



Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного  
господарства  
та природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх та меліоративних машин



**02-01-584М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт та самостійного вивчення  
дисципліни «Експлуатація та технічний сервіс машин»  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Створення та  
експлуатація машин і обладнання» спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості  
ІННМ  
Протокол № 2 від 02.10.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та самостійного вивчення дисципліни «Експлуатація та технічний сервіс машин» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Створення та експлуатація машин і обладнання» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Тхорук Є. І., Голотюк М. В. – Рівне : НУВГП, 2024. – 95 с.

Укладачі:

Тхорук Є. І., професор кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин, к.т.н., доцент;

Голотюк М. В., доцент кафедри агроінженерії, к.т.н., доцент.

Методичні вказівки схвалено на засіданні кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин  
Протокол № 2 від 17 вересня 2024 року

Відповідальний за випуск: в.о. завідувача кафедри Тхорук Є. І.

Керівник групи забезпечення, гарант ОПП Тхорук Є. І.

Попередня версія МВ 02-07-21 М

© Є. І. Тхорук,  
М. В. Голотюк, 2024  
© НУВГП, 2024

## ЗМІСТ

<b>ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ</b> .....	4
<b>Лабораторна робота № 1</b> Перевірка технічного стану КШМ і ГРМ за допомогою компресометра та автостетоскопа.....	5
<b>Лабораторна робота № 2</b> Перевірка технічного стану та обслуговування клапанного механізму двигуна .....	18
<b>Лабораторна робота № 3</b> Перевірка технічного стану КШМ і ГРМ за допомогою ендоскопа.....	21
<b>Лабораторна робота № 4</b> Обслуговування системи живлення дизельного двигуна .....	30
<b>Лабораторна робота № 5</b> Діагностування форсунок системи живлення дизельного двигуна.....	38
<b>Лабораторна робота № 6</b> Перевірка тиску в системі мащення двигуна .....	57
<b>Лабораторна робота № 7</b> Обслуговування та перевірка технічного стану електричного обладнання двигуна.....	64
<b>Рекомендації до виконання самостійної роботи</b> .....	92
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	94

## **ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт розроблені з метою закріплення і поглиблення теоретичних знань і отримання практичних навиків щодо виконання операцій обслуговування та діагностування систем і механізмів ДВЗ.

В кожній роботі наведена тема, мета, зміст роботи, перелік обладнання та оснащення робочого місця, загальні відомості, порядок виконання роботи, зміст звіту, перелік контрольних питань.

У процесі проведення циклу лабораторних занять здобувачі вищої освіти використовують комплект документів і наочних посібників: методичні вказівки по виконанню роботи; необхідні технічні засоби для здійснення операцій з забезпечення функціонування систем автотракторної техніки.

В результаті виконання комплексу лабораторних робіт у здобувачів вищої освіти формується загальна уява по базовим поняттям та особливостям застосування обладнання, приладів, пристроїв, інструменту та технологічних процесів, що застосовуються при виконанні загального технологічного процесу обслуговування техніки.

При підготовці до виконання лабораторних робіт здобувачі вищої освіти повинні самостійно опрацювати рекомендовану літературу та контрольні питання. Викладач контролює підготовленість здобувачів вищої освіти і проводить допуск до виконання завдань.

Після виконання завдань по кожній лабораторній роботі оформлюється звіт. Звіт повинен містити номер, назву і мету заняття, дані про призначення і послідовність технологічного процесу виконання обслуговування та діагностування техніки і висновки.

## Лабораторна робота №1

### Перевірка технічного стану КШМ і ГРМ за допомогою компресометра та авто стетоскопа

*Мета роботи* – отримання практичних навичок з діагностування технічного стану циліндро-поршневої групи та механізму газорозподілення, ознайомлення з методикою діагностування та технічними засобами.

*Обладнання робочого місця:* двигуни, автостетоскоп Torptul JDAX0102, професійний компресометр Trisco G324.

#### Загальні відомості

*Прослуховування двигуна.* В процесі експлуатації двигуна його деталі (поршні, вкладиші, пальці тощо) спрацьовуються. В результаті цього знижується потужність, погіршується паливна економічність, підвищується токсичність відпрацьованих газів.

Для визначення технічного стану кривошипно-шатунного та газорозподільчого механізму двигун прослуховують при різній частоті обертання колінчастого валу. Двигун, як і будь-який інший механізм, при нормальній роботі характеризується певним акустичним фоном. Якщо виникають пошкодження, то змінюється акустичний фон. За характером стуку або шуму і місцем його появи визначають пошкодження.



Рисунок 1.1 – Автостетоскопи:  
а – електронний „Force”; б - механічний Torptul JDAX0102.

Прослуховують двигун за допомогою автостетоскопів (рис. 1.1) в яких коливання мембрани або двотранзисторний підсилювач з п'єзокристалічним датчиком і батарейним живленням підсилюють звуки.

Характерні зони прослуховування двигуна зображені на рис. 1.2. стуки прослуховують на прогрітому двигуні. При сумарному спрацюванні поршня і циліндра 0,3...0.4 мм стукіт поршня по циліндру відчутний при роботі непрогрітого двигуна на обертах холостого ходу. Стукіт сухий, клацаючий, який зменшується по мірі прогрівання двигуна. При значному спрацюванні стукіт прослуховуються і на прогрітому двигуні, що недопустимо.



Рисунок 1.2. – Зони прослуховування двигуна:

1 – стук корінних підшипників; 2 – стук шатунних підшипників; 3 – стук поршневих пальців; 4 – стук зношених поршнів та циліндрів; 5 – детонаційні стуки; 6 – стук клапанів.

Стукіт корінного підшипника з'являється при зазорі 0,1...0,2 мм. стукіт сильний, глухий, низького тону, добре чутний при різкій зміні частоти обертання колінчастого валу двигуна, а також під навантаженням. При відключенні свічки будь-якого циліндра сила стукоту корінних підшипників практично не

змінюється. При значному спрацюванні у підшипниках стукіт чути при постійній частоті обертання колінчастого валу.

Стукіт шатунного підшипника різкіший і дзвінкіший, ніж стукіт корінних підшипників, прослуховується при різкій зміні частоти обертання або під навантаженням. Почерговим відключенням свічок циліндру можна встановити, який шатун має підвищений зазор у нижній головці. Якщо при відключенні свічки будь-якого циліндру стукіт зменшується або зникає, то це свідчить про підвищене спрацювання шатунного підшипника у цьому циліндрі.

Стукіт поршневого пальця з'являється при зазорі 0,1 мм між пальцем і втулкою головки шатуна або отвору для пальця у бобищі поршня. Стукіт дзвінкий, металевий, добре чутний при різкій зміні частоти обертання колінчастого валу двигуна. Місце виникнення стукоту пальця визначають аналогічно місцю виникнення стукоту шатунного підшипника. Якщо при відключенні свічки запалювання будь-якого циліндра стукіт зменшується або зникає, то саме в цьому циліндрі стукає палець.

Стукіт клапанів виникає при збільшенні теплових зазорів між клапанами та коромислами газорозподільного механізму внаслідок спрацювання цих деталей або неточного регулювання зазору. Стукіт дзвінкий, металевий, високого тону, добре чутний при будь-якій частоті обертання колінчастого валу.

Сильні металеві стуки, які підсилюються при збільшенні частоти обертання колінчастого валу, свідчать про пошкодження пружин клапанів або з'їдання клапанів. При збільшенні зазору у підшипниках розподільного валу прослуховуються сильні періодичні стуки.

У випадку значного спрацювання розподільних шестерень виникають часті стуки середнього тону які зливаються у загальний шум. Збільшений осьовий зазор колінчастого та розподільного валу викликає глухий стукіт колінчастого валу і стукіт розподільчих шестерень.

*Визначення компресії.* Компресія – (величина тиску кінця стискання) є показником герметичності над поршневого простору циліндрів і характеризує технічний стан циліндрів, поршнів та поршневих кілець, клапанів та їх сідел, а також

прокладки головки блока. Величину тиску стискання визначають за допомогою компресометру (рис. 1.3).



Рисунок 1.3. – Компресометр Trisco G234

Компресометр для бензинових двигунів складається з манометра, з'єднаного з металевою трубкою, на яку насаджено конусний гумовий наконечник, що притискається до отвору для свічки запалювання бензинового двигуна. У кінці трубки викручений зворотний клапан, який фіксує стрілку манометра при вимірюванні тиску і повертає її у початкове положення.

Компресометр для вимірювання тиску у циліндрах дизеля має конструктивні відмінності. Корпус із впускним клапаном виконаний окремо від манометра і з'єднаний з ним гнучким шлангом. У дизельних двигунах компресометр встановлюють в стакан головки циліндра замість форсунки або свічки розжарювання і затискають скобою кріплення.

В бензинових двигунах компресію перевіряють на прогрітому двигуні, обертаючи колінчастий вал стартером з частотою 150...180 об/хв., яка забезпечується лише справною акумуляторною батареєю.

В дизельних двигунах компресію перевіряють також на



прогрітому дизельному двигуні, який працює на малій частоті обертання колінчастого валу у режимі холостого ходу (500...600 об/хв). Тиск в кінці такту стискання у циліндрах повинен відповідати даним наведеним в таблиці 2.1., а різниця показників по циліндрах не повинна перевищувати 0,1 МПа для бензинових і 0,2...0,3 МПа для дизельних двигунів. Значне зниження тиску кінця стискання (на 30...40 %) вказує на пошкодження кілець або на залягання їх у поршневих канавках.



Рисунок 1.4 - Компресометр для дизельних двигунів

Мінімальна компресія як правило є нижчою на 10...12% від номінальної заявленої виробником

Таблиця 1.1 – Номінальний (мінімальний) тиск (МПа) у кінці такту стискання в циліндрах

Дизельні двигуни	Тиск, МПа
Камаз Euro III	3,2...3,7
Камаз Euro IV	3,2...3,9
ЯМЗ 236/238	3,3...3,8

Продовження табл. 1.1

MAN F-90/2000	3,0...3,8
Renault (K9K)	(min 1,8)
VW Caddy	2,5...3,1 (min 1,9)
Ford Focus 1,6	2,8...3,4 (min 2,4)

\*1 МПа дорівнює 10.197162 кгс/см<sup>2</sup>

### Порядок виконання роботи:

*Завдання 1. Прослуховування двигуна.*

1. Запустити двигун.
2. На непрогрітому двигуні прослухати стетоскопами і без них зону 3 (рис. 1.2) на малій частоті обертання холостого ходу. Визначити причину і місце виникнення стуків.
3. Прогріти двигун до температури 80...85°C.
4. Прослухати зону 3 і визначити чи залишився стукіт, який чутно на непрогрітому двигуні
5. Прослухати двигун на слух із стетоскопом на різній частоті обертання колінчастого валу, у тому числі на перехідних режимах. При необхідності відключити свічки запалювання в циліндрах, закорочуючи їх на масу. Визначити причину та місце виникнення стуків.
6. Заглушити двигун.

*Завдання 2. Визначення тиску кінця стискання (компресії).*

*Бензиновий двигун*

1. Запустити двигун і прогріти його до температури охолоджувальної рідини не менше 80°C
2. Зняти наконечники проводів високої напруги із свічок запалювання і надіти їх на штирі, з'єднані з корпусом автомобіля, для запобігання пробоїв кришки переривника-розподільника.
3. Викрутити всі свічки запалювання
4. Повністю відкрити повітряну і дросельну заслінку
5. Вставити наконечник компресометра в отвір для свічки першого циліндра і щільно притиснути його
6. Протягом 3...5 с прокрутити колінчастий вал двигуна стартером і зафіксувати максимальний тиск у циліндрі на шкалі

манометра компресометра

7. Вийняти наконечник компресометру із свічкового отвору, відкрити випускний клапан, випустити повітря і закрити клапан

8. Повторити операції 5...7 ще двічі й визначити середнє арифметичне значення максимального тиску стиснення у першому циліндрі.

9. Повторити операції 5-8 для кожного з інших циліндрів двигуна

10. Порівняти одержані значення з даними таблиці 1.1.

11. При значному (30...40%) зниженні тиску стискання для виявлення тиску стискання для виявлення причини повторити операції 5-8, попередньо заливши в циліндр, що досліджується, через отвір для свічки 30...40 см<sup>3</sup> моторного масла. Якщо тиск підвищиться, то є нещільності у циліндро-поршневій групі (спрацювання циліндрів, пошкодження або пригорання кілець), якщо залишиться таким як і був, порушилася герметичність клапанів або прокладки головки блока.

12. Встановити свічки запалення на місце, надіти на них наконечники проводів високої напруги, закрити дросельну заслінку.

#### *Дизельний двигун*

1. Запустити двигун і прогріти його до температури охолоджувальної рідини не менше 80 °С.

2. Заглушити двигун

3. Відпустити скобу кріплення і зняти форсунку першого циліндра.

4. На штуцер першої секції паливного насоса високого тиску надіти шланг з бензостійкої гуми й опустити його кінець у посудину для збирання палива, яке буде надходити з секції насоса при перевірці компресії.

5. Вставити у стакан головки першого циліндра (до твору для форсунки) корпус компресометра і закріпити його скобою.

6. Запустити двигун і записати тиск, який показує манометр компресометра при малій частоті обертання колінчастого валу.

7. Зупинити двигун

8. Порівняти отримані дані з даними таблиці 1.1
9. Відпусти скобу кріплення і вийняти корпус компресометра із стакана головки першого циліндра
10. При значному (до 40%) зниженні тиску стискання для виявлення причин повторити операції 5-9, попередньо залити у циліндр через отвір для форсунки 40...50% моторного масла. Якщо тиск підвищиться, значить є нещільності у циліндропоршневій групі, якщо залишиться таким же – порушилася герметичність клапанів або прокладки головки блока.
11. Встановити форсунку на місце, закріпити її скобою і приєднати трубку високого тиску.
12. Повторити операції 3...11 для кожного циліндра двигуна.

### **Оформлення звіту**

1. Навести марку двигуна, що діагностується.
2. Навести основні технічні характеристики двигуна
3. Навести результати прослуховування двигуна, вказати можливі несправності та їх причини, запропонувати заходи по усуненню несправностей
4. Навести результати визначення компресії в циліндрах двигуна, зробити висновок про технічний стан КШМ та ГРМ, навести причини невідповідності компресії нормативним показникам

### **Контрольні запитання**

1. Що таке компресія?
2. Яким приладом перевіряють компресію в циліндрах двигуна?
3. Що може бути причиною низької компресії в циліндрах двигуна?
4. Як диференціювати зношення поршневих кілець та з'єднання клапан сідло при визначенні компресії?
5. Який порядок визначення компресії?
6. Які несправності приводять до зниження компресії двигуна?

## Лабораторна робота №2

### Перевірка технічного стану та обслуговування клапанного механізму двигуна

*Мета роботи:* Навчитися виконувати перевірку технічного стану газорозподільного механізму автотракторного двигуна, а також засвоїти методику регулювання теплових зазорів в газорозподільному механізмі.

*Обладнання робочого місця:* автотракторний двигун, комплект гайкових ключів, комплект щупів для перевірки теплового зазору.

#### Загальні відомості

Тепловий зазор у газорозподільному механізмі (ГРМ) двигунів повинен забезпечувати щільну посадку клапанів і безшумну їхню роботу.

При негерметичності клапанів, коли немає теплових зазорів, знижується тиск наприкінці такту стиску й при такті розширення, зменшується потужність двигуна й утрудняється його пуск, збільшуються витрати палива й зношування деталей.

При збільшенні теплових зазорів погіршується наповнення й очищення циліндрів, знижується потужність двигуна, підсилюються стукотіння. У процесі експлуатації теплові зазори в клапанах змінюються внаслідок зношування деталей що призводить до порушення фаз газорозподілу й робочих характеристик двигуна.

Теплові зазори наведені в табл. 2.2 і відновлюються регулюванням приводу, а правильність установки перевіряється двома щупами по нижній і верхній межах. Тепловий стан двигуна в період перевірки й регулювання зазорів повинен відповідати рекомендаціям заводів-виготовлювачів.

Таблиця 2.1 - Теплові зазори в газорозподільному механізмі двигунів

Двигуни	Зазор у клапанах, мм	
	Впускний	Випускний
А-41, А-01М, ЯМЗ, Д-37Е, Д-65, Д-160, Д-240, Д-245	0,25	0,30
Д-21А, Д-120, Д-144	0,30	0,30
СМД-14, СМД-17, СМД-18, СМД-19, СМД-31Т	0,40	0,45
СМД-60, СМД-62, СМД-64	0,50	0,50
КамАЗ-740	0,15-0,20	0,30-0,35

*Примітка:* Регулювання теплових зазорів виконується на холодному двигуні (15- 20 °С).



Рисунок 2.1 - Перевірка теплового зазору за допомогою щупа.



Рисунок 2.2 - Щупи для перевірки та регулювання теплового зазору в ГРМ.

