхнево-об'ємно взаємодіє з ними. Від того наскільки та як здійснюється цей газорідинний обмін буде залежить швидкість витрачання ресурсу моторних олів, в основу якого покладено термін зберігання у певних межах основних експлуатаційних показників: кінематичної в'язкості, індексу в'язкості, лужного та кислотного числа. Інтенсивність протікання

позначеного газорідинного обміну буде визначатися кількістю відпрацьованих газів, що прориваються через трибоз'єднання «кільце – циліндр», часом активної взаємодії з оливою та ефективністю відведення картерних газів системою вентиляції.

Дослідженню протизносних, протизадирних, антифрикційних, антиокисних, протипітінгових властивостей моторних олив приділяється більш розповсюджена увага дослідників, при цьому використовується як стандартна методика, наприклад, [19, 20] так й інші науковообґрунтовані критерії, наприклад, [21]. Однак така складова впливу, як натурне середовище картерних газів ДВЗ при цьому не враховується. Оскільки рядова експлуатація, наприклад, автомобільних ДВЗ, досить довготривала, то здійснювати збір та обробку даних відносно змін експлуатаційних показників моторних олив за їх розгорнутим рекомендованим часом роботи для корегування термінів заміни досить важко та потребує багато роботи, але має місце [22-25]. При цьому досить важливою складовою результатів досліджень є те, з яким витрачанням ресурсу циліндропоршневої групи ДВЗ використовувались дослідні зразки, що на цей час не враховується. Як правило, оцінювались проби олив протягом експлуатації та на її завершальному етапі. Цей факт наштовхує на доцільність проведення досліджень, спрямованих на моделювання газорідинного обміну в скорочені терміни, що дасть можливість відокремлено визначати вплив динаміки газорідинного обміну на хімотологічний стан моторних олив та враховувати це при розробці рекомендацій щодо заміни олив для ДВЗ, що мають витрату ресурсу до ремонту, наприклад, 50%, 75% та 90%.

Так у роботі [26] запропоновано до використання комплексний критерій оцінки стану моторної оливи у вигляді (3.1) та виконано перевірку характеру його прояву у відповідності з запозиченими експериментальними даними.

$$E_M = \frac{\gamma_{100}^H \cdot TBN}{\gamma_{100}^r \cdot TAN} = f(\pi_k^m), \quad (3.1)$$

де γ_{100}^H , γ_{100}^T – номінальне і поточне значення кінематичної в'язкості, $\text{мм}^2 \cdot \text{с}^{-1}$;

лужне число TBN , мг КОН/г;

кислотне число TAN , мг КОН/г.

При цьому позначено, що врахування критерію E_M дозволить отримати математичні моделі його прояву виду (3.2) в залежності від напрацювання ДВЗ, тобто представляється можливість отримати закономірності «старіння» моторних олив. А для цього необхідно виконати наступне. По-перше, отримати зразки олив, що взаємодіяли з картерними газами реального за технічним станом ДВЗ (характерний стан до часу експлуатації за зносом циліндропоршневої групи) на відповідних режимах його роботи. По-друге, отримати значення параметрів, що входять до виразу (3.1).

$$E_M = f\left(\frac{t \cdot n \cdot p_0}{p_k}\right), \quad (3.2)$$

де t – час взаємодії (час газорідинного обміну), хв;

n – частота обертів колінчастого валу ДВЗ, хв^{-1} ;

p_0 – розрідження на впуску, Па;

p_k – тиск картерних газів, Па.

3.2.1 Розробка методики моделювання газорідинного обміну між картерними газами та мірними об'ємами олив

Для проведення досліджень використовувались три бензинових двигуна ВАЗ-2101 робочим об'ємом 1300 см^3 , один зі стаціонарного навантажувального стенду, двоє інших, які експлуатуються у складі автомобілів ВАЗ-21063 з пробігом 134220 км і 157380 км . Середній тиск на такті стиску (компресія) $p_{ц}$ на час дослідів для них склав $10,2 \text{ кгс/см}^2$, $9,5 \text{ кгс/см}^2$, $9,0 \text{ кгс/см}^2$.

Для моделювання газорідинного обміну між картерними газами та оливами використовувався патрубок системи вентиляції картера I , до іншого

кінця якого приєдналися патрубки меншого діаметру 2. Кінці цих патрубків опускалися у скляні ємності 3 з мірними об'ємами моторних олів 4 (рис. 3.3). При цьому оливи попередньо розігрівалися до температури 65-70°C. Об'єми олів складали від 130 см³ до 150 см³. Час газорідного обміну на даному етапі досліджень задавався $t_1 = 2,25$ хв і $t_2 = 4,5$ хв.

Для дослідів використовувались моторні оливи з вихідними показниками, які наведено у таблиці 3.1.

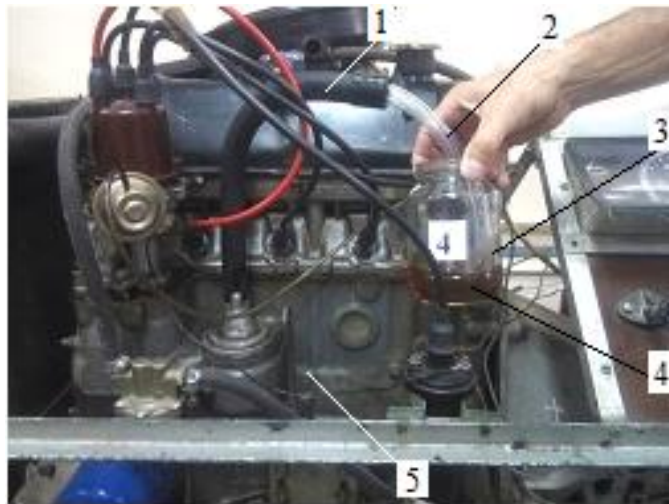
Таблиця 3.1 - Вихідні експлуатаційні показники моторних олів

Моторна олива	Експлуатаційний показник			
	В'язкість $\nu_{100},$ мм ² ·с ⁻¹	В'язкість $\nu_{40},$ мм ² ·с ⁻¹	Лужне число TBN, мг КОН/г	Кислотне число TAN, мг КОН/г
AZMOL 15W40 CI- 4/SL	14,96	106,7	10,17	2,64
EVO 10W40 SM/CF	12,61	85,19	8,32	2,5
EVO 5W40 SN/CF	13,74	82,32	9,18	2,65

Режими роботи двигунів:

– для двигуна навантажувального стенду частота обертання колінчастого вала змінювалась від 1000 хв⁻¹ до 3500 хв⁻¹, тобто динамічний режим, оскільки тиску картерних газів на частоті обертів холостого ходу не вистачало для виходу газів через об'єм оливи;

– двигуни у складі автомобілів – 950 хв⁻¹ (технічний стан двигунів забезпечував тиск картерних газів, які вільно проходили через мірні об'єми олів).



a



б

Рисунок 3.3 - Елементи фізичного моделювання газорідинного обміну:
a – двигун ВАЗ-2101 навантажувального стенда: 1 – патрубок вентиляції картера; 2 – додаткові патрубки;
 3 – скляна ємність; 4 – моторна олива; 5 – блок циліндрів; *б* – двигун ВАЗ-2101 автомобіля ВАЗ-21063: 1 – патрубок вентиляції картера; 2 – додаткові патрубки;
 3 – шланг вентиляції картера, що виведений під днище автомобіля; 4 – блок циліндрів;
 5 – манометр вимірювання тиску картерних газів

Поточні значення експлуатаційних показників (кінематична в'язкість при 100°C і 40°C, лужне та кислотне число) для дослідних зразків олів

визначалися за стандартними методиками.

Обробка та побудування графічних залежностей зміни наведених показників від триботехнічного стану циліндропоршневої групи здійснювалась за допомогою Microsoft Office Excel. Оцінка результатів здійснювалась за достовірністю апроксимації R^2 , яка для всіх побудованих залежностей складала $R^2 > 0,7$.

3.2.2 Закономірності змін кінематичної в'язкості, лужного та кислотного чисел від зміни компресії двигуна

Результати дослідження та їх обговорення.

Розподіл значень визначених експлуатаційних показників наведено на рисунках 11-15. Аналіз отриманих даних вказує на наступне.

Натурне фізичне моделювання газорідинного обміну мірних об'ємів моторних олив зумовило зміни їх експлуатаційних показників. При цьому обраний час моделювання взаємодії олив з картерними газами з кратністю два рази вказав на неоднозначну картину характеру зміни показників стосовно олив з різними основами на фоні зменшення компресії у циліндрах.

