

Шифр «Екологія ГБО»

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ
ГАЗОВИХ ДВЗ АВТОМОБІЛІВ З МЕТОЮ ПОЛПШЕННЯ
ЇХ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ**

Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт
зі спеціальності «Автомобільний транспорт»
за напрямком «Екологічна безпека комплексу «Автомобіль
– навколишнє середовище»»

ЗМІСТ

	стор
ВСТУП	3
1. ДОСЛІДЖЕННЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЗОВИХ ДВЗ АВТОМОБІЛІВ З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ ЇХ ЕКОЛОГО- ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ	5
1.1. Оцінка впливу технічного стану елементів УСЖ на експлуатаційні властивості автомобіля	5
1.2. Уточнення часу роботи систем подачі бензину і газового палива в реальних умовах експлуатації	8
1.3. Розробка методики підтримки УСЖ в справному стані	11
1.4. Теоретичні і експериментальні дослідження процесів старіння гумотехнічних складових редуктора-випарника	14
2. РОЗРОБКА СТЕНДІВ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЗОВИХ ДВЗ АВТОМОБІЛІВ	22
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30

ВСТУП

В даний час гостро постає проблема раціонального використання природних ресурсів. Автомобільний транспорт являється одним з основних споживачів рідкого палива нафтового походження. Одним з варіантів зниження його споживання є застосування різних видів альтернативних палив.

Неухильно зростає кількість автомобілів з двигунами, оснащеними системою впорскування бензину, що експлуатуються на газовому паливі (природний газ, зріджений нафтовий газ). Однак, більшість існуючих автомобільних газобалонних систем призначене для встановлення на автомобілі з карбюраторними двигунами, що є найбільш поширеними в нашій країні до недавнього часу. Тому на різних автомобілях спостерігаються значні відмінності в якості і стабільності сумішоутворення на найбільш характерних експлуатаційних режимах. Тим більше нестабільна і неоптимальна робота цих газобалонних систем буде спостерігатися при установці їх на автомобілі з двигунами, оснащеними системами впорскування бензину.

Потрібно враховувати, що при установці на автомобіль газобалонного обладнання штатна система уприскування бензину залишається в повністю працездатному стані, і двигун може працювати як на бензині, так і на газовому паливі. Таким чином, автомобіль може експлуатуватися на так званій двопаливній універсальній системі живлення (УСЖ). При цьому нормативно-технічною документацією не передбачені коригування періодичності і обсягів обслуговування штатної бензинової системи живлення.

В даний час є недостатньо робіт, присвячених питанню впливу експлуатації автомобілів з УСЖ на технічний стан елементів УСЖ. При цьому виникає питання про необхідність оцінки зміни технічного стану елементів кожної з систем живлення від пробігу автомобіля. Також потрібне

обґрунтування оптимального методу підтримки працездатності УСЖ і розробка рекомендацій по виконанню даного завдання.

Таким чином, дослідження, спрямовані на підвищення ефективності експлуатації автомобілів, обладнаних УСЖ, є актуальними.

Мета роботи полягає в підвищенні еколого-економічних показників ефективності експлуатації газобалонних автомобілів шляхом визначення періодичності та змісту робіт з технічного обслуговування двопаливної універсальної системи живлення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Запропонувати та обґрунтувати показник для оцінки впливу технічного стану елементів УСЖ на експлуатаційні, еколого-економічні властивості автомобіля і визначити його допустимі значення.

2. Уточнити математичну модель автомобіля для оцінки впливу технічного стану елементів УСЖ на показники експлуатаційних, еколого-економічних властивостей автомобіля.

3. Отримати розрахунковим шляхом і експериментальної залежності значень показників властивостей автомобіля від рівня технічного стану елементів УСЖ.

4. Уточнити частку часу роботи автомобіля на кожному виді палива в реальних умовах експлуатації. Виявити елементи системи живлення, наробітку на відмову яких найбільшою мірою відхиляється від нормативної. Визначити зміну технічного стану елементів УСЖ від пробігу автомобіля.

5. Розробити стенди для діагностування газових ДВЗ автомобілів і обґрунтувати періодичність, зміст робіт і трудомісткість обслуговування елементів УСЖ.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЗОВИХ ДВЗ АВТОМОБІЛІВ З МЕТОЮ ПОЛПШЕННЯ ЇХ ЕКОЛОГО- ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

1.1. Оцінка впливу технічного стану елементів УСЖ на експлуатаційні властивості автомобіля

На роботу двигуна з УСЖ впливає поява несправностей в деяких елементах системи і, як наслідок, зміна коефіцієнта надлишку повітря (a). Незважаючи на те, що a відповідає основним вимогам, що пред'являються до оціночних параметрів, його неможливо використовувати в якості параметра оцінки зміни технічного стану елементів УСЖ. Пояснюється це тим, що a має велику залежність від режимів роботи двигуна (навантажувального, швидкісного, температурного) і не може мати одного конкретного значення при експлуатації автомобіля.

Пропонується показник, що враховує відносну зміну a , який визначається наступним чином:

$$K_a = \frac{a_p - a_f}{a_p} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де a_p , a_f - відповідно розрахунковий і фактичний a .

a_p визначався по калібруванню програмного забезпечення процесора системи управління двигуном за допомогою комп'ютерної програми Chip Tuning Pro3. Ці калібрування визначені виробником і закладаються в постійний запам'ятовуючий пристрій електронного блоку управління для отримання найкращих динамічних, економічних і екологічних показників. Програма Chip Tuning Pro3 дозволяє визначити a_p на будь-яких режимах роботи двигуна. a_f визначався за допомогою трикомпонентного газоаналізатора АДК - 03Р. Таким чином, пропонується використовувати показник як основний для оцінки зміни технічного стану елементів УСЖ. В процесі експлуатації автомобіля цей показник буде змінюватися в наслідок появи несправностей в елементах УСЖ.

Найбільша різниця між напрацюванням на відмову в експлуатації L_y і нормативною періодичністю обслуговування L_n спостерігається у наступних елементів:

- електробензонасос ($\Delta u_n = L_y - L_n = -103$ тис. км);
- електромагнітні форсунки ($\Delta u_n = L_y - L_n = -238$ тис. км);
- редуктор газовий ($\Delta u_n = L_y - L_n = -25$ тис. км);
- дозатор газовий ($\Delta u_n = L_y - L_n = -200$ тис. км);
- фільтр грубого очищення ($\Delta u_n = L_y - L_n = -21$ тис. км).

Таким чином, необхідно подальші дослідження проводити застосовуючи до чотирьох елементів УСЖ, для яких отриманий середній наробіток на відмову виявився менше встановленого виробником нормативу періодичності обслуговування, а саме: електробензонасос, електромагнітні форсунки, редуктор газовий і дозатор газовий.

Зміна стану елементів УСЖ впливає на такі властивості автомобіля:

- екологічну безпеку (в частині токсичності відпрацьованих газів);
- тягово-швидкісні властивості,
- паливну економічність.

Обґрунтовано вибір показників токсичності і експлуатаційних властивостей, на які впливає зміна стану елементів УСЖ, і визначені їх допустимі значення по нормативно-технічній документації.

Екологічна безпека (в частині токсичності відпрацьованих газів) характеризує наступними показниками:

- вміст оксиду вуглецю у відпрацьованих газах на мінімальних і підвищених обертах холостого ходу (нормуються);
- вміст вуглеводнів у відпрацьованих газах на мінімальних і по підвищених оборотах холостого ходу (нормуються).

Тягово-швидкісні властивості характеризуються:

- часом розгону двигуна від 2000 до 5000 об / хв на другій передачі (нормується);

- часом розгону двигуна від 2000 до 5000 об / хв на холостому ході (нормується).

До основних показників паливної економічності відносяться:

- контрольна витрата палива на швидкостях 90 і 120 км / год;
- паливна характеристика усталеного руху;
- годинна витрата палива на мінімальних обертах холостого ходу.