Регулювання теплових зазорів виконують на холодному дизельному двигуні або не раніше чим через 30 хвилин після його зупинки. При цьому подача палива повинна бути виключена важелем останова. Послідовність регулювання зазорів в циліндрах у кожному з положень колінчастого вала визначається порядком роботи двигуна:

$$\begin{array}{l} \text{ЯМЗ} - 740 \dots \frac{\text{I}}{1-5}, \frac{4-2}{\text{II}}, \frac{\text{III}}{6-3}, \frac{47-8-2}{\text{IV}}, \\ \text{ЯМЗ} - 236 \dots 1-4-2-5-3-6. \end{array}$$

Таблиця 2.2 – Порядок роботи циліндрів двигуна

Двигун	Порядок роботи
Д-37Е, Д-144, Д-240, СМД-18, Д160, А-41	1-3-4-2
24Д, ЗМЗ-451	1-2-4-3
А-01М	1-5-3-6-2-4
СМД-60, ЯМЗ-КАЗ-642, ЗМЗ-53, КамАЗ-740, ЯМЗ-238НБ	1-4-2-5-3-6
ЯМЗ-238НБ, ЗІЛ-645	1-5-4-2-6-3-7-8
ЯМЗ-240	1-12-5-8-3-10-6-7-2-11-4-9

Перше положення для обох двигунів визначається відносно початку впорскування палива в першому циліндрі, інші – поворотом колінчастого вала на 180°, 360° й 540° - для двигуна ЯМЗ-740, а для двигуна ЯМЗ-236 через кожні 120°.

У двигуні ЯМЗ-740 зазори клапанів регулюються одночасно у двох циліндрах, що працюють один за одним під час тактів стиску. При цьому клапани цих циліндрів повинні бути закриті. Початок подачі палива в першому циліндрі визначається установкою фіксатора в паз маховика. При цьому ризики на торці корпуса муфти випередження упорскування палива й на фланці веденої підлоги муфти приводу паливного насоса високого тиску повинні перебувати у верхнім положенні.

У двигуні ЯМЗ-236 зазори регулюють одночасно на двох

клапанах одного циліндра відповідно до порядку роботи двигунів, починаючи з першого. Після первісної установки поршня у в. м. т. такту стиску колінчастий вал необхідно повернути ще на  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{3}$  - оберти.

Клапани даного циліндра повинні бути закритими.

### **Порядок виконання роботи (на прикладі двигуна КамАЗ-740).**

1. Зняти кришки головок циліндрів. Перевірити моменти затягування і за потреби затягнути болти кріплення головок циліндрів 157-176 Н/м (16-18 кгс/м);
2. Встановити фіксатор маховика у нижнє положення;
3. Зняти кришку люка у нижній частині картера зчеплення (рис. 2.3).

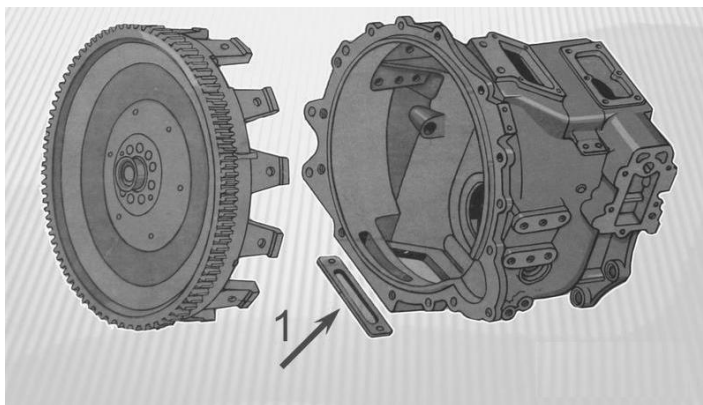


Рисунок 2.3 - Демонтаж люка на картері зчеплення

4. Вставляючи вороток в отвір на маховику 2 провертати колінчастий вал, поки фіксатор не увійде в зачеплення з маховиком.



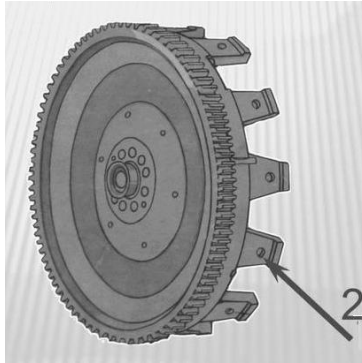


Рисунок 2.4 - Отвори на маховику

При регулюванні колінчастий вал встановлюється послідовно положення I-IV, які визначаються його поворотом відносно початку впорскування в першому циліндрі на кут, вказаний нижче. Упорскування палива в першому циліндрі двигуна починається, коли фіксатор маховика входить у зачеплення з маховиком, а мітка на приводі ТНВД знаходиться вгорі. При кожному положенні колінчастого валу потрібно регулювати одночасно зазори двох клапанів циліндрів в порядку їх роботи.

5. Перевірити положення міток на торці корпусу муфти випередження впорскування палива та фланця провідної напівмуфти приводу ПНВД (рис. 2.5). Якщо ризики знаходяться внизу, вивести фіксатор із зачеплення з маховиком, повернути колінчастий вал на один оберт, при цьому фіксатор повинен увійти в зачеплення з маховиком;

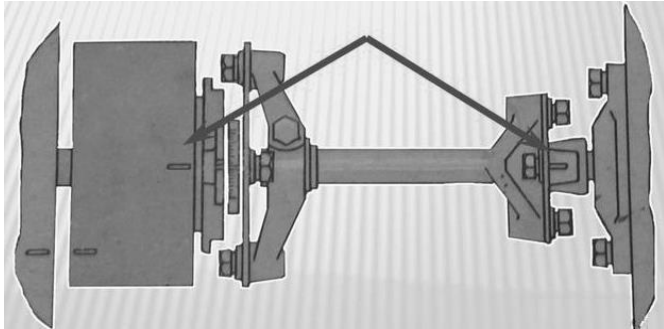


Рисунок 2.5 - Муфта приводу ПНВТ

6. Встановити фіксатор у верхнє положення (рис. 2.6);

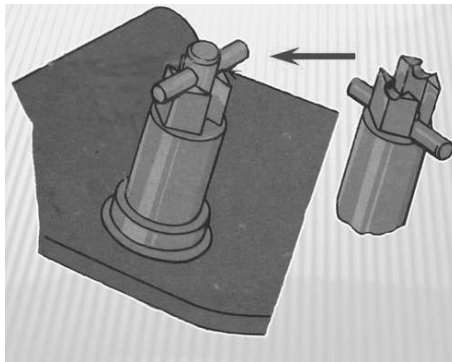


Рисунок 2.6

7. Повернути колінчастий вал по ходу обертання (проти годинникової стрілки, якщо дивитися з боку маховика) на кут 60 гр. кутова відстань між двома сусідніми отворами відповідає 30 гр., тобто в положення I, при цьому клапани першого та п'ятого циліндрів повинні бути закриті (штанги клапанів легко повертаються від зусилля руки);

8. Перевірити моменти затягування гайок кріплення стійок коромисел 42-54 Н/м (4,3-5,5 кгс/м) циліндрів, що регулюються, і при необхідності затягнути їх;

9. Перевірити щупом зазори між носками коромисел і торцями стрижнів клапанів першого та п'ятого циліндрів (рис.

2.7). Щупи товщиною 0,3 мм для впускного і 0,4 мм для випускного клапанів (передні клапани правого ряду циліндрів впускні, лівого ряду — випускні). Закручуючи або послаблюючи регулювальний гвинт, досягаєте того, щоб щуп рухався між коромислом та стрижнем, з невеликим зусиллям не згинаючись.

Не виймаючи щуп, закручіть контргайку, утримуючи регулювальний гвинт від провертання, викруткою.

Знову перевірте, як рухається щуп. Для перевірки можете спробувати вставити в зазор щуп товщиною 0,35 мм, він не повинен проходити у відрегульований зазор впускного клапана. І відповідно щуп 0,45 повинен входити у відрегульований зазор випускного клапана.

Багато перевірити штанги (штанга повинна обертатися без заїдань), інакше вона може мати вигнутість. Це вимагатиме її заміни чи ремонту.

Відрегулювавши зазори на першому циліндрі, переходьте до п'ятого циліндра (він знаходиться на протилежному боці двигуна) і виконайте регулювання так само, як і на першому циліндрі.

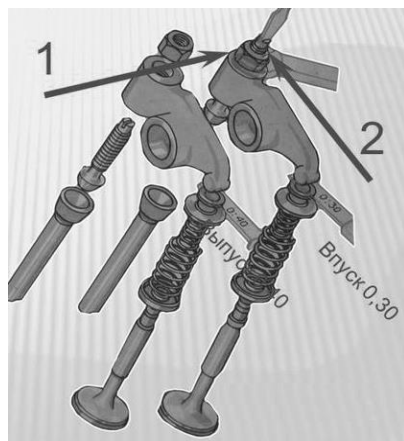


Рисунок 2.7

10. Подальше регулювання зазорів у клапанному механізмі проводити попарно в циліндрах (рис. 2.8):

- четвертому та другому (положення II);
  - шостому та третьому (положення III);
  - сьомому та восьмому (положення IV),
- перевіряючи колінчастий вал по ходу обертання щоразу на  $180^{\circ}$ ;

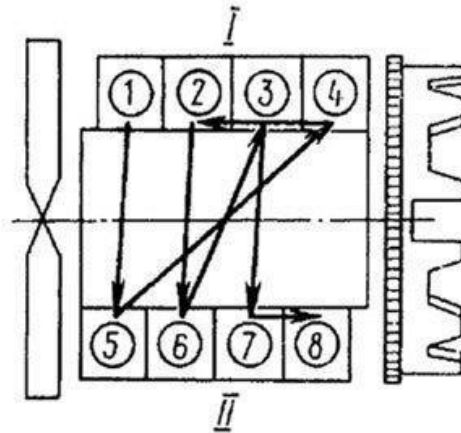


Рисунок 2.8

11. Запустити двигун і перевірити його роботу, при правильно відрегульованих зазорах стуку в клапанному механізмі не повинно бути;
12. Встановити кришки люка картера зчеплення та головок циліндрів.

### Контрольні запитання

1. Які типи газорозподільних механізмів ви знаєте?
2. Для чого потрібен тепловий зазор в ГРМ?
3. Які способи регулювання теплового зазору в механізмі ГРМ?
4. Якими приладами контролюють тепловий зазор?
5. Яка загальна послідовність регулювання теплового зазору?

## Лабораторна робота №3

### **Перевірка технічного стану КШМ і ГРМ за допомогою ендоскопа**

*Мета роботи* – навчитися визначати технічний стан КШМ та ГРМ за допомогою ендоскопа.

*Обладнання робочого місця:* ендоскоп JBM 53724, ноутбук.

#### **Загальні відомості**

Ендоскопія – один із методів апаратної діагностики двигуна, що дозволяє отримати багато інформації про його стан. Причому, на відміну від деяких інших методів діагностики, ендоскопія надає не непрямі, а прямі дані про наявні проблеми: задирання, тріщини, деформації, протікання і так далі.

Ендоскопія двигуна передбачає огляд внутрішніх компонентів автомобільного двигуна з використанням мініатюрної відеокамери з підсвічуванням (ендоскопу) (рис. 3.1). Процедура також відома як бороскопія.

Ендоскоп служить інструментом діагностики, способом зазирнути в важкодоступні порожнини автомобіля.

Виведення зображення з камери здійснюється або на власний екран ендоскопа, або на зовнішній пристрій, що підключається, - комп'ютер або смартфон.

Ендоскопія проводиться на заглушеному та не прогрітому двигуні. Для огляду циліндра викручуються свічки запалювання (або свічки розжарювання, якщо йдеться про дизельний двигун), і зонд ендоскопа через свічковий отвір вводиться у циліндр. Конструктивно ендоскоп може бути виконаний як зонд на гнучкому шнурі або мати можливість керування камерою, а також оснащуватися не тільки звичайним, але й інфрачервоним підсвічуванням. Найширші можливості мають саме ендоскопи з керованою поворотною камерою: вона дозволяє детально вивчити всі області внутрішнього простору циліндра двигуна.



Рисунок 3.1 - Ендоскоп JBM 53724

Використовуючи бездротове з'єднання WIFI, зображення, отримані ендоскопом, передаються та записуються за допомогою JBM APP на будь-який мобільний пристрій/планшет/ПК.

Ендоскоп JBM 53724 має напівжорсткий з'єднувальний кабель довжиною 1 м і оглядову камеру діаметром 5,5 мм, що забезпечує легкий доступ у важкодоступних місцях. Камера оснащена 6 яскравими білими світлодіодами, інтенсивність яких можна регулювати для кращого перегляду та запису зображень і відео.

Для дизельних двигунів використовують ендоскопи із зменшеним діаметром камери (8 мм).

Одне з ключових завдань ендоскопії – оцінка стану циліндропоршневої групи, оскільки один із головних показників до капітального ремонту двигуна – це якраз пошкодження циліндрів та поршнів.

За допомогою ендоскопа можна оглянути стінки циліндрів на предмет наявності задирань, каверн, подряпин та інших дефектів, оцінити стан стінок у зоні перекладання поршня, а також наявність хонінгувальної сітки, що говорить про відсутність значного зносу та нормальну роботу циліндропоршневої групи – зокрема, поршневих.

Ендоскопія може бути корисна при огляді різних важкодоступних порожнин в автомобілі на кшталт впускного тракту або турбіни, але найширше застосування вона отримала діагностики стану циліндропоршневої групи і клапанів.

Ендоскопію двигуна доцільно виконувати при наступних діагностичних ознаках:

- підвищена витрата оливи;
- зниження тяги, втрата потужності;
- кіптява, синій дим;
- нестабільна робота двигуна;
- пропуски запалювання.

### **Огляд деталей КШМ та ГРМ**

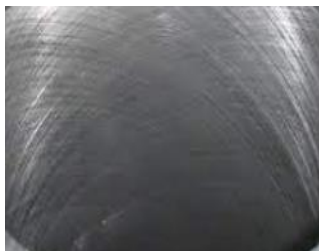
*Огляд циліндрів.* На стінках циліндрів в процесі експлуатації утворюються задирання, які надалі можуть призвести до повної зупинки двигуна. Основні причини задирань:

- низька якість палива, що не відповідає рекомендаціям заводу- виробника та сприяє окисленню стінок циліндрів — одна з найчастіших причин;
- порушення регламенту заміни оливи, недостатній рівень оливи - все це приводить до оливного голодування;
- агресивна їзда на непрогрітому двигуні, потрібно двигун доводити до робочої температури оливи (70-80%), тільки після цього можна підвищувати оберти понад 2000 об/хв.

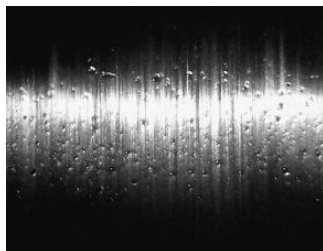
В результаті ендоскопії можливо оцінити стан стінок в зоні мертвої точки поршня, а також оцінити сітку хонінгування, яка дозволяє судити про ступінь зносу і нормальну роботу циліндропоршневої групи.

Внутрішні стінки нових циліндрів багатьох моделей авто піддають спеціальній обробки – хонінгування. В результаті залишаються неглибокі подряпини, в яких затримується моторне масло. Також вони знижують загальну площу тертя між циліндрами та поршнями. Перевірка двигуна ендоскопом

хонінгувальної сітки дозволяє оцінити актуальний стан циліндрів. Якщо хон видно чітко, значить двигун автомобіля перебуває у хорошому стані. Якщо ж внутрішні поверхні згладжені і на них є задирання, найближчим часом можливі перебої в роботі: підвищена витрата оливи та палива, падіння компресії. На двигунах з алюмінієвим безгільзовим блоком більш дорогого сегмента (Audi, BMW, Porsche, Ferrari, Jaguar) застосовують алюмінієві гільзи або гільзи з покриттями, наприклад Nikasil та інші. Ці типи покриття частіше схильні до утворення задирань, тому діагностика ендоскопом для них є актуальним.



Гарний стан хону гільзи



Задирання циліндрів  
Кіа пробіг 180 000 км.



Задирання в циліндрі  
двигуна Мерседес



Здертий шар покриття  
циліндра двигуна  
Мерседес





Зношення хону та задирання в циліндрі



Зношене покриття циліндра двигуна

БМВ

Рисунок 3.2 - Зразки ендоскопії циліндрів

*Огляд поршнів.* Огляд поршня дозволяє насамперед переконатися у його цілісності – відсутності тріщин та ознак руйнування. Ну а зовнішній стан поршня дозволяє робити висновки про роботу двигуна. Чисті сухі головки поршнів без нагару та залишків незгорілого палива та масляного нальоту говорять про те, що двигун справний і працює нормально. За наявності дефектів можна визначити і їх причини: наприклад, масло і нагар на поршні свідчать про проблеми з поршневыми кільцями, залишки палива – про несправності форсунок або запалення, а корозія та сліди антифризу – про пошкодження прокладки ГБЦ та протікання охолоджувальної рідини в циліндр.



Гарний стан поршня



Руйнування поршня



Нагар на поршні



Оливне кільце на стінках гільзи

Рисунок 3.3 - Результат ендоскопії поршнів

*Огляд клапанів.* Як і для поршнів, для початку тут оцінюється цілісність самих клапанів та відсутність пошкоджень, а також стан та геометрія сідел клапанів. За відсутності видимих проблем із «залізом» можна оцінити роботу клапанного механізму та двигуна в цілому. Про проблеми говоритиме значний нагар на клапанах або масло на них, а сліди оливи навколо сідла клапана вкажуть на негерметичність сальників клапанів (маслознімних ковпачків). Нагар на клапанах може говорити про проблеми з EGR, вентиляцією картера, поршневыми кільцями тощо.



Задовільний стан клапанів



Нагар на клапанах



Поломка тарілки клапана



Тріщина на клапані

Рисунок 3.4 - Ендоскопія клапанів

*Форсунки.* На двигунах з безпосереднім упорскуванням під час огляду циліндрів ендоскопом також можна оцінити стан паливних форсунок. Якщо сопла форсунки покриті нагаром або масляним нальотом, це неминуче впливає на якість розпилювання палива, погіршує якість та швидкість його згоряння та підвищує його витрату. Справна форсунка, як і все інше в камері згоряння, повинна бути чистою і сухою.