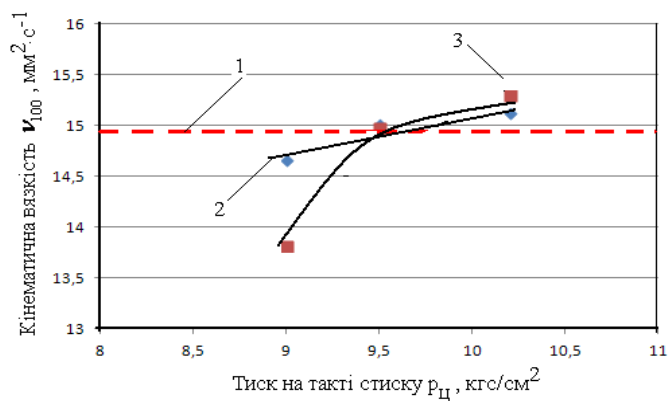
Більша відмінність проявилась для двигуна з компресією $p_{\text{ц}} < 9,5$ кгс/см². При $p_{\text{ц}} = 9,0$ кгс/см² більший час газорідинного обміну визначив зменшення кінематичної в'язкості всіх олив при 100°C на 3-6% відносно часу $t_1 = 2,25$ хв та на 6-9% відносно номінального значення. Більший вплив був характерний для оливи AZMOL 15W40.

Спостерігається неоднозначна зміна кінематичної в'язкості олив при 40°C. Для олив EVO 10W40 і EVO 5W40 закономірності зменшення в'язкості за характером ідентичні. Характер зменшення в'язкості олив до $p_{\text{ц}} = 9,5$ кгс/см² за часом випробувань t_1 і t_2 за не відрізняється один від одного. Проте як при наближенні до $p_{\text{ц}} = 9,0$ кгс/см² більший час обміну приводить до суттєвого зменшення в'язкості, тобто лінії графічних залежностей

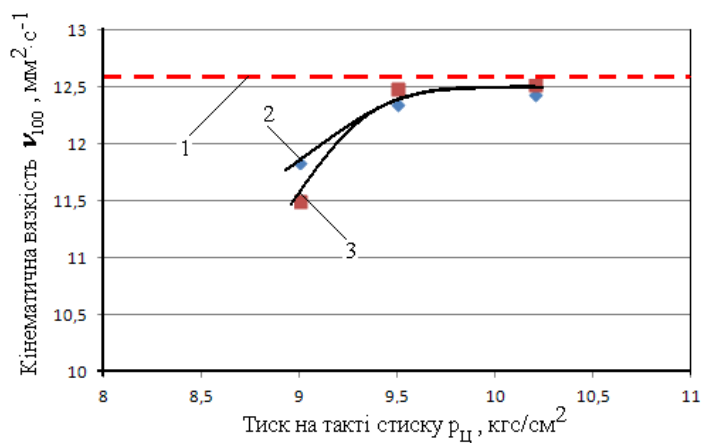
розходяться. При цьому більше зменшення в'язкості відносно вихідних значень властиве оливі EVO 10W40 і складає 8,5% та 13% (лінії 2,3 рисунок 3.4б). Для оливи AZMOL 15W40 картина інакша. В'язкість оливи при $p_u = 9,0$ кгс/см² за часом $t_2 = 4,5$ хв відносно номінального значення не відрізняється, а при $t_2 = 2,25$ хв збільшена на 7-8%. Але при компресії $p_u = 10,2$ кгс/см² має місце збільшення в'язкості на 13-14%. Це вказує на особливості протікання хімічних реакцій та фізичних процесів в мірних об'ємах мінеральної оливи AZMOL 15W40.

Однозначність прояву закономірностей зміни лужного та кислотних чисел має місце для олив EVO 10W40 і EVO 5W40 з суттєвою відмінністю від оливи AZMOL 15W40. Для олив EVO 10W40 і EVO 5W40 при компресії $p_u = 10,2$ кгс/см² не має практичних змін значень лужного числа не спостерігається.

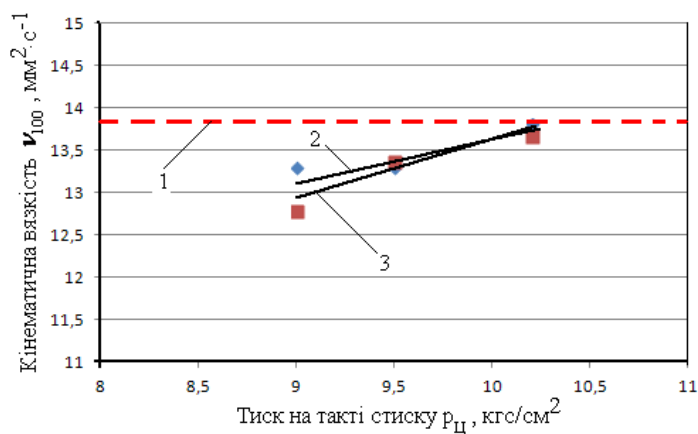
Тобто можливо вважати, що суттєвого впливу на зміну лужного числа картерні гази при трибологічному стану циліндропоршневої групи двигунів з компресією $p_u > 10,2$ кгс/см² для цих олив практично не мають. При зменшенні компресії зменшення лужного числа для оливи EVO 5W40 складає від 2% до 4,5% за часом випробувань t_1 і t_2 . Для оливи EVO 5W40 максимальне зменшене значення лужного числа склало 6,5%. Інакше проявило себе лужне число оливи AZMOL 15W40. При компресії $p_u = 10,2$ кгс/см² лужне число збільшилось на 3,8%, при цьому у подальшому при збільшенні концентрації картерних газів зменшувалось до вихідного значення практично не залежно від часу обміну. Кислотне число оливи 15W40 в інтервалі компресій від $p_u = 10,2$ кгс/см² до $p_u = 9,5$ кгс/см² не змінювалось, тобто олива за цим показником була стабільна. Але при $p_u < 9,5$ кгс/см² спостерігається різке збільшення кислотного числа до 40%.



а



б



в

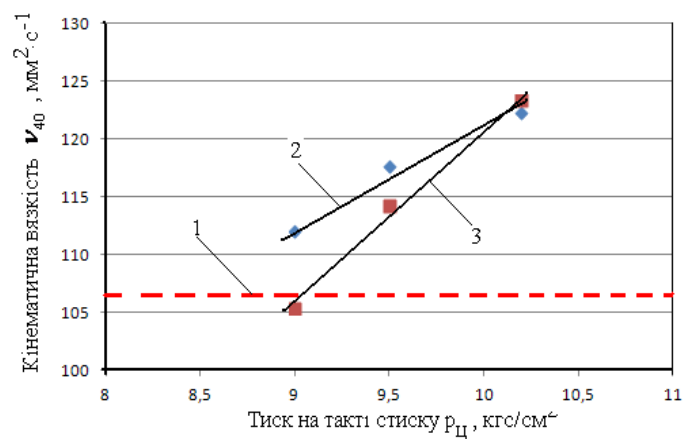
Рисунок 3.4 - Вплив картерних газів на кінематичну в'язкість при 100°C

моторних оливо мірних об'ємів:

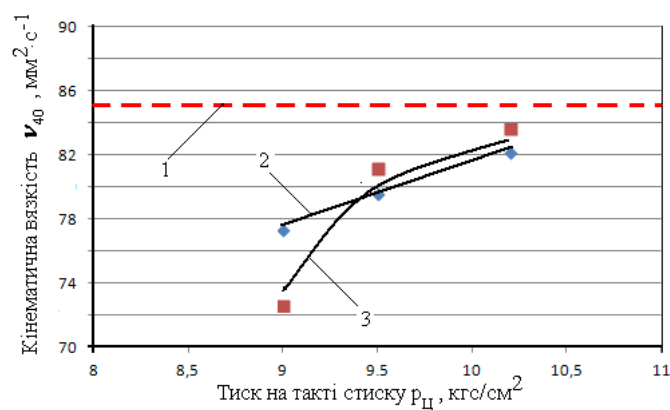
а – олива 15W40, $R_2^2 = 0,85$, $R_3^2 = 0,84$; б – олива 10W40, $R_2^2 = 0,78$,

$R_3^2 = 0,72$; в – олива 5W40, $R_2^2 = 0,82$, $R_3^2 = 0,92$; 1 – значення без дії

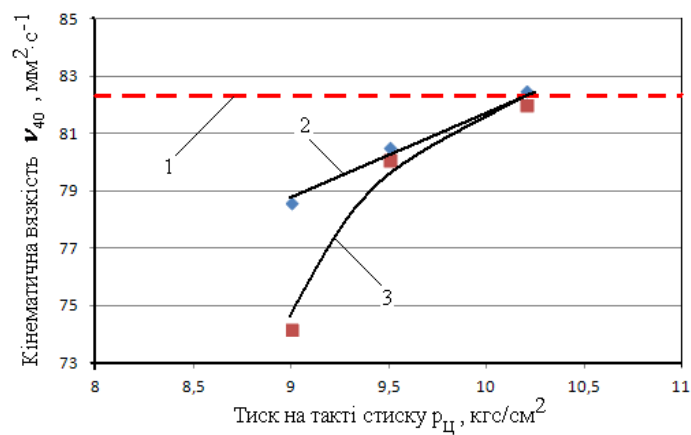
картерних газів; 2 – час обміну $t_1 = 2,25$ хв; 3 – час обміну $t_2 = 4,5$ хв



