

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра “Двигуни і теплотехніка”

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК
ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ, ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ ТА
САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ З ДИСЦИПЛІН**

**«Конструкційні та експлуатаційні особливості систем і механізмів двигунів»,
«Технічне діагностування сучасних систем паливоподачі ДВЗ»,
«Діагностика технічного стану ДВЗ з використанням сучасних комп’ютерних
технологій», «Надійність ДВЗ», «Випробування ДВЗ», «Випробування
двигунів для визначення оптимальних регулювань систем»**

Частина 1

**для студентів всіх форм здобуття освіти за спеціальністю
142 «Енергетичне машинобудування»,
освітніми програмами «Автомобільні двигуни»,
«Технічне обслуговування та діагностика автомобільних двигунів»**

Київ НТУ 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра “Двигуни і теплотехніка”

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК
ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ, ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ ТА
САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ З ДИСЦИПЛІН**

**«Конструкційні та експлуатаційні особливості систем і механізмів двигунів»,
«Технічне діагностування сучасних систем паливоподачі ДВЗ»,
«Діагностика технічного стану ДВЗ з використанням сучасних комп’ютерних
технологій», «Надійність ДВЗ», «Випробування ДВЗ», «Випробування
двигунів для визначення оптимальних регулювань систем»**

Частина 1

для студентів всіх форм здобуття освіти за спеціальністю
142 «Енергетичне машинобудування»,
освітніми програмами «Автомобільні двигуни»,
«Технічне обслуговування та діагностика автомобільних двигунів»

*Затверджено
на засіданні Науково-методичної ради
Національного транспортного університету
протокол № 33 від 30.03.2023 р.*

Київ НТУ 2023

Навчально-методичний посібник для проведення практичних, лабораторних занять та самостійної роботи студентів з дисциплін «Конструкційні та експлуатаційні особливості систем і механізмів двигунів», «Технічне діагностування сучасних систем паливоподачі ДВЗ», «Діагностика технічного стану ДВЗ з використанням сучасних комп'ютерних технологій», «Надійність ДВЗ», «Випробування ДВЗ», «Випробування двигунів для визначення оптимальних регулювань систем» для студентів всіх форм здобуття освіти за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування», освітніми програмами «Автомобільні двигуни», «Технічне обслуговування та діагностика автомобільних двигунів». Частина 1 / Укладачі: Трифонов Д.М., Корпач А.О., Сирота О.В., Шуба Є.В. – К.: НТУ, 2023. – 95 с.

У навчально-методичному посібнику наведено короткі теоретичні відомості з теорії надійності, заходи щодо забезпечення надійності на етапах проектування, виробництва і експлуатації технічних об'єктів, основні терміни і загальні поняття з теорії технічної діагностики двигунів внутрішнього згорання і їх технічного обслуговування та методичні рекомендації до виконання лабораторних і практичних робіт з оцінки технічного стану двигуна внутрішнього згорання. Посібник призначений для використання при підготовці до лабораторних, практичних занять та для самостійної роботи студентів, які навчаються за вказаною спеціальністю і може бути корисним для студентів інших інженерних спеціальностей. Призначено для студентів всіх форм здобуття освіти.

Укладачі: Трифонов Д.М., кандидат технічних наук, доцент,
Корпач А.О., кандидат технічних наук, професор,
Сирота О.В., кандидат технічних наук, доцент,
Шуба Є.В., кандидат технічних наук, доцент.

Відповідальний за випуск – Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор.

© Трифонов Д.М._2023
© Корпач А.О._2023
© Сирота О.В._2023
© Шуба Є.В._2023

© НТУ_2023

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ВСТУП.....	4
1. ПОНЯТТЯ "НАДІЙНІСТЬ". ЗАДАЧІ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ	6
1.1 Основні поняття надійності	6
1.2 Показники надійності	8
2. ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ НА ЕТАПАХ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИРОБНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБІВ	12
3. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ	18
3.1 Основні терміни та визначення	18
3.2 Діагностичні параметри	24
4. ДІАГНОСТИКА ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ	26
4.1 Основні завдання діагностики двигуна	26
4.2. Технічні засоби діагностики	26
5. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНИХ РОБІТ	35
6. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНО - ПРАКТИЧНИХ РОБІТ	36
Лабораторно-практична робота №1 ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ МЕТОДОМ ПРОСЛУХОВУВАННЯ ЙОГО РОБОТИ	37
Лабораторно-практична робота №2 ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ПО ГЕРМЕТИЧНОСТІ НАДПОРШНЕВОГО ПРОСТОРУ ЦИЛІНДРІВ	43
Лабораторно-практична робота № 3 ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМИ ПАЛИВОПОДАЧІ ДВИГУНА З ЕЛЕКТРОННОЮ СИСТЕМОЮ УПРАВЛІННЯ.....	47
Лабораторно-практична робота № 4 ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ ДВЗ ПО КРАПЕЛЬНІЙ ПРОБІ МОТОРНОЇ ОЛИВИ	53
Лабораторно-практична робота № 5 ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВІДПОВІДНО ДО НОРМ ДСТУ	66
Лабораторно-практична робота № 6 ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛІВ І ГАЗОДИЗЕЛІВ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВІДПОВІДНО ДО НОРМ ДСТУ	72
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	80
Додаток А	82
Додаток Б	83
Додаток В	85
Додаток Г	87
Додаток Д	88
Додаток Е	90
Додаток Ж	91
Додаток І	92

ВСТУП

Надійність техніки завжди була однією з основних проблем в її розвитку і вдосконаленні. Питанням, що пов'язані з надійністю технічних об'єктів, в усі часи приділялася велика увага.

Надійність, як система наукових знань і інженерна дисципліна, зобов'язана своїм становленням бурхливому розвитку в 50-і рр. ХХ ст. систем озброєння і військової техніки з використанням, на той час, відповідних технологій. Цьому сприяла гостра необхідність -забезпечити необхідний рівень надійності (зокрема, технічної готовності) новітніх зразків озброєння та військової техніки.

Також, практичні завдання вимагали створення методик оцінки і забезпечення надійності для досягнення прийнятної безвідмовності систем озброєння і військової техніки (ймовірності того, що в межах заданого напрацювання або заданому інтервалі часу відмова не виникає), при цьому не було необхідності забезпечувати точність оцінки ймовірності безвідмовної роботи.

В умовах масового виробництва систем озброєння і військової техніки та досить частих її відмов в основу теорії надійності були закладені методи теорії ймовірностей та математичної статистики (статистичні методи). З часом ймовірнісно-статистичні підходи для оцінки надійності набули широкого поширення у всіх областях техніки для оцінки безвідмовної роботи технічних об'єктів на основі статистичних даних.

У міру зростання вимог до надійності технічних об'єктів, що пов'язані зі значним зростанням не тільки складності технічних об'єктів і їх складових, але і їх вартості – стали встановлювати гранично високі показники надійності технічних об'єктів, бо інакше їх створення втратило б сенс. У цьому випадку ймовірнісно-статистична оцінка надійності стає вже безглуздою через досить низьку достовірність результатів розрахунків, а їх експериментальне підтвердження втрачає практичний сенс з техніко-економічних міркувань.

Найчастіше надійність характеризують чисто якісними критеріями: висока, низька, прийнятна або недостатня. Виникають питання - що значить "надійність підвищилася"? У скільки разів? Поки надійність оцінюють словами "добре» чи "погано", практично неможливо ні порівняти вироби між собою по надійності, ні оцінити ефективність методів підвищення надійності, ні з'ясувати вплив на надійність виробу його окремих вузлів, матеріалу, технологій і т.і. Не можна міркувати про надійність виробу взагалі – необхідно говорити про надійність протягом визначеного терміну часу на певних режимах і умовах експлуатації. Це застереження здається майже формальним, але воно має дуже велике значення і вимагає багатьох зусиль і серйозних змін звичних поглядів.

Наука про надійність не розглядає питання досягнення певного рівня необхідних параметрів виробів (це завдання інших наук), а вивчає процес зміни цих параметрів з плином часу.

Основний метод вивчення і розрахунку надійності – статистичний. Одним із труднощів при статистичному аналізі складних технічних систем класичними методами є різноманітність і недостатня кількість вихідного статистичного матеріалу.

У теоретичних і прикладних роботах наукові обґрунтування часто підміняються загальними міркуваннями. Наприклад, необхідність і можливість застосування статистичних методів обґрунтовуються невизначеністю ситуації,

численністю і випадковістю впливів, непередбачуваністю результатів та іншими міркуваннями. При цьому абсолютно ігнорується те, що робочий апарат статистики – *Теорія ймовірностей* – передбачає статистичну стійкість досліджуваних величин і явищ, чого загальні міркування гарантувати не можуть, а оскільки статистична стійкість не аналізується, то одержувані результати, незалежно від їх правильності, не можна визнати науково обґрунтованими, що особливо неприємно при оцінках наслідків реалізації різних проектів.

На даний час відсутня методика розрахунку виробу на надійність, немає, навіть, загальної схеми такого розрахунку, є лише приватні види розрахунків, що представляють собою, по суті, розрізнені етапи комплексного розрахунку. Досить велика кількість виробів є, в більшості випадків, малосерійними і взагалі унікальними, застосування для них звичайних методів математичної статистики при визначенні характеристик надійності втрачає фізичний сенс. Не можна використовувати статистичні методи, якщо є лише один або кілька складних виробів або якщо за умовами експлуатації виробу відмови не допускаються або допустима ймовірність їх виникнення досить мала.

Матеріали, що використовуються під час виробництва енергетичних установок, володіючи високими експлуатаційними характеристиками, відрізняються значною мінливістю фізико-хімічних і механічних властивостей, існуванням в них різних дефектів, неоднорідністю складу і структури. Будь-які виміряні величини містять елемент випадковості в силу її залежності від безлічі факторів, що формують ці величини, а також процесу вимірювання. Крім того, слід зазначити, що всі процеси що відбуваються є випадковими, розвиток яких заздалегідь передбачити неможливо. Така непередбачуваність пояснюється впливом на хід процесів випадкових факторів, для яких характерно - *розсіювання значень*. У зв'язку з цим результат розрахунку надійності за значеннями параметрів виробу не може бути перенесений на всю партію з достатньою достовірністю без використання характеристик розсіювання чисельних значень параметрів виробу.

Розсіювання значень параметрів виробу обумовлено:

✓ процесами проектування і виготовлення, так як жоден елемент виробу неможливо виготовити з абсолютно точними параметрами. Тому, вже на стадії проектування призначають відповідні допуски до номінальних параметрів виробу;

✓ технологією виробництва матеріалів (структурна неоднорідність матеріалів, випадкові зміни режимів їх термічної і механічної обробки, випадкові відхилення від проектних форм). Відхилення фізико-хімічних і механічних властивостей матеріалів викликає зміну їх характеристик;

✓ умовами експлуатації. На елементи виробу можуть діяти різні навантаження, як постійного так і змінного характеру. Слід також мати на увазі, що при тривалій експлуатації елементи виробу змінюють геометричні розміри в результаті зносу, старіння і інших причин. В елементах виробу можуть поступово накопичуватися пошкодження;

✓ мінливістю умов зовнішнього середовища. Однотипні вироби можуть експлуатуватися в різних умовах зовнішнього середовища (температури та вологості повітря, дорожніх умовах і т.і.). Крім того, зовнішні фактори можуть впливати на зміну фізико-хімічних та механічних характеристик складових виробу.

1. ПОНЯТТЯ "НАДІЙНІСТЬ". ЗАДАЧІ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ

1.1 Основні поняття надійності

Надійність - властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах.

Основні терміни та визначення, обсяг і зміст основних понять регламентовані ДСТУ 2860–94. *Надійність техніки. Терміни та визначення.*

У більш вузькому розумінні надійність являє собою міру збереження необхідних властивостей виробу і здатності протистояти випадковим факторам різного роду, що порушують ці властивості. Таким чином, **поняття надійності пов'язане з випадковою природою параметрів, що характеризують працездатність об'єкта.**

Теорія надійності дозволяє:

- ✓ встановлювати закономірності виникнення відмов і відновлення технічного стану виробу;
- ✓ розглядати вплив внутрішніх і зовнішніх факторів на процеси, що обумовлюють появу відмов, створюючи загальні методи аналізу і прогнозування відмов;
- ✓ визначати методики збору, обліку та аналізу статистичних даних, що характеризують надійність;
- ✓ розробляти способи підвищення надійності виробу на етапах проектування, виготовлення та експлуатації.

Теорія надійності може бути побудована на різних підставах, причому визначальним є спосіб зв'язку надійності виробу з надійністю його окремих елементів. Цей зв'язок може бути або логічним, або функціональним.

Математична модель надійності – це певний математичний вираз, що зв'язує значення фізичних параметрів виробу, діючих навантажень і ймовірності його безвідмовної роботи. Математичних моделей надійності може бути кілька навіть для одного і того ж виробу. Вид моделі визначається тим, що включається в поняття «стан виробу», тобто- що вважається компонентами вектору стану. Крім того, необхідно окремо розробляти моделі для різних елементів виробу, де діють різні навантаження і тому оператор переходу може бути різним.

У ряді випадків можна б і відмовитися від спроб тлумачення процесів, що відбуваються в технічній системі, щоб не зробити завдання непосильно складною. Зокрема, *при побудові математичних моделей надійності технічних систем можливе застосування моделі «чорного ящика»* (системи, будова яких і процеси, що в них відбуваються невідомі). *Вивчення такої системи здійснюється шляхом дослідження реакцій системи на зовнішні впливи.* Таким чином, не вникаючи в суть процесів, що відбуваються в технічній системі, вивчають особливості зміни вектора стану в залежності від виду і рівнів факторів, що впливають. Такий принцип часто застосовують при використанні моделі «слабкої ланки».

Основні завдання теорії надійності – встановлення закономірностей виникнення відмов; вивчення впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на

надійність; визначення кількісних характеристик методів оцінки і розрахунку надійності; розробка методів забезпечення надійності при проектуванні і виготовленні; збереження надійності при експлуатації.

На етапі проектування і виготовлення дослідних виробів виникає ряд математичних задач, серед яких слід виділити: розрахунок надійності виробу по надійності його складових; оцінка надійності виробу на основі результатів випробувань невеликої кількості зразків; вибір оптимальної конструкції виробу з ряду можливих; встановлення найбільш раціональних режимів роботи виробу та періодичності його технічного обслуговування на етапі експлуатації.

На етапі проектування виробу необхідна наближена оцінка (в подальшому більш точна) розроблених варіантів з метою вибору найбільш придатного, що дозволяє відпрацювати обраний варіант за критерієм надійності і оцінити (прогнозувати) його надійність при заданих режимах і умовах навколишнього середовища. Ці оцінки повинні проводитися за схемами, моделями, макетами і дослідним зразкам найчастіше розрахунковим шляхом і по суті є прогнозуванням, оскільки не може бути точною відповідності тих умов, які передбачаються – реальним.

При проектуванні механічних елементів і систем однією з вимог є забезпечення заданої в Технічному завданні надійності при мінімальних масо-габаритних розмірах (і\або вартості). Для цього необхідно кількісно оцінювати надійність елементів механічної системи і оптимально «розподіляти» задану надійність між елементами системи з урахуванням їх необхідній міцності, масо-габаритних розмірів, вартості.

Витрати, пов'язані зі створенням технічної системи, є функцією вимог до її надійності. Чим вище вимоги до надійності системи, тим вище її вартість.

Вартість експлуатації технічної системи також залежить від її надійності, але в зворотній залежності. Чим вище надійність системи, тим нижче вартість її експлуатації, чим надійніше створена технічна система, тим менше коштів вона вимагає на свою підтримку в працездатному стані (рис. 1).

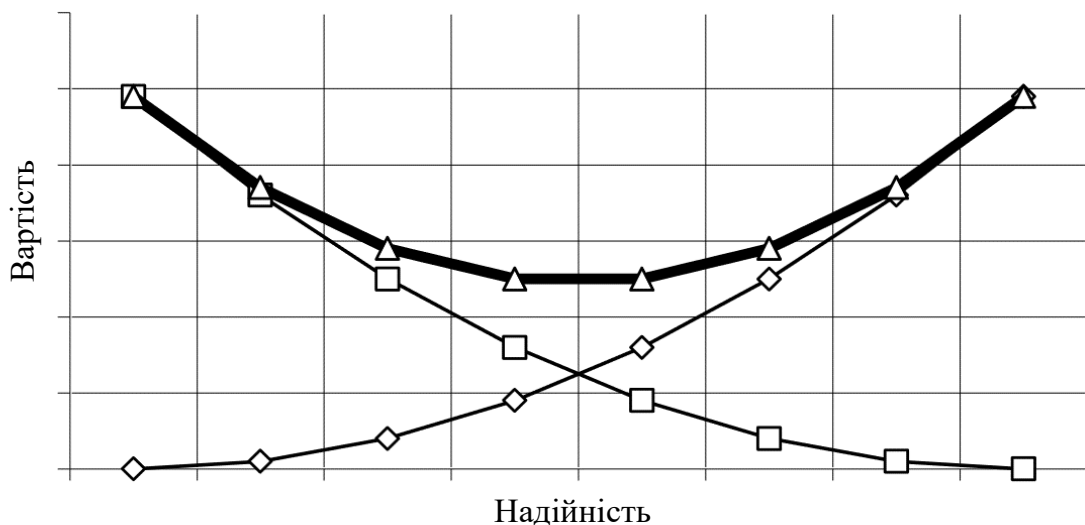


Рисунок 1 – Зміна сумарної вартості технічного об'єкта (Δ) в залежності від його надійності, вартості (◇) та витрат на експлуатацію (□).