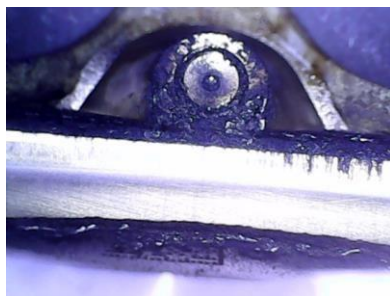


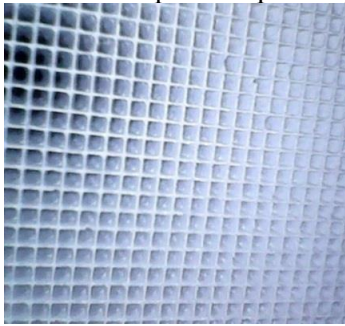
Рисунок 3.5 – Забруднений розпилювач форсунки

*Турбокомпресор.* За допомогою турбокомпресора можливо оцінити стан крильчаток турбіни та компресора.



Рисунок 3.6 – Руйнування крильчаток турбіни турбокомпресора

*Каталізатор випускної системи.* Можливо оцінити стан каталітичного нейтралізатора на предмет його оплавлення.



Гарний стан каталізатора



Забитий каталізатор

Рисунок 3.7 - Ендоскопія каталізатора

### **Порядок виконання роботи**

1. Ендоскопію проводити на непрогрітому двигуні, у випадку якщо двигун гарячий дати йому охолонути.
2. Для проведення ендоскопії викручуються свічки запалювання та індивідуальні котушки (при наявності) – у бензинових моделях або форсунка – у дизелів.
3. Встановити поршні у досліджуваному циліндрі у

нижню мертву точку.

4. Після демонтажу катушок і свічок подається зонд і оглядається свічковий колодязь на предмет сухості. Якщо в ньому олива, це свідчить негерметичність прокладки клапанів.

5. Зонд проштовхується далі і вивчається поршень. Це допомагає оцінити кількість нагару, переконатися, що поршень не пробитий.

6. Повернути камеру на 90 град. Для ендоскопії циліндрів. Діагностика дозволяє побачити задирання, залишені крихтами каталізатора, а також стан хону.

7. Камера обертається на 140-170 град. Для дослідження клапанів. Слід звернути увагу на наявність нагару, що свідчить про потрапляння оливи в камеру згоряння, а також оцінити стан впускних і випускних клапанів.

### **Оформлення звіту**

У звіті вказати марку діагностованого двигуна та його характеристику. Навести порядок проведення діагностування з використанням ендоскопу. Навести результати діагностування, вказати можливі дефекти, виявлені ендоскопом та можливі причини їх виникнення.

### **Контрольні запитання**

1. Що являє собою ендоскоп?
2. Які можливості ендоскопу при виконання діагностування автомобіля?
3. Який порядок проведення ендоскопії?
4. Які несправності двигуна можливо виявити ендоскопом та які причини їх виникнення?

## Лабораторна робота № 4

### Обслуговування системи живлення дизельного двигуна

*Мета роботи* — засвоєння методів діагностування елементів подачі палива системи живлення дизеля.

*Обладнання робочого місця:* стенд КИ 921М, манометри для вимірювання тиску палива

#### Короткі теоретичні відомості

На паливо для автотракторних дизелів, що випускається, існує два ГОСТ, і тому воно може трохи розрізнятися за своїми показниками, хоча теплофізичні характеристики палива різного виробництва практично збігаються. Зміст у паливі забруднювачів - механічних домішок і води - регламентовано коефіцієнтом фільтрування  $K_f$ . При цьому передбачається, що вода і механічні домішки в паливі повинні бути відсутніми (за ГОСТ 6370—83 «відсутність механічних домішок» вважають при вмісті їх менш 0,005%, тобто 50 г/т). За ГОСТ 2477—65 допускається постачання палива Л з «слідами» води (вміст їх не більше 0,03%, тобто 300 г/т).

Із введенням значення коефіцієнта фільтрування лімітовано вміст всіх забруднювачів, що викликають закупорку пор паперових фільтрів і заважають роботі паливної апаратури: смол, сірки, мил нафтових кислот, води, механічних домішок.

При транспортуванні і збереженні палива можливе накопичення вологи і пилу з атмосфери, продуктів корозії, нерозчинних речовин, що утворюються в результаті окислювання. Тому для збереження властивостей палива необхідно робити їх очищення на всіх етапах транспортування і збереження від експлуатаційних забруднювачів, якими є вода, продукти корозії резервуарів і трубопроводів, механічні домішки і продукти окислювання вуглеводнів палива, що утворюють нерозчинні речовини. Особливістю цих речовин є здатність утворювати при наявності води дуже стійкі емульсії приблизно наступного складу: 50% води, 40% палива, 8% іржі і 2% смолистих продуктів.

Основну масу механічних домішок складають окисли кремнію та алюмінію: частки розміром більш 20 мкм швидко випадають в осад, а частки меншого розміру тривалий час «витають» у паливі і відіграють роль центрів коагуляції з'єднань органічного походження. Наявність механічних домішок викликає необхідність тривалого відстою дизельного палива перед заправленням баків або його попередньої фільтрації.

У паливі вода присутня в розчиненому стані (гігроскопічна), у вигляді емульсії (вільна) або у вигляді відстою, так називана підтоварна вода, що накопичується на дні ємкостей при відстоюванні. Наявність підтоварної води вказує на повне насичення палива розчиненою водою. Вміст розчиненої води залежить від роду палива і метеорологічних умов (температури, тиску, вологості тощо) і може досягати сотих часток відсотка. Розчинена в паливі вода знаходиться в динамічній рівновазі з навколишнім середовищем, так що при зміні атмосферних умов при подальшому насиченні водою може перейти у вільну, утворивши дрібнодисперсну емульсію.

В паливний бак паливо повинно потрапляти через сітчастий фільтр 1 (рис. 4.1), а сам бак повинен бути оснащений збирачем відстою.

Для захисту прецизійних деталей паливної апаратури від пошкоджень механічними домішками і водою в системі подачі палива передбачені фільтри. В паливній системі застосовуються чотири групи фільтрів (рис. 4.1): 1) приймальні і заливні фільтри 1 і 2, які розміщені в баках, виготовлені звичайно із латунних сіток і запобігають від попадання в паливну апаратуру крупних механічних часток; 2) фільтр грубого очищення палива 3; 3) фільтри тонкого очищення палива 4; 4) форсункові фільтри 5.

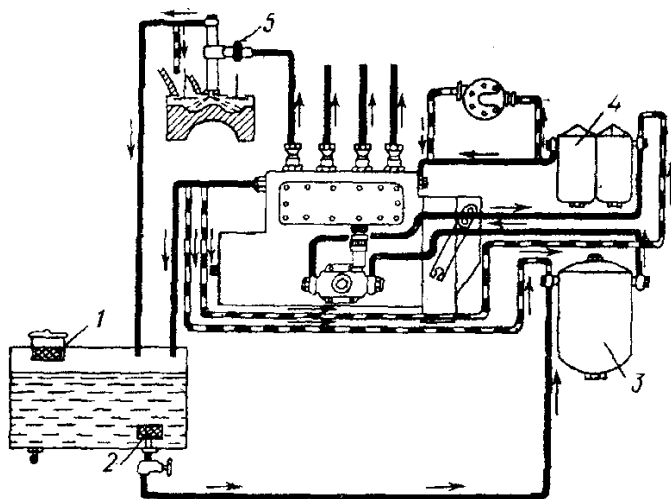


Рисунок 4.1 - Схема паливної системи роздільного типу:

1 — заливний фільтр; 2 — приймальний фільтр; 3 — фільтр грубої очистки палива; 4 — фільтр тонкої очистки; 5 — форсунковий фільтр.

*Фільтри грубого очищення палива* типу ФГ повинні забезпечувати повноту відсіву механічних домішок не менше 30%, а води — не менше 80%. Основні параметри фільтрів відстійно-інерційного типу ФГ приведені в табл. 4.1.

*Фільтри тонкого очищення палива*, які служать для остаточного очищення палива, повинні забезпечувати повноту відсіву не менше 90...95% механічних домішок. Згідно досвіду експлуатації дизелів тонкість відсіву повинна бути не менше 3...5 мкм для насосів розподільного типу і 7...9 мкм для рядних багатоплунжерних насосів.



Таблиця 4.1 - Параметри фільтрів грубого очищення палива  
ФГ

Типорозмір фільтра	Об'єм внутрішньої порожнини стакану, л	Приблизний об'єм відстійної порожнини, л	Пропуск на спроможність, л/год	Перепад тиску, кПа	Зовнішній діаметр стакану, мм
ФГ-10	0,30	0,1	10	0,68	70
ФГ-25	0,75	0,2	25	1,36	96
ФГ-75	1,50	0,4	75	5,44	120

Ступінь засміченості фільтра тонкого очищення палива перевіряють при ТО. При цьому керуються даними таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Граничні значення тиску перед і за фільтром тонкого очищення

Тиск перед фільтром, МПа, (кгс/см <sup>2</sup> )	Мінімально допустимий тиск за фільтром, МПа, (кгс/см <sup>2</sup> )
Більше 0,14 (1,4)	0,06 (0,6)
0,11...0,14 (1,1...1,4)	0,05 (0,5)
0,08...0,11 (0,8...1,1)	0,04 (0,4)

*Підкачувальні насоси* служать для подачі палива із бака в ПНВТ під тиском, достатнім для переборення гідравлічного опору фільтрів і

трубопроводів, і в кількості, достатній для нормальної роботи ПНВТ на всіх режимах і охолодження плунжерних пар (коефіцієнт циркуляції палива через насос і фільтри 1,0...3,0).

Параметри підкачувальних насосів наведені в таблицях 4.3, 4.4.

Таблиця 4.3 - Параметри підкачувальних насосів

Модель насоса високого тиску	Діаметр поршня $d_{п.п.}$ , мм	Хід поршня $S_{п.п.}$ , мм	Зусилля пружини поршня, Н		Максимальний напір при перекигому штуцері, МПа	Зазор між оршем і корпусом нового насоса, мм
			початкове	максимальне		
УТН-5 (двигун Д- 245)	24	6,5	42	68	0,17	0,010-0,038
ЯМЗ-236	22	10	155	252	0,41	0,006-0,042

Таблиця 4.4 - Показники продуктивності\* підкачувальних насосів (ГОСТ 15829-77\*Е)

Частота робочих циклів поршня, Гц (частота обертання вала, $хв^{-1}$ )	Об'ємна подача *, л/хв, не менше, при ході поршня, мм		
	6,0	8,0	10,0
10,8 (650)	0,75	1,00	1,25
14,1 (850)	1,00	1,30	1,68
16,7 (1000)	1,15	1,55	1,90

\* При розрідженні на всмоктуванні не менше 0,012 МПа і протитиску не менше 0,08 МПа.

### Порядок виконання

*Діагностування підкачувального насоса.*

1. Поршневий паливопідкачуючий насос закріпити на стенді КИ-921М (КИ-22205) і підключити згідно схеми рис. 4.2.

2. Вимірювач 4 встановити на стіл станда і з'єднати паливопроводами з стандом і підкачувальним насосом.

3. Включити станд, встановити відповідну частоту обертання вала привода (таблиця 4.4).

4. Кран 3 перевести в положення, що відповідає подачі палива у мірний посуд 4 і, після того, коли рівень палива в мірному посуді досягне нульової риски, включити секундомір. Через 60 секунд краном 3 перекрити подачу палива в мірний посуд і по рівню палива у мірному посуді визначити продуктивність підкачувального насоса (без протитиску) і дані занести до таблиці 4.6.

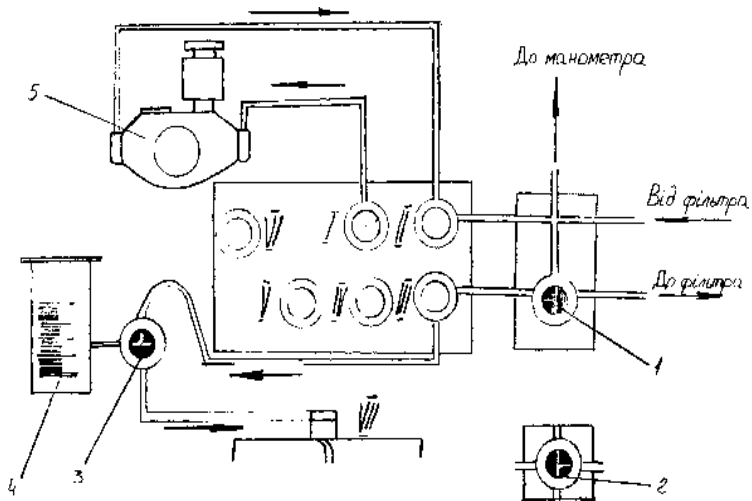


Рисунок 4.2 — Схема підключення паливопідкачуючого насоса поршневого типу на станді КИ-921М:

I-IV — штуцера станда;

1 - розподільний кран (положення при випробуванні на продуктивність);

2 - розподільний кран (положення при випробуванні на максимальний тиск);

3 - кран мірного циліндра;

4 - мірний циліндр;

5 - підкачувальний насос.

*Діагностування технічного стану фільтрів тонкого очищення палива.*

1. Фільтр тонкого очищення палива закріпити на стенді КИ-921М (КИ-22205) і підключити згідно схеми (рис. 4.3).
2. Визначити стан фільтра за різницею тиску до і після фільтра.

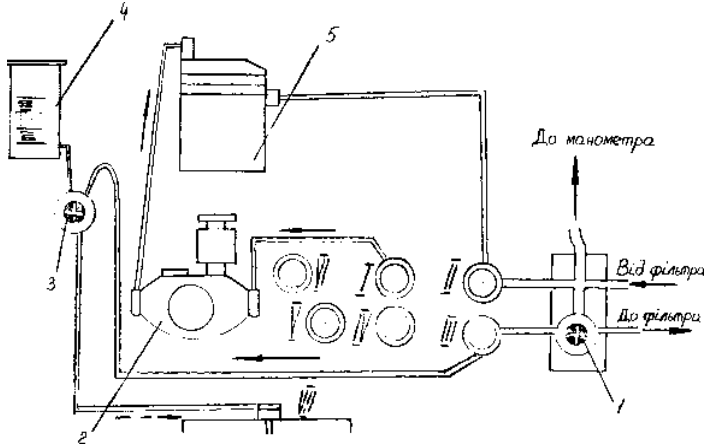


Рисунок 4.3 - Схема підключення паливопроводів під час випробування фільтра тонкого очищення палива на стенді КИ-921М:

I-IV - штуцера стенда;

1 - розподільний кран; 2 - підкачувальний насос; 3 - кран мірного циліндра; 4 - мірний циліндр; 5 - фільтр, що випробується.

Встановити частоту обертання вала стенда  $650 \text{ хв}^{-1}$ .

Видалити повітря із системи керуючи потоком палива за допомогою кранів 3,1. Потім, використовуючи кран 1 підняти тиск в системі до 0,2 МПа (по манометру стенда). При цьому тиску на протязі 2 хвилин підтікання палива в з'єднаннях деталей фільтра не допускається. Відкривши кран 1 направити потік палива в мірний циліндр і визначити продуктивність підкачувального насоса з врахуванням гідравлічного опору фільтра. Зниження продуктивності підкачувального насоса при цьому допускається до 40%.

### Оформлення звіту.

В звіті необхідно коротко викласти послідовність виконання операцій при діагностуванні. Заповнити таблиці 4.5, 4.6. Зробити висновок щодо технічного стану об'єктів діагностування.

Таблиця 4.6 - Показники діагностування елементів системи подачі палива низького тиску.

Показник	Значення параметру	
	Допустиме	Виміряне
1. Продуктивність паливного насоса, л/хв. а) без протитиску при 650 хв <sup>-1</sup> при 1000 хв <sup>-1</sup> ; б) з протитиском при 650 хв <sup>-1</sup> при 1000 хв <sup>-1</sup>		
2. Наявність течі в з'єднаннях фільтра, +, -		

### Контрольні запитання

1. Як впливає величина гідравлічного опору фільтра тонкого очищення палива на роботу дизеля?

2. Яку повноту очищення палива забезпечують фільтри грубого очищення палива?

3. Який % механічних домішок може бути присутній у паливі відповідно до ГОСТ 6370-83?

4. Які параметри характеризують технічний стан форсунок?

5. Як визначити пропускну спроможність форсунки?

6. Які показники характеризують якість розпилювання палива?

7. За якими критеріями підбирають форсунки в комплект?

8. Як регулюють тиск початку впорскування палива форсунками типу ФД, КамАЗ, ЗИЛ?

9. Як перевіряють форсунки на герметичність?

## Лабораторна робота № 5

### Діагностування форсунок системи живлення дизельного двигуна

**Мета роботи** — засвоєння методів діагностування форсунок системи живлення дизеля.

**Обладнання робочого місця:** прилади для діагностування механічних дизельних форсунок типу КИ-562 (КИ-1609А), КИ-3333, комплект для діагностування дизельних форсунок систем живлення типу Common Rail Yato YT7306, секундомір.

#### Короткі теоретичні відомості

##### 5.1 Причини виходу з ладу дизельних форсунок

Основними причинами дизельних форсунок є домішки, що містяться в дизельному паливі.