а



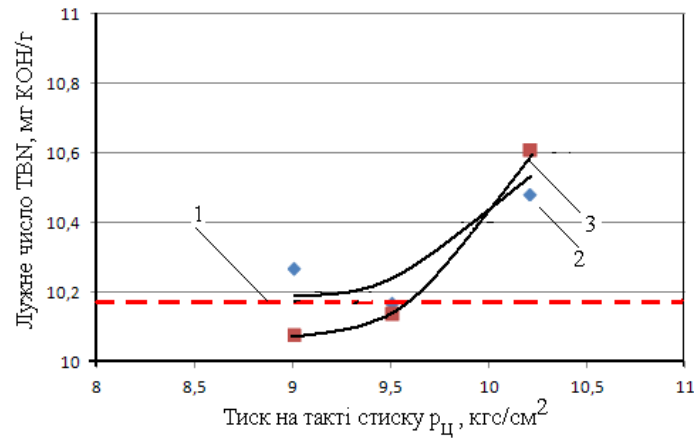
б



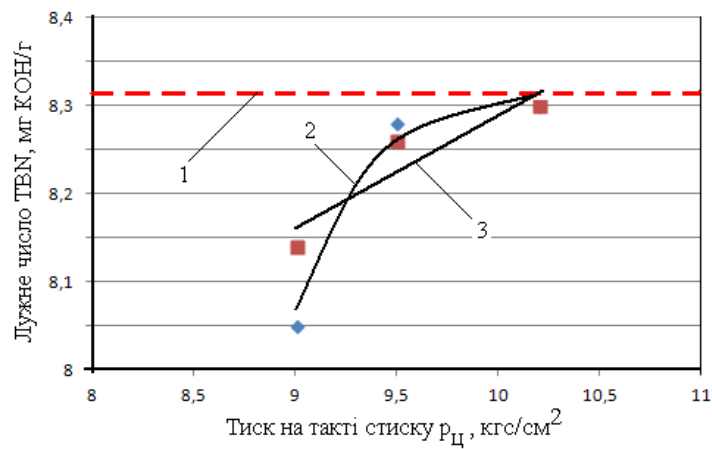
в

Рисунок 3.5 - Вплив картерних газів на кінематичну в'язкість при 40°C моторних олів мірних об'ємів:

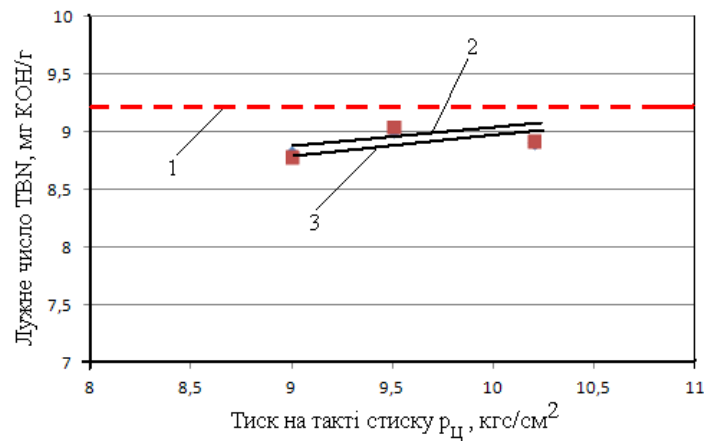
а – олива 15W40, $R_2^2 = 0,97$, $R_3^2 = 0,99$; б – олива 10W40, $R_2^2 = 0,99$, $R_3^2 = 0,84$; в – олива 5W40, $R_2^2 = 0,99$, $R_3^2 = 0,86$; 1 – значення без дії картерних газів; 2 – час обміну $t_1 = 2,25$ хв; 3 – час обміну $t_2 = 4,5$ хв



а



б



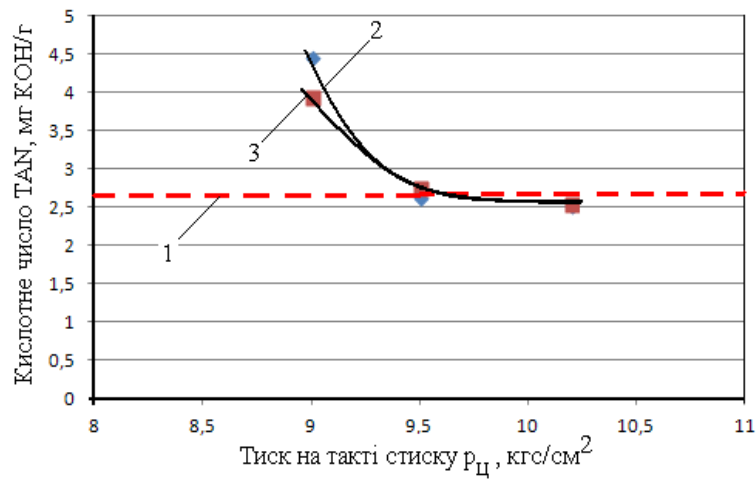
в

Рисунок 3.6 - Вплив картерних газів на лужне число моторних олив
мірних обмів:

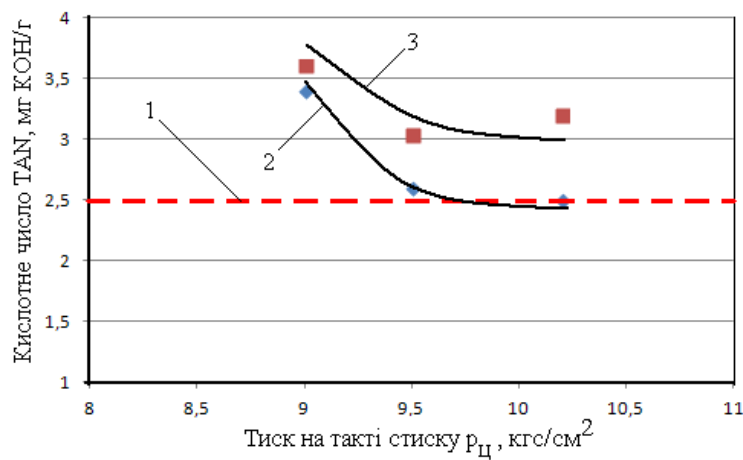
а – олива 15W40, $R_2^2 = 0,74$, $R_3^2 = 0,89$; б – олива 10W40, $R_2^2 = 0,73$, $R_3^2 = 0,86$; в – олива 5W40, $R_2^2 = 0,73$, $R_3^2 = 0,9$; 1 – значення без дії картерних газів; 2 – час обміну $t_1 = 2,25$ хв; 3 – час обміну $t_2 = 4,5$ хв

Кислотне число для олив EVO 10W40 і EVO 5W40 зі зменшенням компресії збільшувалось. При цьому для оливи EVO 5W40 при $p_u = 10,2 \pm 0,5$ кгс/см² кислотне число майже не відрізнялось від вихідного значення, що вказує на деяку стабільність оливи. Таке саме спостерігається і для оливи EVO 10W40, але при меншому часу газорідинного обміну (лінія 2 рисунок 3.7 б). У подальшому, при зменшенні компресії від $p_u = 9,5$ кгс/см² до $p_u = 9,5$ кгс/см² збільшення кислотного числа для олив EVO 10W40 і EVO 5W40 складає в 1,4 і 1,7 разів.

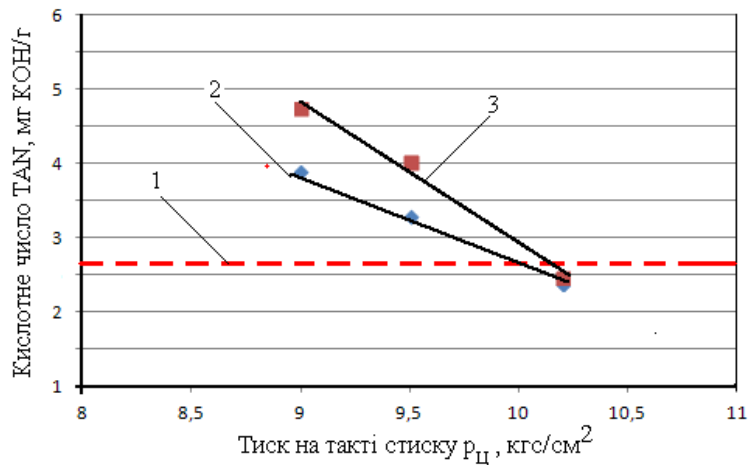
На підставі отриманих даних з рисунків 2-5 за виразом (3.1) та часом газорідинного обміну $t_2 = 4,5$ хв визначені значення комплексного критерію E_m , графічний вигляд закономірностей його зміни наведено на рисунку 3.6. При цьому також наведено межі полів змін критерію E_m . Верхня межа значень критерію визначалась на підставі даних таблиці 1. Нижня межа визначалась з урахуванням максимального зменшення кінематичної в'язкості оливи при 100°C до 10%, зменшення лужного числа на 25% [22], збільшення кислотного числа на 25% [27].