Для розрахунку показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності при різному стані елементів УСЖ в різних режимах руху була уточнена математична модель автомобіля для оцінки впливу технічного стану елементів УСЖ на показники експлуатаційних властивостей автомобіля.

Значення показників паливної економічності та тягово-швидкісних властивостей визначалися розрахунковим шляхом з використанням математичної моделі автомобіля (приклади результатів розрахунків представлені рис. 1, 2), а значення нормованих показників екологічної безпеки та тяговошвидкісних властивостей (прискорення при розгоні) отримані на основі експериментальних досліджень).

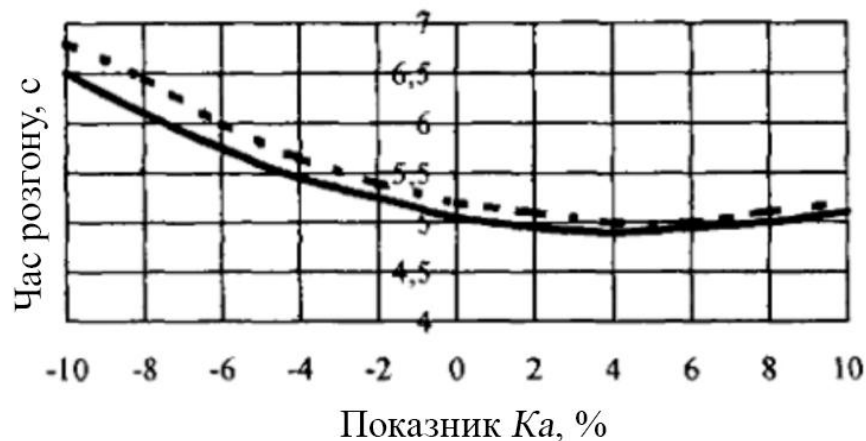


Рис. 1. Розрахункова залежність часу розгону двигуна від 2000 до 5000 об/хв на 2-ій передачі в русі від величини K_a (суцільна лінія - бензин, пунктирна - газ)



Рис. 2. Розрахункова залежність контрольної витрати палива на швидкості 90 км / год від величини K_a (суцільна лінія - на бензині, пунктирна - на газі)

Розрахунки та експериментальні дослідження показали, що при зміні стану елементів УСЖ (зміна показника K_a від - 10 до 10%) відбувається погіршення показників тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності і токсичності відпрацьованих газів: прискорення автомобіля при розгоні - на 13%; витрати палива за показниками паливної економічності - на 21-24%.

Визначено допустимі значення показника K_a по самим критичним з нормованих показників властивостей автомобіля. При $K_a^{доп} = 4,64\%$ концентрація оксиду вуглецю у відпрацьованих газах збільшується вище допустимих меж. При значенні показника $K_a^{доп} = - 5,53\%$ знижується динаміка розгону автомобіля нижче допустимих меж. Інші з нормованих показників властивостей автомобіля залишаються при цьому в допустимих межах.

1.2. Уточнення часу роботи систем подачі бензину і газового палива в реальних умовах експлуатації

Для уточнення співвідношення частки часу роботи автомобілів на бензині і газі використовувалася статистичесна інформація про експлуатацію автомобілів ГАЗ-3110 «Волга» і автомобілів сімейства «ГАЗель» з

універсальною системою живлення, накопичена протягом трьох років.

Статистичні дані були розбиті по вибірках:

- 1) індивідуальні та службові автомобілі - 56 одиниць;
- 2) технологічні автомобілі і таксі - 45 одиниць;
- 3) маршрутні таксі - 75 одиниць.

Аналіз отриманих результатів дозволяє розділити всі автомобілі за часом роботи на газі на дві групи:

- 1) автомобілі з середньою часткою часу роботи на газі, що дорівнює 75% ($D_r = 75\%$) (індивідуальні та службові);
- 2) автомобілі з середньою часткою часу роботи на газі, що дорівнює 98% ($D_r = 98\%$) (технологічні, таксі і маршрутні таксі).

Подальші дослідження проводилися тільки за індивідуальними і службовими автомобілями (група з часткою часу роботи на газі, що дорівнює 75%) у зв'язку з недостатністю накопиченої інформації по експлуатації автомобілей інших груп.

Представлені результати експериментальних досліджень автомобілів ГАЗ-3110 з двигуном ЗМЗ-4062.10, що проходили технічне обслуговування. При плановому технічному обслуговуванні або при виникненні неполадок і відмов з автомобіля знімалися елементи УСЖ, встановлювалися на моторну установку і проводилося визначення показників властивостей автомобіля. Крім того, перед зняттям елементів УСЖ з автомобіля проводилися випробування по визначенню часу розгону двигуна від 2000 до 5000 хв^{-1} при русі на 2-ій передачі. Заміри часу розгону проводилися на прямій горизонтальній ділянці дороги з асфальтобетонним покриттям на території майданчика для навчального водіння.

На рис. 3 – 5 як приклад показані деякі залежності екологічних і економічних показників автомобіля від стану елементів УСЖ.

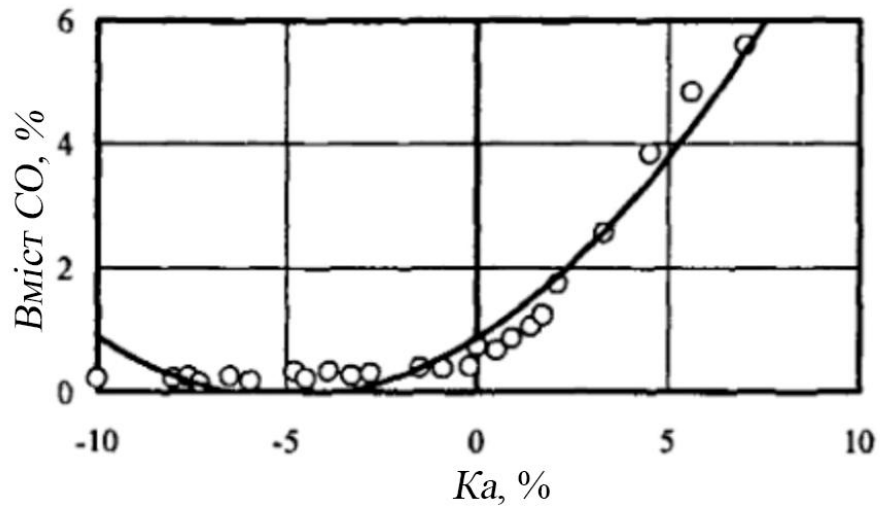


Рис. 3. Вміст оксиду вуглецю у відпрацьованих газах на мінімальних обертах холостого ходу (850 хв^{-1}) в залежності від зміни технічного стану елементів

$$\text{УСЖ } \Pi_{\text{cox}} = 0,039K_a^2 + 0,387 K_a + 0,866, r=0,98$$

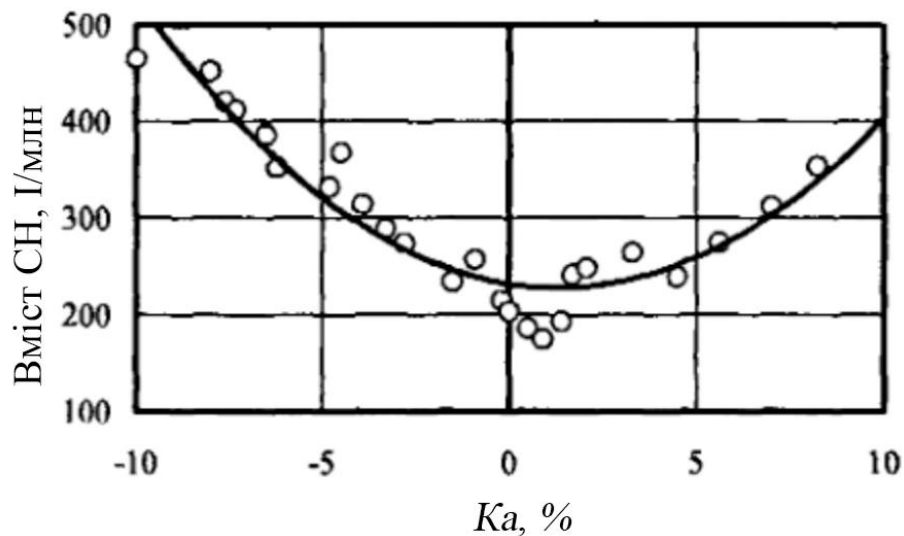


Рис. 4. Зміст вуглеводнів у відпрацьованих газах на мінімальних оборотах холостого ходу (850 хв^{-1}) в залежності від зміни технічного стану елементів УС:

$$\Pi_{\text{снх}} = 2,34 K_a^2 - 6,22K_a + 231,96, r = 0,94$$

Проведені експериментальні дослідження дозволили встановити залежні зміни основних показників властивостей автомобіля від варіації технічного стану елементів УСЖ (від показника K_a). Результати дослідження наведені в табл. 1.