На етапі виготовлення виробу виникають завдання управління їх якістю – встановлення оптимальних режимів технологічного процесу, складання планів випробувань виробу на надійність, перевірка якості виробу та його складових, оцінка отриманого рівня надійності виходячи з заданої в Технічному завданні.

На етапі експлуатації виробу з'являється велика кількість нових проблем: облік та обробка даних про відмови, за отриманим результатом визначаються реальні показники надійності в конкретних умовах експлуатації; визначення оптимальних термінів профілактичних оглядів (діагностування) виробу та/або його складових; уточнення термінів проведення регламентних робіт з технічного обслуговування і ремонту виробу, розробка нових методів пошуку несправностей; визначення оптимальних термінів експлуатації виробів і ін.

1.2 Показники надійності

Показники надійності дозволяють проводити розрахунково-аналітичну оцінку кількісних характеристик окремих властивостей при виборі різних схемних і конструктивних варіантів виробів (технічних об'єктів) при їх розробці, випробуваннях і експлуатації. Комплексні показники надійності використовуються головним чином на етапах випробувань і експлуатації при оцінці і аналізі відповідності експлуатаційно-технічних характеристик технічних об'єктів (виробів) заданим вимогам. На стадіях експериментального дослідження, випробування і експлуатації, як правило, роль показників надійності виконують статистичні оцінки відповідних ймовірнісних характеристик.

Показник надійності – це комплексна характеристика однієї або декількох властивостей, які у сукупності складають надійність об'єкта.

Показники надійності можна класифікувати наступним чином.

За кількістю властивостей надійності:

✓ одиничні – це показники надійності, що характеризують одну з властивостей надійності об'єкта;

✓ комплексні – це показники надійності, що характеризують декілька властивостей надійностей об'єкта.

За властивістю надійності:

✓ показники безвідмовності;

✓ показники ремонтпридатності;

✓ показники збереженості;

✓ показники довговічності.

1.2.1 Безвідмовність

Один з основних показників надійності технічних об'єктів є *ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$* за проміжок часу t . Це ймовірність того, що за певних умов експлуатації, в межах заданого проміжку часу роботи, відмова не виникне. Час t називають напрацюванням – тривалість роботи виробу, що вимірюється часом, циклами. Ймовірність безвідмовної роботи це спадаюча функція. Ймовірність безвідмовної роботи виробу P за проміжок часу t можна розрахувати на основі показників надійності елементів, що складають даний виріб, або на основі

статистичної обробки результатів випробувань великої кількості виробів даного типу. Іноді, практично, доцільно користуватися не поняттям ймовірності безвідмовної роботи, а ймовірністю відмови $Q(t)$. Це величина обернена ймовірності безвідмовної роботи та показує ймовірність того, що на протязі певного часу t в технічному об'єкті виникне відмова. Це монотонно зростаюча функція (рис. 2).

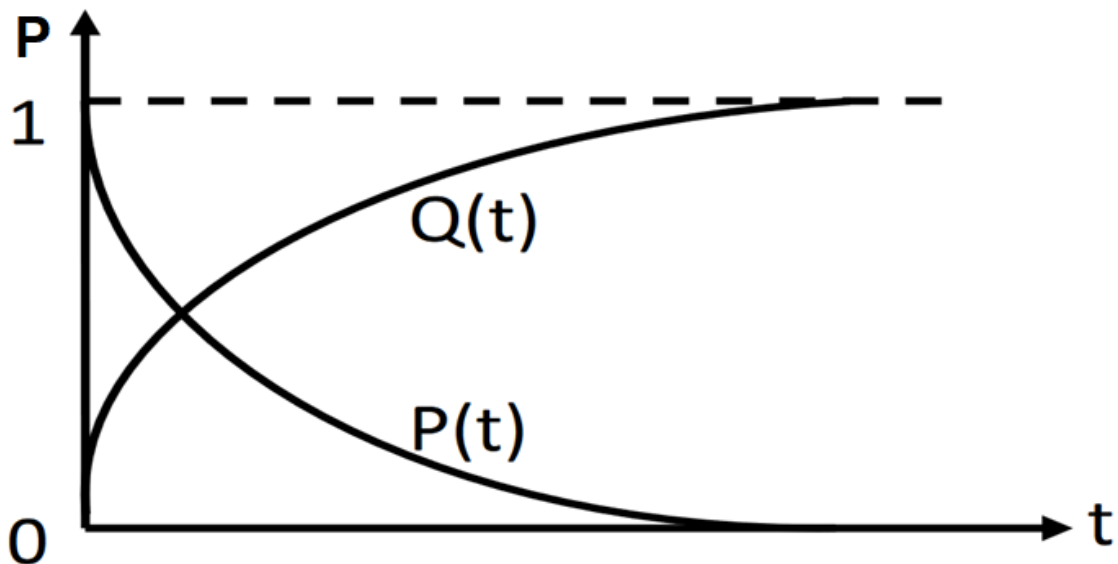


Рисунок 2 – Характер зміни функцій безвідмовної роботи і відмов у часі: $Q(t)$ ймовірністю відмови за проміжок часу t , $P(t)$ ймовірність безвідмовної роботи за проміжок часу t

Найбільш розповсюдженим кількісним показником надійності є інтенсивність відмов $\lambda(t)$. Залежність інтенсивності відмов від часу, що представлена на рис. 3.

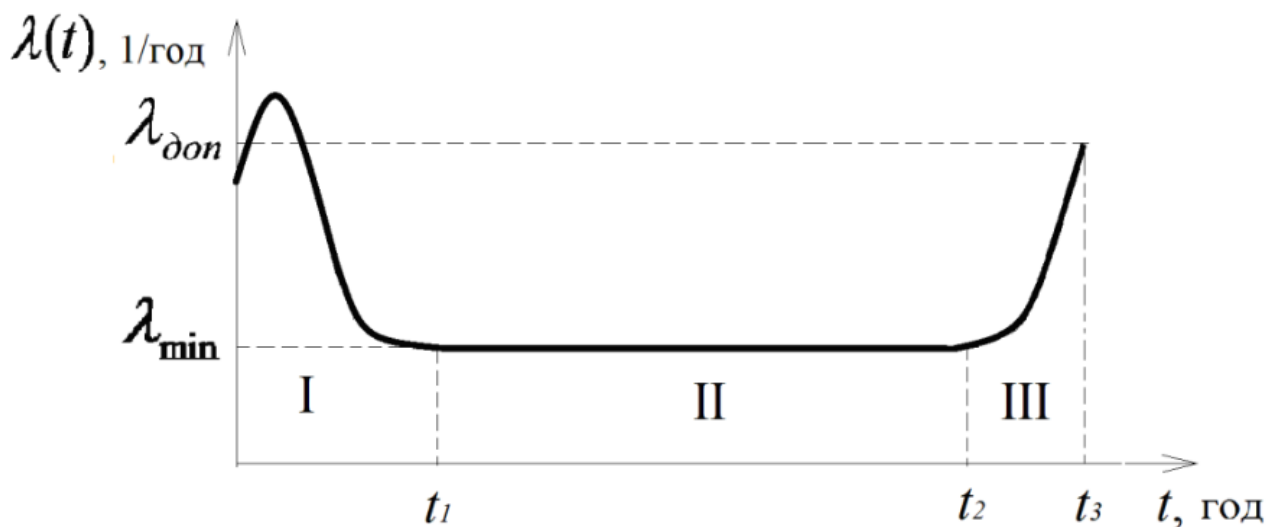


Рисунок 3 – Залежність інтенсивності відмов від часу

I період – період приробітку ($0-t_1$) – . Цей період характеризується високою інтенсивністю відмов, що обумовлено виходом з ладу виробів, які мають приховані дефекти, які не вдалося виявити при їх виготовленні. Тривалість періоду приробітку складає частку відсотка часу нормальної роботи виробу. Період приробітку вважається завершеним, коли інтенсивність відмов наближається до λ_{min} . Виникнення відмови на цьому періоді може бути наслідком конструктивних, технологічних та експлуатаційних помилок. В більшості цей процес відбувається на етапі виробництва і дефекти виявляються під час випробувань на надійність.

II період – період нормальної експлуатації (t_1-t_2). Цей період характеризується мінімальною і постійною інтенсивністю відмов. Величина λ_{min} тим менша, а інтервал тим більший, чим досконаліша конструкція, вища якість її виготовлення і більш ретельно дотримані режими експлуатації. Ознакою періоду нормальної експлуатації технічного об'єкту є сталість інтенсивності відмов у часі $\lambda(t)=const$.

III період – період зносу і старіння (t_2-t_3). Цей період характеризується різким зростанням інтенсивності відмов через появу зносу і старіння матеріалів. Завершується період і припиняється експлуатація виробу, коли інтенсивність відмов наближається до максимально допустимого значення λ_{don} .

1.2.2 Ремонтопридатність – властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до попередження і виявлення причин виникнення його відмов, пошкоджень та усунення їх шляхом технічного обслуговування або ремонту.

Технічне обслуговування передбачає сукупність технічних і організаційних заходів, що забезпечують підтримання об'єкта в працездатному стані на різних фазах та етапах експлуатації.

Під ремонтом розуміють організацію і виконання робіт з відновлення працездатності та ресурсу роботи.

Ремонтопридатність – якісна характеристика. Для кількісної характеристики застосовують показники ремонтпридатності: ймовірність відновлення в заданий час і середній час відновлення. Ці показники відносять до відновлюваних технічних об'єктів. Ймовірність відновлення $P_v(t)$ – це ймовірність того, що непрацездатний технічний об'єкт буде відновлено протягом встановленого часу t .

1.2.3 Збереженість – властивість об'єкта зберігати в заданих межах значення параметрів, що характеризують здатності об'єкта виконувати функції, що закладені на етапах проектування і виробництва, протягом і після зберігання і/або транспортування.

Важливою, особливо для технічних об'єктів з тривалими термінами зберігання, є властивість об'єкта зберігати на етапі експлуатації (зберігання та транспортування) свої задані властивості. Ці властивості об'єкта визначаються поняттям «збереженість». Згідно з визначенням збереженість може розглядатися як специфічний випадок безвідмовності, розповсюджуваний тільки під час зберігання і транспортування виробу (технічного об'єкту). В якості одиничних показників, що

дозволяють кількісно визначити збереженість, використовують середній термін зберігання.

1.2.4 Довговічність – властивість об'єкта зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту. Одиничні показники довговічності: термін служби і ресурс.

Термін служби визначається календарною тривалістю експлуатації об'єкта від початку експлуатації чи її поновлення (після середнього або капітального ремонту) до настання граничного стану.

Ресурсом називають напрацювання об'єкта від початку його експлуатації чи поновлення (після середнього або капітального ремонту) до настання граничного стану.

Граничний стан - стан технічного об'єкта, за якого його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе або економічно недоцільне.

Граничний стан енергетичної установки встановлюють за технічними або економічними критеріями, що закладені на етапах проектування та/або виробництва. До технічних критеріїв відносять геометричні розміри зазорів в парах тертя, екологічні показники та потужність тощо. Вони характеризують якість функціонування енергетичної установки. У процесі її експлуатації названі показники погіршуються і, коли досягають заздалегідь установлених граничних значень, то це свідчить, що показники енергетичної установки перейшли до граничного стану. За економічний критерій приймають паливну-економічність (питому витрату палива). З настанням граничного стану технічний об'єкт має бути або знятий з експлуатації і направлений на ремонт (виходячи з економічної доцільності), або списаний, утилізований чи переданий для використання не за основним призначенням.

2. ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ НА ЕТАПАХ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИРОБНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБІВ

Оцінка відповідності виробів заданим вимогам до надійності проводиться при *проектуванні, виробництві та експлуатації*.

Рівень надійності технічного об'єкта *закладається* при його створенні на етапі проектування (конструкторське-технологічному) і *забезпечується* на етапі виробництва. На етапі експлуатації, надійність технічного об'єкта (*підтримується*) проявляється як якість, що реалізовується в часі, показники якої знижуються по мірі зносу його складових.

Проектування (конструкторсько-технологічний етап) – це перший і основний етап, на якому закладається певний рівень надійності виробу. Процес проектування і відпрацювання надійності виробів складається з декількох етапів: *підготовчий, розрахунок і проектування, виготовлення дослідних зразків, експериментальна перевірка і усунення виявлених недоліків*.

Для забезпечення надійності проектованого виробу на підготовчому етапі розробляються кількісні вимоги до надійності, визначаються види вузлів і вузлів, види використовуваних матеріалів і захисних покриттів, аналізуються умови експлуатації. У вирішенні цих завдань дуже важливу роль відіграє зменшення кількості деталей, вузлів і елементів; суворий контроль за розробкою окремих компонентів і елементів; спрощення режимів використовуваних компонентів.

Забезпечення надійності на етапі проектування:

1. Кількісні показники надійності вказуються в технічних вимогах до конструкції виробу, виходячи з особливостей роботи даного виробу в системі і його відповідальності. Приступаючи до створення будь-якого виробу, *конструктор повинен знати, які функції він буде виконувати, в яких умовах буде працювати, які вимоги ставляться до його надійності*. Незнання конкретних умов експлуатації часто призводить до грубих прорахунків і, в кінцевому підсумку, до зниження надійності виробу. Проектуючи будь-який виріб, конструктор повинен враховувати його технологічність, тобто його пристосованість до масового виробництва, простоту виготовлення.

2. Надійність і довговічність будь-якого нового зразка виробу багато в чому залежить від матеріалу. При виборі матеріалів конструктор повинен враховувати, що вони забезпечують необхідні *механічні та фізико-хімічні характеристики виробу в усьому діапазоні умов експлуатації*. Використовувані матеріали повинні мати таку швидкість старіння, при якій буде забезпечений необхідний технічний ресурс і необхідний термін зберігання виробів.

3. Найважливішим завданням кожного конструктора є забезпечення того, щоб всі вузли і деталі *працювали в строго певних режимах*. Слід враховувати, що збільшення навантаження вище номінального різко скорочує термін служби деталей, а використання елементів, вузлів і деталей в полегшеному і «розвантаженому» режимі призводить до значного збільшення тривалості його правильної експлуатації.

4. Безпосередньо впливають на надійність тип конструкції, тип установки,

тепловий режим, заходи захисту як від механічних впливів (вібрація, удари), так і від природно-кліматичних. Непрямий вплив на надійність виробу забезпечують зручність використання і технічного обслуговування, ремонтпридатність, уніфікація вузлів і деталей, автоматизація виробництва і т.і.

5. При виборі конструкції виробу конструктор також повинен визначити і обґрунтувати оптимальний термін служби використовуваних вузлів і деталей і розділити їх на групи з близьким або кратним терміном служби. При такому конструктивному способі забезпечується *еквівалентність певних груп деталей і вузлів*, що дозволяє отримати виріб з найбільшою надійністю і ефективністю, з тривалим терміном служби до його ремонту. Еквівалентність забезпечує значне зниження витрат на етапі експлуатація виробу.

6. Поряд з підвищенням якості окремих вузлів і деталей, велике значення має створення надійних пристроїв з менш надійних елементів шляхом прийняття *методів резервування*. Теорія надійності розглядає два можливих типи з'єднання елементів або вузлів: послідовне і паралельне.

Послідовне - це з'єднання, при якому вихід з ладу хоча б одного елемента або вузла призводить до виходу з ладу виробу в цілому. Це найбільш характерний і поширений тип підключення для більшості продуктів. У теорії надійності *паралельним, або резервним* з'єднанням елементів (вузлів, агрегатів) прийнято вважати таке з'єднання, при якому вихід з ладу виробу відбувається тільки в разі виходу з ладу всіх паралельних елементів. Отже, *резервування* – це спосіб *підвищення надійності виробу* шляхом включення в схему або конструкцію ряду паралельних, резервних елементів або вузлів. Слід враховувати, що резервування ускладнює виріб, здорожчує його обслуговування, утримання та ремонт, тому це не завжди економічно вигідно. Використовувати методи резервування доцільно лише після того, як вичерпані всі інші, більш прості способи підвищення надійності.

7. Важливою експлуатаційною вимогою до виробів є *зручність технічного обслуговування і відновлення його працездатності*, тому конструкція виробу повинна передбачати легкий і вільний доступ до його елементів, що виключає пошкодження інших елементів при заміні тих, що відмовили або при регламентних роботах, забезпечувати простоту операцій при налаштуванні і регулюванні.