а



б



в

Рисцнок 3.7 - Вплив картерних газів на кислотне число моторних олив

мірних об'ємів:

а – олива 15W40, $R_2^2 = 0,78$, $R_3^2 = 0,78$; б – олива 10W40, $R_2^2 = 0,75$, $R_3^2 = 0,83$;

в – олива 5W40, $R_2^2 = 0,99$, $R_3^2 = 0,98$; 1 – значення без дії картерних газів;

2 – час обміну $t_1 = 2,25$ хв; 3 – час обміну $t_2 = 4,5$ хв

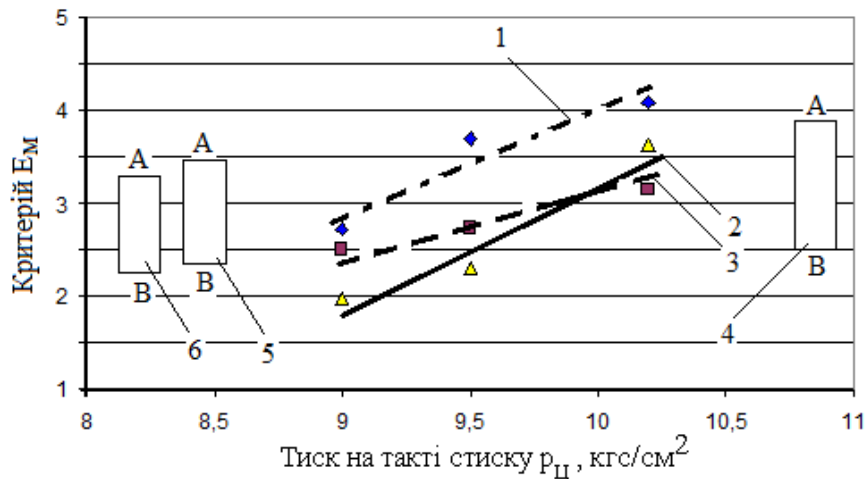


Рисунок 3.8 - Вплив картерних газів на критерій оцінки стану моторних олив мірних об'ємів:

1 – олива 15W40, $R_1^2 = 0,88$; 2 – олива 5W40, $R_2^2 = 0,94$; 3 – олива 10W40, $R_3^2 = 0,99$;

4 – поле верхньої (вихідної) А і нижньої В межі (граничної) значень критерію для оливи 15W40; 5 – поле меж для оливи 5W40; 6 – поле меж для оливи 10W40

Аналіз отриманих даних на рисунку 14 вказує на наступне. Найбільший значимий вплив картерних газів здійснюється на синтетичну оливу 5W40. Ця олива найменше протидіє впливам концентрацій картерних газів зі збільшенням зносу циліндропоршневої групи двигуна і впевнено наближається до втрати експлуатаційних властивостей при компресії в циліндрах вже при $p_c=9,5$ кгс,см². При подальшому зменшенні компресії поле розрахункових значень критерію E_m знаходиться вище лінії графіка 2. Мінеральна олива 15W40 та напівсинтетична олива 10W40 більше протидіють впливу концентрацій картерних газів, які визначаються більшим зносом циліндропоршневої групи ДВЗ. Для них ще має запас експлуатаційних властивостей за розрахунковими значеннями критерію E_m . Для напівсинтетичної оливи залишається $\approx 20\%$ поля значень критерію E_m до граничної межі. Для мінеральної оливи залишається $\approx 28\%$ поля значень критерію E_m до граничної межі.

Висновки за розділом

Отримані результати є вихідними даними для визначення градієнту зміни комплексного критерію оцінки експлуатаційного стану моторного масла [26] в залежності від інтенсивності взаємодії картерних газів з моторними оливами по мірі витрачання ресурсу двигуном, що є завданням подальших досліджень.

Запропоновані методичні підходи дали можливість отримати закономірності зміни експлуатаційних показників моторних олив при фізичному моделюванні газорідинного обміну між їх мірними об'ємами та картерними газами відповідних концентрацій, які визначались триботехнічним станом циліндропоршневої групи бензинового двигуна. Попередньо встановлено, що за проявами характеру змін окремих експлуатаційних показників оливи 15W40 та 5W40 схожі між собою, і відрізняються від оливи 10W40. Попередньо визначено, що досліджувані оливи за запропонованим критерієм по втраті експлуатаційних властивостей можуть бути розставлені у наступній послідовності: 5W40; 10W40; 15W40. Напрямом подальших досліджень слід вважати встановлення закономірностей зміни критерію E_m у відповідності з виразом (3.2), а також визначення впливу хімотологічного стану олив отриманих мірних об'ємів на характеристики тертя та зношування у модельних зразках матеріалів деталей групи колінчастого валу двигуна.

4 РОЗРОБКА ПОПЕРЕДНІХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ ОТРИМАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

На основі отриманих в ході науково-дослідницької роботи висновків і експериментальних даних можна розробити і ввести в науково-освітній процес лабораторну роботу з вивчення впливу стану ЦПГ двигуна на параметр витрати картерних газів. Пропонується давати студентам можливість самим визначати стан ЦПГ двигуна за компресією в його циліндрах і після цього визначати витрату картерних газів шляхом виміру тиску в патрубку картера.

Після цього для освоєння дослідницько-аналітичного методу студентам потрібно буде побудувати залежності витрати КГ від зносу ЦПГ двигуна.

Отримані аналітичні дані і розроблені критерії 3.1 і 3.2 можуть стати в нагоді автопаркам підприємств і установ, де його співробітники зможуть точніше прогнозувати термін критичного напрацювання до заміни моторної оливи.

На основі графічних залежностей і проаналізованої інформації можна відзначити важливість системи вентиляції картера як елемента, що має помітний вплив на стан моторної оливи. Також в нагоді стане інформація і про підвищення витрати картерних газів зі збільшенням витрати ресурсу ЦПГ двигуна. Це спонукатиме як механіків автоколон так і власників індивідуального транспорту до більшого контролю за станом системи вентиляції картера та перегляді періодичності планового ТО цієї системи. Оскільки регламентоване ТО системи вентиляції картера ВАЗ 21011 за рекомендаціями виробника на кожні 15000-20000 км пробігу автомобіля, то необхідно його корегувати використовуючи зворотньо-пропорційну залежність від напрацювання двигуна. Тобто з напрацюванням двигуна термін між ТО системи буде поступово зменшуватись. Це дасть змогу гнучко реагувати на збільшення забруднення і поступову втрату ефективності

системи вентиляції картера.

За результатами представлених змін експлуатаційних параметрів також можна робити висновки про те, олива з якою основою краще себе проявляє і має запас ресурсу після короткотривалої взаємодії з КГ двигуна при різних його триботехнічних станах.

5 ЗДІСНЕННЯ АНАЛІТИЧНИХ РОЗРАХУНКІВ ВИТРАТ НА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1 Визначення трудомісткості та тривалості роботи

Для раціональності виконання магістерської роботи основною метою повинно бути скорочення термінів виконання розробок при мінімальних витратах трудових, матеріальних й грошових ресурсів.

Для цього необхідно вирішити наступні питання по плануванню науково-дослідницьких робіт: визначення трудомісткості й тривалості; складання календарного графіка виконання; визначення витрат на проведення роботи.

Трудомісткість НДР розраховується в людино-днях витрат робочого часу основних виконавців і залежить від складності розробки й ступеня її новизни, кваліфікації виконавців, наявності в них навичок дослідницької роботи, від використовуваних матеріалів, вимог надійності, технічних умов комплектуючих схем і т.д.

Для визначення трудомісткості типових етапів робіт можна використовувати укрупнені нормативи на ці етапи, що мають на підприємствах і в науково-дослідницьких інститутах.

За відсутності таких нормативів використовують трудомісткість етапів аналогічних робіт. Аналогічною роботою вважатиметься дослідження з таким само функціональним призначенням чи завданням.

При відсутності укрупнених нормативів і аналогічних робіт загальну трудомісткість наукового дослідження визначає науковий керівник дипломного проекту з урахуванням складності й новизни науково-дослідницької роботи. Загальна трудомісткість розподіляється в цьому випадку по етапах робіт у відповідності зі структурою трудомісткості роботи.

Розрахунок тривалості виконання робіт та дослідження і кожного його етапу розраховується відповідно до кількості виконавців по кожному етапу по формулі :

$$T_{ц1} = \frac{Q}{R \cdot K_{в.н.}} \quad (5.1)$$

де $T_{ц}$ – тривалість циклу, днів;

Q – трудомісткість робіт, люд.-годин;

R – кількість виконавців, людей;

$K_{в.н.}$ – плановий коефіцієнт виконання норм на відрядних роботах,

$K_{в.н.} = 1,05 \dots 1,1$.