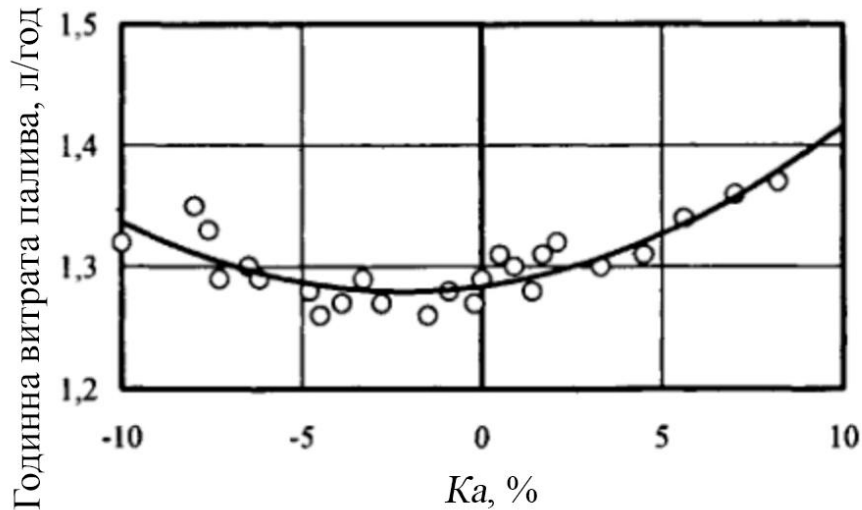


Рис. 5. Годинна витрата палива на мінімальних обертах холостого ходу (850 хв^{-1}) в залежності від зміни технічного стану елементів УСЖ

$$P_{ai} = 0,001K_a^2 + 0,004K_a + 1,28, r = 0,85$$

1.3. Розробка методики підтримки УСЖ в справному стані

Обґрунтовано метод проведення технічного обслуговування допустимого значення і закономірності зміни параметра технічного стану.

Отримані експериментально залежності показника K_a від пробігу автомобіля по кожному елементу УСЖ дозволяють для умов експлуатації автомобілів визначити пробіг автомобіля, при якому необхідно проводити обслуговування елементів УСП:

- 1) Електромагнітні форсунки:

$$L = 14,9 \text{ тис. км.}, K_a = -0,014L^2 - 0,049L - 1,19;$$

- 2) Електробензонасос:

$$L = 135,7 \text{ тис. км.}, K_a = -0,00014L^2 - 0,0011L - 1,92;$$

- 3) Редуктор газовий:

$$L = 13,2 \text{ тис. км.}, K_a = 0,42L;$$

- 4) Дозатор газовий:

$$L = 45,7 \text{ тис. км.}, K_a = 0,0007L^2 + 0,07L + 0,28.$$

Таким чином, для автомобілів ГАЗ-3110 з двигунами ЗМЗ 4062.10 з УСЖ необхідно проводити роботи:

- по обслуговуванню газового редуктора через 10 тис. км.;
- з очищення електромагнітних форсунок через 15 тис. км.;
- по обслуговуванню газового дозатора через 45 тис. км пробігу;
- по обслуговуванню електробензонасоса через 135 тис. км.

Таблиця 1

Експериментальні дані зміни показників

Показник	Збільшення <i>Ka</i> от 0 до 4,64%		Зменшення <i>Ka</i> от 0 до-5,53%	
	Зміна показника абсолютна	Зміна показника, %	Зміна показника абсолютна	Зміна показника, %
1. Вміст оксиду вуглеводу у відпрацьованих газах на мінімальних обертах $x x$, %	0,80 - 3,5	337	0,80 - 0,1	-87,5
2. Вміст оксиду вуглеводу у відпрацьованих газах на підвищених обертах $x x$, %	0,25 - 0,99	296	0,25 - 0,05	-80
3. Вміст вуглеводнів у відпрацьованих газах на мінімальних обертах $x x$, млн ⁻¹	225 - 254	12,9	225 - 336	49
4. Вміст вуглеводнів у відпрацьованих газах на підвищених обертах $x x$, млн ⁻¹	122 - 126	3,3	122 - 155	27
5. Час розгону двигуна з 2000 до 5000 xv^{-1} на $x x$, с	0,70 - 0,68	-2,9	0,70 - 0,73	4.3
6. Час розгону вигуна з 2000 до 5000 xv^{-1} при русі автомобіля на 2 передачі, с	5,02 - 5,06	0,8	5,02 - 6,0	20
7. Часова витрата палива на мінімальних обертах $x x$, л/год	1,28 - 1,32	3,1	1,28 - 1,29	0,8

Трудомісткість обслуговування елементів УСЖ повинна визначатися нормативами, рекомендованими заводами виробниками. Однак ці дані для автомобілів ГАЗ-3110 відсутні. Для визначення трудомісткості робіт по обслуговуванню застосовувався метод хронометражу. На підставі отриманих результатів рекомендується обслуговування УСЖ здійснювати відповідно до табл. 2.

Таблиця 2

Періодичність, зміст робіт і трудомісткість обслуговування УСЖ

№	Операція	Працевдатність люд.год
1	Технічне обслуговування після кожних 10000 км	
1.1	Перевірка герметичності, вихідного тиску газового редуктора. При втраті герметичності провести ремонт	0,45
1.2	Ремонт газового редуктора	0,65
1.2.1	Зняття і розбирання	0,2
1.2.2	Заміна діафрагми і клапана	0,25
1.2.3	Збірка і установка	0,2
1.3	Регулювання газового редуктора	0,15
1.4	Перевірка спрацьовування клапана	0,35
1.4.1	Перевірка герметичності	0,3
1.4.2	Перевірка старцювання клапана	0,05
1.5	Ремонт газового магістрального клапана	0,6
1.5.1	Зняття і розбирання	0,2
1.5.2	Заміна клапана	0,1
1.5.3	Заміна електромагнітної котушки	0,1
1.5.4	Збірка і установка	0,2
	Разом	2,2
2	Технічне обслуговування після кожних 15 000 км	
2.1	Очищення електромагнітних бензинових форсунок	1,1
2.1.1	Зняття з автомобіля	0,2
2.1.2	Очищення вручну	0,4
2.1.3	Перевірка продуктивності	0,3
2.1.4	Установка на автомобіль	0,2
	Всього	1,1

3	Технічне обслуговування після кожних 45000 км	
3.1	Перевірка герметичності газового дозатора	0,15
3.2	Очищення дозатора від забруднення	0,3
3.2.1	Зняття і розбір	0,1
3.2.2	Очищення	0,1
3.2.3	Збірка і установка	0,1
	Виконати роботи по п 1.1.	
	Всього	0,9
4	Технічне обслуговування після кожних 135000 км	
4.1	Перевірити максимальний тиск і максимальну поглинальну напругу електробензонасоса При зниженні максимального тиску до 5,5 кгс/см ² або при збільшенні максимальної використаної напруги до 6,5 А замінити електробензонасос	0,25
4.2	Заміна електробензонасоса	0,4
	Всього	0,65

Розроблена методика підтримки елементів УСЖ в справному стані дозволяє підвищити ефективність експлуатації автомобіля. При цьому показники властивостей автомобіля (активної і екологічної безпеки) знаходяться в допустимих межах.