8. Автоматизований контроль за роботою окремих вузлів в процесі експлуатації дозволяє по змінам параметрів вузла, що перевіряється *прогнозувати відмову* і заздалегідь вжити заходів щодо її попередження.

9. Необхідно ретельно протестувати виріб і провести комплексні випробування, що включають надійність компонентів і всього виробу в цілому. Метою *тестування дослідних зразків* є виявлення слабких агрегатів, недостатня надійність яких обумовлена конструктивними помилками. Випробування дослідних зразків, з одного боку, є засобом перевірки ефективності вжитих при проектуванні заходів, а з іншого - засобом відпрацювання надійності виробу під впливом різних факторів. Ретельність відпрацювання нової конструкції багато в чому визначається кількістю проведених випробувань.

10. Передбачати попереднє припрацювання елементів і вузлів до постановки

їх у виріб. У багатьох виробках найбільша кількість відмов припадає на початковий період їх експлуатації. У цей період виявляються найслабші місця, їх недоліки. Застосування припрацювання дозволяє виявити недоліки виробу на заводі (на етапі виробництва), а не у споживача (на етапі експлуатації).

11. Провести дослідну експлуатацію виробу до передачі його в серійне виробництво. Проведення дослідної експлуатації дозволяє виявити недоліки виробу і вжити заходів щодо їх своєчасного усунення, ще на етапі проектування виробу.

Процес проектування зумовлює надійність виробів, але реалізація цієї величини багато в чому пов'язана з організацією виробництва. Виробничий процес повинен бути організований таким чином, щоб забезпечити використання передбачених конструктором матеріалів, деталей, допусків і, отже, передбачене конструктором значення надійності.

Надійність знову розроблених виробів підтверджується аналітичним розрахунком надійності, розрахунки проводяться:

- ✓ орієнтовний - по виробам-аналогам;
- ✓ попередній - за аналогами і з урахуванням початкових даних при розробці;
- ✓ уточнений - з урахуванням умов і режимів роботи виробу на підставі розробленої конструкторської документації.

Випробування на надійність знову розроблених (або модернізованих) виробів проводяться як самостійний вид випробувань на спеціально відібраних зразках.

Забезпечення надійності виробу на етапі виробництва досягається за рахунок суворого дотримання і вдосконалення технології виробництва, застосування попередньої підготовки (припрацювання) агрегатів і елементів до встановлення їх у вироби. Якість виробництва виробів і їх надійність багато в чому залежать від рівня технологічних процесів і ступеня їх автоматизації. Будь-яке відхилення технологічного процесу від норми викликає відхилення будь-яких параметрів або властивостей виробів. Неточне дотримання режимів обробки матеріалів і деталей, монтажно-складальних робіт та інших виробничих операцій спочатку може не викликати помітних відхилень вихідних параметрів від норм, але згодом неминуче призведе до скорочення термінів служби виробів і зниження їх надійності. Необхідно підтримувати і підвищувати рівень культури виробництва, організовувати ретельний контроль за дотриманням державних стандартів і технічних умов сировини, матеріалів і комплектуючих виробів. *Необхідно організувати, як ретельний контроль технологічного процесу, на всіх етапах, так і ретельний вихідний технічний контроль готової продукції.*

Значний вплив на надійність виробів в процесі їх експлуатації надають фактори суб'єктивного характеру, пов'язані з діяльністю обслуговуючого персоналу.

Забезпечення надійності на етапі експлуатації досягається:

- ✓ підвищенням кваліфікації технічного персоналу;
- ✓ експлуатацією виробу згідно нормативно-технічної документації;

- ✓ своєчасним і якісним технічним обслуговуванням виробу;
- ✓ кількісним і якісним аналізом і оцінкою отриманих результатів діагностики виробу;
- ✓ якісним проведенням ремонтних робіт виробу з метою відновлення його працездатності;
- ✓ забезпеченням запасними частинами.

Вплив кваліфікації обслуговуючого персоналу позначається, головним чином, на якості підготовки виробів до роботи і технічного обслуговування, на процесі відновлення працездатності виробу після відмов. Вирішальне значення в підготовці обслуговуючого персоналу має доскональне знання виробу, засобів технічного обслуговування і ремонту з якими вони мають справу. У зв'язку з цим слід звертати серйозну увагу на якість конструкторсько-технологічної та експлуатаційної документації, що супроводжує виріб (технічний опис, інструкції з експлуатації, технічного обслуговування та ремонту виробу).

Забезпечення надійності на етапі експлуатації також досягається організацією системи збору та аналізу статистичних даних про надійність експлуатованої техніки і розробки рекомендації щодо підвищення надійності виробу, вузлів і елементів. Збір і аналіз експлуатаційної інформації має велике практичне значення — це допомагає вдосконалювати конструкцію і технологію виробництва виробу, експлуатацію, скорочувати час, який відводиться на технічне обслуговування і ремонт виробу без зниження якості.

Інформація щодо відмов (несправностей) виробів під час експлуатації використовується для аналізу несправностей і розрахунку показників безвідмовності.

До основних джерел інформації відносяться:

- ✓ картки обліку несправностей виробу;
- ✓ акти дослідження про причини дефекту виробу;
- ✓ зведені звіти про несправності виробу за рік експлуатації.

Інформація про використання виробу, модернізації, ресурсах і термінах служби, результати випробувань, доопрацювання в експлуатації, відомості щодо відмов виробу в експлуатації, конструктивних або технологічних рекомендаціях щодо підвищення надійності формується і накопичується в **технічному паспорті виробу**.

Результати аналізів відмов використовують при проведенні робіт з продовження ресурсів і термінів служби, при розрахунку показників безвідмовності виробів, а також при виконанні *аналізу видів і наслідків відмов*.

Стандарт встановлює методи аналізу видів і наслідків відмов (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA) [1], видів, наслідків і критичності відмов (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis - FMECA) [2] і дає рекомендації щодо їх застосування для досягнення поставлених цілей шляхом:

- ✓ виконання необхідних етапів аналізу;
- ✓ ідентифікації відповідних термінів, припущень, показників критичності, видів відмов;
- ✓ визначення основних принципів аналізу;

✓ використання прикладів необхідних технологічних карт або інших табличних форм.

Всі наведені в цьому стандарті загальні вимоги FMEA відносяться і до FMESA, так як останній є розширенням FMEA.

Аналіз видів і наслідків відмов (FMEA) – це покроковий підхід до виявлення всіх можливих відмов в конструкції, виробництві або складальному процесі. *Це загальний інструмент аналізу процесів.*

Відмови класифікуються залежно від того, наскільки серйозними є їх наслідки, як часто вони трапляються та наскільки легко їх виявити. Мета FMEA - вжити заходів щодо усунення або зменшення відмов, починаючи з найбільш пріоритетних.

Аналіз видів і наслідків відмов також документує поточні знання і дії щодо ризиків відмови для використання в постійному вдосконаленні. FMEA використовується під час проектування для запобігання відмов. Надалі він використовується для контролю, до і під час поточної експлуатації виробу. В ідеалі FMEA починається на самих ранніх концептуальних етапах проектування і триває протягом усього життєвого циклу виробу.

Аналіз видів, наслідків і критичності відмов (FMESA) розширює FMEA і включає в себе методи ранжирування тяжкості видів відмов, дозволяє встановити пріоритетність контрзаходів. Поєднання тяжкості наслідків і частоти виникнення відмов є мірою, званої критичністю.

На етапі експлуатації транспортного засобу, як зазначалося раніше, його функціональні властивості поступово погіршуються внаслідок спрацьовування, корозії, пошкодження його складових, утомленості (старіння) матеріалу, з якого їх виготовлено і ті. Виходячи з чого, виникають різні дефекти, що не тільки знижують ефективність експлуатації транспортного засобу, але і призводять до збільшення вартості експлуатації.

Для запобігання появ відмов і своєчасного їх усунення транспортний засіб піддають технічному обслуговуванню (ТО) і ремонту.

На автомобільному транспорті прийнято планово-попереджувальну систему ТО і ремонту рухомого складу. Порядок проведення ТО і ремонту визначені чинним *«Положенням про ТО і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту»* [3]. Положення розповсюджується на юридичних та фізичних осіб - суб'єктів підприємницької діяльності, які здійснюють експлуатацію, ТО і ремонт дорожніх транспортних засобів (за винятком тролейбусів, мопедів і мотоциклів) незалежно від форм власності.

Мета технічного обслуговування і ремонту — підтримання дорожнього транспортного засобу (ДТЗ) у технічно справному стані та належному зовнішньому вигляді, забезпечення надійності, економічності, безпеки руху та екологічної безпеки.

ТО є профілактичним заходом, яке проводиться примусово у плановому порядку через визначену кількість кілометрів пробігу або годин роботи. Операції ТО рекомендується проводити з *попереднім контролем (діагностуванням) технічного стану транспортного засобу та/або його складових, агрегатів і вузлів*

без розбирання. Основним методом контролю технічного стану є діагностика, яка являє собою важливий технологічний етап ТО.

Під час проведення ТО ДТЗ обов'язкове виконання усього обсягу робіт відповідно до виду ТО, а додаткове регулювання вузлів та систем ДТЗ – на підставі висновків діагностики.

Методи і засоби оцінки технічного стану двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) розвивалися поетапно. Спочатку використовувалися засоби контролю різних параметрів, потім моніторингу, і, на останньому етапі, системи діагностики та прогнозу технічного стану. Впровадження кожного наступного етапу дає користувачеві нові можливості для переходу на *технічне обслуговування ДВЗ за фактичним станом*.

Так, *контроль* дає інформацію про величини параметрів і зонах їх допустимого відхилення. При *моніторингу* з'являється додаткова інформація про тенденції зміни параметрів у часі, яка може використовуватися і для прогнозу. Ще більший обсяг інформації дає *діагностування*, а саме, ідентифікацію місця, виду і величини дефекту. Найбільш складне завдання прогнозу розвитку дефекту, а не змін контрольованих параметрів, вирішення якої дозволяє визначити залишковий ресурс або прогнозований інтервал безаварійної роботи.

Мета діагностики полягає у визначенні дійсної потреби у виконанні робіт які виконуються при кожному ТО, в прогнозуванні моменту виникнення несправності, а також встановленні причини їх появи і визначення способу усунення (на місці або зі зняттям вузла або агрегату, з частковим або повним його розбиранням).

Основний принцип діагностики поточного стану ДВЗ полягає в послідовному і систематичному вимірюванні певних параметрів, виявленні їх змін в порівнянні зі штатними значеннями і подальше прогнозування технічного стану ДВЗ.

При проведенні ТО слід керуватися інструкцією з експлуатації ДВЗ, вимог, встановлених *нормативно-технічною документацією (НТД) та інструкціями заводу–виробника*, а також відповідними нормативно-правовими актами.

Дотримання періодичності і якісного виконання ТО у встановленому об'ємі забезпечує постійну технічну готовність ДВЗ і знижує необхідність у його ремонті.

Вид та якість проведеного ТО, технічний стан ДВЗ відображається в журналі обліку технічного обслуговування транспортного засобу (Додаток А).

Система технічного обслуговування ДТЗ передбачає:

- ✓ контрольний огляд (КО);
- ✓ щоденне технічне обслуговування (ЩТО);
- ✓ перше технічне обслуговування (ТО-1);
- ✓ друге технічне обслуговування (ТО-2);
- ✓ сезонне технічне обслуговування (СО);
- ✓ технічне обслуговування під час консервації (зберіганні) ДТЗ;
- ✓ технічне обслуговування та ремонт ДТЗ на лінії.

3. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

3.1 Основні терміни та визначення

Сучасні технічні об'єкти включають в себе велику кількість складових частин, об'єднаних між собою складною системою функціонального зв'язку та інформаційного обміну, причому, окремі складові частини можуть бути самі по собі досить складними динамічними системами. Разом з тим, відмова однієї складової частини може призвести до відмови всього об'єкта і, як наслідок, - правильності функціонування технічного об'єкта за призначенням.

Причинами відмов окремих складових частин об'єкта є, як правило, різного роду дефекти.

Дефект визначається як будь-яка невідповідність того чи іншого виробу вимогам, встановленим нормативно-технічною документацією. При цьому дефект інтерпретується як деякий недолік виробу, що є результатом однієї з причин:

- ✓ помилок при його конструкторській розробці та/або відхилення технологічного процесу виготовлення об'єкта від встановленого технічною документацією;

- ✓ використання матеріалів і комплектуючих елементів, що не відповідають необхідної якості;

- ✓ недотримання встановлених правил експлуатації або використання об'єкта не за призначенням;

- ✓ різного роду пошкодження через вплив непередбачених дестабілізуючих факторів (природно-кліматичних, дорожніх і т.і.).

При проектуванні і виготовленні конкретного технічного об'єкта йому надається ряд властивостей, які в сукупності визначають його якість.

До кожного з цих властивостей пред'являються певні вимоги, виходячи з умов застосування об'єкта за призначенням. Невідповідність хоча б однієї з цих властивостей встановленим вимогам свідчить про наявність в об'єкті дефекту. При функціонуванні технічного об'єкта необхідно здійснювати періодичні перевірки (*діагностику*) його складових частин з тим, щоб своєчасно виявити дефект в разі його виникнення та вжити необхідні заходи до його усунення.

Виявлення дефекту є встановлення факту його наявності в об'єкті. *Пошук дефекту* полягає в знаходженні з певною точністю його розташування в технічному об'єкті.

Галузь науково-технічних знань, сутність якої складають теорія, методи і засоби виявлення і пошуку дефектів об'єктів технічної природи і є *технічна діагностика*.

Сукупність схильних до зміни властивостей об'єкта, що характеризує ступінь його функціональної придатності в заданих умовах застосування за призначенням, називають *технічним станом* об'єкта.

З того моменту, як з'являється необхідність визначення технічного стану, технічний об'єкт виступає в ролі об'єкта *діагностування*. Інакше кажучи, *об'єкт діагностування* – виріб і (або) його складові частини, що підлягають (піддаються)

діагностуванню (контролю).

Визначити технічний стан об'єкта — це значить з'ясувати, чи володіє він набором необхідних властивостей, що забезпечує придатність його до застосування за призначенням і правильність виконання ним своїх функцій, а якщо не володіє, то через які дефекти.

Всі можливі технічні стани об'єкта діляться на види.

Вид технічного стану – це така його категорія, яка характеризується відповідністю (або невідповідністю) якості об'єкту певним вимогам.

Слід розрізняти поняття «*технічний стан*» і «*вид технічного стану*».

Ознаками *технічного стану* об'єкта можуть бути якісні та/або кількісні характеристики його властивостей. Фактичні значення кількісних і прояви якісних характеристик визначають *технічний стан* об'єкта.

Розрізняють такі *види технічного стану*:

- справність і несправність;
- працездатність і непрацездатність;
- правильне функціонування і неправильне функціонування.

Справний стан (справність) – стан об'єкта, при якому він відповідає всім вимогам нормативно-технічної документації і/або конструкторській документації.

Несправний стан (несправність) – стан об'єкта, що не відповідає хоча б одній з вимог нормативно-технічної документації і/або конструкторській документації.

На етапі експлуатації практично важливим є поняття *працездатність технічного стану* об'єкта.

Працездатний стан (працездатність) – стан об'єкта, який характеризується його здатністю виконувати усі потрібні функції (*за призначенням*). Поняття "справність" ширше, ніж "працездатність". Справний об'єкт завжди працездатний. Працездатний об'єкт може бути несправним, якщо несправність не впливає на його функціонування за призначенням.

Непрацездатний стан (непрацездатність) – стан об'єкта, при якому він нездатний виконувати хоч би одну з потрібних функцій (*за призначенням*).

Відмова – подія, що полягає у порушенні працездатного стану технічного об'єкта, тобто подія, за якої відбувся перехід об'єкта з працездатного стану у непрацездатний. Критерій відмови – відмітна (характерна) ознака або сукупність ознак, згідно з якими установлюється факт виникнення відмови технічного об'єкта, тобто ознака порушення працездатного стану, який встановлений у НТД.

За типом відмови:

– відмови функціонування (виконання основних функцій технічним об'єктом припиняється);

– відмови параметричні (деякі параметри об'єкта змінюються у неприпустимих межах).

За наслідками відмови:

– легка відмова (наслідки відмови: для відновлення працездатності не потребує тривалого ремонту або заміни елементів, вузлів чи структури об'єкта);

– середня відмова (наслідки відмови: не викликає відмови суміжних вузлів –

тобто вторинних відмов);

– важка відмова (наслідки відмови: викликає вторинні відмови суміжних вузлів).

Характер виникнення відмови – це фізичний, хімічний або інший процес, що викликав відмову. Відмову технічного об'єкта розглядають як подію (*випадкову* або *не випадкову (систематичну)*).

– *випадкова*, обумовлена непередбачуваними подіями, наприклад, випадковими перевантаженнями, дефектами матеріалу, помилками персоналу або збоями системи керування і т.і.;

– *систематична*, що виникає з поступовим нагромадженням ушкоджень і обумовлена закономірними та немінучими явищами: зношуванням, старінням, корозією, утомленістю і т.і.