Розрахунок тривалості для 1-го етапу:

$$T_{ц1} = \frac{20}{1 \cdot 1,1} = 18 \text{ днів}$$

Результати розрахунків інших етапів зводять у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Тривалість етапів роботи

Етап НДР	Трудомісткість		Виконавці		Тривалість днів
	Людино-дні	% до підсумку	Спеціальність	Кількість людей	
1	2	3	4	5	6
1. Аналіз стану питань щодо впливу картерних газів бензинових двигунів на експлуатаційні показники моторних олиф	20	22,2	магістрант	1	18
2. Загальна характеристика науково-технічного об'єкту	15	16,6	магістрант	1	14
3. Експериментальні	25	27,7	керівник	1	12

дослідження впливу стану ЦПГ двигуна ВАЗ 2101 на експлуатаційні показники моторних олиф			роботи, магістрант		
4. Економічне обґрунтування магістерської роботи.	15	16,6	магістрант, економіст	2	7
5. Охорона праці та безпека у питань надзвичайних ситуаціях.	15	16,6	магістрант, спеціаліст з ОП і НС	2	7
Разом	90	100		10	58

5.2 Визначення витрат на проведення науково-дослідницької роботи

Для визначення грошових витрат на проведення науково-дослідної роботи складають кошторис витрат по статтях:

- матеріали за винятком зворотних відходів,
- покупні комплектуючі деталі і вироби;
- паливо й енергія з боку;
- спеціальне устаткування і технологічне оснащення;
- амортизація універсального устаткування;
- заробітна плата основна і додаткова;
- внески на соціальні заходи;
- витрати на відрядження;
- контрагенті роботи;
- накладні витрати.

5.2.1 Визначення витрат на матеріали

У вартість матеріалів включаються витрати на матеріали для проведення дослідження (папір, калька й ін.), а також для виготовлення дослідних зразків. Обсяги витрат у натуральних одиницях варто визначити на

основі програми дослідження, норм витрат, кількості годин іспитів та інших даних. Ціну кожного матеріалу визначають по прейскурантах або інших довідникових даних.

Витрати на основні матеріали M_0 можуть бути розраховані по формулі:

$$B_M = (1 + K_{m.z.}) \cdot \sum_{i=1}^n (C_i \cdot N_i - C_{ie} \cdot N_{ie}) \quad (5.2)$$

де $K_{т.з.}$ – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати ($K_{т.з.} = 0,15 \dots 0,20$);

C_i – ціна i -го найменування матеріалу, грн.;

N_i – необхідна потреба в матеріалі i -го найменування;

N_{iv} – норма зворотних відходів матеріалі i -го найменування;

C_{iv} – ціна зворотних відходів i -го найменування матеріалу;

n – кількість найменувань матеріалів.

Вихідні дані і розрахунки вартості матеріалів заносяться в табл. 5.2

Таблиця 5.2 – Вихідні дані і вартість матеріалів

Матеріал	Одиниця вимірювання	Кількість	Ціна за шт.	Вартість всього, грн
Папір А4	пачка	2	95	190
Фарба для принтеру кольорова	штук	1	105	105
Фарба для принтеру чорна	штук	1	85	85
Записник	штук	1	50	50
Набір канцтоварів	штук	1	40	40
Банка скляна з кришкою	штук	19	4	76
Клей «Момент»	штук	1	8	8
Шланг нейлоновий, 1 м	штук	1	10	10
Всього		-		564
Транспортно-заготівельні витрати				72
Разом із транспортно-заготівельними витратами				636

5.2.2 Розрахунок вартості палива й енергії

Витрати на силову енергію E_c визначаємо за формулою (7.3):

$$E_c = \frac{P_y \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot K_g \cdot C_e}{\text{ККД}}, \quad (5.3)$$

де P_y – установлена потужність енергетичних струмоприймачів устаткування, кВт;

$\Phi_{\text{эф}}$ – ефективний фонд часу роботи даного виду устаткування, годин;

K_g – коефіцієнт використання енергетичних установок по потужності і часу ($K_g \approx 0,8 \dots 0,9$);

C_e – ціна 1 кВт·година електроенергії, грн./кВт·година;

$\text{ККД} = 0,8 \dots 0,9$.

При виконанні магістерської роботи споживання електроенергії було наступними приладами: електроінструмент, комп'ютерна техніка (комп'ютер з периферійними пристроями), лампи освітлення. Також при експериментальних роботах двигунами споживалось пальне. Розраховуємо їх щоденні витрати і виконанні розрахунки вносимо у таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок вартості енергоресурсів

Устаткування	Вид енергоресурсів	Норма витрати, кВт; л.	$\Phi_{\text{эф}}$	Ціна чи вартість, грн./кВт·год без ПДВ	Вартість енергоресурсів, грн.
1. Лампи для освітлення	електроенергія	0,3	124	0,90	34
2. Комп'ютер	електроенергія	0,5	178	0,90	80
3. Електроінструмент	електроенергія	0,8	2	0,90	1,5
3. Стендовий двигун ВАЗ 21011	бензин А-92	2	1	20	40
4. Двигун ВАЗ 21011 на базі автомобіля ВАЗ	бензин А-92	5	1	20	100
Разом					255,5

5.2.3 Визначення вартості спецобладнання і спеціального технологічного оснащення для експериментальних робіт

До спеціального обладнання та технологічного оснащення належить таке обладнання, яке використовується тільки для проведення окремої дослідної роботи. Витрати, які пов'язані з проектуванням, виготовленням та ліквідацією такого обладнання, повністю враховуються у кошторисі витрат на науково-дослідницької роботи.

Вартість спеціального устаткування, апаратів, приладів для проведення роботи визначають на підставі їхньої кількості та балансової вартості.

Дані розрахунку проводимо у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок вартості спеціального устаткування

Устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн.	Вартість, грн.
1	2	3	4
Компресометр Intertool AT-4001	1	369	369
Манометр	1	425	425
Разом			794

5.2.4 Розрахунок амортизації універсального устаткування

Суму амортизаційних відрахувань від балансової вартості універсального устаткування, апаратів і приладів, що відносяться до основних фондів, розраховується у відповідності із зайнятістю їх для даної роботи.

Результати розрахунку зводять у таблицю 5.5

Таблиця 5.5 – Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Устаткування, прилади	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Зайнятість устаткування, год	Річний ефективний фонд часу, год	Сума амортизації, грн.
Комп'ютерне обладнання	12000	50	178	1860	574
Разом					574

5.2.5 Визначення витрат на матеріали для НДР

Витрати на покупні деталі і комплектуючі вироби визначають відповідно до їх номенклатури, кількості використання та ціни:

$$B_k = \sum_{i=1}^n (H_{ki} \cdot C_{ki}) \cdot K_{m.z.} \quad (5.4)$$

де H_{ki} – норма витрат i -х комплектуючих виробів, один.;

C_{ki} – ціна i -х комплектуючих виробів без ПДВ, грн;

$K_{m.z.}$ – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, що приймається від 1,05 до 1,15.

Дані розрахунку зводяться в таблицю 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок витрат на покупні деталі і комплектуючі вироби

Матеріал	Одиниця вимірювання	Кількість	Ціна за одиницю вимірювання	Вартість всього, грн
Патрубок системи вентиляції картера ВАЗ 21011	шт	1	60	60
Транспортно-заготівельні витрати				80
Разом із транспортно-заготівельними витратами				140

5.2.6 Розрахунок заробітної плати

У цю статтю включається заробітна плата всіх категорій працівників,

що безпосередньо зайняті в процесі проведення всіх етапів робіт. Сума заробітної плати розраховується на основі зайнятості виконавців по окремих етапах робіт і середньоденного заробітку для кожної категорії персоналу.