Основну масу механічних домішок складають окисли кремнію та алюмінію: частки розміром більш 20 мкм швидко випадають в осад, а частки меншого розміру тривалий час «витають» у паливі і відіграють роль центрів коагуляції з'єднань органічного походження. Наявність механічних домішок викликає необхідність тривалого відстою дизельного палива перед заправленням баків або його попередньої фільтрації.

У паливі вода присутня в розчиненому стані (гігроскопічна), у вигляді емульсії (вільна) або у вигляді відстою, так звана підтоварна вода, що накопичується на дні ємкостей при відстоюванні. Наявність підтоварної води вказує на повне насичення палива розчиною водою. Вміст розчиненої води залежить від роду палива і метеорологічних умов (температури, тиску, вологості тощо) і може досягати сотих часток відсотка. Розчинена в паливі вода знаходиться в динамічній рівновазі з навколишнім середовищем, так що при зміні атмосферних умов при подальшому насиченні водою може перейти у вільну, утворивши дрібнодисперсну емульсію.

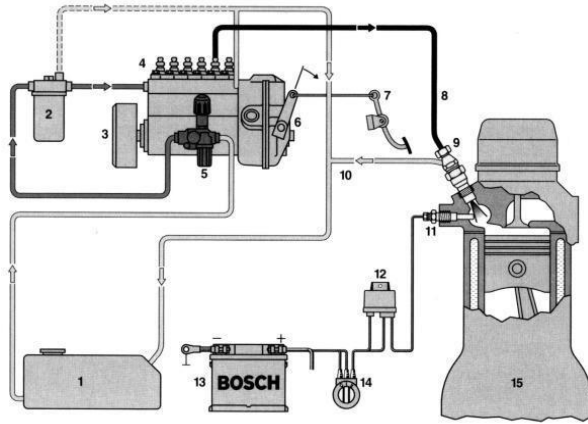
В паливний бак паливо повинно потрапляти через сітчастий фільтр, а сам бак повинен бути оснащений збирачем відстою.

Для захисту прецизійних деталей паливної апаратури від пошкоджень механічними домішками і водою в системі подачі палива передбачені фільтри. В паливній системі застосовуються чотири групи фільтрів:

- 1) приймальні і заливні фільтри, які розміщені в баках, виготовлені звичайно із латунних сіток і запобігають від попадання в паливну апаратуру крупних механічних часток;
- 2) фільтр грубого очищення палива (при наявності);
- 3) фільтри тонкого очищення палива;
- 4) форсункові фільтри.

## **5.2 Типи систем живлення дизельних двигунів.**

На сьогодні на дизельних двигунах використовуються системи живлення з *механічним регулюванням* (рис. 5.1), в яких корегування та дозування палива здійснюється механічними пристроями, та системи живлення з *електронним регулюванням*, в яких контроль та регулювання здійснює електронний блок керування. Найбільш розповсюдженими системами дизельних двигунів з електронним керуванням є система Common Rail.



1 – паливний бак; 2 – паливний фільтр; 3 – муфта випередження впорскування; 4 – ПНВТ; 5 – паливopідкачуючий насос; 6 – важіль приводу рейки; 7 – педаль подачі палива; 8 – паливopровод високого тиску; 9 – форсунка; 10 – паливopроводи зливання палива; 11 – свічка накаливання; 12 – реле свічки накаливання; 13 – АКБ; 14 – вимикач свічок накаливання і стартера; 15 – двигун

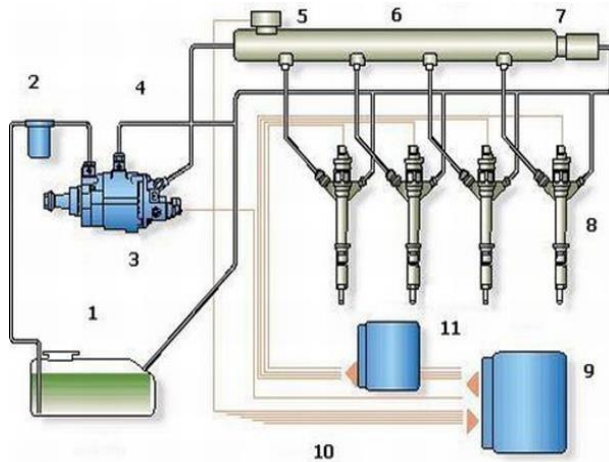
Рисунок 5.1 - Схема системи живлення дизельних двигунів з механічним регулюванням.

Управління роботою системою упорскування Common Rail (рис. 5.2) забезпечує система керування дизелем, яка поєднує датчики, блок керування двигуном та виконавчі механізми систем двигуна.

Датчики системи керування: оборотів к.в. двигуна, датчик положення розподільного вала положення педалі акселератора, витратомір повітря, температури охолоджуючої рідини, тиску повітря, температури повітря, тиску палива, кисневий датчик(лямбда-зонд) та інші.

Основними виконавчими механізмами впорскування Common Rail є форсунки, клапан дозування палива, а також регулятор тиску палива.





1 – паливний бак; 2 - паливний фільтр; 3 – ПНВТ; 4 – паливопроводи; 5 – датчик тиску палива; 6 – паливна рампа; 7 – регулятор тиску палива; 8 – форсунки; 9 – електронний блок керування; 10 – сигнали від датчиків.

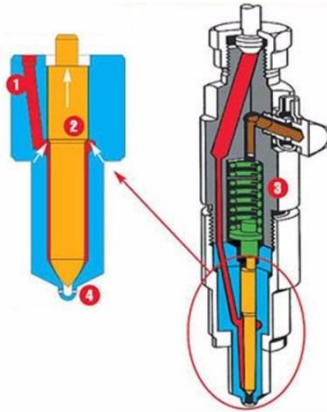
Рисунок 5.2 - Система живлення дизельних двигунів

### 5.3 Типи дизельних форсунок

Форсунка дизельного двигуна - це компонент паливної системи, який відповідає за впорскування та розподіл палива в камері згоряння.

Дизельні форсунки бувають 2-х видів, а саме:

*Механічні.* Такі пристрої приводяться в дію надлишковим тиском. При зростанні тиску голка такої форсунки відкривається, при спаданні – закривається. Таким чином, форсунка фактично керується роботою паливного насосу високого тиску (ПНВТ).



1 - подача палива; 2 - запірні голка розпилювача; 3 – корпус форсунки; 4 - отвір розпилювача.

Рисунок 5.3 – Будова механічної форсунки

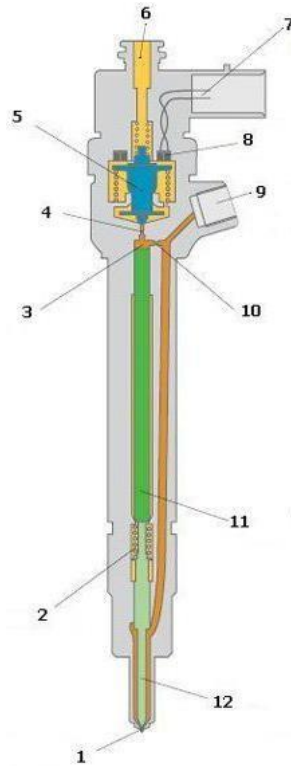
Механічні форсунки приводяться в дію тиском палива, що надходить від ПНВТ: у визначений момент тиск підвищується та відкриває запірну голку розпилювача форсунки, яка закривається при зниженні тиску після виходу палива із сопла.

*Електромеханічні.* Такі форсунки поділяються на *електрогідравлічні*, *п'єзоелектричні* та *насос-форсунки*. Такі форсунки здійснюють впорскування за командою електронного блоку керування системи управління двигуна. Забезпечують плавну та м'яку роботу двигуна, мінімально можливу витрату палива.

На сучасних дизельних двигунах встановлюються лише електромеханічні форсунки, водночас, на даний момент експлуатується багато автомобілів, що оснащені дизельними двигунами з механічним регулюванням системи живлення.

Сьогодні більшість дизельних форсунок виробляється чотирма фірмами: Siemens, Bosch, а також Denso і Delphi.

Електрогідравлічні форсунки (рис. 5.4) встановлюються на дизельні двигуни, зокрема систему Common Rail.

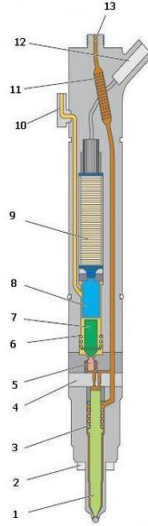


1 – сопло форсунки; 2 – пружина; 3 – камера керування; 4 – зливний дросель; 5 – якорь електромагніту; 6 – зливний канал; 7 – електричний роз’єм; 8 - обмотка збудження; 9 - штуцер підведення палива; 10 - впускний дросель; 11 – поршень; 12 – голка форсунки.

Рисунок 5.4 – Електрогідравлічна форсунка.

Принцип роботи таких форсунок полягає у тому, що паливо під тиском заповнює камери над голкою та під нею, і в стані спокою цей тиск однаковий. Голка закриває сопло завдяки зусиллю пружини. При подачі сигналу від ЕБУ відкривається електромагнітний клапан, і паливо з резервуара над голкою зливається в реверсну магістраль. Тиск над голкою падає, а під голкою – ні, голка піднімається та відкриває форсунку.

## П'єзоелектричні форсунки.



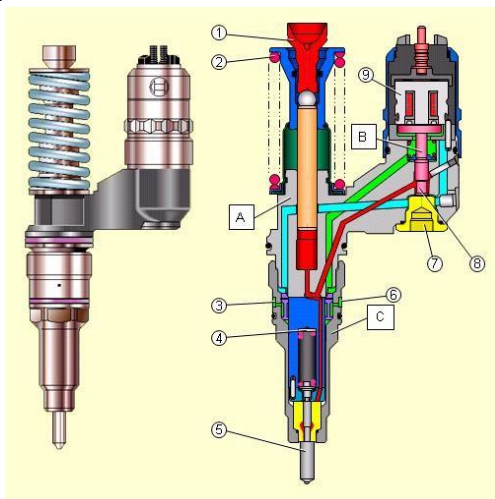
1 – голка форсунки; 2 – ущільнення; 3 – пружина голки; 4 – блок дроселів; 5 – клапан перемикавання; 6 – пружина клапана; 7 – поршень клапана; 8 – поршень штовхача; 9 – п'єзоелемент; 10 – зливний канал; 11 – сітчатий фільтр; 12 – електричний роз'єм; 13 – нагнітальний канал.

Рисунок 5.5 - Будова п'єзоелектричної форсунки

П'єзоелектричні форсунки використовуються як в бензинових, так в і дизельних двигунах. Основна її перевага - максимальна швидкодія, що дозволяє подавати паливо в камеру згоряння в 2-4 прийоми. За рух голки відповідає керамічний п'єзоелемент, що розширюється під впливом електричного струму. П'єзофорсунки витримують найбільший тиск - до 2000 бар і використовується в сучасних високофорсованих і турбованих двигунах.

*Насос-форсунки.* В такій конструкції форсунка та насос високого тиску об'єднані в один вузол. Насос-форсунки оснащуються плунжером 6-8 мм у діаметрі, який рухається від окремого кулачка розподільного валу. За відкриття клапана може

відповідати і електромагнітна котушка, і п'єзокристали, залежно від конструкції.



A - Насосна секція B - Клапанна секція. C - Секція упорскування. 1 - кульковий упор; 2 - поворотна пружина. 3 - зворотний канал; 4 - регулювальна шайба розпилювача; 5 – розпилювач; 6 - вхідний канал; 7 - упор клапана керування; 8 - паливний клапан; 9 - соленоїд управління клапаном.

Рисунок 5.6 - Насос-форсунка.

#### **5.4 Діагностичні ознаки несправності системи живлення дизеля**

*Ускладнений запуск двигуна.* Виникнення перебоїв при запуску двигуна може відбуватися з наступних причин:

- у форсунці порушено дисперсність палива;
- недостатній рівень тиску упорскування;
- деталі досягли зношування;
- несправний регулятор.

При морозах на форсунках може утворитися парафінова пробка у випадку, коли залито літнє дизпаливо.

*Зниження потужності двигуна*

Зменшення потужності силового агрегату виникає через несправності форсунок, які можливо досягли природного зношування. Також, може бути неправильно встановлений кут упорскування, забруднені магістралі або в систему потрапляє повітря при пошкодженні паливопроводу.

*Підвищена витрата палива.* Можливо пов'язані з такими несправностями:

- неправильний кут випередження упорскування;
- зношування нагнітальних елементів високого тиску ПНВТ та форсунок;
- неправильне регулювання насоса високого тиску
- зношування або пошкодження розпилювачів форсунок;
- низький тиск упорскування.

*Жорстка робота двигуна та шуми.* За відсутності плавного розгону або появи дробового стуку можна встановити, що в паливній системі з'явилися такі поломки:

- змістилася фаза упорскування;
- порушено регулювання форсунок;
- забруднені розпилювачі форсунок.

*Поява нехарактерного диму із вихлопної труби*

Зміна кольору диму на білий, сірий або чорний свідчить про пробивання прокладки ГБЦ, забруднення форсунок, неправильно відрегульований кут випередження впорскування.

*Перегрівання двигуна.* Можливе через:

- неправильний кут випередження впорскування палива;
- погане розпилення палива форсунками (струменево замість факела).

## **5.5 Несправності дизельних форсунок**

Головною причиною виходу з ладу форсунок є дизельне паливо. Внаслідок домішок у паливі відбувається зношування та закоксовування розпилювачів форсунок, втрата їх герметичності, забруднення каналів, вихід з ладу клапанного вузла електромеханічних форсунок та забруднення форсункових

фільтрів.

Рідше виникають проблеми з просіданням запірних пружин, виходом з ладу електричної частини електромеханічних форсунок.

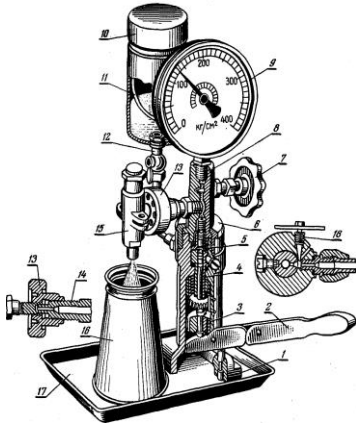
### **5.6 Обладнання для перевірки механічних дизельних форсунок та діагностичні параметри, що на ньому визначаються**

Від технічного стану форсунок в значній мірі залежать показники потужності і економічні показники роботи дизеля.

Параметрами, що характеризують технічний стан форсунок являються: тиск початку вприскування, якість розпилювання палива, підтікання палива, герметичність, звучність вприскування, хід голки, перепад тиску початку і кінця вприскування, закоксованість розпилювача, пропускна спроможність розпилювачів (форсунки), нерівномірність подачі палива по окремих соплах розпилювача.

Параметри технічного стану форсунок визначають в стаціонарних умовах з використанням приладів КИ-562 (КИ-1609А), КИ-3333 рис. 5.7 і 5.8.

*Тиск початку вприскування палива* визначає далекобійність струменя і дисперсність розпилювання палива, тобто обумовлює якість макросумішоутворення і визначає динаміку випару палива, що, в решті решт, впливає на швидкість згорання палива і показники роботи дизеля.



1 - корпус; 2 - важіль; 3 - направляюча; 4 - плунжерна пара; 5 - нагнітальний клапан; 6 - гайка корпуса; 7 і 13 - маховички; 8 - корпус розподільника; 9 - манометр; 10 - бачок; 11 - фільтр; 12 - кран; 14 - з'єднувальний штуцер; 15 - форсунка; 16 - глушник; 17 - лист; 18 - вентиль для випуску повітря.

Рисунок 5.7 - Прилад КИ-562 (КИ-1609А) для випробовування і регулювання форсунок

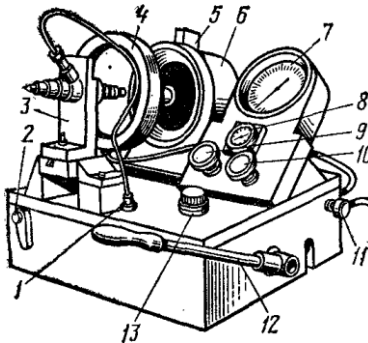


Рисунок 5.8 - Прилад КИ-3333:

1 - штуцер; 2 - показчик рівня палива; 3 - кронштейн; 4 - камера вприскування з освітлювачем; 5 - вимикач освітлення; 6



- відсмоктувальний пристрій; 7 - манометр; 8 - секундомір; 9 - ручка перекриття доступу палива до манометра; 10 - ручка перекриття доступу палива до форсунки; 11 - кран; 12 - рукоятка; 13 - заливна горловина.

Для кожного конкретного типу камер згорання існують певні рівні тиску впрыскування, які забезпечують оптимальне сумішоутворення. Тиск початку впрыскування палива дизелів, що знаходяться в експлуатації в теперішній час дорівнює 13...20 МПа.

*Якість розпилювання палива* перевіряють при номінальному значенні тиску початку впрыскування, встановленому для даного типу форсунки, а також при тисках початку впрыскування на 2,0...2,5 МПа вище і нижче номінального.