Можна простежити систему виникнення будь-якої систематичної відмови. Ця відмова однозначно пов'язана з певною причиною, яку можна усунути тільки після внесення відповідних змін до конструкторсько-технологічної документації (*етап проектування*) та/або виробничого процесу (*етап виробництва*), або інших факторів, які можна врахувати.

Відмова завжди пов'язана, як з виникненням несправності, так і втратою працездатності. Зниження потужності двигуна транспортного засобу понад встановлені межі – це і є відмова, в результаті чого транспортний засіб вважається непрацездатним. Але несправність не завжди визначає появу відмови. Наприклад, підтікання оливи в системі мащення двигуна свідчить про його несправність, але не завжди призводить до відмови.

При одному і тому ж об'єктивно існуючому технічному стані об'єкт може бути, наприклад, працездатним для одних умов застосування і непрацездатним для інших.

Визначення виду технічного стану об'єкта називається *контролем його технічного стану*.

Завдання виявлення дефектів (пошуку дефектів) відноситься до задач **технічного діагностування**, яке вважається складовою частиною процесу контролю технічного стану об'єкта та, як засіб підвищення **надійності** технічної системи.

Технічне діагностування (контроль технічного стану) — визначення технічного стану об'єкта з означеною (заданою) точністю.

Завдання технічного діагностування:

✓ визначення (розпізнання, оцінка) технічного стану, у якому перебуває об'єкт на момент діагностування;

✓ оцінка відповідності чи невідповідності технічного стану об'єкта діагностування та у разі невідповідності — визначення причини невідповідності: несправності, дефекту, граничного ступеню зношеності, відхилення від регулювань тощо;

✓ виявлення ушкоджень чи дефектів на початковій стадії їх розвитку, виявлення конкретних дефектних вузлів чи деталей, визначення і усунення причин,

що викликали дефект;

✓ оцінка допустимості та доцільності подальшої експлуатації обладнання з урахуванням прогнозування його технічного стану при виявленні дефекту, оптимізація режимів експлуатації, що дозволяє безпечно експлуатувати агрегат з виявленими дефектами до моменту його виводу у плановий ремонт;

✓ організація обслуговування та ремонту обладнання за технічним станом (замість регламентного обслуговування і ремонту), забезпечення підготовки та виконання якісних ремонтів.

Система технічного діагностування (контролю технічного стану) — сукупність засобів, об'єкта та виконавців, необхідна для проведення діагностування (контролю) за правилами, встановленими технічною документацією.

Проблема з підтриманням надійності ДВЗ на етапі експлуатації має особливе значення через значущість виконуваних ним функцій і високу ціну відмови: раптова відмова одного з основних складових або систем, що забезпечують роботу ДВЗ може спричинити загибель людей або становить серйозну екологічну небезпеку для навколишнього середовища.

Від того, наскільки в технічних об'єктах вдалося виключити відмови або зменшити їх кількість та ймовірність появи чи усунути або зменшити їх вплив на процес функціонування технічних об'єктів, залежить не тільки їх якість, але й безпека експлуатації. Це може бути гарантовано системою забезпечення надійності технічних об'єктів, яка має попереджати й усувати аварійні ситуації і сама не повинна провокувати негативні процеси в технічних системах. *Тому, завдання впровадження та вдосконалення системи забезпечення високої надійності ДВЗ транспортного засобу на етапі його експлуатації стає ключовим у теорії і практиці надійності.*

У більш вузькому розумінні надійність на етапі експлуатації являє собою міру збереження необхідних властивостей технічного об'єкта і здатності чинити опір випадковим факторам різного роду, що порушують ці властивості. Таким чином, **поняття надійності пов'язане з випадковою природою параметрів, що характеризують працездатність об'єкта.**

Теорія надійності дозволяє: встановлювати закономірності виникнення відмов і відновлення працездатності виробу, розглядати вплив зовнішніх і внутрішніх впливів на процеси, що обумовлюють появу відмов, створюючи загальні методи аналізу і розрахунку надійності і прогнозування відмов, розробляти способи підвищення надійності при конструюванні і виготовленні виробів, а також способи забезпечення надійності при експлуатації, визначати методики збору, обліку та аналізу статистичних даних, що характеризують надійність.

На кожному з етапів виникають свої специфічні задачі. Рішення основних задач дозволяють виявити залежності *технічного ресурсу* від конструктивних, технологічних і експлуатаційних факторів і створюють можливість для вирішення інших завдань, зокрема для вибору оптимальних параметрів виробу, оптимальних режимів експлуатації, технічного обслуговування і т.і.

Технічний ресурс – наробіток об'єкта від початку його експлуатації або

поновлення експлуатації після ремонту до настання граничного стану. По суті, технічний ресурс може бути регламентований у такий спосіб: до середнього, капітального, від капітального до найближчого середнього ремонту і т.і. Якщо регламентації немає, то мають на увазі ресурс від початку експлуатації до досягнення граничного стану після всіх видів ремонтів.

Особливістю технічного об'єкта є також те, що не всі відмови його складових і систем проявляються явно і, часто, не можуть бути виявлені візуально. Щоб відстежувати такі відмови, створюють спеціальні *засоби контролю і технічної діагностики*, які дають можливість вчасно передбачити виникнення тих відмов, які випадково проявляються, і, як наслідок, запобігти їх появі, що значно підвищує *рівень надійності технічних об'єктів*. Для того, щоб технічний об'єкт відтворював алгоритми функціонування так, як це було передбачено нормативно-технічною документацією, об'єкт має бути досить надійним та пристосованим для своєчасного виявлення й усунення відмов.

Для підвищення ефективності ТО і ремонту транспортних засобів потрібна індивідуальна інформація про їх технічний стан до і після ТО або ремонту. Індивідуальна інформація про приховані і назріваючі відмови дозволяє запобігти передчасний або запізнений ремонт і профілактичні заходи, а також проконтролювати якість виконання ремонтних, регулювальних та операцій з технічного обслуговування. Засобом отримання такої інформації є технічна діагностика автомобілів.

Діагностичну інформацію використовують не тільки для виявлення дефектів і оцінки працездатності досліджуваних об'єктів, а й для прогнозування їх подальшої поведінки.

Технічною діагностикою називають галузь знань, яка вивчає ознаки, методи і засоби визначення технічного стану механізмів (і двигунів, зокрема) без їх розбирання, а також технологію і організацію використання систем діагностування в процесі технічної діагностики.

Під системою діагностування розуміють комплекс, що включає об'єкт, що діагностується, технічні засоби і алгоритм (методику) діагностичних робіт.

Результатом діагностики є *технічний діагноз* – висновок про технічний стан об'єкта із зазначенням, при необхідності, місця, виду і причини дефекту (дефектів).

Предмет і мета технічної діагностики.

У загальному випадку діагностична задача – це задача по встановленню ступеня відповідності об'єкта пропонованим до нього вимогам.

Завданнями технічної діагностики, є (рис. 4):

- контроль технічного стану;
- пошук місця і визначення причини відмови (несправності);
- прогнозування технічного стану.



Рисунок 4 – Завдання технічної діагностики

Сукупність об'єкта діагностики, діагностичного забезпечення та виконавця називають *системою технічної діагностики* (рис. 5).

Діагностичне забезпечення - комплекс взаємопов'язаних засобів, методів та правил і алгоритмів необхідних для здійснення діагностування на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

Діагностування технічного стану будь-якого об'єкта здійснюється тими чи іншими *засобами діагностики*. *Засоби технічної діагностики* - це технічні пристрої, призначені для вимірювання поточних значень діагностичних параметрів.

Правила та алгоритми технічного діагностування - сукупність приписів, що визначають послідовність дій при проведенні діагностування.

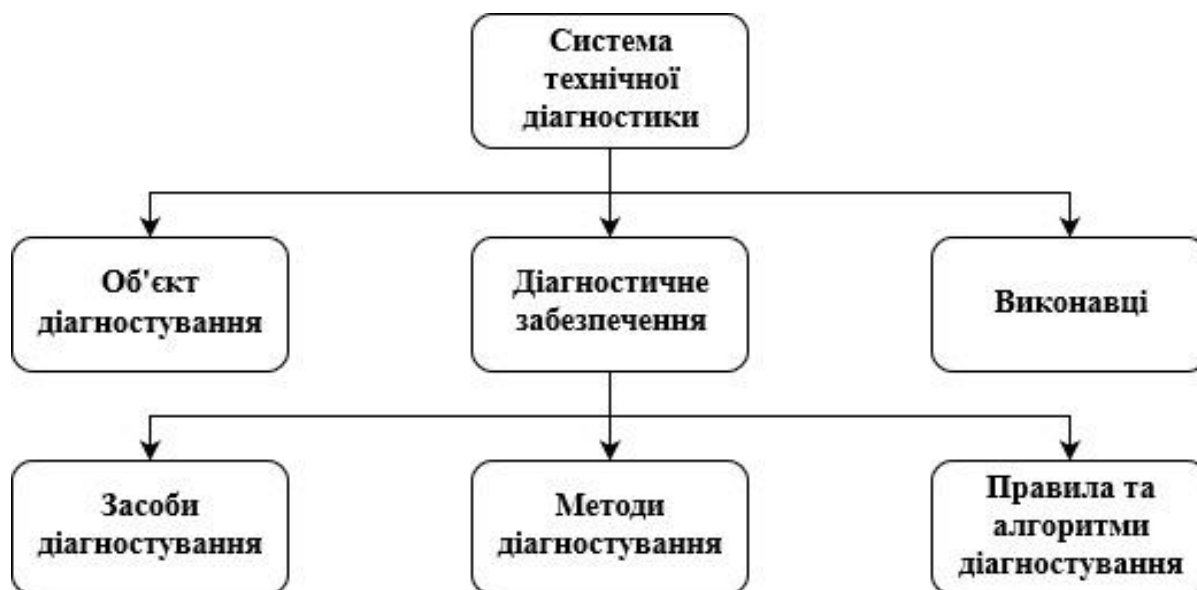


Рисунок 5 – Структура системи технічної діагностики

Розрізняють системи тестового і функціонального діагностування (рис. 6).

У *системах тестового діагностування* на об'єкт подаються спеціально організовані тестові впливи.

У *системах функціонального діагностування*, які працюють в процесі застосування об'єкта за призначенням, подача тестових впливів, як правило, виключається; на об'єкт надходять тільки робочі впливи, передбачені його алгоритмом функціонування.



Рисунок 6 – Загальна схема процесу діагностування

3.2 Діагностичні параметри

Діагностичні параметри - це якісна міра прояву технічного стану двигуна його механізмів і систем за безпосередніми ознаками (параметри, величини яких неявно характеризують технічний стан об'єкта діагностики).

Розрізняють такі види діагностичних параметрів:

- параметри структурні (конструктивні);
- параметри вихідних робочих процесів;
- параметри супутніх процесів.

Параметри структурні характеризують внутрішні зміни в механізмах (кінематичні взаємозв'язки в елементах механізмів; зміна зазорів або натягів

з'єднань деталей механізмів; зміна властивостей і шорсткості поверхонь тертя деталей, що сполучаються; виникнення тріщини та ін.). Параметри, що знімають з контрольних точок в середині структури технічної системи і дозволяють локалізувати несправний елемент системи.

Параметри вихідних робочих процесів визначають основні функціональні властивості технічної системи. Ця інформація є основною, визначається при загальному діагностуванні і необхідна для подальшої по елементної діагностики. Параметри вимірюють на виході об'єкта діагностики та визначають його загальний стан (справний чи несправний) та, як правило, не дозволяють виявити причину несправності (локалізувати несправність).

Параметри супутніх процесів дають більш вузьку інформацію про технічний стан об'єкта діагностики. Прикладами параметрів супутніх процесів є: температура відпрацьованих газів; рівень вібрацій двигуна; зміст (кількість) продуктів зносу в олії системи мащення, характеристики стартерного струму і ін. Параметри супутніх процесів досить універсальні і використовуються для діагностики ДВЗ.

Діагностичні параметри нормуються за номінальними та гранично допустимими значеннями.

Номінальне значення – значення параметра, яке відповідає стану нової (справної) системи.

Гранично допустиме значення – значення параметра, при якому його подальша експлуатація неприпустима, або відновлення його працездатного стану неможливе чи економічне недоцільне.

Номінальні та гранично допустимі значення діагностичних параметрів встановлюються (нормуються) заводом-виробником та вказуються в нормативній технічній документації на об'єкт.

4. ДІАГНОСТИКА ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

4.1 Основні завдання діагностики двигуна

Технічний стан двигуна внутрішнього згорання визначається сукупністю вимірюваних (вихідних) структурно-фізичних і діагностичних кількісних параметрів, що характеризують працездатність механізмів, вузлів і деталей. Параметри можуть мати мінімальне, допустиме і граничне значення.

Основними завданнями діагностики двигуна є прогнозування його працездатності і визначення залишкового моторесурсу шляхом порівняння результатів вимірювань з допустимими параметрами.

Істотний вплив на інтенсивність втрати працездатності двигуна надають швидкісні, навантажувальні і температурні режими його роботи, якість застосовуваних паливо-мастильних матеріалів, своєчасне і якісне виконання робіт з технічної діагностики, ТО та ремонту. Економічно недоцільно експлуатувати двигун, у якого втрата працездатності становить 30...40% та заборонено випускати транспортний засіб на лінію, якщо ДВЗ містить підвищений рівень концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах. Основним показником якості роботи ДВЗ є стабільність вихідних параметрів.

Основними причинами зміни технічного стану двигуна є знос деталей циліндропоршневої групи і газорозподільного механізму, збільшення зазорів (порушення герметичності в з'єднаннях), відмова приводних, допоміжних приладів та агрегатів.

Надійність і економічність роботи двигуна, в великій мірі, визначаються справним станом і правильним регулюванням складових системи паливоподачі, тому своєчасне та якісне діагностування з подальшим технічним впливом, крім поліпшення паливної економічності, призводить до зниження жорсткості роботи двигуна, зменшення зносу деталей циліндро-поршневої групи і газорозподільного механізму та зменшення негативного впливу двигуна внутрішнього згорання на навколишнє середовище.

Результати контролю технічного стану двигуна транспортного засобу оформляються у вигляді протоколу. Результати технічного огляду та інструментального контролю заносяться в діагностичну карту. Форма карти (варіант) наведена в Додатку Б.

4.2. Технічні засоби діагностики

Ефективність процесів діагностування визначається не тільки якістю алгоритмів діагностування, але і, в не меншому ступені, якістю засобів діагностування.

Засобами технічної діагностики є технічні пристрої, призначені для вимірювання кількісних значень діагностичних параметрів.

Перелік технічних засобів діагностики дуже широкий, тому дати докладний опис кожного засобу практично неможливо.

Зупинимося на мінімальному наборі засобів, які дають можливість провести оцінку технічного стану двигуна внутрішнього згорання.

Цей перелік виглядає наступним чином:

- ✓ електронний стетоскоп;
- ✓ компресіметр (компресограф);
- ✓ комплект для вимірювання тиску палива;
- ✓ газоаналізатор 4-х компонентний з автоматичним обчисленням параметра λ ;
- ✓ мотор-тестер;
- ✓ сканер.

Перші чотири позиції даного переліку обов'язкові для проведення оцінки технічного стану будь-якого двигуна, незалежно від його типу.

Підбір конкретної моделі мотор-тестерів і сканерів здійснюється на основі оцінки їх можливостей, прогнозування ймовірного переліку моделей автомобілів, які передбачається обслуговувати та фінансових міркувань.

Розглянемо докладніше основні технічні засоби діагностики відповідно до вищезазначеного переліку

4.2.1 стетоскопи

Системи контролю, які є прообразом і складовою частиною сучасних систем моніторингу технічного стану ДВЗ, використовують, як правило, найпростіші способи вимірювання основних фізичних величин. Одним з таких простих і доступних способів є використання стетоскопа для вимірювання рівня шуму і вібрації, які виникають під час роботи ДВЗ.

Використання віброакустичних методів відноситься до початкових кроків в діагностиці і, перш за все, коли засобами оцінки технічного стану машин по їх шуму або вібрації були органи чуття людини. Органи слуху здатні сприймати і аналізувати акустичні сигнали в звуковій області частот. Вібрація механізмів в цій області частот завжди є джерелом звуку, а на низьких частотах людина сприймає її контактним шляхом. Вимірювання рівня шуму і вібрації можна забезпечити існуючими сотні років стетоскопами (слухачами). Всі ці можливості людини завжди визначали переважний розвиток діагностики за сигналами вібрації і шуму до останніх десятиліть.

Одним із перспективних методів діагностика технічного стану кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів є віброакустичний метод із застосуванням спеціальної вимірювальної апаратури. Для віброакустичного діагностування використовують коливальні процеси пружного середовища, які виникають під час роботи механізмів. Джерелом цих коливань є газодинамічні процеси (впуск, згорання, випуск), регулярне механічне зіткнення в сполученнях через зазори і незрівноваженості мас, а також хаотичне коливання, обумовлене процесами тертя. Під час роботи двигуна всі ці коливання накладаються одне на одне і, взаємодіючи, утворюють випадкову сукупність коливальних процесів, яку називають *спектром*. Це ускладнює віброакустичне діагностування необхідністю розшифрувати коливальний спектр і виділяти контрольовані шуми.