Розрахунок основної заробітної плати роблять у таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 – Розрахунок основної і заробітної плати

Посада виконавця	К-ть, людей	Місячний оклад, грн.	Середньоденна зарплата, грн.	Зайнятість НДР, днів	Підсумкова сума основної зарплати, грн.
Керівник	1	8600	391	65	25408
Магістрант	1	2400	120	80	9600
Економіст	1	9100	455	7	3185
Спеціаліст з охорони праці	1	8500	425	10	4250
Підсумок	4	–	1391	162	42443

До підсумкової суми основної зарплати робітників додається премія в розмірі 10 %:

$$ЗП = 42443 \cdot 0,1 = 4244 \text{ грн.}$$

5.2.7 Внески на соціальні заходи

Розрахунок внесків на соціальні заходи при виконанні дослідження за формулою (5.5)

Внески на соціальні заходи визначають у процентному відношенні від суми основної і додаткової зарплати з урахуванням премій. Єдиний соціальний внесок становить $У_{с/з} = 22\%$. Таким чином, внески на соціальні заходи складають, грн:

$$В_{сз} = \frac{(ЗП_{о} + ЗП_{д}) \cdot Y_{сз}}{100\%} \quad (5.5)$$

$$B_{cz} = \frac{(42443 + 4244) \cdot 22\%}{100\%} = 10271 \text{ грн,}$$

5.2.8 Загальновиробничі витрати

Загальновиробничі витрати, які приймаються у відсотках до основної заробітної плати робітників, а саме $\mu = 68\%$

$$ЗВВ = \frac{ЗП_o \cdot Y_{звв}}{100\%}, \quad (5.6)$$

де $Y_{звв}$ – питома вага загальновиробничих витрат, визначається за даними підприємства, %.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Кошторис витрат на виконання НДР

Витрати	Сума, грн.	Питома вага до підсумку, %
Матеріали	776	1,01
Паливо й енергія	255	0,33
Амортизація універсального устаткування	1368	1,79
Заробітна плата основна і додаткова	42443	55,6
Відрахування на соціальні заходи	10271	13,45
Накладні витрати	21221	27,8
Усього	76334	100

5.3 Розрахунок економічної ефективності роботи

Для теоретичних досліджень у більшості випадків важко чи навіть неможливо розрахувати економічний ефект, тому доцільно визначити їхню

техніко-економічну ефективність з урахуванням наступних показників:

- важливості дослідження для народного господарства;
- складності розробки;
- результативності й можливості використання.

Важливість теоретичного дослідження оцінюємо по його призначенню, а саме збереження експлуатаційних показників моторної оливи.

Складність виконання роботи визначаємо порівнянням отриманих результатів даного дослідження з результатами відомих аналогічних досліджень з обліком грошових і трудових витрат на їхнє проведення.

Результативність НДР визначаємо по повноті рішень поставленого завдання: отриманий результат задовольняє вирішення поставлених задач.

Аналіз залежності між цими показниками й витратами на їхнє досягнення дає можливість кількісної оцінки техніко-економічної ефективності теоретичних НДР по формулі: (5.7):

$$K_{\text{НДР}} = \frac{J^n \cdot R \cdot T}{B_{\text{НДР}} \cdot t_{\text{НДР}}}, \quad (5.7)$$

де $K_{\text{НДР}}$ – рівень ефективності дослідження (коефіцієнт техніко-економічної ефективності роботи);

J^n – важливість роботи;

R – результативність роботи;

T – технічна складність виконання роботи;

$B_{\text{НДР}}$ – витрати на проведення роботи, років; приймаємо $t_p = 58/365 = 0,158$;

n – показник використання результатів роботи:

$n=0$ – результати роботи не використовуються;

$n=1$ – результати роботи використовуються частково;

$n=2$ – результати роботи використовуються в дослідно-конструкторських роботах (ДКР);

$n=3$ – результати роботи можуть бути використані без проведення ДКР.

Значення показників важливість роботи, результативність роботи, технічна складність виконання роботи визначаємо за таблицею 5.9.

Таблиця 5.9 – Значення оцінних факторів кількісної оцінки техніко-економічної ефективності роботи

Оцінні фактори	J	R	T	C	t _ф	n
Припустимі значення	2...5	1...4	1...3	–	–	1...8
Прийняті значення	4	4	2	-	-	2

$$K_{\text{НДР}} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 2}{76 \cdot 0,158} = 2,66$$

При значенні $K_{\text{НДР}} \geq 1$ дослідницька робота вважається ефективною.

Висновки до економічного розділу

Використана методика економічного обґрунтування науково-дослідницької роботи дозволила визначити тривалість етапів роботи, кошторис витрат на виконання роботи та рівень ефективності дослідження.

В цілому розрахована кошторисна вартість проведення дослідження за темою «Дослідження впливу картерних газів бензинового двигуна на експлуатаційні показники моторних оливо» відповідає загальному галузевому рівню при заданому терміні виконання та складає 76334 грн., що дає змогу оцінити підхід до виконання НДР з боку студента і чинну координацію з боку наукового керівника проекту.

Результат кількісної оцінки техніко-економічної ефективності роботи становить 2,66, що дозволяє зробити висновок про економічну ефективність роботи в порівнянні з вартістю та результативністю подібних досліджень.

Результати дослідження можуть бути використані в області машинобудування, технічного обслуговування та ремонту автомобілів та на виробництвах моторних оливо.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даному розділі розглядається аналіз потенційних небезпек та основні заходи з охорони праці при виконанні всіх науково-дослідницьких робіт дипломного проекту по дослідженню впливу картерних газів бензинового двигуна на експлуатаційні показники моторних оливо.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

- Можливість ураження електричним струмом, де основними причинами можуть бути: випадкове доторкання до струмопровідних частин (високовольтні дроти), які знаходяться під напругою та мають неякісну ізоляцію або непомітні пошкодження; порушення правил з електробезпеки, що може призвести до електротравми (часткова/загальна судома, втрата свідомості) або до летального наслідку.

- Небезпеки, які пов'язані з використанням ПК при обробці отриманих результатів, зокрема:

- Незадовільне освітлення робочого місця може призвести до втоми та травмування дослідника;

- Тривалого статичного напруження м'язів спини, шиї, рук і ніг, що призводить до втоми і специфічних скарг.

- Важкість та напруженість роботи за ПК, призводять до підвищеної загальної втоми, головного болю, відчуття важкості голови, поганого сну.

- Незадовільна організація ергономіки робочого місця створює підвищену втому.

- Незадовільні параметри мікроклімату в приміщенні дослідницької лабораторії, внаслідок нагріву повітряного середовища від роботи двигуна внутрішнього згорання призводить до підвищеної втоми, слабкої працездатності та дратівливості.

- Незадовільний рівень освітлення приміщення дослідницької лабораторії призводить до перевтомлення органів зору дослідника, зниження

загальної продуктивності та уваги, що призводить до помилок у виконанні науково-дослідних процедур.

- Незадовільний стан повітряного середовища викликаний шкідливими речовинами, які входять у відпрацьовані гази, які викидаються двигунами автомобілів та стендових установок на їх базі і призводить до отруєння організму.

- Підвищений рівень шуму та вібрації від працюючого двигуна ВАЗ 2101 у складі робочого стенду призводить до погіршення самопочуття, зниження працездатності та уваги дослідника, що може привести до травмування.

- Під час проведення експерименту можливе попадання паливо-мастильних матеріалів на розігріті частини двигуна що може призвести до пожежі, внаслідок чого можливе травмування або летальній наслідок.

- Знаходження поруч з паливно-мастильними матеріалами у приміщенні з недостатньою вентиляцією може призвести до отруєння хімічними парами, нудоти та запаморочення.

- При неефективному управлінні персоналом невоєнізованих формувань можливе травмування та навіть загибель людей.

6.2 Заходи по забезпеченню безпеки

За для запобігання ураженню електричним струмом необхідно пройти навчання і перевірку знань з електробезпеки та згідно ДНАОП 1.1.10-1.01-2000 "Правила безпечної експлуатації електроустановок - споживачів" отримати певну групу з електробезпеки. Для запобігання ураження електричним струмом необхідно зробити захисне заземлення, привести ізоляцію струмопровідних кабелів так фізично захистити їх від пошкодження і можливого ураження струмом, виконавши укладку кабелів у спеціальні захисні коробки.

6.3 Заходи по забезпеченню гігієнічної санітарії та гігієни праці

Для ефективної роботи слід забезпечити належні метеоумови на робочому місці. Параметри мікроклімату приміщення встановлюють згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» в залежності від категорії робіт за важкістю. Для забезпечення цих параметрів передбачають системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря, в приміщеннях.

Оскільки висота дослідницького приміщення становить 4,50 м, встановлюємо люмінесцентні лампи типів ЛБ чи ЛД міцність 60 Ват, що буде відповідати В класу зорової роботи відповідно ДБН В.2.5-28-2018. – На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 133 с. – (Державні будівельні норми України) [29]

Захист персоналу від шуму двигуна, в виробничих приміщеннях і на робочих місцях забезпечується згідно вимог ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму».

Для захисту від шуму передбачають наступні заходи:

- віброізоляція стенду з двигуном, застосування індивідуальних віброізолюваних фундаментів для обладнання зі значними динамічними навантаженнями, а також віброізоляція трубопроводів інженерних мереж;
- застосування беруш для вух або протишумові навушники.