Якість розпилювання палива форсункою відрегульованої на номінальний тиск впрыскування, характеризується рядом показників: а) розпилене у вигляді факела паливо не повинно містити помітних на око окремих крапель, що вилітають, і струменів нерозпиленого палива (туманоподібний стан); б) в моменти початку і закінчення впрыскування підтікання палива в вигляді краплі на торці розпилювача не допускається (можливе лише незначне зволоження торця розпилювача безпосередньо після закінчення впрыскування палива); в) початок і кінець впрыскування повинні бути чіткими і супроводжуватися різким звуком; г) у форсунок зі штифтовими розпилювачами кут факела (конуса струменя) розпиленого палива повинен знаходитися в межах, встановлених технічними вимогами, а вісь факела повинна співпадати з віссю розпилювача форсунки; д) у форсунок з багатодірчатим розпилювачем паливо повинно впрыскуватися рівномірно з усіх соплових отворів.

*Герметичність* — обов'язкова умова справної роботи форсунки. Герметичність оцінюється тривалістю (с) зниження тиску в системі прилад - форсунка (від встановленого на відповідне значення). Частіше всього цю операцію називають *опресуванням*.

Під час вимірювання тиск палива в форсунці або

розпилювачі підтримують постійним: 5МПа, але не менше 2МПа.

Відрегульовані форсунки встановлюють на дизель, попередньо розмістивши на корпусі форсунки ущільнююче кільце. Гайки кріплення форсунок затягують почергово, повертаючи кожну гайку за один прийом не більше ніж на одну-дві грані. Кінцеву затяжку гайок проводять моментом, що дорівнює 20...25 Н·м. Прорив газів через ущільнення форсунки, через її перекіс або застосування неякісної прокладки приводить до перегріву форсунки і вихід із ладу розпилювача.

### **5.6 Обладнання для перевірки форсунок системи живлення типу Common Rail за об'ємом зворотного зливання палива Yato YТ7306**

Втрата тиску в паливній системі Common Rail часто може призвести до одного або кількох наступних симптомів:

- ускладнений запуск двигуна;
- нерівномірна робота двигуна;
- погане прискорення колінчастого валу;
- недостатня потужності двигуна;
- підвищене димлення.

Ці діагностичні ознаки проявляються внаслідок несправності форсунок, що приводить до надмірного зворотного об'єму палива (перетікань по зворотній магістралі в паливний бак). При цьому паливний насос не може створити достатнього тиску для правильної роботи системи.

Для експрес діагностування форсунок систем живлення типу Common Rail можна використати комплект типу Yato YТ7306 (рис. 5.9). Даний комплект призначений для вимірювання об'єму зворотного зливання палива безпосередньо на дизельних двигунах із кількістю циліндрів до 6, оснащених системою впорскування Common Rail.

Це обладнання швидко ідентифікує зношені, заблоковані або непрацюючі форсунки. Містить вимірювальні трубки для короткочасних випробувань та вимірювальні ємності для більш довгострокової та більш точної оцінки.

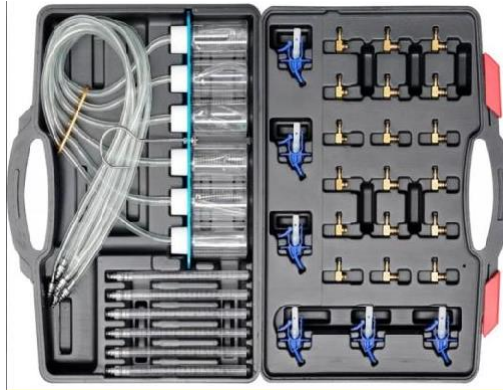


Рисунок 5.9 - Комплект для діагностування форсунок Common Rail за об'ємом зворотного зливання палива

Комплект включає ряд адаптерів, придатних для інжекторів Bosch, Delphi і Denso, для максимального охоплення дизельних автомобілів із системою Common Rail.

В комплект входять 24 адаптери для форсунок: застосовуються для інжекторів BOSH, SIEMENS, DENSO та DELPHI.

Комплект дозволяє виконувати:

- пряме вимірювання зворотного потоку інжектора;
- можливість одночасного виміру до 6 форсунок.

## **5.7 Порядок виконання роботи**

### **Завдання 1 - Діагностування технічного стану механічних форсунок**

1. *Перевірка герметичності форсунок.* Встановити форсунку на прилад приладі КИ-1609А або КИ-3333 (рис. 5.7, 5.8). Перевірку герметичності виконують створенням тиску на 1,5 МПа менше тиску впорскування, при цьому протягом 15 с не повинно спостерігатися підтікання палива з розпилювача форсунки.

2. *Перевірка гідравлічної щільності форсунки.* Перевірку

гідралічної щільності запірного конуса розпилювача виконують на приладі, піднімаючи регулюванням форсунки тиск до 30 МПа. Після того, як досягнуто зазначений тиск, перевіряють герметичність по запірному конусу і направляючій голці в розпилювачі, підтікання палива з соплових отворів, а також у поєднанні розпилювача з корпусом форсунки. Швидке падіння вкаже порушення герметичності форсунки. Допустимий час падіння тиску з 30 МПа до 28 МПа має бути не менше 17 с при кінематичній в'язкості дизельного палива 3,5-6 сСт і температурі 20 °С.

3. *Якість розпилювання палива* визначається візуально, виконуючи накачування рукояткою приладу 40...80 вприскувань за хвилину. Початок і кінець вприскування повинні бути чіткими і супроводжуватись різким звуком. Хороші форсунки при цьому "квакають". Якість розпилення вважається задовільною, якщо воно впорскується в туманоподібному стані, без крапель, з рівномірним виходом по поперечному перерізі конуса струменя з кожного отвору розпилювача. Початок і кінець упорскування мають бути чіткими.

4. *Перевірка та регулювання тиску упорскування.* Повільно прокачуючи насосну секцію приладу, спостерігають за показами манометра. Максимальні його покази, при яких відбувається вприскування палива, будуть відповідати тиску початку вприскування, які і записуємо до табл. 5.2.

Порівняти отримані значення тиску вприскування з рекомендованими для даного типу двигуна в інструкції по експлуатації автомобіля. Значення тиску вприскування для деяких форсунок наведені в табл. 5.1.

Тиск початку вприскування палива змінюють, повертаючи регулювальний гвинт форсунки (у випадку регулювання гвинтом, наприклад ФД-22) при відпущеній контргайці: для збільшення тиску вкручують, а для зменшення — викручують регулювальний гвинт форсунки. По закінченні цієї операції регулювальний гвинт надійно фіксують контргайкою.

У форсунках дизелів, що регулюються шайбами (наприклад КамАЗ) тиск початку вприскування регулюють за рахунок зміни кількості регулювальних шайб під пружиною

штанги розпилювача. При необхідності відрегулюйте форсунки зміною загальної товщини шайб регулювальних: збільшення загальної товщини регулювальних шайб (збільшення стиснення пружини) підвищує тиск, зменшення - знижує. Зміна товщини шайб на 0,05 мм призводить до зміни тиску початку підйому голки форсунки на 294...343 кПа (3...3,5 кгс/см<sup>2</sup>).

Всі форсунки, що встановлюються на один двигун, регулюють на однаковий тиск впрыскування з певним допуском.

*Примітка:* наведені значення тисків та часу випробувань можуть відрізнятись залежно від моделі форсунки, ці параметри слід уточнювати в інструкції по експлуатації автомобілів.

Таблиця 5.1 – Основні показники і регулювальні дані форсунок

Параметри	Модель форсунки			
	ФД-22	ЯМЗ-236	КамАЗ	BOSH (NP-DN)
Кількість соплових отворів	4	4	4	1
Тиск початку впрыскування, МПа	17,5+0,25	17,5+0,5	19,5+0,5	11,5-15,8
Верхня контрольна межа тиску при перевірці гідросільності, МПа	26	30	30	-
Нижня контрольна межа при перевірці гідросільності, МПа	23-21	28-23	28-23	-
Час зниження тиску при перевірці гідросільності, с.	7-20	10-38	17-45	-

Для перевірки форсунки на *герметичність* її встановлюють на приладі КИ-1609А.

У форсунки з багатодирчатими розпилювачами регулювальним гвинтом пружини встановлюють тиск початку впрыскування палива 38 МПа.

За допомогою важеля приладу створюємо тиск 38...40

МПа.

Час зниження тиску від 35 до 30 МПа для нових форсунок повинен бути не менше 15 с, а для форсунок, що були в експлуатації,— не менше 10 с. Для штифтових розпилювачів і багатодірчатих подовжених розпилювачів час зниження тиску від 20 до 18 МПа повинен бути не менше 5 с.

Підтікання палива у вигляді крапель або зволоження торця розпилювача справної форсунки під час випробування на герметичність не допускається.

Герметичність спряження запираючих конусів голки і корпусу розпилювача перевіряють при тиску на 1,5...2,5 МПа меншому за номінальний тиск початку вприскування палива. Результати перевірки заносимо до таблиці 5.1.

Якщо герметичність запираючих конусів гарна, то паливо на протязі 20 с не повинно просочуватися з сопла розпилювача.

*Пропускна спроможність форсунок* визначають на стенді КИ-921М (КИ- 22205) з паливним насосом, укомплектованим плунжерними парами і нагнітальними клапанами однієї групи щільності, і трубопроводами високого тиску, підібраними за однаковою пропускною спроможністю. Рейку насоса закріплюють в положення номінальної подачі палива. Після закріплення досліджуваних форсунок вимірюють кількість палива, що пройшло через форсунку за 2 хвилини при номінальній частоті обертання кулачкового вала насоса. Результати спостережень заносять до табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Результати діагностування форсунок

Показник	Форсунки			
	1	2	3	4
Тиск вприскування, МПа				
Якість розпилювання				
Герметичність, с				
Пропускна спроможність, мм <sup>3</sup> /цикл (см <sup>3</sup> )				

## **Завдання 2. Діагностування форсунок Common Rail на двигуні методом визначення об'єму зворотного зливання палива.**

1. На не працюючому двигуні зняти декоративні кришку, щоб отримати доступ до форсунок.

2. З'єднувачі зворотної магістралі закріплені на форсунках за допомогою дротяних затискачів. Видаліть їх та зберігайте у безпечному місці.

3. Від'єднайте роз'єм зворотної магістралі від форсунок; будьте обережні з цією операцією, оскільки роз'єми можуть бути крихкими.

4. Щоб запобігти витіканням палива з трубок, заглушіть або затисніть кінці зворотної магістралі.

5. Повісьте мірні колби приладу у відповідному місці під капотом.

6. Виберіть правильні адаптери з комплекту та встановіть їх на кінці гнучких шлангів. Вони повинні мати щільну посадку в шлангах.

7. Підключіть гнучкі шланги до форсунок. Вони не вимагають закріплення дротяного затиску (зворотна система має низький тиск).

8. Запустіть двигун і дайте йому вирівняти оберти.

9. Слідкуйте за паливом у мірних колбах та заглушіть двигун, коли вони будуть наповнені приблизно на 75%.

10. Порівняйте рівні за мірками. Мірка, що показує більше 10% і більше додаткового палива, вказує на інжектор, який може мати проблему з витіканням у зворотному напрямку. Відсутність зворотного зливання або зменшення обсягу на 10% і більше також вказує на несправність форсунки.

11. Зніміть кожен гнучкий шланг із форсунок; щоб уникнути витіканням, помістіть палець над кожним отвором пляшки (верхня частина мірки у зборі) при знятті трубки. Затисніть трубку, щоб утримати паливо, а потім злити паливо у відповідний контейнер.

12. Встановіть з'єднувачі зворотної труби на форсунки та закріпіть їх за допомогою затискачів.

13. Запустіть двигун знову і ретельно перевірте всі раніше зняті роз'єми на герметичність.

*Запобіжні заходи:*

- комплект призначений для використання зі зворотною магістраллю форсунки. НЕ підключайте до магістралі високого тиску.

- Тримайте інструмент чистим та без пилу.

- Використовуйте захисні окуляри під час використання комплекту.

### **Оформлення звіту.**

В звіті привести тип діагностованих форсунок, їх характеристику. Необхідно описати тести що проводяться при діагностуванні форсунок. Заповнити табл. 5.2.

Зробити висновок щодо технічного стану об'єктів діагностування, навести можливі несправності форсунок, причини їх виникнення та методи усунення несправностей.

### **Контрольні запитання**

1. Які параметри характеризують технічний стан механічних форсунок?
2. Які тести виконують для механічних форсунок?
3. Які показники характеризують якість розпилювання палива?
4. Як регулюють тиск початку вприскування палива механічними форсунками?
5. Який порядок перевірки форсунок Common Rail методом визначення зворотного об'єму палива?



## Лабораторна робота № 6

### Перевірка тиску в системі мащення двигуна

*Мета роботи* - ознайомитися з методикою визначення технічного стану системи мащення двигунів автомобілів, вивчити обладнання, основні несправності системи та способи їх виявлення

*Обладнання робочого місця:* тестер тиску оливи двигуна FPTK 0301.

#### Загальні відомості

Від тиску оливи безпосередньо залежить нормальне функціонування двигуна та ресурс його роботи. При виконанні діагностичних дій при обслуговуванні або ремонті двигуна слід виконувати контроль тиску оливи.

Олива створює масляну плівку в зазорі між шийкою колінчастого валу та підшипником ковзання. Коли тиск оливи знижується, ця плівка зникає, у результаті настає масляне голодування, підвищується тертя між деталями агрегату, зростає температура. Насамперед йде прискорене зношування колінчастого валу та інших підшипників ковзання. У найгіршому випадку може статися заклинювання колінчастого валу.

Підвищений тиск також несприятливо впливає на роботу двигуна. Ущільнення, такі як передній сальник колінчастого валу можуть видавитися, що спричинить витікання оливи, і знову ж таки, приведе до ремонту.

У кожної марки двигуна система мащення має свої конструктивні особливості. Тому, показники необхідного тиску оливи вказані в інструкції по експлуатації конкретного автомобіля. На холостих тиск оливи менший, ніж на робочих режимах, оскільки на холостих обертах швидкість обертання насоса менша.

Причин низького тиску може бути декілька.

#### 1. Несвоєчасна заміна оливи

При тривалих пробігах олива втрачає свої фізико-хімічні властивості, що призводить до її забруднення та зменшення

прохідного перерізу масляних каналів. В результаті знижується тиск, зменшуються мастильні властивості і збільшується знос поверхонь, що труться, силового агрегату.

#### *2. Невідповідність характеристик оливи рекомендаціям виробника*

У сучасному двигуні олива є не тільки мастилом, але й використовується як енергоносіє для управління різними допоміжними пристроями, встановленими в двигуні. Це гідрокомпенсатори, фазорегулятори, гідронатяжники ланцюга. У зв'язку з цим в'язкості оливи завод-виробник приділяє особливу увагу. Воно має бути досить рідким, але при цьому не втрачати своїх змащувальних властивостей. Тому, застосування іншого типу оливи, іншої в'язкості або низької якості може призвести до зниження тиску масляної системи.

#### *3. Потрапляння в оливу антифризу, вихлопних газів чи палива*

Якщо в оливу потрапляє антифриз, це призводить до утворення емульсії, яка не має ніяких змащувальних властивостей. Насос не може створити достатній тиск цієї емульсії. У разі потрапляння в оливу палива воно дуже сильно розріджується і потрібний тиск також не підтримується. Вихлопні гази можуть потрапити в масляну систему тільки пробите днище поршня або через картер. В результаті картерні гази, що містять залишки незгорівшого палива та токсичні компоненти, змінюють хімічний склад оливи

#### *4. Оливний насос не забезпечує необхідний тиск*

Насос створює тиск у системі мащення двигуна. Якщо має місце зношування деталей насоса – шестерень або корпусу - тиск оливи буде недостатній. Насоси обладнують редуційним клапаном. Цей клапан спрацьовує у випадку занадто високого тиску оливи (наприклад у зимову пору року) та стравлює зайвий тиск у оливний піддон. В разі виходу з ладу редуційного клапана, що може трапитися через просідання пружини, заклинювання клапана, потрапляння бруду під клапан – тиск в системі мащення буде не відповідати паспортним даним. При заклинюванні клапана у закритому положенні є ймовірність завищеного тиску в системі мащення, при заклинюванні у

відкритому положенні або при просідання пружини тиск буде заниженим.

#### 5. *Зношення деталей двигуна*

При тривалій експлуатації відбувається зношування деталей двигуна, в першу чергу деталей циліндро-поршневої групи і кривошипно-шатунного механізму, що позначається на тиску оливи.

При зношенні шийок колінчастого валу та вкладишів, які сполучаються з цими шийками зростають витрати оливи через зазори між цими деталями, у зв'язку з цим тиск оливи в системі мащення знижується.

#### 6. *Перегрівання двигуна*

При перегрівання двигуна в'язкість оливи знижується, що приводить до зниження тиску в системі мащення

#### 7. *Інші причини*

Зниження тиску оливи може бути викликане такими поширеними причинами, як недостатній рівень оливи в системі або сильне забруднення масляного фільтра.

Для кожної моделі автомобіля заводом-виробником передбачаються значення тиску оливи в системі мащення двигуна.

Для контролю тиску оливи при діагностуванні використовують тестери тиску .

Способи підключення тестера тиску оливи залежать від конструктивних особливостей системи мащення двигуна автомобіля. Найбільш поширеним способом підключення тестера тиску в систему оливи двигуна є приєднання до отвору штатного датчика тиску.

Виконувати вимірювання значення тиску оливи необхідно згідно з рекомендацій заводу-виробника автомобіля (див. інструкцію з експлуатації та обслуговування автомобіля).

Підключення та відключення тестера до системи мащення виконується лише при вимкненому двигуні.