Повітряні коливання називають *шумами*, які сприймаються за допомогою мікрофона. Основною характеристикою зовнішнього і внутрішнього шуму в

працюючому двигуні є рівень звуку в децибелах.

Коливання матеріалу, з якого складається механізм, називають *вібраціями*. Параметри вібрації сприймають за допомогою п'єзоелектричного датчика з подальшим посиленням сигналу і його реєстрацією.

Універсальним методом віброакустичного діагностування є реєстрація та аналіз усього спектра, тобто всієї сукупності коливальних процесів. Коливальний спектр знімають на вузькій характерній ділянці процесу при відповідному швидкісному або навантажувальному режимах роботи двигуна (механізму), який діагностується. Дефект виявляють за максимальним або середнім рівнем коливального процесу у смузі частот, яка обумовлена роботою деталей і механізмів двигуна, що діагностується. Отримані результати порівнюють з нормативними. Нормативи визначають експериментально, шляхом штучного введення дефектів або шляхом накопичення і статичної обробки результатів експлуатаційних спостережень.

Даний метод розширив можливості існуючих методів контролю технічного стану деталей і механізмів двигуна, забезпечивши більш якісне прогнозування його технічного стану і, як наслідок, визначення обсягу робіт технічного обслуговування за фактичним станом.

4.2.2 компресіметри

Компресіметр – це манометр з безповоротним клапаном і призначений для виміру величини максимального тиску в циліндрі в кінці такту стиснення (цю величину часто називають компресією). Результати вимірювань використовуються для оцінки стану деталей циліндропоршневої групи (ЦПГ) і газорозподільного механізму.

Компресіметр призначений для діагностики максимального тиску в двигунах внутрішнього згорання (компресії). Прилад простий і зручний у використанні.

Між собою компресіметри розрізняються допустимими показниками тиску: для двигунів з іскровим запалюванням не менш 1,6 МПа, для дизелів – не менш 4,1 МПа. В комплект, крім манометра, входять різні насадки, трубки (металеві, гумові, комбіновані), перехідники (це залежить від виробника і призначення пристрою) (рис. 7).

Існують також і універсальні вимірювальні прилади, використовувати які можна для діагностики стану як дизелів, так і двигунів з іскровим запалюванням.

Класифікуються компресіметри по типу (способу) підключення:

Притискні. Притискний тип має насадку у формі конуса - її встановлюють в отвір для свічки або форсунки і притискають руками. Складність в тому, що необхідно одночасно утримувати насадку і провертати двигун.

Різьбові. Насадка, в даному випадку, має різьбу, що гарантує надійний монтаж і забезпечує більш достовірні показники значень компресії.



Компресіметр для дизелів



Компресіметр для двигунів з іскровим запалюванням

Рисунок 7 – Прилади для вимірювання компресії в циліндрах двигунів

4.2.3 прилади для вимірювання тиску палива

Прилад для вимірювання тиску палива являє собою манометр з краном і комплект адаптерів для підключення до паливних систем різних марок і моделей автомобілів (ДВЗ). Він застосовується для перевірки елементів системи паливоподачі (бензонасос, регулятор тиску, паливні магістралі, форсунки і т.і.). Основною особливістю комплекту є те, що манометр підключається паралельно і не порушує працездатність системи паливоподачі в цілому, а це дозволяє проводити вимірювання на працюючому двигуні (рис. 8).

Особливу увагу при цьому слід звернути на забезпечення герметичності всіх з'єднань, так як потрапляння палива на сильно нагріті ділянки двигуна (випускний трубопровід, випускна труба і т.і.) може призвести до пожежі.



Рисунок 8 – Комплект для вимірювання тиску у системах паливоподачі

4.2.4 газоаналізатори і димоміри

Загальне призначення *газоаналізаторів* - вимірювання концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах для визначення їх кількісного або

якісного (об'ємного або відсоткового) складу. Зокрема, газоаналізатор застосовується при вимірюванні концентрацій речовин у ВГ двигунів з іскровим запалюванням та дизелів: монооксиду вуглецю (CO), діоксиду вуглецю (CO_2), вуглеводнів (C_mH_n) (в перерахунку на гексан), оксидів азоту (NO_x), сажи (C), кисню (O_2). Газоаналізатори використовують для діагностики двигуна за складом ВГ, зокрема працездатності систем паливоподачі і запалювання. На підставі вимірних значень CO , CO_2 , C_mH_n , NO_x , C , O_2 газоаналізатор здійснює розрахунок коефіцієнта надлишку повітря – лямбда (λ). Лямбда - це інтегральний параметр, що дозволяє оперативно оцінити якість паливо-повітряної суміші.

Залежно від конструкції пристрою автомобільні газоаналізатори можуть вимірювати один або кілька компонентів відпрацьованих газів (однокомпонентні і багатокомпонентні) (рис. 9).

Димомір призначений для експресного вимірювання димності відпрацьованих газів транспортних засобів і стаціонарних установок, оснащених двигунами із запалюванням від стиснення. Результат вимірювань надається в одиницях коефіцієнта поглинання (натурального показника ослаблення світлового потоку (K , m^{-1}) і в одиницях коефіцієнта ослаблення світлового потоку (N , %). Димомір дозволяє проводити вимірювання димності в режимах:

- реєстрації пікового (максимального) значення димності в режимі вільного прискорення двигуна.
- відображення поточного значення димності в режимі максимальної частоти обертання колінчастого вала двигуна.



Чотири компонентний газоаналізатор з вбудованим термопринтером



Портативний вимірювач димності

Рисунок 9 – Газоаналізатори і димоміри

Сучасні газоаналізатори і димоміри високого класу, крім надійності і зручності в роботі, мають досить багато додаткових функцій. Вони можуть вимірювати частоту обертання колінчастого вала двигуна, температуру оливи в системі мащення, а також запам'ятовувати проміжні протоколи вимірювань і передавати дані на персональний комп'ютер або друкувати їх на вбудованому принтері.

4.2.5 мотор-тестери

Мотор-тестери – це універсальні електронні прилади, призначені для проведення вимірювань параметрів роботи двигуна. Параметри вимірюються за допомогою спеціальних датчиків і пробників, що входять в комплект приладу. Як правило, мотор-тестери дозволяють вимірювати наступні параметри:

- частоту обертання колінчастого вала;
- температуру оливи;
- напругу акумулятора;
- напругу в первинній і вторинних ланцюгах системи запалювання;
- пульсацію напруги генератора;
- струм стартера;
- струм генератора;
- кут замкнутого стану контактів;
- час накопичення і струм розмикання в первинному ланцюзі котушки запалювання;
- частоту, тривалість і шпаруватість імпульсів;
- кут випередження запалювання;
- величину розрідження/тиску у впускному трубопроводі.

Зазвичай, мотор-тестер в своєму складі має цифровий осцилограф, який представляє вимірювані величини у графічному вигляді, а також у вигляді гістограм.

На деяких мотор-тестерах (DSN-PRO) реалізований також режим імітації сигналів датчиків (рис. 10).



Рисунок 10 – Тестер-імітатор датчиків ADD71 може бути використаний на будь-яких автомобілях з електронними системами управління

Мотор-тестери умовно можна розділити на три групи: великі або *консольні*, *середні* і *портативні*.

Консольні мотор-тестери - це стаціонарні пристрої, виконані на базі

персональних комп'ютерів. Ці мотор-тестери мають велику кількість вимірювальних входів, що дозволяють проводити вимірювання декількох однотипних параметрів одночасно і аналізувати їх за допомогою багатоканального осцилографа.

Принципова відмінність мотор-тестерів вищої групи складності полягає в реалізації деяких спеціальних функцій, таких як:

- наявність вбудованої бази даних заводських допусків вимірюваних параметрів для різних моделей двигунів автомобілів;
- наявність експертної системи, що аналізує результати вимірювань (у разі повного заповнення протоколу вимірювань). Експертна система підказує також можливі шляхи пошуку несправностей.

До складу мотор-тестерів вищої групи складності входить 4-х або 5-и компонентний газоаналізатор. Результати його вимірювань теж використовуються програмою, що аналізує отримані значення.

Мотор-тестери середньої групи складності відрізняються від консольних відсутністю бази даних, програми, що аналізує отримані значення, а також меншою кількістю вимірювальних входів і режимів вимірювань.

Портативні мотор-тестери за своїми функціями аналогічні, а іноді і перевершують мотор-тестери середнього класу. Вони виконуються у вигляді переносних пристроїв з рідкокристалічним екраном. Живлення приладів здійснюється від мережі 220В або бортової мережі автомобіля. Для більш якісного відображення та аналізу результатів вимірювань портативні мотор-тестери мають можливість передавати дані на персональний комп'ютер, або безпосередньо на принтер для друку. Можливо також сполучення з газоаналізатором через персональний комп'ютер.

4.2.6 сканери

Електронні пристрої на базі мікропроцесорів, що дозволяють зчитувати інформацію в цифровому вигляді з пам'яті електронного блоку електронної системи управління двигуном (ЕСУД).

Сканер підключається до діагностичного роз'єму автомобіля. Порядок обміну інформацією між сканером і ЕСУД визначається виробником ЕСУД і називається протоколом. Слід зазначити, що сканер може отримати тільки ту інформацію, яку йому може передати ЕСУД.

В залежності від виконання вони дозволяють:

- зчитувати з пам'яті коди помилок;
- класифікувати їх на поточні і запам'ятовуванні;
- розшифровувати коди в текстовому вигляді;
- відображати інтерпретацію ЕСУД поточних значень сигналів від датчиків і розрахункових величин;
- перезаписувати в пам'ять ECU (*Electronic Control Unit*) значення деяких коефіцієнтів (наприклад, коефіцієнт корекції паливоподачі і величину зсуву кута випередження запалювання в режимі прискорення).

Після введення стандарту OBD-II (*On-Board Diagnostics*) всі американські і

більшість європейських виробників встановлюють на автомобілі однаковий діагностичний роз'єм. Фізично підключення автосканера до ECU проводиться через роз'єм DLC (*Diagnostic Link Connector*), який відповідає стандарту *SAE J1962* і має 16 контактів (2x8) (рис. 11).

Призначення невизначених контактів вибирається на розсуд виробника автомобіля. Роз'єм повинен бути розташований не далі, ніж в двох футах (0,61 метра) від рульового колеса.

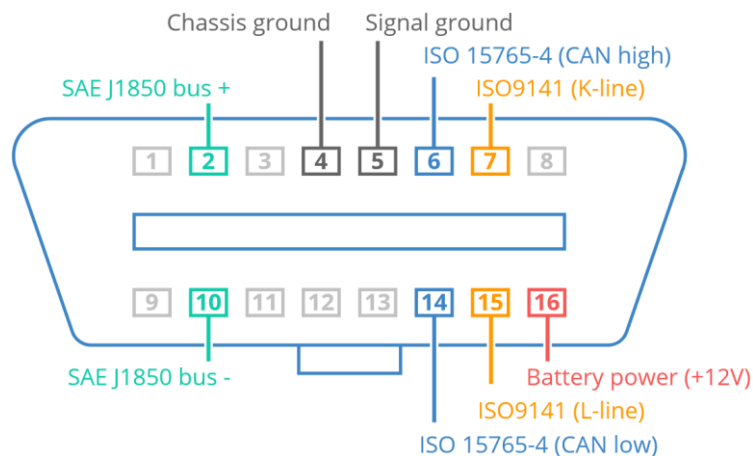


Рисунок 11 – Розташування контактів в роз'ємі DLC

Призначення контактів в роз'ємі DLC:

- 1 - резервний, на даний пін може виводитися будь-який сигнал, який встановить завод-виробник автомобіля;
- 2 - канал «К» для передачі різних параметрів (може позначатися - шина J1850);
- 3 - аналогічно контакту 1;
- 4 - заземлення роз'єму на кузов автомобіля;
- 5 - заземлення сигналу діагностичного адаптера;
- 6 - пряме підключення контакту CAN-шини J2284;
- 7 - канал «К» за стандартом ISO 9141-2;
- 8 - аналогічно контакту 1;
- 9 - аналогічно контакту 1;
- 10 - пін підключення шини стандарту J1850;
- 11 - аналогічно контакту 1;
- 12 - аналогічно контакту 1;
- 13 - аналогічно контакту 1;
- 14 - додатковий пін CAN-шини J2284;
- 15 - канал «L» за стандартом ISO 9141-2;
- 16 - живлення + 12В від АБ.

На практиці (стандарт SAE J1962) можна зустріти роз'єм OBD II типу A і типу B (рис. 12). Як правило, тип A зустрічається в легкових автомобілях, тоді як тип B поширений в транспортних засобах середньої та великої вантажопідйомності. Два типи мають подібні розведення контактів OBD-II, але забезпечують два різних виходи живлення (12 В для типу A і 24 В для типу B). *Зверніть увагу*, щоб фізично розрізнити два типи роз'ємів OBD-II, роз'єм типу B має перервану канавку

посередині. У зв'язку з цим кабель-перехідник типу *B* буде сумісний з обома типами роз'ємів *A* і *B*, тоді як кабель типу *A* не підходить до роз'єму типу *B*.

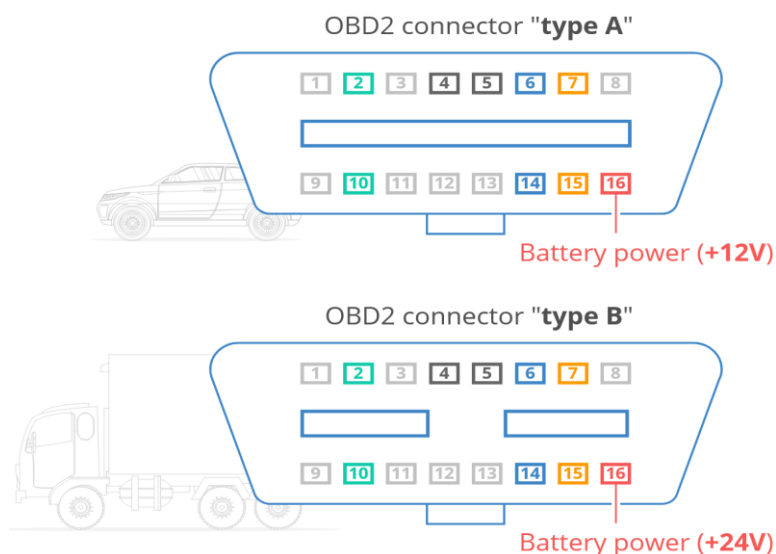


Рисунок 12 – Роз'єм OBD-II (типу *A* і типу *B*)

Протокол OBD-II дозволяє зчитувати переважно ті параметри, які безпосередньо впливають на концентрації шкідливих речовин в відпрацьованих газах.

Конструктивно сканери розрізняються на *апаратні* та *програмні* (рис. 13).



Універсальний апаратний автосканер
KONNWEI KW 808

Мультимарочний програмний сканер
ScanDoc Compact

Рисунок 13 – Сканери

Апаратні являють собою електронний прилад, що має клавіші та екран для відображення інформації.

Програмні складаються з програми, що встановлюється на персональний комп'ютер, і адаптера для перетворення сигналів ECU до сигналів, які доступні до обробки на персональному комп'ютері.

5. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Мета лабораторно-практичних робіт - закріпити й поглибити теоретичні знання та набути практичні навички з використання різноманітних методів і засобів для проведення ТО та діагностики для визначення виду технічного стану ДВЗ за окремими показниками.

У кожній роботі ставиться мета, надаються короткі теоретичні відомості, основні методи контролю й діагностики, устаткування й прилади для їхнього проведення, визначається порядок виконання роботи; зміст звіту й контрольні питання, на які студенти повинні відповісти після виконання лабораторно-практичних робіт.

Для виконання завдань лабораторно-практичних робіт навчальну групу розподіляють на підгрупи, в залежності від кількості студентів та навчальних місць.

На початку серії лабораторно-практичних робіт викладач визначає для студентів мету, окреслює зміст і обсяг робіт, характеризує об'єкти, які підлягають діагностуванню або технічному обслуговуванню, разом зі студентами обговорює методику проведення дослідження поточного стану об'єкта діагностування або ТО. Студенти вивчають обладнання та прилади, які застосовують для здійснення вимірювань параметрів роботи двигуна або ТО. Перед кожною роботою викладач перевіряє підготовленість студентів до виконання лабораторно-практичної роботи – знання ними методики проведення діагностики або ТО двигуна та його систем, а також правила безпеки.

Студенти вивчають правила безпеки в лабораторії випробувань двигунів. **Факт проходження інструктажу фіксують відповідним записом в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці.**

Під час лабораторно-практичних робіт студенти повинні засвоїти виконання операцій на усіх робочих місцях. З цією метою після кожного етапу роботи студенти-виконавці змінюють робочі місця.