Наявні фактори умов праці та виробничого середовища, що впливають на науковця-дослідника в процесі трудової діяльності за ПК у лабораторії, їх вимірюване значення та час дії вносимо до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Фактор (показник)	Виміряні показники <i>P_{вим}</i>	Час дії <i>год.</i>	ГДК, ГДР, показники, <i>P_{доп}</i>	<i>X_{визн.}</i> , бали	Клас умов праці	<i>X_i</i> , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, <i>t, °C</i>	27,2	7	22,9-25,8	3	3,3	3
Освітленість приміщення <i>E, лк</i>	350	7	400	—	3,1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, <i>З_{ор}</i>	A-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму <i>L, дБА</i>	111	4	65	—	3,4	2,00
Загальні енергозатрати організму, <i>Вт</i>	210	7	290	0,63	3,2	2
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	60500	7	40000	1,32		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	75	7	75	0,88		
Тривалість робочого дня, <i>год.</i>	7	7	8	0,11		

Таблиця 6.1 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Відповідно до додатка А [34], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для інженера-дослідника центральної заводської лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 210 Вт (151-200 ккал/год.) та повинні відповідати фізичним роботам середньої важкості – категорії Па. [34]

З додатків, відповідно до категорії робіт Па, розряду зорових робіт А-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою». [34]

Для окремих факторів і показників за методикою визначено

«Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{\text{визн}}$ та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС- індекс, додаток Б. [34] Розрахунковий коефіцієнт $X_{\text{визн}}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1 [34]:

$$X_{\text{визн}} = \frac{3 * t_3}{T} = \frac{3 * 7}{7} = 3$$

- для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 7.2 [34]:

а.) загальні енергозатрати організму, $K_{\text{знач}} = 1,0$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} * T * K_{\text{знач}}}{8 * P_{\text{доп}}} = \frac{210 * 7 * 1}{8 * 290} = 0,63$$

б.) стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{\text{знач}} = 1,0$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} * T * K_{\text{знач}}}{8 * P_{\text{доп}}} = \frac{60500 * 7 * 1}{8 * 40000} = 1,32$$

в.) тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{\text{знач}} = 1,0$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} * T * K_{\text{знач}}}{8 * P_{\text{доп}}} = \frac{75 * 7 * 1}{8 * 75} = 0,88$$

г.) тривалість робочого дня (зміни), $K_{\text{знач}} = 0,15$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} * T * K_{\text{знач}}}{8 * P_{\text{доп}}} = \frac{7 * 7 * 0,15}{8 * 8} = 0,11$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для оцінки мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{\text{визн}} = 3$, з таблиці 7.2 – 3 клас, 3 ступінь (3.3);
- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь

шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{\text{вим}} = 350$ лк, за додатками Г [34] та табл. Г.1 [34] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{\text{вим}} = 111$ дБА, за додатками Д [34] та табл. Д.1 [34] – шкідливий клас, 3.4 ступінь (3.4);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{\text{визн}}$ за формулою 7.3 [34]

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i = 0.63 + 1.32 + 0.88 + 0.11 = 2,94$$

З таблиці 7.3 за значенням суми розрахованих балів показників

$X_{\text{сум}} = 2,94$ – 3 клас, 2 ступінь (3.2)

Оскільки загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці інженера-дослідника центральної заводської лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 4 ступеню.

Тому що при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до стовпчика 7, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{\text{ст}} = X_i = 3$;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона

відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці. а час його дії уже врахований, тому коректування не потрібно – $X_{ст} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці та діє протягом 4 годин, тому значення X_i визначаємо по формулі 7.3 [34]

$$X_i = X_{ст} * \frac{T}{8} = 4 * \frac{4}{8} = 2$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 2 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{ст} = X_i = 2$;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , по формулі 7.4 [34]

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 1 + 2 + 2 = 8$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 8$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 16 %.

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці робимо висновки та пропозиції:

1. Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці інженера-дослідника центральній заводській лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 4 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

- рівень шуму в робочій зоні інженера-дослідника ЦЗЛ – 50

дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 174 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20 000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;
- тривалість робочого дня, 6 або 7 год.

2. Для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;
- оскільки освітленості робочого місця відповідає нормованій освітленості, тому її корегувати нема необхідності;
- для зниження рівня шуму в робочий зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;
- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 або 7 год
- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;
- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

4. Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4, у розмірі 16%.

6.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

Для запобігання виникненню пожежі в дослідницькій лабораторії необхідно розрахувати кількість вогнегасників та місце їх установки. В лабораторії застосовується паливо(бензин), олія, дизпаливо, розчинники. Ці речовини можна віднести до класу пожежі А. Приміщення по вибухонебезпечності та пожежонебезпечності можна віднести до категорії В. Площа приміщення складає 110м². Тому кількість вогнегасників вибираємо 4 вогнегасника ПВП-5 відповідно документу ДСТУ Б В.1.1-36:2016, НАПБ А.01.001- 14. – На заміну НАПБ А.01.001-04 ; чинний від 2014-12-30. – К. : МВС України, 2014. – 47 с. – (Нормативний акт пожежної безпеки) [29]

– На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – 66 с. – (Національний стандарт України)

6.5 Заходи з цивільного захисту

Невоєнізовані формування – це група робітників та службовців об'єкта, які об'єднані в окремий підрозділ, оснащений спеціальною технікою і майном, без звільнення їх основної роботи і призначені для ведення РІНР при виникненні надзвичайної ситуації.

Формування можуть бути загального призначення і забезпечення (служб ЦО), за підпорядкованістю – територіальні й об'єктові.

Невоєнізовані формування загального призначення є основними підрозділами НФ ЦО. Вони створюються на територіях відповідно до адміністративно-територіального поділу України, на об'єктах господарювання і призначені для пошуку і порятунку потерпілих у районах лиха, надання їм долікарняної допомоги, проведення невідкладних робіт, які сприяють порятунку людей, захисту їх життя та здоров'я. Організаційно вони можуть бути зведені в загони, команди, групи.

Невоєнізовані формування забезпечення створюються в адміністративно-територіальних одиницях, на об'єктах господарювання і призначені для вирішення спеціальних завдань та всебічного забезпечення РІНР у районах стихійного лиха й вогнищах ураження.

Організаційно це можуть бути загони, команди, колони, бригади, дружини, групи, відділення, пости. Вони можуть виконувати такі завдання:

- ведення розвідки;
- забезпечення зв'язком;
- ведення медичної розвідки, надання медичної допомоги;
- проведення протиепідемічних і санітарно-гігієнічних заходів;
- локалізація і гасіння пожеж;
- ведення інженерної розвідки, РІНР, відновлення і ремонт доріг та дорожніх споруд;
- ведення аварійно-технічних робіт на мережах і спорудах комунально-енергетичного господарства;
- проведення санітарної і спеціальної обробки людей, техніки, майна, а також територій;
- перевезення людей і матеріальних цінностей;
- підтримка суспільного порядку, несення комендантської служби;
- забезпечення гарячим харчуванням, водою, продовольством, одягом, взуттям тощо.

Територіальні невоєнізовані формування загального призначення створюються на базі підприємств та організацій обласного, районного, міського підпорядкування, підкоряються начальникам Цивільної оборони відповідних територій і використовуються за їхніми розпорядженнями.

6.6 Висновок охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

В даному розділі розглянуто аналіз потенційних небезпек, які можуть впливати на дослідника. Розроблені заходи по їх усуненню. Розроблені заходи з пожежної безпеки та цивільного захисту.

ВИСНОВКИ

На підставі виконаного аналізу стану питань щодо зміни експлуатаційних показників моторних оливо з урахуванням негативного впливу картерних газів визначена доцільність проведення наукових досліджень за цим напрямком. На підставі проведених експериментальних досліджень встановлені закономірності зміни кінематичної в'язкості, лужного та кислотного чисел моторних оливо за різними основами в залежності від витрати ресурсу ЦПГ двигуна.

Виконано аналіз впливу зміни триботехнічного стану ЦПГ ДВЗ на стан системи «система вентиляції картера - картерні гази – моторна олива», що підтверджується експериментальними дослідженнями. Отримала подальший розвиток методика фізичного моделювання газорідинного обміну між картерними газами та моторними оливами. Для більшої достовірності досліджень були обрані моторні оливи з мінеральною, напівсинтетичною і синтетичними основами. Проведений різний час аерації картерними газами, що дало можливість відстежувати тенденції змін експлуатаційних показників моторних оливо. Аналіз досліджень показав, що в створених умовах взаємодії краще себе проявила моторна олива на мінеральній основі AZMOL 15W40.