1.4. Теоретичні і експериментальні дослідження процесів старіння гумотехнічних складових редуктора-випарника

В основу методики прогнозування працездатності гумотехнічних складових редуктора-випарника покладено метод імітаційного моделювання процесів старіння і відновлення технічної системи, розроблений Апсіним В.П. і іншими вченими. Даний метод має переваги в порівнянні з іншими методами прогнозування в тому, що одночасно враховує динаміку процесів старіння і відновлення "середньої" технічної системи за рахунок використання поняття потенціалу працездатності. Ефективність застосування даного методу в рішенні задач прогнозування працездатності автомобіля,

його систем і агрегатів підтверджена в роботах Мельникова О.М., Бондаренко Є.В. та інших дослідників.

З метою підтвердження можливості використання обраного методу для формування математичної моделі прогнозування потенціалу працездатності гумотехнічних складових редуктора-випарника проведено його теоретичне обґрунтування. Під потенціалом працездатності (ПР) розуміють стан системи в момент часу t , що характеризує можливу її працездатність. За момент часу t в роботі прийнята напрацювання редуктора-випарника в кілометрах пробігу.

У загальному випадку вираз для ПР будь-якої технічної системи має вигляд:

$$П(t) = П_{акт}(t) + П_{пас}, \quad (2)$$

де $П_{акт}(t)$ і $П_{пас}$ - відповідно активна (змінна) частина ПР і пасивна (незмінна) частина ПР, %.

Відновлення $П_{акт}(t)$ направлено на забезпечення працездатності в процесі експлуатації.

Вираз для опису процесів старіння і відновлення систем з керованим ПР має вигляд:

$$\bar{П}(t) = П_0 e^{-at} + \frac{\lambda \bar{П}_k}{a} (1 - e^{-at}), \quad (3)$$

де $П_0$ - ПР нової системи, %; a - параметр швидкості наближення до нуля формує функції старіння $F(t) = e^{-at}$, $[a] = [t]^{-1}$ $0 \leq t < \infty$; λ - інтенсивність потоку ремонтних впливів, $[\lambda] = [t]^{-1}$; $\bar{П}_k$ - математичне очікування стрибка ПР в результаті проведення ремонтного впливу, %.

На підставі положень існуючої нормативно-технічної документації і аналізу кінематичних схем редуктора-випарника уточнена номенклатура структурних і діагностичних параметрів, взаємозв'язок яких відображає процеси старіння гумотехнічних складових вузла. Аналіз кінематичних схем ступенів редуктора-випарника показує, що стабільність величини тиску в другому шаблі P_2 при будь-яких значеннях витрати газу залежить, перш за

все, від технічного стану мембранно-важільних систем редуктора-випарника, яке прийнято оцінювати зміною величини ходу клапанів в експлуатації:

$$\Delta P_2(t) = f(\Delta h_{\text{КЛ1}}, \Delta h_{\text{КЛ2}}), \quad (4)$$

де $\Delta P_2(t)$ - зміна тиску в другому щаблі редуктора-випарника в експлуатації, Па; $\Delta h_{\text{КЛ1}}$ і $\Delta h_{\text{КЛ2}}$ - величини зміни ходу клапанів першого і другого ступенів відповідно, мм.

Функціонал (4) відображає зв'язок діагностичного параметра редуктора-випарника із структурними параметрами, зміна яких в експлуатації дозволяє оцінити технічний стан гумотехнічних складових - активної складової ПР редуктора-випарника. Решта структурних параметрів редуктора-випарника визначають пасивну складову ПР або змінюються в процесах старіння, швидкість яких значно нижче швидкості старіння активної складової (наприклад, процеси зміни жорсткості пружин, зносу сідел клапанів, деформації корпусних деталей протікають протягом терміну служби редуктора-випарника і не впливають на його безвідмовність).

Для практичного використання імітаційної моделі (3) з метою прогнозування працездатності редуктора-випарника ПР представляється в одиницях виміру діагностичного параметра.

Стрибок потенціалу працездатності $\Pi_{\text{к}}$ редуктора-випарника в момент проведення ремонтного впливу визначається як:

$$\Pi_{\text{к}}(P) = \Pi_{\text{к}} = P_2^{\text{нред}} - P_2^0, \quad (5)$$

де P_2^0 і $P_2^{\text{нред}}$ - відповідно початкове і граничне значення P_2 , Па.

Тоді активна складова стрибка ПР редуктора-випарника в момент проведення ремонтного впливу становить:

$$\Pi_{\text{к,акт}}(P_2) = \Delta P_2^{\text{нред}}, \quad (6)$$

де $\Delta P_2^{\text{нред}}$ - зміна діагностичного параметра в результаті відновлення працездатності редуктора-випарника, Па.

Початковий потенціал працездатності другого ступеня, виражений в відсотках, визначається за формулою:

$$P_0 = A(0) \cdot (P_2^{пред} - P_2^0) = 100, \quad (7)$$

де $A(0)$ - коефіцієнт приведення потенціалу працездатності до безрозмірною формі.

Параметр ΔP_2 є лімітуючим працездатність другого ступеня, так як при $P_2^{пред}$ порушуються робочі характеристики редуктора-випарника. Тоді з урахуванням (2) - (7) математичне сподівання ПР редуктора-випарника будь-якої марки в процентах:

$$\bar{P}(t) = 100 \left[e^{-at} + \frac{\lambda \overline{\Delta P_2^{пред}}}{\alpha} (1 - e^{-at}) \right], \quad (8)$$

де $\overline{\Delta P_2^{пред}}$ – математичне очікування діагностичного параметра, Па

Дана модель універсальна і може використовуватися в цілях прогнозування напрацювання на відмову редуктора-випарника будь-якої марки з обмеженнями: $P_{к.акт} = 0 \dots 100$ Па, $P(t) = -100 \dots 100$ Па. Дані параметри можуть змінюватися від 0 до 100%. Сполучення факторів інтенсивного старіння гумотехнічних складових в експлуатації визначають швидкість процесів старіння клапана другого ступеня і мембран, в зв'язку з чим процеси старіння даних деталей необхідно розглядати окремо. Тоді прогнозування працездатності редуктора-випарника в цілому проводиться по гумотехнічних деталях з мінімальним по-потенціалом працездатності:

$$\bar{P}(t) = \min(T) = \min \{ \bar{P}_1(t), \bar{P}_2(t) \}, \quad (9)$$

де $\bar{P}_1(t)$ і $\bar{P}_2(t)$ - ПР клапана другого ступеня і мембран відповідно.

Загальною експериментальної методикою дослідження передбачено обґрунтування репрезентативного обсягу вибірки і числа вимірювань діагностичного параметра на кожному з режимів роботи двигуна; розробка програми експериментальних експлуатаційних спостережень; розробка приватних експериментальних методик; статистична обробка експериментальних даних.

Експеримент з дослідження процесів старіння редуктора-випарника стоїть з двох етапів:

- розробка регресійної моделі взаємозв'язку діагностичного і структурного параметрів редуктора-випарника за рахунок імітування процесів старіння мембран і клапанів на експериментальній установці;

- встановлення закономірностей зміни діагностичного параметра в експлуатації.