Результати проведення діагностики, ТО або вимірювань параметрів роботи двигуна студенти фіксують в протоколі. Оформлений протокол проведення діагностичного дослідження або ТО студенти подають викладачеві. Захист виконаної лабораторно-практичної роботи студенти супроводжують викладенням обсягу проведених робіт з технічного обслуговування ДВЗ та його систем, або результатів та аналізу отриманих значень параметрів двигуна та висновками з визначення виду технічного стану ДВЗ.

6. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Під час проведення лабораторно-практичних робіт треба дотримуватися вимог безпеки відповідно до правил охорони праці на автомобільному транспорті (НПАОП 0.00-1.62-12) та охорони праці, безпеки життєдіяльності здобувачів освіти та працівників університету.

Під час роботи з приладами, що працюють від мережі напругою 220В, треба дотримуватися правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98) та вимог безпеки, зазначених у документах щодо експлуатації цих приладів.

Заборонено торкатися рухомих частин двигуна та нагрітих частин системи випуску відпрацьованих газів під час підготовки та проведення вимірювань.

Під час проведення ТО або діагностики ДВЗ треба вжити заходів, що запобігають самочинному руху автомобіля.

Кожне робоче місце повинно бути оснащено справним технологічним обладнанням, інструментом і приладами; технологічними картами та інструкціями; описом поста (робочого місця) і короткою інструкцією з безпеки; протипожежними засобами і правилами їх застосування.

Електронне обладнання сучасних автомобілів чутливе до статичної електрики і перенапруги, тому *на автомобілях оснащених ЕСУД не можна виконувати деякі операції.*

1. Не можна від'єднувати від бортової мережі електронні та електричні системи при включеному ключі запалювання. Під час перехідного процесу може виникнути «стрибок» напруги.

Особливо це стосується:

- ✓ зажимів акумулятора;
- ✓ обмоток різних соленоїдів і реле;
- ✓ форсунок;
- ✓ котушок запалювання;
- ✓ з'єднувальних дротів електронних систем управління.

1. Дроти від акумуляторної батареї іншого автомобіля підключаються тільки при розімкнутому ключі запалювання.

2. При вимірах в ланцюгах датчиків слід використовувати високоомні цифрові прилади. Стрілочні прилади повинні використовуватися тільки там, де обумовлено в діагностичних картах.

3. Контрольної лампою при діагностиці ланцюгів електронного блоку управління користуватися не можна, замість неї застосовуються високоомні логічні пробники.

4. Для зняття статичного заряду перед роботою з будь-яким електронним пристроєм слід торкнутися рукою з робочим інструментом корпусу автомобіля.

Лабораторно-практична робота №1

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ МЕТОДОМ ПРОСЛУХОВУВАННЯ ЙОГО РОБОТИ

Мета роботи: вивчення діагностичних приладів та методики проведення діагностики кривошипно-шатунного (КШМ) і газорозподільного (ГРМ) механізмів двигуна застосуванням електронного стетоскопа.

Обладнання: двигун з іскровим запалюванням або дизель, електронний стетоскоп.

Завдання:

1. Ознайомитися з будовою електронного стетоскопу.
2. Вивчити правила користування і порядок роботи з електронним стетоскопом.
3. Провести діагностування двигуна за допомогою електронного стетоскопу.
4. За отриманими результатами вимірювань визначити ступінь зношеності деталей циліндро-поршневої групи і газорозподільного механізму та зробити висновок про їх технічний стан.
5. Скласти звіт про виконану роботу.
6. Відповісти на контрольні питання.

Теоретичні відомості

Системи контролю, які є прообразом і складовою частиною сучасних систем моніторингу технічного стану ДВЗ, використовують, як правило, найпростіші способи вимірювання основних фізичних величин. Одним з таких простих і доступних способів є використання стетоскопа для вимірювання рівня шуму і вібрації, які виникають під час роботи ДВЗ.

Використання віброакустичних методів відноситься до початкових кроків в діагностиці і, перш за все, коли засобами оцінки технічного стану машин по їх шуму або вібрації були органи чуття людини. Органи слуху здатні сприймати і аналізувати акустичні сигнали в звуковій області частот. Вібрація механізмів в цій області частот завжди є джерелом звуку, а на низьких частотах людина сприймає її контактним шляхом. Вимірювання рівня шуму і вібрації можна забезпечити існуючими сотні років стетоскопами (слухачами). Всі ці можливості людини завжди визначали переважний розвиток діагностики за сигналами вібрації і шуму до останніх десятиліть.

Одним із перспективних методів діагностика технічного стану кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів є віброакустичний метод із застосуванням спеціальної вимірювальної апаратури. Для віброакустичного діагностування використовують коливальні процеси пружного середовища, які виникають під час роботи механізмів. Джерелом цих коливань є газодинамічні процеси (впуск, згорання, випуск), регулярне механічне зіткнення в сполученнях через зазори і незрівноваженості мас, а також хаотичне коливання, обумовлене процесами тертя. Під час роботи двигуна всі ці коливання накладаються одне на

одне і, взаємодіючи, утворюють випадкову сукупність коливальних процесів, яку називають *спектром*. Це ускладнює віброакустичне діагностування необхідністю розшифровувати коливальний спектр і виділяти контрольовані шуми.

Повітряні коливання називають *шумами*, які сприймаються за допомогою мікрофона. Основною характеристикою зовнішнього і внутрішнього шуму в працюючому двигуні є рівень звуку в децибелах.

Колівання матеріалу, з якого складається механізм, називають *вібраціями*. Параметри вібрації сприймають за допомогою п'єзоелектричного датчика з подальшим посиленням сигналу і його реєстрацією.

Універсальним методом віброакустичного діагностування є реєстрація та аналіз усього спектра, тобто всієї сукупності коливальних процесів. Коливальний спектр знімають на вузькій характерній ділянці процесу при відповідному швидкісному або навантажувальному режимах роботи двигуна (механізму), який діагностується. Дефект виявляють за максимальним або середнім рівнем коливального процесу у смузі частот, яка обумовлена роботою деталей і механізмів двигуна, що діагностується. Отримані результати порівнюють з нормативними. Нормативи визначають експериментально, шляхом штучного введення дефектів або шляхом накопичення і статичної обробки результатів експлуатаційних спостережень.

Даний метод розширив можливості існуючих методів контролю технічного стану деталей і механізмів двигуна, забезпечивши більш якісне прогнозування його технічного стану і, як наслідок, визначення обсягу робіт технічного обслуговування за фактичним станом.

Ознаки несправності кривошипно-шатунного механізму:

- сторонні стуки та шуми;
- зниження потужності двигуна;
- підвищена витрата оливи;
- перевитрата палива;
- поява «димув» у відпрацьованих газах;
- низький тиск в головній масляній магістралі;
- значний вміст продуктів зносу в оливі системи мащення.

Стуки та шуми у двигуні виникають внаслідок: підвищеного спрацьовування основних деталей; збільшення зазорів між спряженими деталями, стукоту корінних і шатунних підшипників, поршневих пальців, поршнів; вібрації клапанів; коливання розподільного вала і кулачків від імпульсів крутильних коливань колінчастого вала; коливання газів у впускному і випускному трубопроводах; детонації в бензиновому двигуні; співударяння різних деталей і тертя в рухомих з'єднаннях.

Через спрацьовування поршня й циліндра (збільшення зазору між ними) виникає дзвінкий металевий стук, який добре прослуховується під час роботи холодного двигуна. Різкий металевий стук на всіх режимах роботи двигуна свідчить про збільшення зазору між поршневим пальцем та втулкою головки шатуна. Посилення стуку в разі різкого збільшення частоти обертання колінчастого вала свідчить про спрацьовування вкладишів корінних або шатунних підшипників.

Різкий стук у двигуні, що не припиняється й супроводжується зниженням тиску оливи, свідчить про виплавлення підшипників.

У циліндро-поршневій групі перевіряють такі зазори: між поршнем і кільцем по висоті канавки; у стиках поршневих кілець; між циліндром (гільзою циліндра) і поршнем у верхньому поясі.

У кривошипно-шатунному механізмі перевіряють такі зазори: між корінними шийками колінчастого вала і підшипниками ковзання; між шатунними шийками колінчастого вала і підшипниками ковзання; між поршневими пальцями та втулками верхніх головок шатунів; між ущільнювальними вкладишами та вставками, які обмежують осьове переміщення колінчастого валу.

Характерні несправності механізму газорозподілу:

- нещільне прилягання клапанів до сідел;
- неповне відкривання (закривання) клапанів;
- спрацювання шестерень розподільного вала, штовхачів, напрямних втулок;
- збільшення поздовжнього зміщення розподільного вала;
- спрацювання втулок і осей коромисел.

Оцінюючи технічний стан механізму газорозподілу, перевіряють: фази газорозподілу; зазор між розподільним валом і підшипниками; спрацювання напрямних втулок-клапанів; зазори між клапаном і сідлом клапана, клапаном і приводом клапана, клапаном і коромислом.

При зменшеному зазорі або відсутності його порушується щільність посадки клапана, що приводить до прориву ВГ і «підгоряння» головки клапана і сідла. Нещільність впускного клапана призводить до прориву ВГ у впускний трубопровід, що викликає «хлопки» у повітреочиснику. Причиною «пострілів» у глушнику (випускній трубі) може бути нещільне прилягання впускного клапана до сідла. Збільшення зазору між клапаном і коромислом зменшує наповнення циліндрів повітрям (робочою сумішшю) через зменшення отвору між клапаном і сідлом і тривалістю відкриття клапана. Якщо зазори збільшені, то в зоні розташування клапанів прослуховуються металеві стуки високого тону і частоти незалежно від частоти обертання колінчастого вала.

Найпоширеніші методи діагностування кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів:

- за шумами й вібраціями;
- герметичністю надпоршневого простору циліндрів двигуна.

Діагностування кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів за шумами й вібраціями.

Наближено шуми і стукіт у двигуні можна визначити за допомогою різних стетоскопів (рис. 14). Двигун допускається до експлуатації, якщо стукіт клапанів, штовхачів і розподільного вала на малих обертах холостого ходу помірний. Якщо виявлено стукіт у шатунних і корінних підшипниках колінчастого вала, то двигун до експлуатації не допускається.

Автомобільний стетоскоп - діагностичний прилад для оцінки стану деталей і механізмів двигуна віброакустичним методом. Його виробляють в двох видах:

механічний (рис. 14.1) та електронний (рис. 14.2).

Механічний автомобільний стетоскоп - найпростіший, «бюджетний» прилад, який, зазвичай, застосовують для особистого використання автовласники (просто передає всі шуми).

Для якісної діагностики застосовують електронний автомобільний стетоскоп, який має чутливий мікрофон і дозволяє посилювати або зменшувати звук в навушниках.



Рисунок 14.1 – Механічний стетоскоп



Рисунок 14.2 – Електронний стетоскоп

Стук корінних підшипників прослуховується в площині кріплення картера до остову (корпусу) двигуна, а *шатунних* – на стінках блока циліндрів по лінії руху поршня в місцях, що відповідають верхній і нижній мертвим точкам.

Стук поршневих пальців різко металевий, він зникає, коли вимикають запалювання. Прослуховується у верхній частині блоку циліндрів при різко змінному режимі роботи прогрітого двигуна. Наявність стуку свідчить про підвищений зазор між пальцем і втулкою головки шатуна або про збільшений отвір для пальця в бобищі поршня.

Стук поршнів глухий, клацаючий, він зменшується по мірі прогрівання двигуна. Стук поршнів прослуховується у верхній частині блоку циліндрів з боку, протилежного розподільному валу, якщо двигун недостатньо прогрітий. Наявність стуку свідчить про значне спрацювання поршнів і циліндрів.

Методика проведення діагностики двигуна за допомогою електронного стетоскопу

1. Провести загальний огляд двигуна (його комплектність, наявність підтікання оливи, палива і охолоджуючої рідини, перевірити кріплення двигуна і дротів електроустаткування).

2. Запустити двигун.

3. На непрогрітому двигуні прослухати всі зони, зображені на рис.15. Прослуховування здійснюють торкаючись жалом наконечника звукочутливого стержня в зоні сполучення деталей механізму. Визначити місце виникнення стуку і можливу причину його виникнення.

4. Прогріти двигун до температури оливи в системи мащення 85...90°C.

5. Прослухати всі зони, зображені на рис. 15 на різній частоті (за рекомендаціями викладача) обертання колінчастого вала. Визначити місце виникнення або зникнення стуку та можливу причину цих змін. (Додаток В)

6. Зупинити двигун.

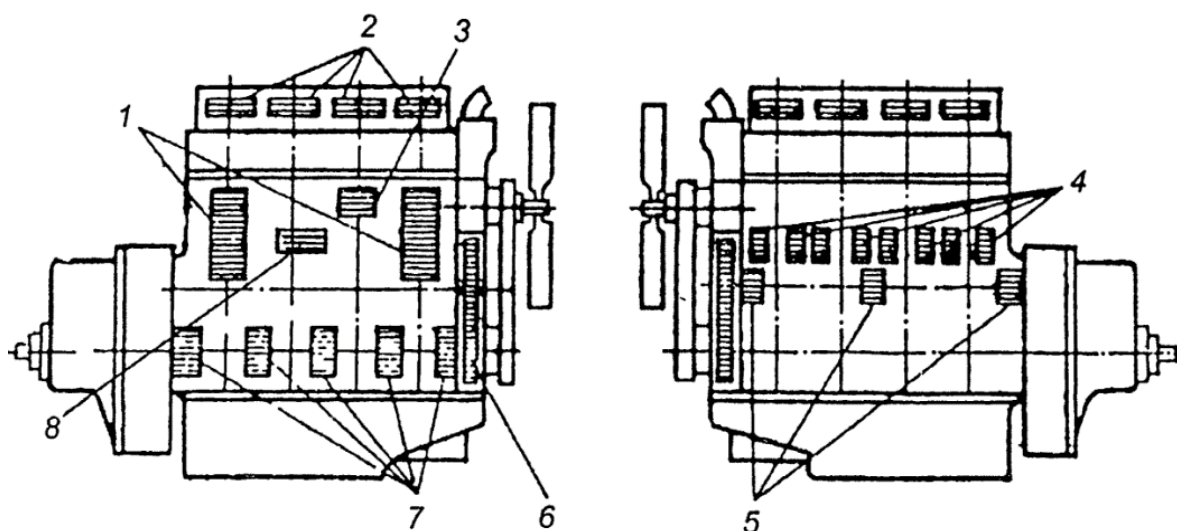


Рисунок 15. – Схема прослуховування двигуна
(на прикладі рядного чотирициліндрового двигуна):

1 – зона поршень-циліндр, 2 – зона коромисло ГРМ-клапан, 3 – зона тарілка клапана-сідло клапана, 4 – зона розподільний вал-штовхач, 5 – зона колінчастий вал-нижня головка шатуна, 6 – зона розподільних шестерен, 7 – зона опорних поверхонь корінних шийок колінчастого вала, 8 – зона поршневий палець-верхня головка шатуна.

Роботу *сполучення поршень - циліндр* прослуховують по всій висоті циліндра (**зона 1**) при малій частоті обертання колінчастого вала (КВ) з переходом на середню – стуки сильного глухого тону, що посилюються зі збільшенням навантаження, свідчать про можливе збільшення зазору між поршнем і циліндром, про вигин шатуна, поршневого пальця і т.і.

Сполучення поршневе кільце – канавка перевіряють на рівні ВМТ (**зона 3**) на середній частоті обертання КВ - слабкий стукіт високого тону свідчить про збільшений зазор між кільцями і канавками поршнів, або про надмірний знос або поломку кільця.

Сполучення поршневий палець - втулка верхньої головки шатуна перевіряють на рівні ВМТ (**зона 3**) при малій частоті обертання КВ з різким переходом на середню. Сильний стукіт високого тону, схожий на «часті удари молотком по ковадлі», свідчить про підвищений знос деталей сполучення.

Роботу *сполучення колінчастий вал - шатунний підшипник* прослуховують (**зона 5**) на малій і середній частотах обертання КВ. Глухий звук середнього тону супроводжує знос шатунних вкладишів.

Стукіт корінних підшипників КВ прослуховують (**зона 7**) (трохи нижче) при різкій зміні частоти обертання КВ (максимальному відкриттям або прикриттям дросельної заслінки або органа дозування палива): сильний глухий стукіт низького тону свідчить про знос корінних підшипників.

Стукіт в клапанних механізмах прослуховують (зона 2), наявність зносу розподільного валу – (зона 4), а зноси розподільних шестерень – (зона 6).

Про ступінь зношеності деталей кривошипно-шатунного механізму можна судити також по падінню тиску оливи в магістралі. Слід мати на увазі, що збільшення зазору в корінних підшипниках на 0,01 мм викликає падіння тиску оливи на 0,1 кг/см².