Результати магістерського дослідження можуть бути використані у освітньому процесі при вивченні здобувачами дисципліни «Надійність технічних систем». Також на основі результатів експериментальних досліджень можна

Напрямок подальших досліджень вважається:

- проведення триботехнічних випробувань на малогабаритних зразках за схемою «диск, що обертається – колодка» для визначення закономірностей зміни коефіцієнту тертя, зносу в умовах прояву антифрикційних та протизношувальних властивостей моторних оливо з примусово зміненими параметрами в'язкості, лужного та кислотного чисел;

- встановлення взаємозв'язку між комплексним безрозмірним критерієм оцінки експлуатаційних показників моторних олиив та модельованим часом примусового старіння мірних об'ємів моторних олиив за різними основами. Побудування на підставі зазначеного математичних моделей поведінки експлуатаційних властивостей моторних олиив за часом роботи ДВЗ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Райков И.Я., Рывтинский Г.Н., Кругликов В.М. Системы вентиляции картеров автомобильных двигателей. М.: ГОСИНТИ, 1964. 24 с.
2. Термоокислительная стабильность трансмиссионных масел: монография / Б.И. Ковальский, Ю.Н. Безбородов, Л.А. Фельдман, Н.Н. Малышева. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. 150 с.
3. Термоокислительная стабильность трансмиссионных масел: монография / Б.И. Ковальский, Ю.Н. Безбородов, Л.А. Фельдман, Н.Н. Малышева. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. 150 с.
4. А.С. Попов, Б.И. Ковальский, С.И. Васильев. Процесс окисления минеральных масел с учетом доливов. https://brstu.ru/static/unit/journal_smt/docs/number4/94-95.pdf [электронный ресурс].
5. Термоокислительная стабильность трансмиссионных масел: монография / Б.И. Ковальский, Ю.Н. Безбородов, Л.А. Фельдман, Н.Н. Малышева. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. 150 с.
6. Николаев Е.В. Совершенствование технологи диагностирования цилиндропоршневой группы дизельного двигателя по параметрам картерных газов. https://rosinformagrotech.ru/files/synopsis/nikolayev_e_v_2013.pdf [электронный ресурс].
7. Изменение характеристик моторных масел в газопоршневых двигателях большой мощности, С. В. Корнеев, С.В. Пашукевич, А.О. Тришкин, Р.В. Буравкин/ ФГБОУ ВО «ОмГТУ».
8. И. И. Ширлин, А. В. Колунин, С. А. Гельвер, А. А. Иванников В. В. Нечаев, А. Д. Гедзь, Н. А. Кузнецов. Ресурс масла как показатель, зависящий от условий эксплуатации автомобильной техники. Омский научный вестник №3. 2013. Вып. 123. С. 141-144.
9. Кубич В.И. Экспериментальная оценка влияния картерных газов на эксплуатационное состояние моторного масла/Кубич В.И., Дрибас Д.Э./

/«Тиждень науки-2020» - щоріч. наук.-практ. конф., 13-17 квітня 2020 р.: зб. тез допов., Т.1. - Запоріжжя, 2020. - ЗНТУ - С.57-59. https://zp.edu.ua/uploads/dept_s&r/2020/conf/4.1/TN_2020-TF.pdf [електронний ресурс].

10. Система вентиляции картера двигателя: устройство, принцип работы, основные неисправности. Режим доступа: <http://krutimotor.ru/sistema-ventilyatsii-kartera/> [електронний ресурс].

11. СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ КАРТЕРА ГАЗ-24. Режим доступа: http://long-vehicle.narod.ru/gaz24/book24/24_ventilation.htm [електронний ресурс].

12. Lubricating oils book. Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.myproj.slshalko.oilrapokbook> [електронний ресурс].

13. Определение технического состояния цилиндро-поршневой группы по расходу картерных газов, Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт, Е.М. Филиппова, Е.В. Николаев, 2011.

14. Патент № 2011135173/06. Система ДВИГАТЕЛЯ (ВАРИАНТЫ). Форд Глобал Технолоджис, ЛЛК.

https://yandex.ru/patents/doc/RU2570677C2_20151210 [електронний ресурс].

15. Патент № 2011149073/06. Устройство вентиляции картерных газов. Парфенов Ю.А. https://yandex.ru/patents/doc/RU2509220C2_20140310 [електронний ресурс].

16. Патент № 2013117110/06. Устройство для снижения заброса моторного масла в систему вентиляции картера ДВС. Открытое акционерное общество «КАМАЗ». https://yandex.ru/patents/doc/RU134594U1_20131120 [електронний ресурс].

17. Кубіч В.І. Навантаження і тиск картерних газів при зміні триботехнічного стану ЦПГ бензинового ДВЗ/ В.І. Кубіч, О.Г. Чернета, Д.Е. Дрібас// XI між нар. наук.-практ. конфер. «Сучасні підходи до

високоєфективного використання засобів транспорту» 3 - 4 грудня 2020 року. ДІ НУ «Одеська морська академія» (очікується вихід збірника). <https://dinuoma.com.ua/conference/> [електронний ресурс].

18. Кубіч В.І. Експлуатаційні показники моторних олив при моделюванні взаємодії з картерними газами ДВЗ/ В.І. Кубіч, О.Г. Чернета, Д.Е. Дрібас// Проблеми тертя та зношування в машинах. Київ, НАУ. №4 (89). 2020. с.12-23. <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/PTZ/issue/view/795>

19. ГОСТ 9490-75. Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине (с Изменениями N 1-4). <http://docs.cntd.ru/document/1200007891>.

20. ГОСТ 20457-75. Масла моторные. Метод оценки антиокислительных свойств на установке ИКМ (с Изменениями N 1, 2). <http://docs.cntd.ru/document/1200008564>.

21. Войтов В. А., Сысенко И. И., Кравцов А. Г. Критерий оценки качества моторного масла для двухтактных двигателей внутреннего сгорания. Проблеми трибології (Problems of Tribology) 2014. № 2. <https://docplayer.ru/58537632-Kriteriy-ocenki-kachestva-motornogo-masla-dlya-dvuhtaknyh-dvigatelye-vnutrennego-sgoraniya.html> [електронний ресурс].

22. Корнеев С. В., Пашукевич, А. С. Савоськин, Ширлин И. И. Изменение характеристик моторного масла при эксплуатации двигателей автобусного парка г. Омска. Вестник СибАДИ, 2017. Вып. 2 (54). С. 66–70.

23. Наглюк И. С. Оценка качества моторных масел при эксплуатации легковых автомобилей. Автомобильный транспорт. 2011. Вып. 29. С. 184–186.

24. Єфіменко В., Кустовська А., Єфіменко О., Отаманенко Н. Визначення зміни основних показників якості моторної оливи CASTROL MAGNETEC SAE 5W-30 в процесі експлуатації. http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/51940/2/2018_Yefymenko_V-Vyznachennia_zminy_osnovnykh_294-297.pdf. [електронний ресурс].

25. Корчак Б. О., Гринчишин О. Б., Червінський Т. І. Зміна складу та

властивостей мінеральної моторної оливи після її експлуатації. Науковий вісник НЛТУ України, 2017. Т. 27. № 6. С. 93–97.

26. Кубич В. И., Чернета О. Г. Комплексный критерий оценки эксплуатационного состояния моторного масла. / Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: сеуттоо-2020 : матеріали 11-ї міжнар. наук.-практ. конф., м. Херсон, 8–10 верес. 2019 р. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2016. С. 47–50.

27. Корнеев С. В., Дорошено Н. В., Ширлин И. И., Дорошенко С. В., Ситников А.В., Сенникова О. В. Корректирование сроков замены моторных масел при эксплуатации техники в условиях холодного климата на ОАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ». Вестник СибАДИ, 2009. Вып. 1 (11). С. 17–21.

28. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС, 2018. 44 с.

29. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом [Текст] : ДСТУ Б В.2.5- 82:2016. – На заміну ДБН В.2.5-27-2006 ; чинний від 2017-04-01. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 109 с. – (Державний Стандарт України).

30. Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-1.71-13. – Чинний від 2014-03-28. – К. : Міненерговугілля України, 2013. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0327-14>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці).

31. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-7.15- 18. – На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18. – К. :

Мінсоцполітики України, 2018. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці).

32. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс] : ДСН 3.3.6.042-99. – Чинний від 1999-12-01. – К. : МОЗ України, 1999. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>. – (Державні санітарні норми).

33. Опалення, вентиляція та кондиціонування [Текст] : ДБН В.2.5-67:2013. – На заміну СНиП 2.04.05-91 ; крім розділу 5 та додатка 22. ; чинний від 2014-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 149 с. – (Державні будівельні норми України).

34. Природне і штучне освітлення. [Текст] : ДБН В.2.5-28-2018. – На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 133 с. – (Державні будівельні норми України).

35. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Текст] : ДСТУ Б В.1.1-36:2016. – На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – 66 с. – (Національний стандарт України).

36. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист [Текст] : навч. посіб. для вузів / М. І. Стеблюк. – К. : Знання, 2013, - 487 с

37. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань [Електронний ресурс] : ДСН 239-96. – На заміну СанПиН 2963-84 ; чинний від 1996-08-01. – К. : МОЗ України, 1996. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96>.

38. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс] – Чинний від 2012-11-21. : станом на 01.01.2020 р. – К. : ВР України, 2012. 21 – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>. – (Закон України).

39. Система вентиляции картера двигателя с карбюратором 2105, 2107 Озон <https://twokarburators.ru/sistema-ventilyacii-kartera-dvigatel-ozon/>

[электронный ресурс].