Експеримент з дослідження процесів старіння гумотехнічних складових в експлуатації проводився згідно зі стандартною методикою діагностування редуктора-випарника, яка передбачає вимірювання величини тиску в другому щаблі в режимі роботи двигуна на холостому ході і на підвищеній частоті обертання колінчастого вала, що забезпечує функціонування елементів другого ступеня - клапана і мембрани.

На рис. 6 представлена комбінована схема експериментальної установки, що дозволяє багаторазово відтворювати досліди по імітування процесів старіння гумотехнічних складових редуктора-випарника за рахунок керування його структурними параметрами. Елементи установки:

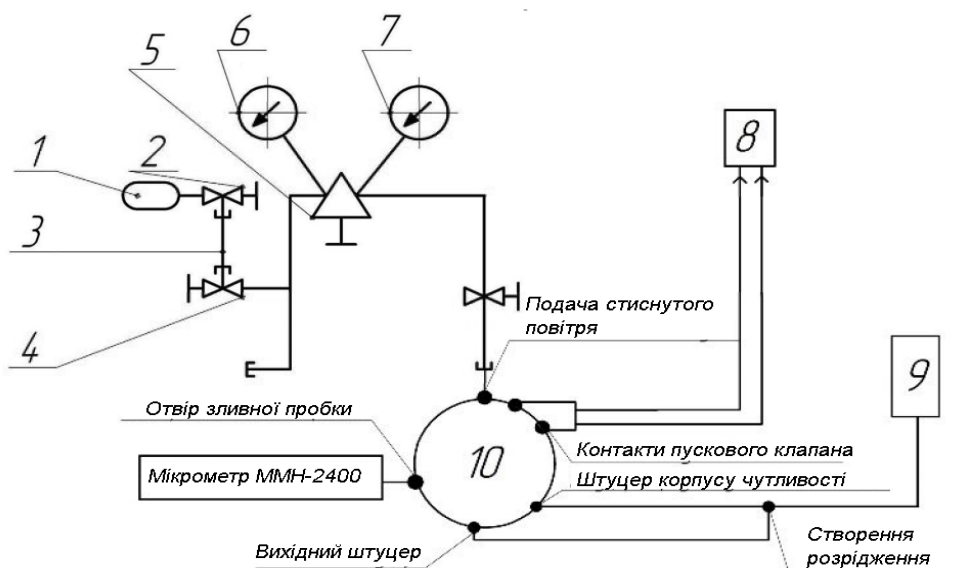


Рис. 6. Комбінована схема експериментальної установки:

- 1 - балон стисненого повітря; 2 - вентиль балона; 3 - з'єднувальний рукав;
- 4 - клапан закриття підведення повітря з балона; 5 - редуктор тиску;
- 6 - манометр тиску в балоні; 7 – манометр контролю тиску на вході в редуктор-випарник; 8 - блок живлення; 9 - вакуумна установка;
- 10 - редуктор-випарник марки РЗАА з доповненнями в конструкції

Рівні факторів в експерименті варіювалися обмеженням ходу клапана першого ступеня гвинтом з кроком різьби 0,5 мм, включеним в конструкцію першого ступеня редуктора-випарника, а також за рахунок обмеження ходу клапана другого ступеня зміною довжини штока клапана.

Варіювання факторів здійснювалося на двох рівнях, число паралельних спостережень в кожному досвіді складало 3, загальна кількість дослідів в експерименті – 12.

На корпусі першого ступеня редуктора-випарника відзначені ризики, за якими визначалося зміна ходу клапана відповідно до кількості оборотів і шагом обмежувального гвинта. Значення верхнього, нижнього, основного рівнів факторів і інтервалів варіювання встановлені на підставі даних мікрометрування структурних параметрів редукторів-випарників, находячи в експлуатації. Вимірювання ходу клапанів проводилося з інтервалом в 10 тис. км пробігу серед групи з 69 відремонтованих редукторів-випарників.

Результати мікрометрування структурних параметрів мембранно-важільних систем редуктора-випарника представлені в графічній формі на рис. 7.

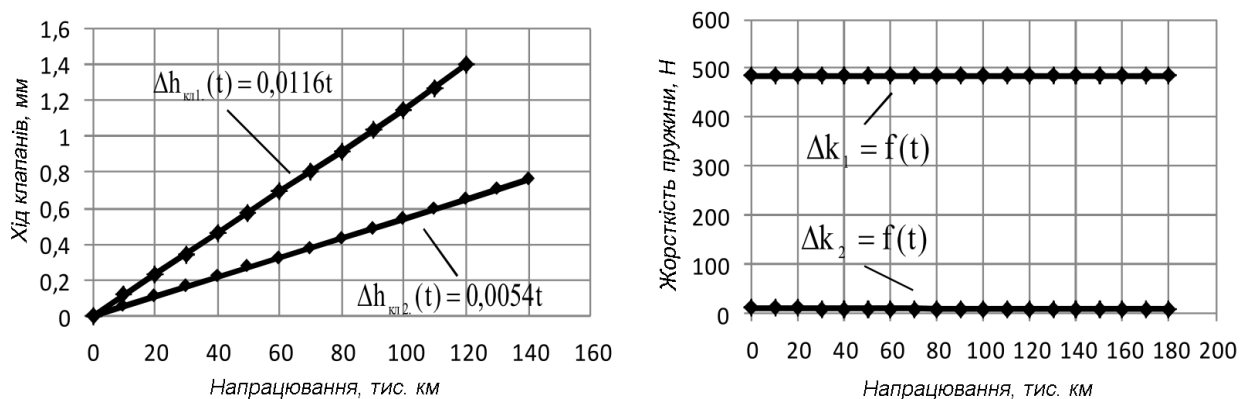


Рис. 7. Зміна структурних параметрів мембранно-важільних систем редуктора-випарника в експлуатації

Як видно з графіка, працездатність редуктора-випарника в експлуатації забезпечується в інтервалі зміни ходу клапанів 0-1,4 мм, а жорсткість пружин

першого і другого ступенів (Δk_1 і Δk_2 відповідно) за час спостережень практично не змінилася, що підтверджує висунуту автором гіпотезу про взаємозв'язки процесів старіння гумотехнічних складових редуктора-випарника і зміни ходу клапанів в експлуатації.

Вимірювання діагностичного параметра проводилося з інтервалом в 10 тис. км пробігу серед групи з 69 відремонтованих редукторів-випарників. Залежності діагностичного параметра від напрацювання, отримані в результаті обробки експериментальних даних в програмі REGRESS для двох режимів діагностування, представлені в графічній формі на рис. 8.

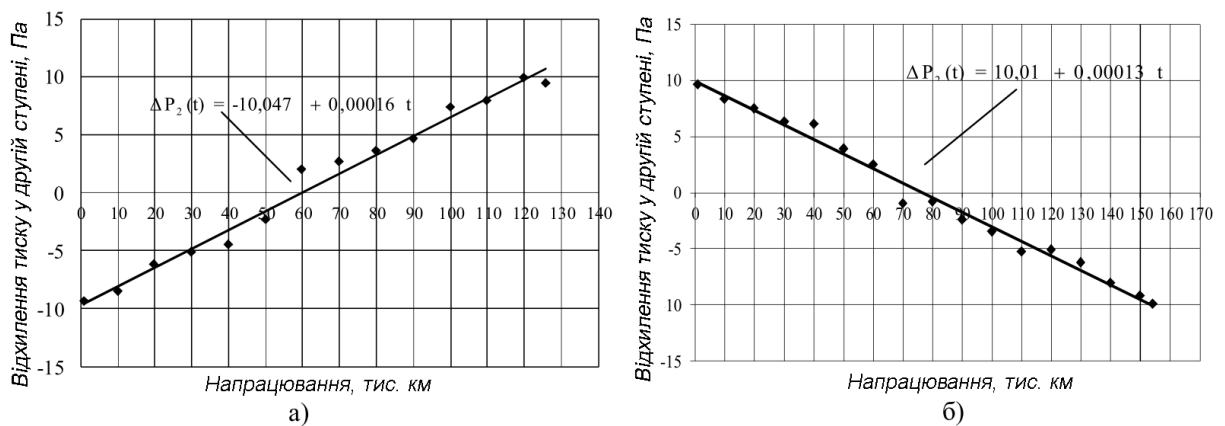


Рис. 8. Залежності діагностичного параметра від напрацювання для роботи двигуна в режимі холостого ходу при:

а - мінімальній частоті обертання колінчатого вала $n_{\text{хв.}} = 600$ об / хв.;

б - підвищеної $n_{\text{пов.}} = 2100$ об / хв

В результаті обробки даних другого етапу експерименту встановлено залежно $\bar{P}_1(t)$ і $\bar{P}_2(t)$ на прикладі редуктора-випарника марки РЗАА. Математичні моделі потенціалів працездатності гумотехнічних складових розроблені на основі імітаційної моделі (8) і залежностей $\Delta P_2(t)$. Вираз для визначення потенціалу працездатності клапана другого ступеня редуктора-випарника марки РЗАА має вигляд:

$$\bar{P}_1(t) = 42924,68 \times \exp(-1,86143 \times 10^{-5} t) - 42824,68. \quad (10)$$

Наступ граничного стану клапана другого ступеня відбувається при $\bar{t} = 125,3$ тис. км. Це напрацювання відповідає значенню $\Pi_1^{пред} = 10$ Па.

Вираз для визначення потенціалу працездатності мембран редуктора-випарника марки РЗАА має вигляд:

$$\bar{\Pi}_2(t) = 385000 \times \exp(-1,684 \times 10^{-6} t) - 384900. \quad (11)$$

Наступ граничного стану мембран відбувається при $\bar{t} = 154,1$ тис.км.

Цьому напрацюванню відповідає значення $\Pi_2^{пред} = -10$ Па.

Алгоритм, розроблений на основі схеми, пропонується використовувати в складі програмного забезпечення автотранспортних підприємств з метою скорочення експлуатаційних витрат за рахунок попередження раптових відмов редуктора-випарника в експлуатації.

В основу визначення періодичності діагностування редуктора-випарника I_d покладено економіко-імовірнісний метод за сукупністю реалізацій діагностичного параметра, заснований на оптимізації цільової функції витрат C_i :

$$C_i(I_d, S_y) = \min \left\{ \frac{C_{ав} Q(I_d, S_y)}{\bar{t}_i} + \frac{C_{пр} [1 - Q(I_d, S_y)]}{\bar{t}_i} + \frac{c_d k(I_d, S_y)}{\bar{t}_i} \right\}, \quad (12)$$

де $Q(I_d, S_y)$ - ймовірність відмов; $C_{ав}$ - вартість аварійного ремонту, грн.; $C_{пр}$ - вартість попереджувального ремонту, грн.; c_d - вартість діагностування, грн.; $k(I_d, S_y)$ - середнє число діагностувань до відновлення; \bar{t}_i - середнє напрацювання до досягнення діагностичним параметром граничного стану, км.

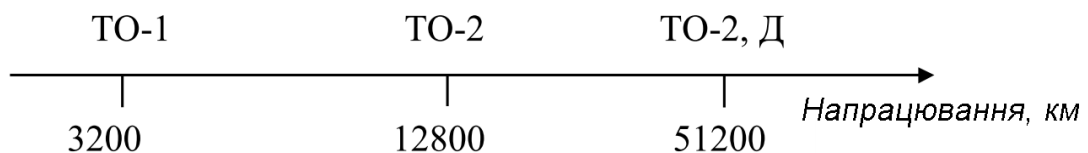


Рис. 9. Включення діагностичних робіт редуктора-випарника в структуру підтримки працездатності автобуса ПАЗ - 3205

Оптимальна періодичність комплексного діагностування редуктора-випарника (за умови включення діагностичних робіт Д в графік ТО автобуса ПАЗ - 3205) склала 51,2 тис. км (див. рис. 9).

2. РОЗРОБКА СТЕНДІВ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЗОВИХ ДВЗ АВТОМОБІЛІВ

На рис. 10 показаний загальний вигляд установки для діагностування газового редуктора. Установка включає в себе заслінку 1, вакуумний насос 2, ресивер 3, вакуумметр 4, візок 5, хомути 6, манометр 7, п'єзометр 8, трубопровід 9, заглушку 10.

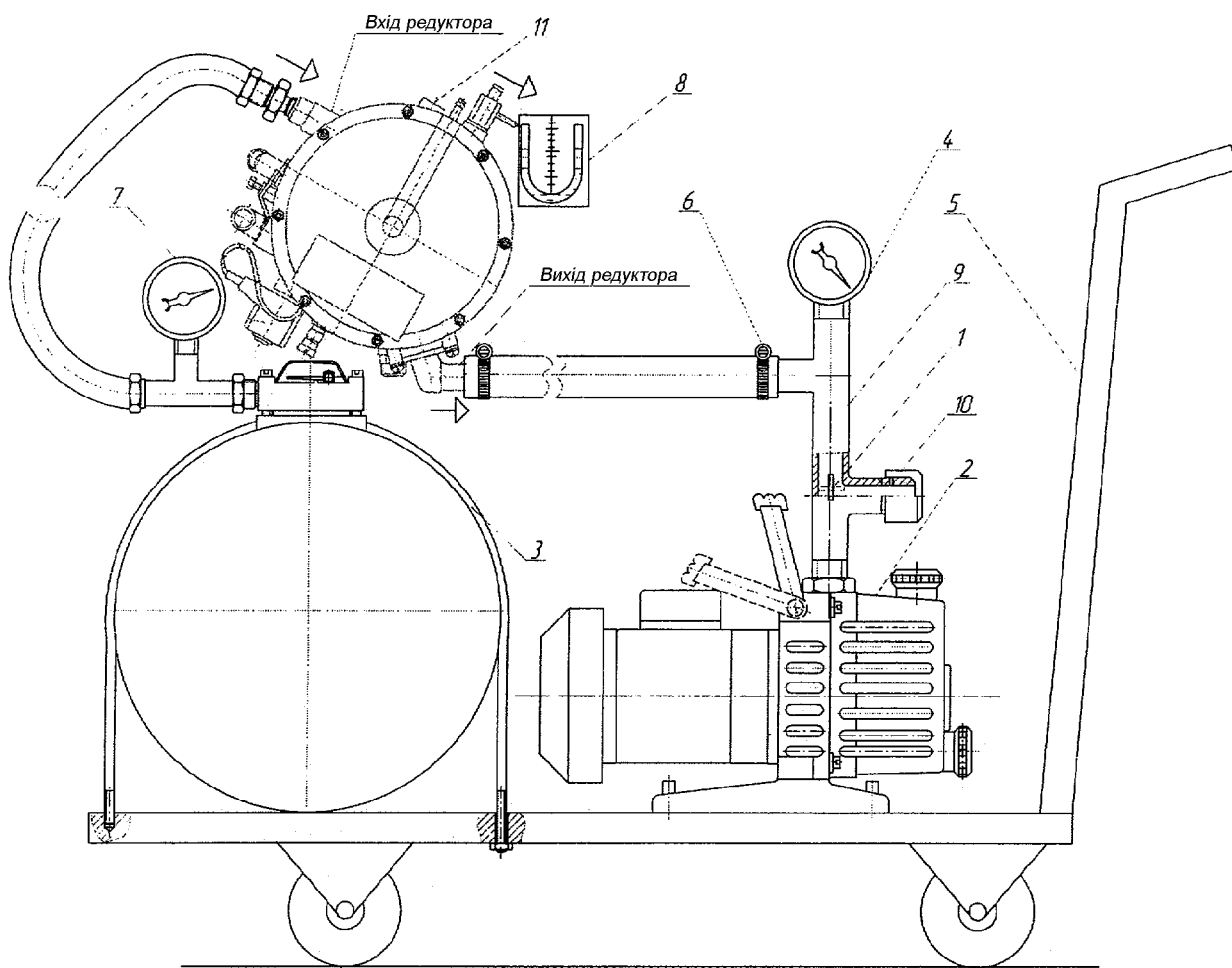


Рис. 10. Установка для діагностування газового редуктора

Установка працює в такий спосіб. Стисле повітря від ресивера 3, закріпленого хомутами на візку 5, подають на вхід газового редуктора 11 по

шлангу через підключений до блоку запірно-запобіжної арматури ресивера манометр 7. Виходи електромагніту котушки пускового клапана газового редуктора підключають до акумуляторної батареї автомобіля. До технологічного отвору корпусу другого ступеня газового редуктора підключають п'єзометр 8. Вихід газового редуктора з'єднують з вільним виходом трубопроводу 9 через шланг і фіксують хомутами 6. Вакуумний насос 2 підключають до зовнішнього джерела струму. Витрата повітря через редуктор регулюють зміною положення заслінки 1. При цьому пропускний отвір можна повністю або частково перекривати заглушкою 10 в залежності від навантаження на вакуумний насос.