Послідовність виконання вимірювань:

- від'єднати електричний роз'єм на датчику тиску оливи;

- викрутити датчик тиску оливи;
- вибрати необхідний різьбовий адаптер і вкрутити його в отвір датчика тиску оливи;
- приєднати тестер тиску масла (манометр з гнучким шлангом) швидкокороз'ємним з'єднанням до штуцера різьбового адаптера;
- завести двигун і на певній частоті колінчастого валу перевірити за манометром на тестері значення тиску оливи в системі мащення двигуна.

Після виконання вимірювань зупинити двигун, від'єднати тестер від різьбового адаптера, викрутити різьбовий адаптер з отвору датчика тиску оливи, вкрутити на місце штатний датчик тиску оливи та приєднати до нього електричний роз'єм.

У середньому показники тиску оливи наступні:

- на холостих обертах – 2 бари (0,2 МПа);
- на робочих обертах різних автомобілів 4,5 – 6,5 бар.

Тиск перевіряють на прогрітому двигуні. Значення тиску оливи для деяких двигунів при нормальному технічному стані двигуна наведено у табл. 6.1.

Для визначення частоти обертання колінчастого вала при вимірюванні тиску масла використовують штатний тахометр або тахометри діагностичних установок.

Таблиця 6.1- Мінімальний тиск масла (МПа) в системі мащення двигунів при частоті обертання колінчастого валу двигуна на холостому ходу та робочому режимі

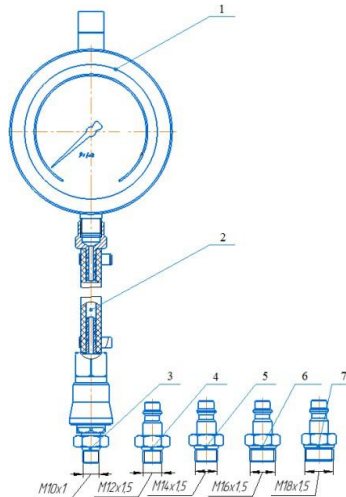
Двигун	Частота обертання холостого ходу	Робочий режим роботи
К4М (Renault)	0,05 при 800 об/хв	0,31 при 4000 об/хв
К9К (Renault)	0,08 при 800 об/хв	0,34 при 4000 об/хв
Opel Astra J 1,4 бенз.	0,15 при 800 об/хв	0,38 при 3000 об/хв
Skoda 1,4 бенз	0,075 при 800 об/хв	0,35 при 3000 об/хв

ЗІЛ 508	0,05 при 500 об/хв.	не менше 0,1 при 1400 об/хв.
ЯМЗ-236, 238	0,1 при 450...550 об/хв.	0,4...0,7 при 2100 об/хв.
КамАЗ-740, 741	0,1 при 600 об/хв.	0,45...0,55 при 2600 об/хв.

### Обладнання для виконання діагностування

Тестер тиску оливи FPTK 0301 призначений для перевірки значень тиску в системі мащення двигуна. Загальний вид тестера тестеру тиску оливи FPTK 0301 представлений на рис. 6.1.





1 – манометр (шкала вимірювання від 0 до 10 атм. (150 psi)); 2 – гнучкий шланг з швидкознімним з'єднанням; 3 – різьбовий адаптер M10x1; 4 – різьбовий адаптер M12x1,5; 5 – різьбовий адаптер M14x1,5; 6 – різьбовий адаптер M16x1,5; 7 – різьбовий адаптер M18x1,5

Рисунок 6.1 - Загальний вигляд тестеру контролю тиску оливи в двигуні.

### **Порядок виконання роботи**

Повторити матеріал про конструкцію системи мащення двигунів, вивчити принцип дії й схеми підключення пристрою FPTK 0301.

#### *1. Перевірка герметичності.*

Оглянути двигун і встановити місця підтікання масла.

При виявленні підтікання масла усунути причини підтікання, підтягнувши послаблене кріплення або замінивши прокладки.

#### *2. Перевірка рівня масла.*

Перевірити рівень масла у піддоні картера двигуна.

Запустити двигун і прогріти його до температури охолоджувальної рідини 80 °С.

Зупинити двигун і не раніше як через 5 хв знову перевірити рівень масла у піддоні картера двигуна.

1. *Контроль тиску масла.*

Запустити двигун і прогріти його до температури охолоджувальної рідини 80 °С.

При відсутності штатного тахометра підключити до системи запалювання тахометр мотор-тестера або електроімпульсний тахометр. Для підключення тахометра двигун зупинити.

Визначити тиск масла за покажчиком тиску на щитку приладів при роботі двигуна на режимах, рекомендованих заводом виробником (див. інструкцію з експлуатації автомобіля).

Зупинити двигун, приєднати прилад FPTK 0301.

Запустити двигун і визначити тиск оливи за еталонним манометром пристрою FPTK 0301 на режимах роботи двигуна рекомендованих заводом виробником (див. інструкцію з експлуатації автомобіля), контролюючи частоту обертання колінчастого вала за штатним або спеціально підключеним тахометром.

Зупинити двигун, відокремити прилад FPTK 0301 і тахометр (при необхідності).

Встановити штатний датчик тиску оливи в системі, при необхідності замінити його на новий.

### **Оформлення звіту**

У звіті навести марку діагностованого двигуна, його характеристику, загальну будову системи мащення, нормативні значення тиску оливи, порядок виконання діагностування, несправності, що були виявлені при проведенні діагностування та їх причини виникнення, надати рекомендації з усунення цих несправностей.

### **Контрольні запитання**

1. Які причини низького тиску оливи у двигуні?
2. Що може спричинити експлуатація двигуна з низьким тиском оливи?
3. В чому полягає діагностування системи мащення?

4. Якими приладами діагностується тиск оливи в системі мащення двигуна?
5. Який порядок діагностування тиску оливи у системі мащення двигуна?
6. Як розшифровується марка оливи?
7. Як визначається рівень оливи у двигуні?

## **Лабораторна робота №7**

### **Обслуговування та перевірка технічного стану електричного обладнання двигуна**

*Мета роботи:* Отримати практичні навички з технічного обслуговування та перевірки технічного стану системи запалювання автомобільних бензинових двигунів.

*Обладнання робочого місця:*

- 1) комплект високовольтних проводів, котушка запалювання, комплект свічок запалювання;
- 2) комплект ключів: свічковий ключ S21
- 3) мультиметр;
- 4) навантажувальна вилка для перевірки акумуляторів.

### **Короткі теоретичні відомості:**

#### **1. Отримання навичок роботи з мультиметром**

Мультиметр - це універсальний вимірювальний прилад, який може вимірювати цілий діапазон електричних величин: вимірювання величини напруги, струму та опору, вимірювання ємності конденсаторів, частоти струму, продзвонювання діодів, звуковий пробник, вимірювання температури та багато іншого.





1- вимкнення мультиметра.

2 - режим вимірювання значень змінної напруги, має два діапазони

вимірювань 200 та 600 вольт. Позначення: ACV - AC Voltage - (англ. Alternating Current Voltage) - змінна напруга

3 - режим вимірювання значень постійного струму в наступних діапазонах: 200 мкА, 2000 мкА, 20 мА, 200 мА. DCA – (англ. Direct Current Amperage) – постійний струм.

4 - режим виміру великих значень постійного струму до 10 ампер.

5 - звукове прозвонювання проводів, звуковий сигнал включається при опорі прозваної його ділянки менше 50 Ом.

6 - перевірка справності діодів, що показує падіння напруги на рп переході діода.

7 - режим вимірювання значень опору, що має п'ять діапазонів: 200 Ом, 2000 Ом, 20 кОм, 200 кОм, 2000 кОм.

8 – режим вимірювання значень постійної напруги, має п'ять діапазонів 200 мВ, 2000 мВ, 20 В, 200 В та 600 В. DCV – DC Voltage – (англ. Direct Current Voltage) – постійна напруга.

Рисунок 7.1 - Загальний вигляд мультиметра.

У нижньому правому кутку лицьової панелі мультиметра є три гнізда, для підключення шнурів зі щупами.

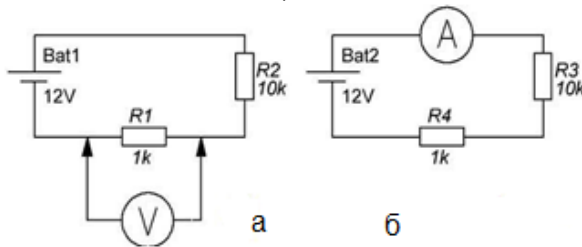


Рисунок 7.2 – Розміщення гнізд для підключення щупів:

- нижнє гніздо для загального (мінусового) дроту у всіх режимах та на всіх діапазонах;
- середнє гніздо для плюсового дроту у всіх режимах та на всіх діапазонах крім режиму вимірювання струму до 10 А;
- верхнє гніздо для плюсового дроту у режимі вимірювання струму до 10 А.

При вимірюванні струму більше 200 мА плюсовий провід підключати лише у верхнє гніздо!

*Вимірювання струму.* Для вимірювання струму в ланцюзі прилад включається в розрив ланцюга, що вимірюється (тобто послідовно з елементами ланцюга).



*Вимірювання постійної напруги (на прикладі акумулятора).*

1. Вибрати рід вимірюваної напруги та межу вимірювання. Для вимірювання постійної напруги мультиметр має цілий діапазон значень постійної напруги, які встановлюються за допомогою перемикача меж. Для встановлення межі вимірювання спочатку визначити приблизно, яке значення напруги хочемо виміряти.

2. Встановити межу виміру більше цієї напруги, але бажано близький до цього значення, тоді виміри будуть точнішими.



3. Підключити мультиметр до клем акумулятора (або паралельно тій ділянці, де проводиться вимірювання напруги).

- щуп чорного кольору один кінець до гнізда COM мультиметра, інший до мінусу джерела напруги, що вимірюється;
- щуп червоного кольору до гнізда  $V\Omega mA$  та до плюсу вимірюваного джерела напруги.

4. Зняти значення постійної напруги.

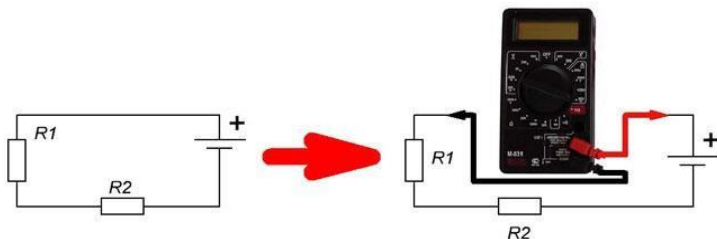
Якщо не відома приблизна величина вимірюваного значення напруги, то вимір необхідно починати з установки найбільшої межі - 600 вольт, і послідовно наблизитися до межі найближчого до вимірюваного значення напруги.

*Вимірювання змінної напруги.* Вимірювання змінної напруги проводиться за таким же принципом, що і вимірювання постійної напруги.

Переключіть прилад у режим вимірювання змінної напруги, вибравши відповідну межу вимірювання змінної напруги.

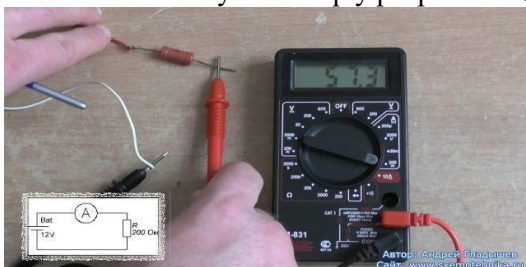
Далі підключіть щупи до джерела змінної напруги та зніміть показання з індикатора.

*Вимірювання постійного струму.* Мультиметр для вимірювання струму підключається в розрив ланцюга, що вимірюється.

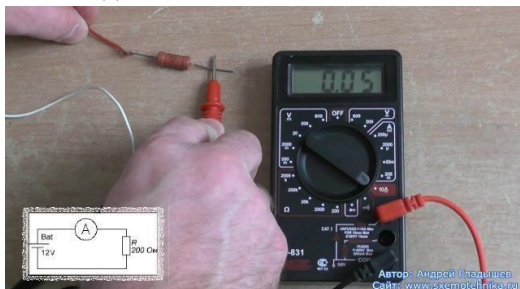


Знову ж таки, необхідно визначитися з максимально можливим значенням струму у вимірюваному ланцюзі.

Якщо значення струму будуть менше 200 мА, то вибираємо відповідну межу вимірювання, червоний щуп підключаємо до гнізда  $V\Omega mA$  і включаємо мультиметр у розрив ланцюга.



Для вимірювання струму в діапазоні 200 мА-10 А червоний щуп підключати в гніздо 10А.



Бажано мультиметр в режимі вимірювання струму підключати в ланцюг при знятій напрузі в ланцюзі, причому на межі 10А це обов'язкова операція, так як при великих струмах це зовсім не безпечно.

У характеристиках приладів деяких виробників не рекомендується включати мультиметр вимірювання струму на

межі 10 А більше 15 секунд.

*Вимірювання опору.* Для вимірювання опору за допомогою мультиметра останній необхідно переключити в одну з п'яти меж вимірювання опору.

Правила вибору межі виміру такі:

1. Якщо заздалегідь відомо значення опору, що вимірюється (наприклад, у разі перевірки резистора на предмет «справний» або «несправний»), то межа вимірювання вибирається більше значення вимірюваного опору, але якомога ближче до нього. Тільки в цьому випадку ви зведете до мінімуму похибку

вимірювання опору.

2. Якщо заздалегідь не відоме значення вимірюваного опору, то необхідно встановити максимальну межу вимірювання (наприклад 2000 кОм) і змінюючи межі послідовно наближатися до значення опору, що вимірюється.

Примітка: якщо на екрані мультиметра відображається «1», то значення вимірюваного опору більше встановленої межі вимірювання, у цьому випадку необхідно переключити межу у бік збільшення.

Для вимірювання опору підключити щупи приладу до елемента, опір якого необхідно виміряти та зняти показання з індикатора приладу.

## **2. Навантажувальна вилка для перевірки акумуляторів**

У конструкцію конструкцію навантажувальної вилки (див. рис.) входить: вольтметр (показує напругу, за якою за допомогою таблиць визначається рівень заряду акумулятора); резистор (спіраль із листової сталі); два щупи (з їх допомогою прилад приєднується до АКБ); захисний кожух (закриває спіраль).



Рисунок 7.3 – Навантажувальна вилка

### 3. Умови роботи та дефекти свічок запалювання

Свічка запалювання є найважливішим елементом системи запалювання. Від досконалості їх конструкції, правильного її підбору до двигуна значною мірою залежить надійність роботи системи запалення та двигуна.

Свічка запалювання працює у тяжких умовах. Вона піддається високим механічним та тепловим навантаженням, а також електричним та хімічним впливам.

Температура в камері згоряння коливається від 70 до 2700 °С, а навколишній ізолятор свічки повітря у підкапотному просторі двигуна може мати температуру від –60 до +100 °С. Через нерівномірне нагрівання окремих ділянок свічки в ній виникають теплові деформації, небезпечні тим, що в конструкції свічки використані матеріали з різними коефіцієнтами лінійного розширення (метал, кераміка). На поверхню свічки, вкрученої в камеру згоряння, діє тиск до 10 МПа. Свічка піддається, крім того, дії імпульсів високої електричної напруги (до 26 кВ) та хімічних впливів продуктів згоряння. При роботі двигуна внаслідок неповного згоряння палива на поверхні теплового конуса, електродах та стінках камери свічки утворюється нагар, що шунтує іскровий зазор. Витік струму, а іноді розряд можуть відбуватися по зовнішній поверхні ізолятора, якщо він забруднений або покритий вологою. У процесі роботи двигуна проміжок у свічці збільшується в

середньому на 0,015 мм на 1 тис. км пробігу автомобіля.

На металевих деталях свічок запалювання не допускаються тріщини та зірвані нитки різьблення. На термоосадовій канавці та в місцях накладання контактів при електротермічному складання свічок запалювання допускається часткове порушення покриття.

Теплова характеристика свічки запалення виражається калильним числом. Калильне число свічки запалення є деяким умовним числом, яке характеризує здатність свічки працювати в умовах спеціального еталонного двигуна без калильного запалення.

Відповідно до ГОСТ 2043-74 під калильним числом розуміється умовне число з ряду 8, 11, 14, 17, 22, 23, 26, яке пропорційне середньому індикаторному тиску, при якому під час випробування свічки запалювання на таріровочном одноциліндровому двигуні запалення.

Позначення типу свічки різних виробників не стандартизовано, проте включає, як правило, таку інформацію:

- діаметр та довжину різьблення;
- розмір "під ключ";
- тип опорної поверхні;
- калильне число;
- форму та кількість електродів;
- матеріал електродів;
- наявність перешкодадавчого резистора.

*Експлуатація та технічне обслуговування свічок запалювання.* Через кожні 10 тис. км пробігу рекомендується проводити регулювання іскрового проміжку підгинання бокового електрода, а через 30 - 40 тис. км пробігу - замінювати свічки на нові. Використовувати свічки з пробігом понад 50 тис. км. не слід. Перед вивертанням свічок необхідно видалити навколо них бруд і обдуть посадкові місця стисненим повітрям, щоб запобігти засміченню камери згоряння через свічковий отвір у головці блоку циліндрів.

Вивертати і загортати свічку слід лише за допомогою свічкового ключа. Для затягування свічок краще використовувати динамометричний ключ, дотримуючись

рекомендованого моменту затягування, який залежить від розміру різьби, виду опорної поверхні корпусу свічки і матеріалу головки блоку циліндрів.

Величина повітряного зазору свічки перевіряється щупом, який повинен проходити між електродами з відчутним опором.

Існує три види вимірювальних щупів: монетоподібний; дротяний; пластинчастий (рис. 7.1).