Порядок виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитися з правилами техніки безпеки.
2. Ознайомитися з будовою та принципом роботи електронного стетоскопа, схемою зон прослуховування та двигуном, що діагностується.
3. Ознайомитися з методикою проведення діагностування двигуна за допомогою електронного стетоскопа.
4. Провести діагностування двигуна згідно наведеної методики.
5. Результати вимірювань звести в табл. 1.
6. Зробити висновок про технічний стан за результатами прослуховування двигуна.

Таблиця 1

Результати прослуховування двигуна _____ .
марка двигуна

Зона прослуховування	Результат прослуховування (характер стуку)	Висновок
Зона 1		
Зона 2		
Зона 3		
Зона 4		
Зона 5		
Зона 6		
Зона 7		
Зона 8		

Контрольні запитання

1. За допомогою яких приладів прослуховують двигун при його роботі?
2. При яких частотах обертання двигуна прослуховують роботу сполучення поршень-циліндр?
3. При яких частотах обертання двигуна прослуховують роботу сполучення поршневе кільце-канавка?
4. При яких частотах обертання двигуна прослуховують роботу сполучення поршневий палець-втулка верхньої головки шатуна?
5. При яких частотах обертання двигуна прослуховують роботу сполучення колінчастий вал-шатунний підшипник?
6. При яких частотах обертання двигуна прослуховують роботу сполучення колінчастий вал-корінний підшипник?
7. Що є причиною стуку клапанів?
8. Яким чином можна визначити шуми і стукіт у двигуні?

Лабораторно-практична робота №2

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ПО ГЕРМЕТИЧНОСТІ НАДПОРШНЕВОГО ПРОСТОРУ ЦИЛІНДРІВ

Мета роботи: вивчення діагностичних приладів та методики проведення діагностики двигуна застосуванням компресіметра.

Обладнання: двигун з іскровим запалюванням або дизель, компресіметр, шприц на 20мл, моторна олива.

Завдання:

1. Ознайомитися з будовою компресіметра.
2. Вивчити правила користування і порядок роботи з компресіметром.
3. Провести вимірювання компресії в циліндрах двигуна.
4. За отриманими результатами вимірювань зробити висновок про стан циліндро-поршневої групи і клапанів газорозподільчого механізму та встановити можливі несправності.
5. Скласти звіт про виконану роботу.
6. Відповісти на контрольні питання.

Теоретичні відомості

Компресія - тиск в циліндрі в кінці такту стискання залежить від ступеня стискання, герметичності надпоршневого простору, в'язкості оливи, частоти обертання колінчастого вала, герметичності клапанів. Компресію перевіряють компресіметром (рис.16.1).

Призначення і будова компресіметра. Компресіметр призначений для вимірювання тиску, що розвивається в циліндрі двигуна в кінці такту стиснення (компресії). Вимірювання компресії в циліндрах є найбільш простим і дешевим, а тому широко поширеним способом діагностування двигуна. Компресіметр (рис. 1.2) являє собою манометр 1 зі зворотним клапаном 4, який з'єднується з надпоршневим простором через свічний отвір за допомогою гумового шланга 5 з наконечником 6. Він дозволяє виміряти кінцеву величину тиску, а також наочно оцінити динаміку його наростання протягом декількох оборотів колінчастого вала, що є важливою інформацією для діагноста.

Вимірювання компресії можна виконувати як при повністю відкритій, так і закритій дросельній заслінці. Кожен з цих способів визначає «свої» дефекти.

Вимірювання компресії з повністю відкритою заслінкою дозволяє виявити:

- поломки та прогари поршнів;
- «залягання» кілець в канавках поршня;
- деформації або прогар клапанів;
- серйозні пошкодження поверхні циліндра.

Вимірюючи компресію із закритою заслінкою, вдається визначити:

- не цілком задовільне прилягання клапана до сідла;
- зависання клапана;
- дефекти профіля кулачка розподільного вала в конструкціях з гідро

штовхачем (наприклад, знос, биття тильного боку кулачка).

Проводячи вимірювання компресії, в більшості випадків, слід розглядати отримані результати як відносні, а абсолютні значення компресії не оцінюють. Це дозволяє виключити помилки при оцінці технічного стану в цілому справного двигуна.

Деякі рекомендації (для аналізу можливих відхилень) виходячи з отриманих результатів заміру компресії в двигуні з іскровим запалюванням. (Додаток Г).

Тиск у кожному циліндрі при стисканні не повинен бути нижче вказаного у табл. 2, та в різних циліндрах не повинен відрізнятись більше чим на 100 кПа.

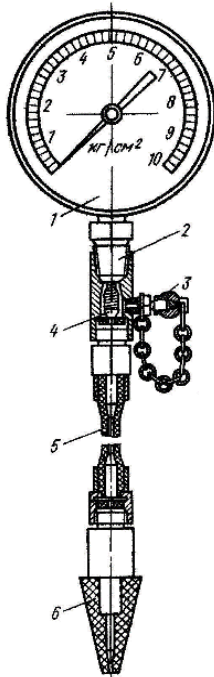


Рисунок 16.1 –
Компресіметр;
1 – манометр; 2 – штуцер;
3 – ковпачкова гайка; 4 –
зворотний клапан; 5 –
гумовий шланг; 6 – гумовий
наконечник

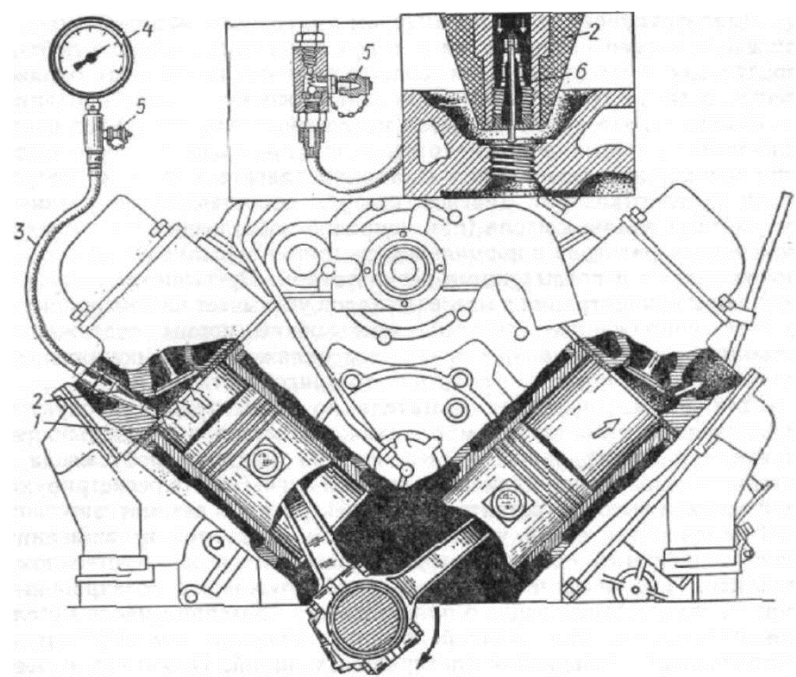


Рисунок 16.2 – Схема перевірки компресії:
1 – головка циліндрів; 2 – гумовий наконечник;
3 – шланг; 4 – манометр; 5 – клапан випуску
повітря; 6 – золотник

Таблиця 2

Тиск у кінці такту стискання у циліндрах двигуна

Двигун	Тиск, не менше, МПа
MeM3-245	1,2
BA3-2101, -2103, -21011, -2106	1,2
BA3-2108	1,0
УЗАМ-331.10	0,9
ЗМЗ-402	1,0
УАЗ-451, -451М	0,7...0,75

Методика проведення діагностики двигуна за допомогою компресіметра

1. Провести загальний огляд двигуна (його комплектність, наявність підтікання оливи, палива і охолоджуючої рідини, перевірити кріплення двигуна і дротів електроустаткування).

2. Запустити двигун та прогріти його до температури охолодної рідини близько 80...90°C. Після його зупинки, повністю відкрити дросельну й повітряну заслінки (двигуні з іскровим запалюванням).

3. Загальмувати автомобіль, якщо діагностування виконується на автомобілі, за допомогою ручного гальма і встановити важіль КПП у нейтральне положення. Поставити упор проти відкоту.

4. Від'єднати дроти від свічок запалювання, вивернути всі свічки запалювання. Демонтувати всі форсунки (дизелі), забезпечивши злив з них палива в окрему ємність.

5. Відключити систему запалювання:

– замкнути центральний високовольтний провід на «масу» (контактна система запалювання);

– зняти роз'єм з датчика-розподільника запалювання (безконтактна система запалювання);

– зняти роз'єм з модуля запалювання (мікропроцесорна система запалювання).

6. За наявності автомобіля з системою впорскування легкого палива слід відключити бензонасос. У двигуна з карбюраторною системою паливоподачі від'єднати подачу палива на бензонасос.

7. Вставити гумовий наконечник компресіметра в отвір свічки першого циліндра і щільно притиснути для забезпечення герметичності камери згорання. Можливо використовувати різьбові наконечники (вкручуючи їх або в отвір під свічку, або встановлювати під форсунку). За наявності дизеля з форкамерою слід використовувати перехідник. Прокручувати стартером двигун до тих пір, поки тиск в циліндрі не стабілізується. Стартер не тримати ввімкненим більше 10с. Після кожного прокручування зачекати 2 хв.

8. Після перевірки компресії чергового циліндра встановити стрілку на «0». Для цього натиснути зворотний клапан компресіметра.

9. За наявності реєструючого приладу натиснути кнопку для здійснення зсуву реєструючого бланка на один інтервал.

10. Провести перевірку компресії в решті циліндрів двигуна. Компресія у всіх циліндрах двигуна повинна бути 0,8...1,2МПа в двигунах з іскровим запалюванням. У дизелів компресія повинна бути 2,0...3,5МПа, або за даними заводу-виробника. Різниця показань манометра в окремих циліндрах не повинна перевищувати 0,1МПа для двигунів з іскровим запалюванням і 0,2МПа – для дизелів. Якщо в дизелях компресія в якому-небудь циліндрі або у всіх циліндрах нижче передбаченої заводом-виробником, то цей ДВЗ вважається дефектним.

11. При виявленні циліндра із зниженою компресією слід залити в нього 20 мл моторної оливи. У дизеля (за наявності вихрекамерного розпилювання), щоб уникнути гідроудару слід залити не більше 10мл. Потім відразу перевірити

компресію.

Якщо при повторній перевірці компресії після заливки оливи значення компресії збільшилося, то це свідчить про наявність зносу циліндро-поршневої групи або «залягання» кілець. Якщо значення компресії залишилися тими самими, то це свідчить про дефект клапанів або дефект прокладки головки блоку циліндрів.

12. Після вимірювань компресії з повністю відкритою дросельною заслінкою провести аналогічні вимірювання з закритою дросельною заслінкою.

13. Зупинити двигун.

Порядок виконання лабораторної роботи

7. Ознайомитися з правилами техніки безпеки.

8. Ознайомитися з будовою та принципом роботи компресіметра.

9. Ознайомитися з методикою проведення діагностування двигуна за допомогою компресіметра.

10. Провести діагностування двигуна згідно наведеної методики.

11. Результати вимірювань занести в табл. 3.

12. Зробити висновок про технічний стан двигуна (стан циліндро-поршневої групи і клапанів газорозподільного механізму двигуна).

Таблиця 3

Результати вимірювань компресії двигуна _____
марка двигуна

Марка двигуна	Вимірювання компресії по циліндрах, МПа								Оцінка витоків по циліндрах, %				Можливі місця витоків по циліндрах			
	з відкритою заслінкою				із закритою заслінкою											

Контрольні запитання

1. Дати визначення поняттям «ступінь стискання» і «компресія».

2. Перелічити основні деталі двигуна, зношування яких спричиняє зниження компресії двигуна.

3. Перерахувати дефекти і несправності двигуна внутрішнього згорання, які виявляються за допомогою компресіметра.

4. Перерахувати умови, необхідні для проведення коректних вимірювань компресії.

5. Принцип роботи та будова компресіметра.

6. Розповісти про призначення та складові компресіметра.

7. Як провести діагностування двигуна за герметичністю надпоршневого простору циліндрів двигуна?

8. Як проводиться діагностика газорозподільного механізму?

9. Які основні несправності кривошипно-шатунного механізму і які способи їх виявлення?

Лабораторно-практична робота № 3

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМИ ПАЛИВОПОДАЧІ ДВИГУНА З ЕЛЕКТРОННОЮ СИСТЕМОЮ УПРАВЛІННЯ

Мета роботи: вивчення методики визначення технічного стану системи паливоподачі двигунів з впорскуванням та отримання навичок в діагностуванні двигуна.

Обладнання: об'єкт дослідження (двигун з розподіленою системою впорскування і електронною системою управління двигуном), манометр паливний МДФ-1.

Завдання:

1. Ознайомитися з будовою системи паливоподачі двигунів з впорскуванням.
2. Вивчити правила користування і порядок роботи з приладом для вимірювання тиску палива.
3. Провести діагностування системи паливоподачі двигуна з системою впорскування.
4. За отриманими результатами вимірювань визначити причини можливих несправностей за характерними їх ознаками, дати оцінку технічного стану системи паливоподачі двигуна
5. Скласти звіт про виконану роботу.
6. Відповісти на контрольні питання.

Теоретичні відомості

Будова системи паливоподачі розподіленого впорскування

На рис 17 представлена загальна схема системи паливоподачі розподіленого впорскування. В даний час система розподіленого впорскування найбільш поширена і встановлюється на більшість автомобілів вітчизняного та іноземного виробництва.

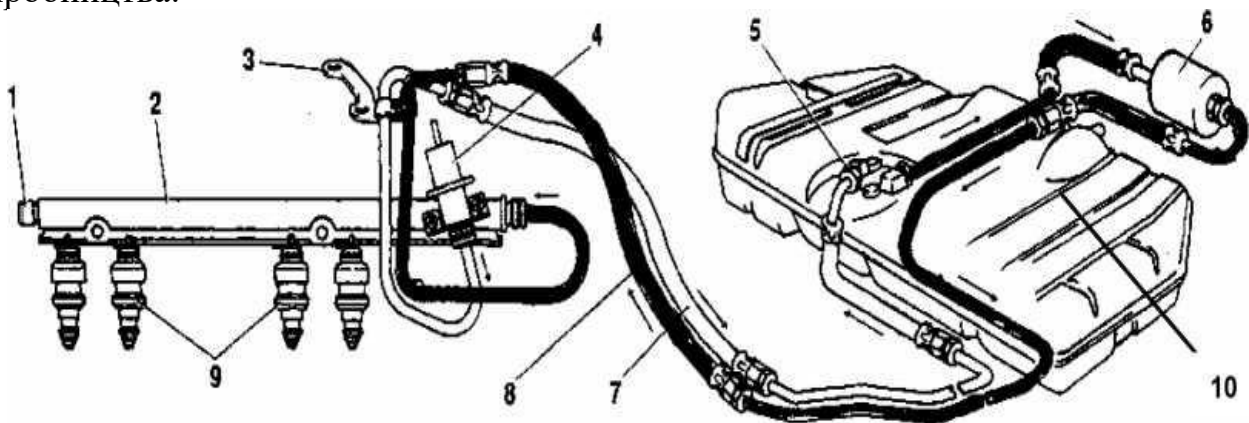


Рисунок 17 – Система паливоподачі з розподіленим впорскуванням:

- 1 - штуцер для контролю тиску палива; 2 - паливна рампа; 3 - кронштейн кріплення паливних трубок; 4 - регулятор тиску палива; 5 - електробензонасос; 6 - паливний фільтр; 7 - зливний паливопровід; 8 - подаючий паливопровід; 9 - форсунки; 10 - паливний бак

Система складається з паливного бака 10 (рис. 17), всередині якого в спеціально відведеній секції встановлюється електробензонасос (ЕБН) 5. Під час роботи його електродвигун охолоджується бензином. Електробензонасос забезпечує подачу палива під тиском $2,9 \dots 3,3 \text{ кгс/см}^2$ ($2,84 \dots 3,25 \text{ бар}$) з паливного бака через магістральний паливний фільтр 6 на рампу 2 форсунок 9.

Паливна рампа 2 призначена для розподілу палива по форсунках і служить як накопичувач. На торцевій частині рампи встановлений штуцер 1 для вимірювання тиску палива в рампі.

Паливний бак має плоску форму, що необхідно враховувати. Якщо бензину в баку недостатньо, то при нахилі автомобіля або при поворотах можливо, що ЕБН виявиться вище рівня бензину, тобто буде без охолодження.

Паливні форсунки 9 це електромагнітні клапани, що відкриваються при подачі імпульсу від електронного блоку управління (ЕБУ). Від тривалості імпульсу залежить кількість палива, що впорскується. Конус розпилу (факел) палива форсункою захоплює впускний клапан, який при цьому закритий. Паливні форсунки закріплені на рампі за допомогою пружинних фіксаторів.

На рампі кріпиться регулятор тиску палива (РТП) 4.

Призначення РТП - підтримувати постійний перепад тиску на форсунках, з одного боку тиск палива, з іншого тиск (розрідження) у впускному трубопроводі (рис 18). Без підтримки постійного перепаду кількість палива, що впорскується форсунками палива при однаковій тривалості імпульсу, що надходить від електронного блоку управління ЕСУД, була б різною. У впускному трубопроводі тиск зменшується при закритті дросельної заслінки і збільшується при її відкриванні.