Така установка дозволяє досягти спрощення конструкції, підвищення мобільності та безпеки роботи, а також підвищення ефективності процесу вимірювання тиску в другому ступені газового редуктора.

На рис. 11 показаний загальний вигляд установки для випробування блоків запірно-захисної арматури. Пристрій містить корпус 1, фланець 2, штуцер 3, рукоятку 4, опорну плиту 5, болти 6, верстак 7, гвинти 8.

Пристрій працює наступним чином. З блоку запірно-запобіжної арматури 10 демонтують поплавковий пристрій і трубку відбору газу, і закріплюють його на фланці 2 пристрою гвинтами 8. За допомогою рукоятки 4 наворачують фланець 2 разом з блоком запірно-запобіжної арматури 10 на корпус 1 пристрою, опорна плита 5 якого прикріплена болтами 6 до верстата 7. Закривають видатковий і заправний вентиля блоку запірно-запобіжної арматури. Через штуцер 3 подають в корпус пристрою стиснене повітря тиском $1,65 + 0,05$ МПа. Проводять перевірку на герметичність з'єднання блок запірно-запобіжної арматури - фланець пристосування методом омилуванням (бульбашок не повинно бути). Проводять вимірювання тиску початку спрацьовування запобіжного пристрою (воно повинно бути в межах $1,65 + 0,05$ МПа). Момент спрацьовування запобіжного пристрою визначається омилуванням (початок виходу бульбашок повітря з технологічного отвору в корпусі блоку запірно-запобіжної арматури).

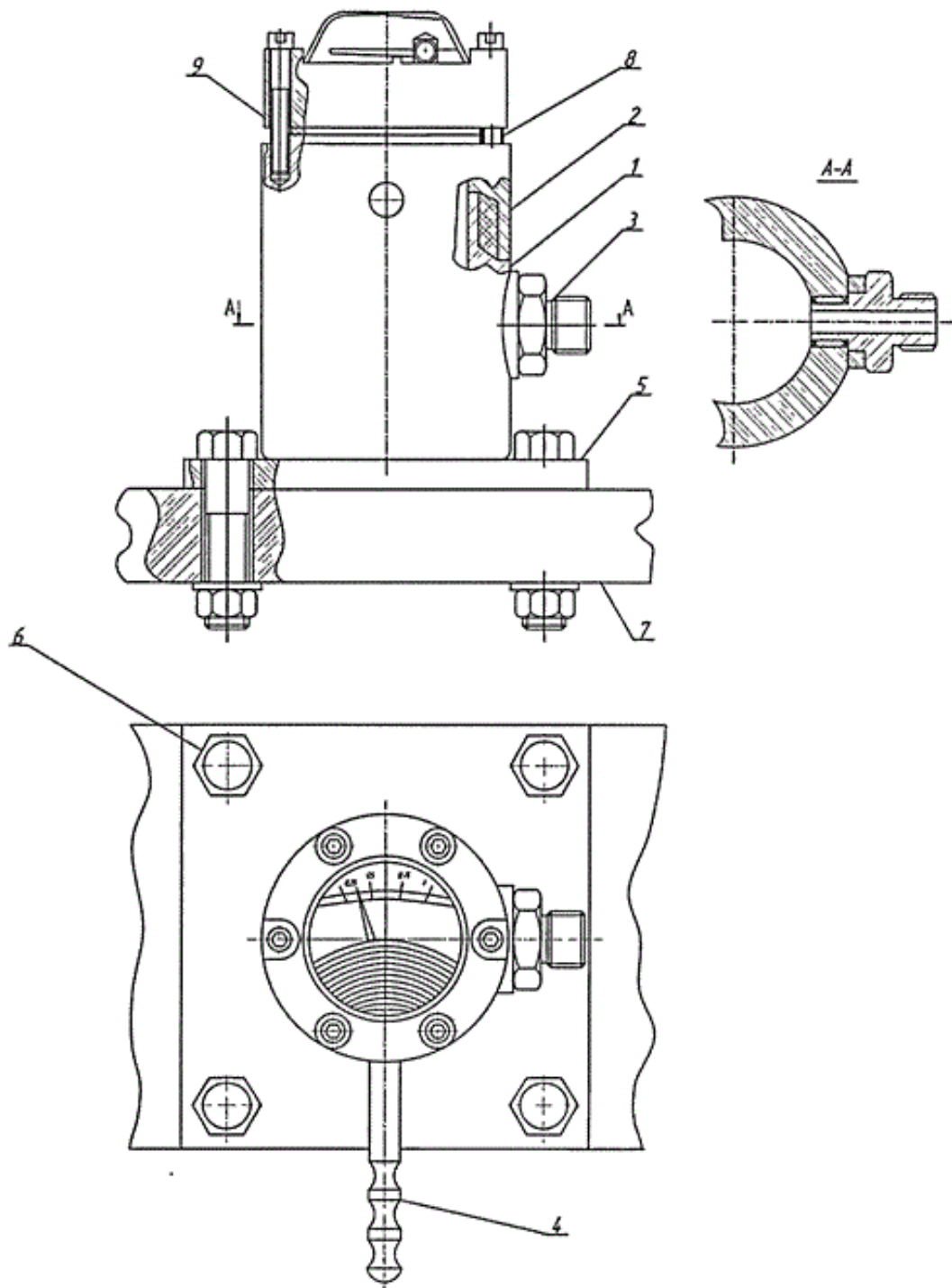


Рис. 11. Установка для випробування блоків запірно-захисної арматури

При незадовільних результатах випробування скидають тиск в корпусі 1 пристрою, відкривши видатковий вентиль блоку запірно-запобіжної арматури, і в разі, якщо регулювальний гвинт запобіжного пристрою конструктивно розташований всередині корпусу 1, відгвинчують фланець 2 пристрою, регулюють силу стиснення пружини запобіжного пристрою,

(послаблюючи або підтягуючи регулювальний гвинт в залежності від величини тиску, при якому відбулося спрацювання запобіжного пристрою). Повторюють дії до тих пір, поки запобіжний пристрій не почне спрацьовувати при тиску в корпусі 1 пристрою $1,65 + 0,05$ МПа.

Цей пристрій дозволяє підвищити ефективність робіт по огляду автомобільних газових балонів, забезпечити одноразовий монтаж і демонтаж блоку запірно-запобіжної арматури з фланця пристрою за весь процес контрольно-регулювальних робіт, а також скоротити час, необхідний для операцій з налаштування блоку запірно-запобіжної арматури з внутрішнім розташуванням регулювального гвинта запобіжного пристрою.

Перед процесом діагностування випускного тракту поршневих двигунів внутрішнього згоряння підключають вимикач електромагнітних форсунок 1 до штатних електромагнітних форсунок 2 (рис. 12). У діагностичну колодку 3 електронного блоку керування 4 підключають мотор-тестер 6 (КАД-300) за допомогою діагностичного роз'ємну 5.