Перший щуп для вимірювання зазорів на вигляд нагадує звичайну монету з навколишнім обідком. Він на різних позиціях кола має різну товщину. При цьому на самій «монеті» нанесено шкалу, яка вказує на її величину. Дротовий щуп має подібну конструкцію.



Рисунок 7.4 - Щупи для вимірювання зазору у свічках запалювання

*Несправності свічок запалювання.* Основними несправностями іскрових свічок запалення є недостатня герметичність по корпусу та центральному електроду, зношування (вигоряння) електродів, руйнування теплового конуса ізолятора, утворення нагару на зовнішній поверхні теплового конуса, що призводить до шунтування повітряного зазору між електродами.

Більшість несправностей свічки запалювання можна визначити зовнішнім оглядом. Так, про порушення герметичності свічки говорить поява темного нальоту як ободочках на зовнішній поверхні ізолятора навколо корпусу.



Вивернувши свічку з головки блоку циліндрів, за характером зношування електродів і станом теплового конуса ізолятора можна судити про технічний стан не тільки свічки, а й двигуна.

У непрацюючої свічки всі її внутрішні частини покриті вологим нагаром, а сама свічка при роботі ДВЗ не нагрівається вище за середню температуру головки блоку. Нижче наведено типові приклади зовнішнього вигляду внутрішньої торцевої частини свічки запалювання, вивернутої з головки блоку (див. рис. 7.5).

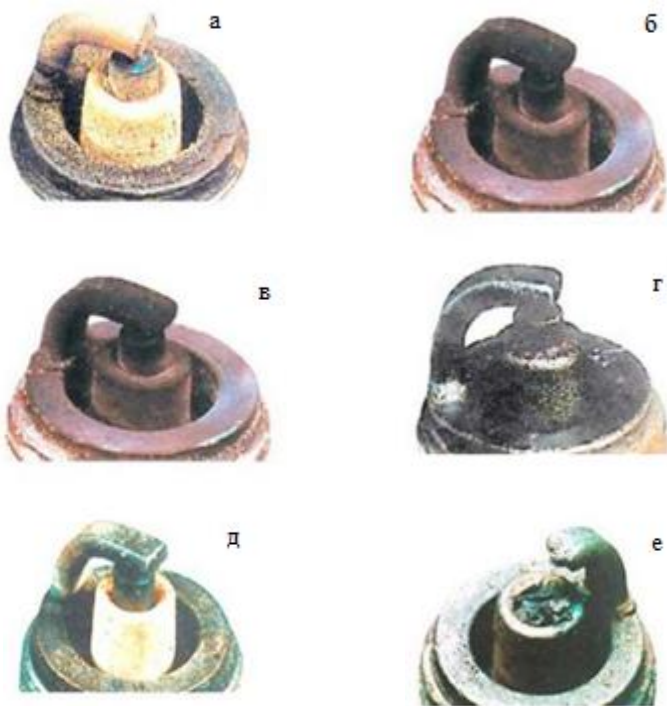




Рисунок 7.5 – Зовнішній вигляд свічок запалювання після експлуатації

**Нормальний стан.** Тепловий конус ізолятора трохи покритий нагаром від сіро-жовтого, світло-коричневого до сіро-білого кольору. Електроди не обгорілі, торцевий обідок корпусу чистий. Можна стверджувати, що приготування паливної суміші в системі живлення та встановлення моменту запалення в системі запалення правильні, відсутні пропуски іскроутворення та запалення. Калильне число свічки підбрано правильно. Двигун та його системи працюють стійко (див. рис. 7.5а).

**Відкладення на ізоляторі та електродах.** Значні відкладення на електродах, тепловому конусі ізолятора і на обідку корпусу свічки можуть бути у вигляді шлаку або у вигляді рихлого осаду, що легко відлітає. Основною причиною є наявність непередбачених інструкцією з експлуатації двигуна присадок у моторній олії чи паливі. За калильним числом свічка підбрана правильно. Якщо очищення свічки не дає результату, її слід замінити (див. рис. 7.5 б).

**Свічка вкрита чорним нагаром.** Тепловий конус ізолятора, електроди та обідок корпусу покриті бархатистим матово-чорним нагаром. Причинами можуть бути несправності в системі живлення двигуна (карбюратор або системі упорскування палива), занадто багата суміш, засмічення повітряного фільтра; занадто холодна свічка. Внаслідок утворення такого нагару можливі пропуски іскроутворення та утруднення пуску холодного двигуна. Збільшується витрата палива. (рис. 7.5в).

**Замаслена свічка.** Тепловий конус ізолятора, електроди та корпус свічки покриті глянцево-маслянистими відкладеннями

або щільним маслянистим нагаром. Причини: зламане маслоснімне кільце, великий знос циліндропоршневої групи двигуна, високий рівень масла в картері, маслоснімні сальники клапанів стали непридатними. (рис. 7.5 г).

**Перегрівання свічки.** Зовнішній вигляд сильно перегрітої свічки схожий на свічку в нормальному стані. Відмінність полягає у відсутності нагару на електродах та тепловому конусі. Найбільш достовірно цю несправність можна визначити за сильним перегріванням зовнішньої частини ізолятора. Білий колір ізолятора і відсутність на ньому слідів нагару свідчать про перегрівання свічки, викликаного раннім моментом запалення, бідною сумішшю, підсмоктуванням викликаного раннім моментом запалення, бідною сумішшю, підсмоктуванням додаткового повітря в циліндр двигуна, використанням палива з низьким октановим числом, (рис. 7.5 д).

**Вигорання електродів.** Оплавлення електродів (особливо центрального), сліди розплаву металу на тепловому корпусі ізолятора, застигли кульки металу на обідку корпусу говорять про надмірний перегрів свічки та калильне запалювання, (рис. 7.5 е).

**Руйнування теплового конуса ізолятора.** Руйнування теплового конуса ізолятора у вигляді сколів або тріщин. Ця несправність найчастіше з'являється на тривалих і нормально працюючих свічках, що може бути результатом постійної детонації двигуна, перегріву свічки, розширення центрального електрода під дією високих температур або його корозії, «заростання» повітряного каналу між центральним електродом та ізолятором нагарними відкладеннями, механічного впливу при неакуратному поводженні зі свічкою. (рис. 7.5 ж).

**Металізація електродів.** При постійному використанні бензину з антидетонаційними присадками на основі солей свинцю термін служби свічок запалення різко скорочується (з 50 тис. до 10 - 15 тис. км пробігу). Пояснюється це тим, що і центральний, і бічний електроди нормально працює свічки запалення покриваються нальотом свинцевих з'єднань у вигляді тонкої зеленої плівки (рис. 7.5 з).

#### **4. Умови роботи котушки запалювання**

**Котушка запалювання** створює високу напругу, яка

потрібна для роботи самої системи та створення іскри між контактами свічок запалювання. Більшість двигунів з розподільною системою запалювання оснащується однією котушкою запалювання, у деяких випадках – двома котушками запалювання. У системах без розподільника запалення (DIS) застосовується кілька котушок запалювання. У двоіскрових системах на кожен пару циліндрів припадає одна котушка запалювання. В інших системах DIS і системах з котушками типу олівця на одну свічку (COP) на кожен циліндр або свічку запалювання встановлюється власна котушка запалювання.

Котушка запалення грає роль трансформатора напруги. Вона перетворює напругу 12В на кілька тисяч вольт.

Вторинна напруга створює іскру в зазорі між електродами свічки, вона залежить від зазору, електричного опору свічки запалення та високовольтних проводів, складу паливоповітряної суміші, навантаження на двигун та температури свічки. Напруга може змінюватися від 5000 вольт до 25000 вольт і більше. У деяких системах досягається максимальна напруга, що дорівнює 40000 вольт.

У котушці запалення є дві обмотки, які намотані на пластинчастий металевий сердечник. Первинна обмотка, що має кілька сотень витків, з'єднана із двома зовнішніми контактами котушки. Позитивний вивід (+) котушки підключений до вимикача запалення та АКБ, а негативний вивід (-) – до модуля запалення і потім на масу кузова. Вторинна обмотка має кілька тисяч витків і приєднана одним кінцем до позитивного контакту первинної обмотки, а іншим – високовольтного виводу в центральній частині котушки.

Після замикання первинної обмотки на масу по ній протікає електричний струм. Він створює сильне магнітне поле навколо металевого сердечника і заряджає котушку енергією. Потрібно приблизно 10-15 мс для максимального зарядження котушки запалювання.

Потім розмикається первинний ланцюг котушки. Це призводить до раптового зникнення магнітного поля. Енергія, запасена в котушці, створює струм у вторинній обмотці. Залежно від співвідношення числа витків обмоток напруга збільшується у

100 або більше разів. Цього достатньо, щоб між контактами свічки запалення пробігла іскра.

Котушки запалення дуже надійні та міцні пристрої. Причинами несправності даних трансформаторів можуть бути нагрівання та вібрація, при цьому ушкоджуються обмотки і виникає пробоя ізоляції, що у свою чергу призводить до короткого замикання або обриву ланцюгів обмоток. Найбільшу небезпеку для котушки запалення є перевантаження, викликане несправністю свічки запалення або високовольтного дроту.

Якщо свічка запалення або високовольтний провід пошкоджені та мають надмірно високий опір, напруга котушки запалення може підвищуватися для пробоя її ізоляції.

Ізоляція більшості котушок запалювання може отримати пошкодження в результаті перевищення напруги 35000 вольт. Після цього вторинна напруга котушки запалення падає, з'являються пропуски запалення під навантаженням, котушка не видає напруги, достатньої для роботи та запуску двигуна.

## **5. Основні ознаки та симптоми поломки**

Основні ознаки, якими можна припустити, що проблема полягає у системі запалення, саме у котушці:

- двигун не заводиться, хоча акумулятор заряджений, стартер спрацьовує;
- нестабільна робота двигуна, "троїть" або двоїть;
- при різкому натисканні на педаль газу двигун починає захлинатися, відчуються значні провали у роботі;
- при підвищеній вологості повітря або при дощі нерівномірною робота двигуна стає помітнішою, «троїть» значно сильнішою;
- під час холодів, до моменту нагрівання двигуна спостерігаються провали в роботі двигуна, нестабільна робота, після нагрівання симптоми не зникають, але менш помітні;
- під час нестабільної роботи двигуна на приладовій дошці спалахує сигнальна лампочка check engine, яка при діагностиці вкаже на проблеми в роботі котушки запалення;
- після розгону під час перемикання на підвищені передачі відчуються провали;

- під час руху при натисканні на педаль акселератора відчуються ривки.

**Діагностика котушки запалення.** Якщо несправність виникла у системі запалення розподільного типу, вона впливає на роботу всіх циліндрів двигуна. Двигун важко запустити або виникають перепустки запалення під навантаженням, які відбуваються то в одному, то в іншому циліндрі. У системах, що не мають розподільник запалювання (DIS), або оснащених котушками олівцевого типу (COP) на кожну свічку несправність у котушці запалювання впливає на роботу тільки одного циліндра (або двох циліндрів, якщо застосовується двоіскрова система запалювання DIS з так званою «холоостою» іскрою)). Тут обидва циліндри працюють від однієї котушки, але в різних циклах.

Якщо двигун працює нерівно (з пропусками запалення) і вмикається лампа "Перевірити двигун", необхідно використовувати діагностичний сканер для перевірки коду, пов'язаного з пропусками запалення.

На двигунах з OBD II несправність котушки зазвичай відображається у формі коду P030X. Тут «X» є номером циліндра, в якому виникають пропуски запалювання. Код P0301, наприклад, означає, що циліндрі #1 зафіксовані пропуски запалювання. Але пропуски запалення можуть виникнути не тільки в результаті поломки в системі запалення, але також через проблеми в системі подачі палива, циліндро-поршневої групи, тому пропуски запалення не завжди є прямим наслідком несправної котушки, свічки запалення або високовольтного дроту.

Якщо сталося замикання або обрив у ланцюгах котушки запалювання, може бути виданий відповідний код. За його відсутності необхідно виміряти опір первинної та вторинної обмотки запалювання цифровим мультиметром.

Для тестування котушки запалення доцільно підключити вимірювальні дроти до контактів первинної обмотки (+ та -). Найчастіше опір обмотки становить 0,4 – 2 Ом. Нульовий опір свідчить про коротке замикання в котушці, а високий опір вказує

на обрив ланцюга.

Вторинний опір вимірюється між позитивним контактом (+) і виводом високої напруги. Сучасні котушки запалення з пластинчастим сердечником зазвичай мають опір 6000-8000 Ом, інші понад 15000 Ом.

У котушках інших конструкцій первинні контакти можуть бути розташовані в роз'єм або заховані. Дивіться дані посібника з ремонту для пошуку контактів обмоток та тестування котушки запалювання.

За допомогою мультиметра перевіряється наявність замикання в обмотках котушки запалювання. Працюючи з приладом необхідно знати технічні характеристики котушки запалювання, оскільки механізми різних виробників мають різні технічні показники.

### **Перевірка модуля запалювання**

1. Перше – перевірка первинного ланцюга на наявність короткого замикання у міжвитковому просторі. Під'єднати мультиметр, попередньо встановивши його на замір опору, до кінців первинної обмотки, тобто до клем котушки запалювання. Отриманий результат можна порівняти з показниками, зазначеними в технічних характеристиках. Якщо прилад показує нуль, то в первинній обмотці однозначно відбулося коротке замикання. Якщо показання приладу прагнуть нескінченності, значить, стався обрив ланцюга. За позитивних результатів перевірити вторинну обмотку.

2. Для цього мультиметр під'єднати до плюсової клеми котушки, а другий кінець підключити до місця виходу високовольтного дроту. Отримані результати можна порівняти з характеристиками котушки запалювання.

### **Порядок перевірки індивідуальної котушки**

Принцип перевірки котушок запалювання, встановлених над свічками, аналогічний до загального, за винятком місць підключення мультиметра. При підключенні приладу для перевірки первинного ланцюга підключитися до контактів роз'ємів 1 та 3. Полярність не має значення. Подальша технологія

повністю збігається із перевіркою на двоіскровій котушці.

Для перевірки вторинної обмотки приєднати прилад, дотримуючись полярності. Червоний щуп повинен стикатися з пружиною всередині головки гумового ковпачка, а чорний щуп приєднати до другого контакту роз'єму, тобто середнього. У разі відсутності показань необхідно переконатися, що пружина перебуває у нормальному стані, не забруднена, не окислена та має нормальний контакт із котушкою. При необхідності можна зняти гумовий ковпачок та приєднати щуп безпосередньо до контакту котушки запалювання. Далі звіритись з технічними характеристиками деталі.

Проводити діагностику котушок запалювання мультиметром варто лише на холодному автомобілі. При нагріванні котушки показання опору змінюються.

### **Ознаки несправності проводів високої напруги**

Приводом до перевірки високовольтних проводів найчастіше є виникнення проблем у роботі двигуна: посмикування і трієння на холостому ходу, провали при натисканні на педаль газу на холостому ходу та в русі, оскільки несправний дріт порушує або взагалі припиняє іскроутворення на свічці запалювання.

Витік електричного струму на масу через пошкоджену оболонку або наконечники високовольтних проводів знижує напругу і величину іскри між електродами свічки запалювання. Двигун трієть, свічки чорніють і перестають працювати, потужність та прийомистість двигуна падає. Якщо є підозра, що така проблема проводимо перевірку на витік струму.

Причини несправності: зношування ізоляції, розрив захисного ковпачка, корозія металевого наконечника. Ці проблеми призводять до того, що на свічку запалення перестає надходити імпульс достатньої напруги для отримання іскри.

Як впливають на роботу двигуна пробиті високовольтні кабелі:

- мотор трієть при запуску через порушення синхронної роботи циліндрів;
- нехарактерні перешкоди під час аудіосистеми, FM



радіо;

- збоять датчики на панелі приладів;
- пізніє запалення.

Збільшена витрата палива та нехарактерний колір вихлопного газу відносяться до додаткових ознак пробою. На них звертають увагу лише якщо двигун троїть, працює ривками.

## 6. Порядок виконання роботи

*Перевірка технічного стану акумулятора навантажувальною вилкою.*

1. Вимірювання проводити за температури навколишнього середовища від 20 до 25 °С;

2. Перед тим як розпочати тестування акумулятора, його необхідно повністю від'єднати від автомобіля. Виделку потрібно підключити до клем АКБ (плюс до плюсу, мінус до мінуса).

3. Перевірка акумулятора без навантаження. Дивимося на вольтметр та запам'ятовує показники. Щоб зрозуміти, скільки вольтметр повинен показувати при справності акумулятора, потрібно подивитися в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Рівень заряду акумулятора

Покази вольтметра без навантаження, В	Рівень заряду акумулятора, %
12,6-12,9	100
12,3-12,6	75
12,1-12,3	50
11,8-12,1	25
11,5-11,8	0

4. Перевірка акумулятора під навантаженням. Вимірювання проводяться наступним чином: До вилки приєднати додаткове навантаження, що відповідає параметрам, прописаним в інструкції. АКБ від'єднати від електричної системи авто. Щупи вилки піднести до клем АКБ відповідної полярності. За допомогою кнопки додати додаткове навантаження. На 5 секунд вимірювання запам'ятати показники вольтметра і відразу

ж відключити прилад. Порівняти отримані дані з ємністю акумуляторної батареї можна за таблицею 7.2.

Таблиця 7.2 – Рівень заряду акумулятора

Покази вольметра під навантаженням, В	Рівень заряду акумулятора, %
> 10,2	100
9,6	75
9,0	50
8,4	25
< 7,8	0

*Оцінка технічного стану свічок запалювання*

Перевірка свічок запалювання виконується у такому порядку.