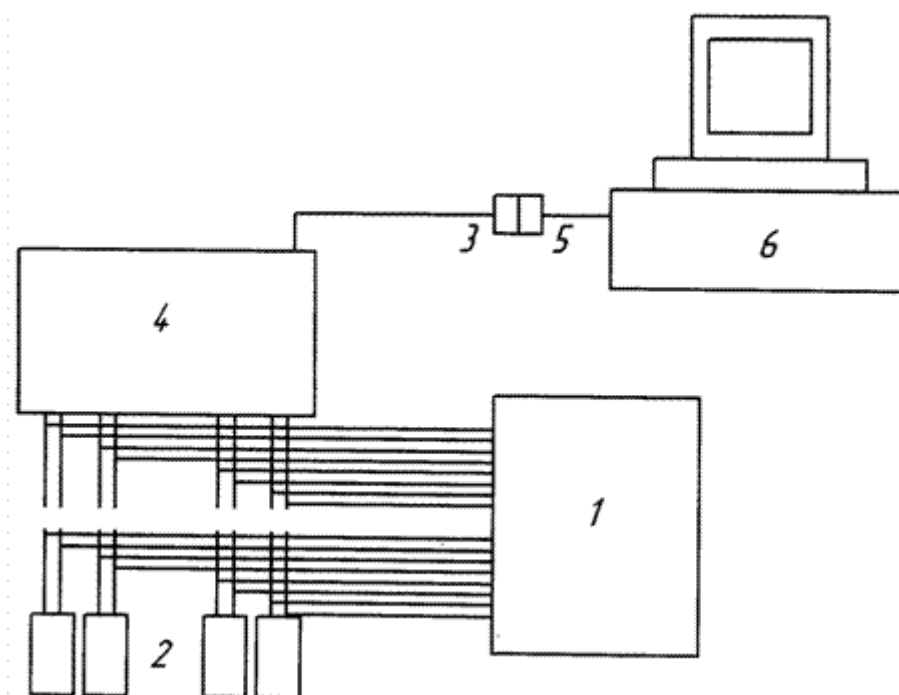


Рис. 12. Діагностування випускного тракту поршневих двигунів внутрішнього згоряння

Запускають двигун і приступають до діагностування випускного тракту. Для цього задають номінальну частоту обертання колінчастого вала двигуна за допомогою дросельної заслінки автомобіля. Підтримуючи її незмінне значення, вимикач електромагнітних форсунок 1 вимикають одночасно всі циліндри. За час, від моменту виключення циліндрів двигуна до його повної зупинки, мотор-тестером 6 КАД-300 вимірюють число оборотів колінчастого валу.

Порівнюють виміряне число оборотів колінчастого вала з еталонним (за еталон приймають число оборотів колінчастого вала для нового двигуна). Чим менша кількість оборотів робить двигун до повної зупинки, тим більше опір випускного тракту.

Збільшення опору випускного тракту двигуна призводить до зменшення потужності ДВЗ. Згідно з нормативно-технічної документації зменшення номінальної потужності двигуна на 15% вважається відмовою. Практика експлуатації та діагностування двигунів показує, що граничне значення потужності спостерігається при опорі випускного тракту +8,62 кПа.

Проведені вимірювання і розрахунку енергії, що витрачається на подолання втрат на газообмін при нормальному технічному стані двигуна ЗМЗ 4062 і при гранично збільшеному опорі на випуску, представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Витрати енергії на газообмін за один цикл роботи двигуна

Технічний стан двигуна	Витрати енергії, Дж	Витрати енергії, %
Справний двигун	145	100
Збільшено опір випуску на +8,62 кПа	178	123

Аналіз результатів розрахунків, представлених в табл. 1, показує, що граничне збільшення опору випуску відпрацьованих газів збільшує витрати енергії на газообмін на 23% за цикл.

Отже, визначаючи дійсний опір випускного тракту, проводять точну оцінку технічного стану двигуна.

Технічний результат полягає в підвищенні точності діагностування випускного тракту поршневих двигунів внутрішнього згоряння та, як наслідок, своєчасному визначенні підвищеного опору випускного тракту, виключаючи непотрібні втрати потужності і пов'язані з цим втрати палива.

ВИСНОВКИ

1. Запропоновано і обґрунтовано показник для оцінки впливу технічного стану елементів УСЖ на експлуатаційні властивості автомобіля (K_a), враховуючи відносну зміну коефіцієнта надлишку повітря, який робить основний вплив на показники динамічних, економічних і екологічних властивостей автомобіля.

2. Визначено допустимі значення показника K_a : при $K_a = 4,64\%$ збільшується вміст оксиду вуглецю у відпрацьованих газах вище допустимих меж, при $K_a = - 5,53\%$ знижується динаміка розгону автомобіля нижче допустимих меж. При цьому інші з нормованих показників властивостей автомобіля залишаються в допустимих межах.

3. Уточнено за допомогою введення показника K_a математична модель автомобіля для оцінки впливу технічного стану елементів УСЖ на показники експлуатаційних властивостей автомобіля.

4. Отримані розрахунковим шляхом і експериментально залежності значень показників властивостей автомобіля (екологічних, тягово-швидкісних, паливної економічності) від рівня технічного стану елементів УСЖ.

5. Уточнена частка часу роботи автомобілів з УСЖ на кожному виді палива в реальних умовах експлуатації. Частка часу роботи на газовому паливі становить 75% для індивідуальних і службових автомобілів і 98% для технологічних автомобілів.

6. Виявлено елементи УСЖ, напрацювання яких найбільшою мірою відхилиться від нормативної - електробензонасос (напрацювання менше нормативної на 103 тис.км), електромагнітні форсунки (напрацювання менше нормативної на 238 тис.км), редуктор газовий (напрацювання менше нормативної на 25 тис.км), дозатор газовий (напрацювання менше нормативної на 200 тис.км).

7. Отримано експериментальні залежності технічного стану елементів УСЖ від пробігу автомобіля (за показником K_a), які дозволяють визначити пробіг автомобіля, при якому необхідно проводити обслуговування елементів УСЖ.

8. Обґрунтовано періодичність, зміст робіт і трудомісткість обслуговування елементів УСЖ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобильный справочник BOSCH: Пер. с англ.: Первое русское издание.-М.: Изд-во "За рулем", 2000. - 896 с.
2. Газификация автотранспорта — наше общее дело // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо.-2004. - №4(16).-С. 18-20.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. - М.: Высш. шк., 2002. - 479 с.
4. Ерохов В.И. Легковые газобаллонные автомобили: устройство, переоборудование, эксплуатация, ремонт / В.И. Ерохов. - М.: Академкнига, 2003.-238 с.
5. Ерохов В.И. Системы впрыска топлива легковых автомобилей. - М.: Транспорт, 2002.-174 с.
6. Залознов И.П. Повышение эффективности эксплуатации автомобилей за счет обоснования периодичности обслуживания электромагнитных форсунок: Специальность 05.22.10: Дис. канд. техн. наук./ И.П. Залознов; СибАДИ.-Омск, 2003. - 115 с.
7. Кириллов Н. Проблемы экологии автомобильного транспорта России // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо.-2004. - №2(14).-С. 68-70.
8. Лисин В.А. Исследование проблемы перевода двигателей, оснащенных системой впрыска бензина, на питание газомоторным топливом// Межвузовский сборник трудов молодых ученых, аспирантов и студентов. - Омск: СибАДИ, 2004. - Вып. 1, ч. 1. - С. 111 - 116.
9. Наумейко А. Рыночные перспективы использования газомоторного топлива в Уральском регионе // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо.-2004. - № 4(16). - С. 18 - 20.
10. Резник Л.Г. и др. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации. - М.: Транспорт, 1989. - 128 с.