1. Очистити різьбу від оливи та бруду (можна застосовувати розчинник).

2. Піскоструменем очистити свічку. Рекомендований тиск 6 кг/см, час очищення – 10-20 сек. При очищенні платинової або іридієвої свічки зменшити тиск та час очищення до 5-6 сек.

3. Продути свічку стисненим повітрям.

4. Перевірити іскровий зазор відповідно до рекомендацій виробника автомобіля.

5. Перевірити свічку на обладнанні при тиску 5-8 атмосфер.

6. Перевірити наявність іскри.

*Випробування свічок запалювання на герметичність та іскроутворення*

Необхідність періодичного контролю технічного стану свічок запалювання диктується тим, що тільки одна непрацююча свічка викликає перевитрату палива до 15%, знижує потужність двигуна і збільшує токсичність газів, що відпрацювали. Тому діагностування свічок запалювання проводиться через 15 – 20 тис. км пробігу автомобіля або 1 – 2 рази на рік.

Для перевірки свічок запалювання використовують

діагностичний спеціальний прилад. Перед початком діагностики свічку необхідно очистити від нагару, оглянути наявність зовнішніх пошкоджень, встановити зазор між її електродами.



Рисунок 7.6 – Прилад для перевірки свічок під тиском

Перевірка свічок запалювання в умовах схожих з умовами їх роботи на двигуні: тиск в камері до 15 атм. Вбудований компресор дозволяє змінювати діапазон частот еквівалентного діапазону обертів от 1000 об/хв до 7000 об/хв с шагом 1000 об/хв. Імітація кута замкнутого стану контактів.

Прилад призначений для перевірки технічного стану свічок та високовольтних елементів системи запалювання автомобіля. Він складається з барокамери з ручним насосом та електронного пристрою, що подає на діагностований об'єкт високу напругу (близько 23 кВ).

Прилад працює від мережі змінного струму напругою 220 В. Для контролю якості іскроутворення на свічці запалення в барокамері приладу передбачено два скляні вікна та бічне дзеркало.

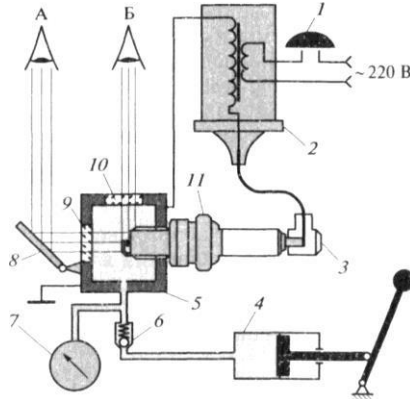
Для діагностування свічки запалення 11 її вкручують у бічне отвір барокамери 5 приладу (рисунок 7.6). На свічку 11 встановлюють наконечник високовольтного дроту 3, що йде від котушки запалення 2. Потім за допомогою насоса 4 барокамеру

закачують повітря під тиском 0,7 МПа для свічок, що працюють з контактними системами запалювання, або 1,0 МПа для свічок, що працюють з безконтактними системами запалювання. Контроль тиску повітря в барокамері 5 здійснюють за манометром 7. Для запобігання витoku стисненого повітря з барокамери через насос 4 в ній передбачений зворотний клапан 6.

Процес іскроутворення можна відстежувати через два скляні вікна 9 і 10, вмонтованих у корпус барокамери та дзеркало 8. Спостерігаючи за процесом з точок А та Б (див. малюнок 7.4), аналізують якість іскроутворення та оцінюють технічний стан свічки запалювання. Якщо подивитися на свічку з точки А, можна побачити нижню її частину. У свічки знизу бувають видно іскрові розряди від центрального електрода на корпус через керамічний ізолятор. Якщо розряди є, це однозначно свідчить про наявність тріщин в ізоляторі. Така свічка выбраковується як несправна.

У свічки, що працює збоку, з точки Б, можна бачити іскроутворення між електродами свічки. Огляд дозволяє аналізувати колір іскри, а також безперебійність іскроутворення. Свічка вважається працездатною, якщо виконуються такі умови:

- іскроутворення відбувається безперервно і без перебоїв;
- іскра має яскраво-блакитний або близький до білого колір;
- немає розрядів від центрального електрода через кераміку; немає розрядів від контакту 6 на корпус 4 свічки.



1 – кнопка для подачі напруги на котушку; 2 – котушка запалювання; 3 - наконечник високовольного дроту; 4 – ручний насос; 5 – барокамера; 6 – зворотний клапан; 7 – манометр; 8 – дзеркало; 9 та 10 - вікна барокамери; 11 – свічка запалювання.

Рисунок 7.7 – Функціональна схема приладу

Якщо не виконується хоча б одна з цих умов, свічка підлягає вибраковуванню.

У процесі діагностики свічок запалювання слід пам'ятати, що порушення вищезгаданих умов знижує ефективність їх роботи та свічки запалення можуть працювати, забезпечуючи лише 90, 70 або 25% і менше своєї ефективності. Це значно знижує потужнісні, паливно-економічні, екологічні та пускові характеристики двигунів, і особливо в холодну пору року.

## 6. Порядок перевірки котушок запалення

Перевірка напруги на виводах колодки дротів:

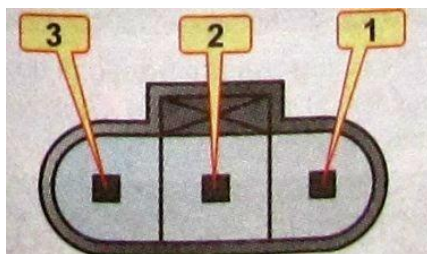
1. Від'єднати колодку з проводами від котушки запалення.

2. Включити запалення та виміряти напругу на виведенні 3 колодки джгута проводів (нумерація виводів є на котушці запалювання).

3. Напруга на виводі повинна бути не менше 12 В. Якщо вона менша або її немає, значить розряджений акумулятор, є несправність в ланцюзі живлення або несправний блок керування

двигуном (ЕБУ).

#### 4. Вимкнути запалення.



Перевіряємо опір котушки запалення:

1. Ставимо на мультиметрі перемикач у положення 200 Ом і замикаємо щупи (на екрані буде похибка приладу, яку потрібно буде віднімати з показань під час перевірки).

2. Перевіряємо первинну обмотку котушки запалювання, приєднуючи щупи приладу до контактів.

3. Опір між виводами 1 і 3 має бути близьким до нуля (близько 1 Ом).

4. Опір між виводами 1-2 і 2-3 має бути більшим (прагнення нескінченності).



1. Встановлюємо на мультиметрі перемикач у положення 2000 кОм (або 2 МОм).

2. Перевіряємо вторинну обмотку котушки, приєднуючи червоний щуп до пружини всередині гумового ковпачка, а чорний – до контакту 2.

3. Для хорошого контакту найкраще зняти гумовий

ковпачок із котушки та приєднати шуп прямо в контакт котушки, попередньо очистивши його від нальоту.

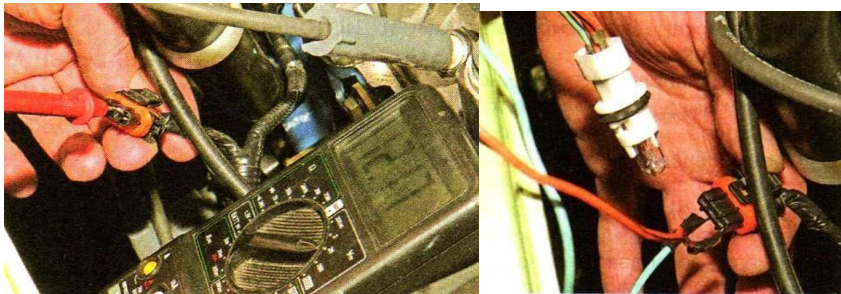
4. Опір має бути близько 300-400 кОм.

**Увага!** Опір вторинної обмотки котушки запалення дуже залежить від її температури. Виконуйте перевірку, коли котушка повністю охолола. Порівняйте опір всіх чотирьох котушок запалювання між собою. Визначити несправну котушку запалювання можна за значеннями, що сильно відрізняються, за умови, що всі котушки одного виробника.

Вимикаємо запалювання та від'єдуємо колодку джгута проводів системи керування двигуном від котушки

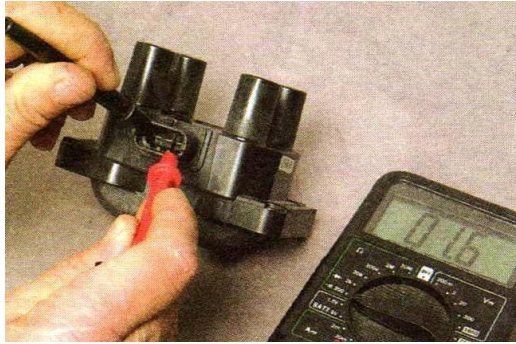
Для перевірки ланцюга живлення котушки з'єдуємо тестер до середнього виводу колодки джгута та «маси» двигуна.

При запалюванні прилад повинен зафіксувати напругу, що дорівнює напрузі акумуляторної батареї.



Якщо напруга на середньому виводі колодки джгута проводів відсутня, то, ймовірно, несправний дріт, що з'єднує колодку із замком запалювання, або контактна група замка.

Перевірити справність самої котушки запалення можна на двигуні, від'єднавши від неї колодку джгута проводів та високовольтні дроти, для наочності перевірку показуємо на демонтованій котушці.

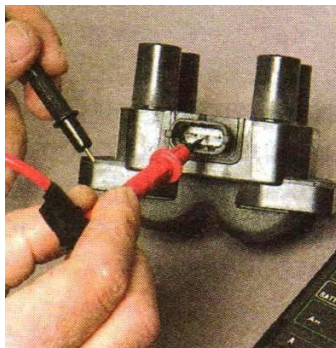


Для перевірки однієї з первинних обмоток котушки приєднуємо щупи тестера до середнього та одного з крайніх висновків котушки запалення.

У режимі омметра повіряємо ланцюг на обривання.

Якщо тестер показує нескінченність, значить, у ланцюзі відбувся обрив.

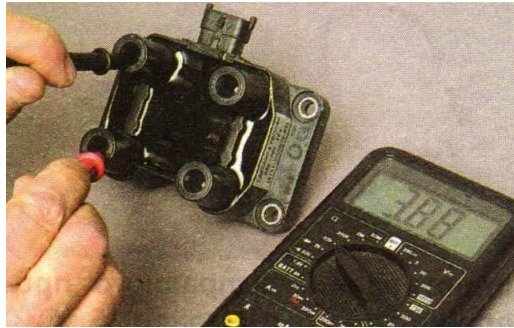
Аналогічно, приєднавши щупи тестера до середнього та іншого крайнього виводів котушки, перевіряємо на обрив іншу первинну обмотку котушки.



Для перевірки на пробій (замикання на «масу») первинних обмоток приєднуємо щупи тестера до середнього виводу котушки та до металевої частини корпусу котушки.

При справному ланцюзі первинних обмоток тестер повинен зафіксувати значення нескінченності.





Для перевірки на обривання вторинної обмотки катушки запалення приєднуємо щупи тестера до парних високовольтних висновків катушки (висновки 1-4 або 2-3 циліндрів).

У справної катушки запалення тестер повинен зафіксувати опір близько 4,0 кОм.

При обриві вторинної обмотки тестер покаже "нескінченність".

Аналогічно перевіряємо іншу вторинну обмотку катушки запалювання.



Перевірку вторинних обмоток катушки запалення на пробій провадимо на двигуні. Скидаємо тиск у системі живлення двигуна та не встановлюємо на місце запобіжник паливного насоса.

Для перевірки знадобляться дві свідки запалювання, що явно справні. Зв'язуємо корпуси свічок відрізком неізолюваного дроту («масуємо»).

З'єднуємо справними високовольтними проводами парні висновки котушки запалення зі свічками і маємо свічки на кришці головки блоку циліндрів. Провертаємо стартером колінчастий вал.

*Не торкайтеся свічок запалювання та наконечників високовольтних проводів, а то може вдарити струмом.*

При справній котушці запалення між електродами свічок повинні регулярно проскакувати іскри.

Аналогічно, приєднавши високовольтні дроти до двох інших парних висновків котушки, перевіряємо на пробій іншу вторинну обмотку.

## **7. Порядок перевірки високовольтних проводів системи запалення**

1. Знімаємо високовольтний провід з котушки запалення та свічки
2. Очищаємо його від забруднень
3. Приєднуємо щупи мультиметра в режимі омметра до наконечників високовольтного дроту.
4. Спостерігаємо показання на дисплеї приладу

Справний дріт має опір 1-5 кОм. У цих межах показання можуть відрізнятися для проводів різних виробників, оскільки у них може бути різна довжина, різний переріз і матеріал з якого виготовлена центральна жила. Якщо вимірний опір має показання нижче, вище або взагалі прагне нескінченності («обрив»), високовольтний провід підлягає заміні.



На мультиметрі 1,28 кОм - високовольтний провід (бронепровід) справний

7. Проводимо аналогічну перевірку для інших високовольтних дротів.

8. Якщо виявлено несправність хоча б одного дроту, рекомендується замінити весь комплект.

### **Контрольні питання**

1. Яке призначення мультиметру?
2. За якими параметрами перевіряються високовольтні проводи системи запалювання?
3. За якими параметрами перевіряється модуль запалювання?
4. На що впливає зазор між електродами свічок запалювання?
5. На які несправності можуть вказувати різні види нальоту на свічках?

## Рекомендації до виконання самостійної роботи

Розподіл годин самостійної роботи для здобувачів освіти денної форми навчання:

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

25 годин (0,5 год./1,0 год. лекції та практичних занять) – опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять;

30 годин (6 год/1 кредит ECTS) – підготовка до контрольних заходів;

45 годин – підготовка питань, які не розглядаються під час аудиторних занять.

опрацювання окремих тем програми або її частин, які не розглядаються на лекціях –  $100-25-30=45$  год.

Всього: 100 годин

Теми для самостійної роботи		
№	Назва теми	Кількість годин
Змістовний модуль 1 Інженерно-фізичні основи експлуатації машин та обладнання		
1	Причини та характер втрати технічним об'єктом працездатності (Зношування, види, характеристики і закономірності процесу. Деформація і руйнування, втомленість металів. Корозія. Старіння матеріалів. Граничні стани деталей, спряжень, складальних одиниць і механізмів машин).	4
2	Відмови технічних об'єктів та їх моделі (Деякі відомості з теорії імовірності та математичної статистики. Характеристика основних законів розподілу показників надійності. Збирання та обробка інформації про надійність технічних об'єктів. Комплексні показники надійності).	4
3	Основні несправності технічних об'єктів та їх зовнішні ознаки (Несправності силової установки. Несправності силового приводу.	4

	Несправності робочого обладнання технічних об'єктів).	
4	Основні вимоги до експлуатації та технічного обслуговування технічних об'єктів. (Експлуатація технічних об'єктів в особливих умовах. Зберігання матеріалів і запасних частин. Зберігання технічних об'єктів. Списання технічних об'єктів).	5
5	Випробування технічних об'єктів (Загальні організаційно-методичні принципи випробувань. Категорії. Мета та особливості випробувань на надійність. Організація випробувань).	4
Змістовний модуль 2 Організація, планування і управління процесами технічного сервісу машин та обладнання		
6	Теоретичні передумови удосконалення системи ППР (Основні положення імовірнісного методу розрахунку потреби ТОіР. Оптимізація періодичності ТО і діагностування. Основні положення теорії масового обслуговування та її застосування).	5
7	Організація технічного сервісу машин та обладнання (Типові організаційні структури управління підприємств. Матеріально-технічне забезпечення підприємств. Технологічне забезпечення технічного сервісу).	5
8	Діагностичне забезпечення технічного сервісу машин і обладнання. (Типи діагностичних моделей, їх характеристика. Вимоги до діагностичних параметрів: чутливість, однозначність, стабільність, технологічність. Діагностичні нормативи).	5

9	Використання засобів технічного сервісу. Застосування інтелектуальних систем в засобах визначення технічного стану об'єкту використання. Опрацювання науково-технічної літератури за означеним напрямком.	5
10	Техніко-економічне обґрунтування технологічних процесів технічного сервісу. Організація виробничих процесів підрозділів з технічного забезпечення виробництва	4
	Всього	45

Оцінка рівня освоєння здобувачами освіти питань, які виносяться на самостійне опрацювання проводиться на модульних контролях.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Козаченко О. В. Технічна експлуатація сільськогосподарської техніки. Харків: Торнадо, 2000. 192 с.
2. Вознюк Л. Ф. Технічне обслуговування і діагностування сільськогосподарських машин. К.: Урожай, 1994. 213 с.
3. Біліченко, В. В., Крещенський В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів. : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2012. 118 с.
4. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. (у 3-х кн.) : Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів.: підручник. К.: Вища шк., 1994. 599 с.
5. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт машин та обладнання. К. : Знання, 2003. 511 с.
6. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.

7. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт машин та обладнання: Організація і управління. К.: Знання, 2004. 478 с.

8. Бендера І.М., Грушецький С.М., Роздорожнюк П.І., Михайлович Я.М. Технологія технічного обслуговування машин : навч. посіб. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2010. 320 с.

9. Діагностування дизельних двигунів: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / Лесько В.І., Косминський І.В., Клименко М.О., Міщук Є.О. Київ: КНУБА, 2020. 52 с.

10. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технічний сервіс в АПК» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спец. 208 - Агроінженерія / Красота М.В. та ін. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 64 с.