На мембрану 4 (рис. 18) з одного боку впливає тиск палива (порожнину *A*), а з іншого - тиск пружини і тиск (розрідження), підведене з впускного трубопроводу. При падінні тиску у впускному трубопроводі мембрана, прогинаючись, стискає пружину, відкриває клапан 5 і бензин зливається в паливний бак. Місця підведення бензину і злив в паливний бак показані стрілками (рис. 15). При несправності РТП тиск палива підвищується або знижується, що порушує нормальну роботу двигуна.

Регулятор не розбирається і не ремонтується.

Робота системи паливоподачі розподіленого впорскування

При включеному стартері або працюючому двигуні бензонасос працює безперервно до тих пір, поки ЕБУ отримує сигнал від датчика положення колінчастого валу (ДПКВ) ЕСУД. При включенні тільки запалювання сигнал від ДПКВ на ЕБУ не надходить, і включення бензонасоса відбувається на 2с, після чого він відключається. Після трьох таких короткочасних включень чергове включення бензонасоса відбувається тільки з початком обертання колінчастого вала. Електробензонасос 5 (рис. 17) через паливний фільтр 6 подає паливо по паливопроводу 8 в рампу 2 форсунок, де регулятором 4 підтримується постійний перепад тиску палива на форсунках 9.

Надлишок палива через шланг зливного паливопроводу 7 повертається в паливний бак.

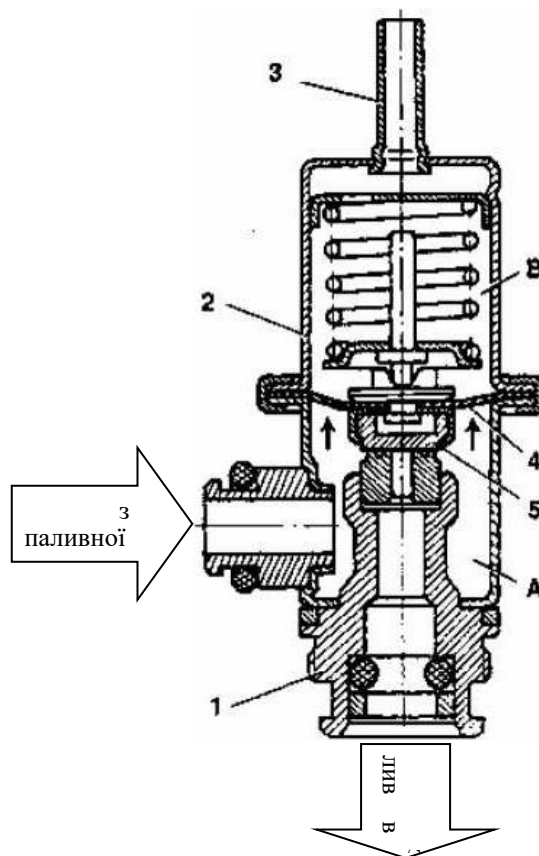


Рисунок 18 – Регулятор тиску палива:

1 - корпус; 2 - кришка; 3 - патрубок для вакуумного шланга; 4 - мембрана;
5 - клапан; А - паливна порожнина; В - вакуумна порожнина.

Регулятор тиску 4 за допомогою вакуумного шланга (рис. 18) з'єднаний з впускним трубопроводом двигуна, в результаті цього регулятор компенсує збільшення навантаження двигуна збільшенням тиску палива в рампі при збільшенні тиску у впускному трубопроводі. При зменшенні тиску у впускному трубопроводі (зменшенні відкриття дросельної заслінки) регулятор зменшує тиск палива, скидаючи його надлишок в паливний бак. При непрацюючому двигуні і включеному бензонасосі тиск палива в системі становить $2,9...3,3 \text{ кгс/см}^2$ ($284...325 \text{ кПа}$). При роботі двигуна на холостому ході тиск зменшується на $0,2...0,7 \text{ кгс/см}^2$ ($21...69 \text{ кПа}$) за рахунок розрідження, створюваного у впускному трубопроводі.

Для проведення діагностики паливної системи електробензонасос може бути включений без пуску двигуна і включеному запалюванні. Це забезпечується подачею напруги від акумуляторної батареї (АБ) на контакт «G» колодки діагностики (рис. 19).

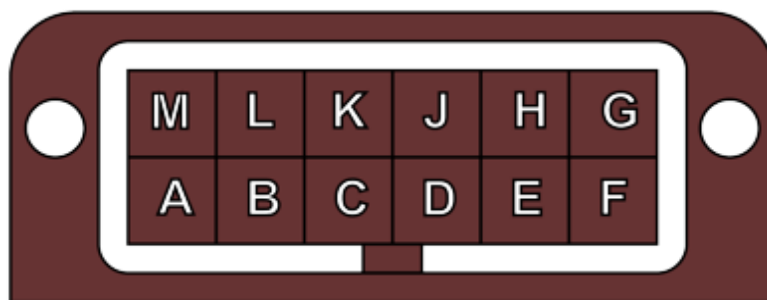


Рисунок 19 – OBD1 (GM12) конектор прямокутної форми (12 контактів):
 А - маса; В - L-лінія діагностики; D - CO-потенціометр; G - управління бензонасосом; H - живлення +12В; М - K-лінія діагностики

Ознаки несправності системи паливоподачі

При несправності елементів системи паливоподачі проявляються такі ознаки:

- двигун не пускається або пускається важко;
- двигун на холостому ходу працює нестійко або може «глухнути» відразу після пуску;
- при роботі під навантаженням спостерігається зниження потужності двигуна і прийомистості;
- при роботі під навантаженням відбуваються ривки, провали, затримки.

Методика проведення оцінки технічного стану системи паливоподачі двигуна

1. Перевірити електричні ланцюги бензонасоса, форсунок і системи запалювання (в даній роботі не розглядається).

2. Перевірити тиск палива і працездатність системи.

Скинути тиск палива в системі. Вимкнути запалювання. Вивернути золотник з штуцера 1 (рис. 14) на торці рампи форсунок. Щоб уникнути можливого витікання палива штуцер слід обернути серветкою. Одягти на штуцер і закріпити хомутом шланг з манометром. Для цього можна використовувати манометр зі шлангом з внутрішнім діаметром 10 мм.

Включити бензонасос на 10с, подавши від АБ напругу +12В на контакт «G» колодки діагностики (рис. 16). Протягом цих 10с тиск палива повинен бути в межах $2,9...3,3 \text{ кгс/см}^2$ ($284...325 \text{ кПа}$). Якщо тиск менше $2,9 \text{ кгс/см}^2$ (284 кПа) необхідно виконати перевірку (пункт № 6 див. нижче). Якщо тиск більше $3,3 \text{ кгс/см}^2$ (325 кПа) необхідно виконати перевірку пункт № 7.

3. Перевірити герметичність системи.

Для цього необхідно контролювати зменшення тиску після виключення бензонасоса за показниками манометра. Тиск палива може незначно зменшитися і потім має стабілізуватися. Якщо тиск не стабільний виконати перевірку пункт № 5.

4. Перевірити працездатність регулятора тиску палива.

Для цього необхідно пустити двигун. Він повинен працювати в режимі холостого ходу.

Від'єднати вакуумний шланг від регулятора тиску. Тиск палива повинен

знаходиться в межах $2,9 \dots 3,3 \text{ кгс/см}^2$ ($284 \dots 325 \text{ кПа}$). Приєднати вакуумний шланг до регулятора тиску. Тиск палива має зменшитися щодо попереднього значення на $0,2 \dots 0,7 \text{ кгс/см}^2$. Якщо це не так, то необхідно перевірити герметичність вакуумного шланга або самого регулятора тиску. Якщо тиск зменшився - регулятор тиску технічно справний і перевірка закінчена.

5. Визначити причину негерметичності системи паливоподачі. Проводиться, якщо тиск продовжує зменшуватися пункт № 3). Знову включити бензонасос на 10с, подавши напругу +12В від АБ на контакт «G» колодки діагностики (рис. 16). Відразу після виключення бензонасоса повністю перетиснути гумовий шланг зливного паливопроводу 7. Контролювати, чи стабілізується тиск палива після стискання шланга.

Якщо тиск стабілізується перевірити герметичність і з'єднання паливопроводу між регулятором тиску і паливним баком.

Якщо тиск не стабілізується визначити і замінити негерметичну паливну форсунку. Це робиться перевіркою свічок на нагар або на намокання.

Якщо таким способом визначити негерметичну форсунку не вдасться, то слід перевірити герметичність форсунок на спеціалізованому діагностичному стенді.

6. Визначити причину зниженого тиску палива.

Проводиться, якщо тиск нижче $2,9 \text{ кгс/см}^2$ (284 кПа) пункт № 2. Знову включити бензонасос, подавши напругу +12В від АБ на контакт «G» колодки діагностики. При працюючому бензонасосі поступово, але не до кінця, віджимати шланг зливного паливопроводу 7, одночасно спостерігаючи за показаниками манометра.

Якщо тиск зростає понад 325 кПа замінити регулятор тиску.

Якщо тиск залишається нижче $2,9 \text{ кгс/см}^2$ (284 кПа) - перевірити герметичність паливопроводу, наявність ослаблених з'єднань, паливний фільтр і сітку паливоприймача бензонасоса на забруднення. Якщо все справне, то замінити бензонасос.

7. Визначити причину підвищеного тиску палива.

Проводиться, якщо тиск більше $3,3 \text{ кгс/см}^2$ (325 кПа) (див. пункт № 2).

Скинути тиск в системі подачі палива. Від'єднати гумовий шланг 7 від сталевий трубки, що веде до паливного баку. Опустити шланг 7 в ємність для збору бензину. Включити бензонасос, подавши напругу +12В від АБ на контакт «G» колодки діагностики.

Якщо тиск більше $3,3 \text{ кгс/см}^2$ (325 кПа), визначити місце обмеження проходу бензину по зливному паливопроводу до паливного баку та усунути перешкоду.

Якщо тиск продовжує залишатися вище $3,3 \text{ кгс/см}^2$ (325 кПа) замінити регулятор тиску.

Порядок виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитися з правилами техніки безпеки.
2. Ознайомитися з будовою та принципом роботи системи паливоподачі з розподіленим впорскуванням палива двигуна, що досліджується.
3. Ознайомитися з методикою визначення технічного стану системи паливоподачі двигунів з впорскуванням.
4. Провести діагностування двигуна згідно наведеної методики.
5. Результати вимірювань занести в табл. 4.
6. Зробити висновок про технічний стан системи паливоподачі з розподіленим впорскуванням двигуна, що досліджується.

Таблиця 4

Діагностична карта двигуна _____
марка двигуна

№ з/п	Найменування параметра, що діагностується (контролюється)	Граничне або номінальне значення	Вимірне значення	Відповідність нормі	Технічний висновок

Контрольні запитання

1. Поясніть будову і роботу системи паливоподачі з розподіленим впорскуванням.
2. Призначення електромагнітної форсунки.
3. Як поділяються форсунки в системі впорскування за призначенням і за способом кріплення?
4. Поясніть будову паливного фільтра системи паливоподачі.
5. Поясніть призначення і будову паливної рампи.
6. Поясніть будову і принцип дії регулятора тиску палива.
7. Призначення регулятора тиску палива?

Лабораторно-практична робота № 4

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ ДВЗ ПО КРАПЕЛЬНІЙ ПРОБІ МОТОРНОЇ ОЛИВИ

Мета роботи: вивчення методики визначення технічного стану системи мащення двигуна внутрішнього згорання та організації і проведення робіт з її технічного обслуговування, отримання навичок в діагностуванні двигуна.

Обладнання: об'єкт дослідження (двигун з розподіленою системою впорскування і електронною системою управління двигуном або дизель), прилади, що використовуються для діагностування системи мащення та інструкції щодо їх застосування.

Завдання:

1. Ознайомитися з принципом дії, конструктивними особливостями та правилами технічної експлуатації системи мащення ДВЗ.
2. Провести діагностику стану моторної оливи ДВЗ по краплинній пробі (експрес-аналіз моторної оливи по краплі, взятої за допомогою щупа з картера двигуна).
3. За отриманими результатами оцінити технічний стан системи мащення ДВЗ.
4. Скласти звіт про виконану роботу.
5. Відповісти на контрольні питання.

Теоретичні відомості

Основне призначення системи мащення – підведення оливи до поверхонь тертя сполучених деталей двигуна та очищення оливи від продуктів зносу і нагару. Олива, що надходить до поверхонь тертя зменшує знос в сполучених деталях і механічні втрати на тертя, ущільнює зазори між елементами тертя, охолоджує поверхні тертя. У сучасних двигунах застосовують комбіновані системи мащення, у яких олива до поверхонь тертя одних деталей подається під тиском від насоса, а до інших - розбризкуванням і самостіканням (самопливом).

Взаємне переміщення рухомоз'єднаних деталей під час роботи двигуна супроводжується їх тертям. Залежно від стану поверхонь, що дотикаються, тертя може бути сухим, граничним або рідинним (рис. 20).

Сухе тертя характеризується тим, що робочі поверхні деталей абсолютно сухі й безпосередньо дотикаються одна до одної. Робота механізмів супроводжується руйнуванням мікровиступів з'єднаних поверхонь, значними втратами механічної енергії і виділенням теплоти. Сухе тертя викликає підвищене нагрівання деталей і прискорює їх зношування.

Для зменшення сили тертя і температури поверхонь сполучених деталей двигуна, між їх поверхнями тертя вводять шар оливи. Тертя між робочими поверхнями, відокремленими шаром оливи, називають *рідинним*. При цьому виключається безпосередній контакт поверхонь, зменшується потрібна для взаємного переміщення деталей сила та значно знижується їх спрацювання. Тертя, коли робочі поверхні відокремлені лише тонкою плівкою оливи, яка утримується

силами молекулярного тяжіння, називають *граничним*.

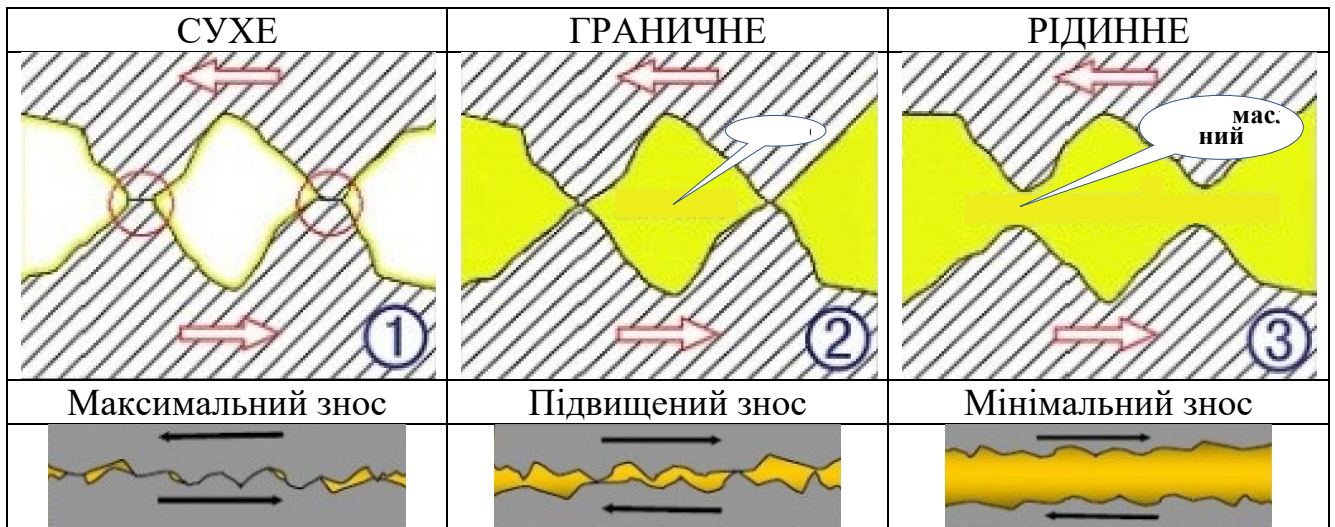


Рисунок 20 – Режими тертя

Відповідно до гідродинамічної теорії мащення олива переноситься валом з широкої частини (рис. 21) до вузької. Через нездатність до стиснення вона намагається витекти з-під поверхонь, чому протидіють сили в'язкості. Із зменшенням зазору між тертьовими поверхнями процес утруднюється, для видавлювання оливи необхідний все більший тиск. Максимальний тиск створюється у зоні найменшого зазору. Отже, шар оливи, що відокремлює вал і підшипник, буде носієм. Вал із збільшенням частоти обертання намагається зайняти таке положення, коли його вісь наближається до центра підшипника. Надійність забезпечення рідинного тертя залежить від в'язкості оливи, швидкості руху поверхонь і навантаження на них. Рідинне тертя зменшує витрати енергії на подолання сил опору руху в 10...15 разів

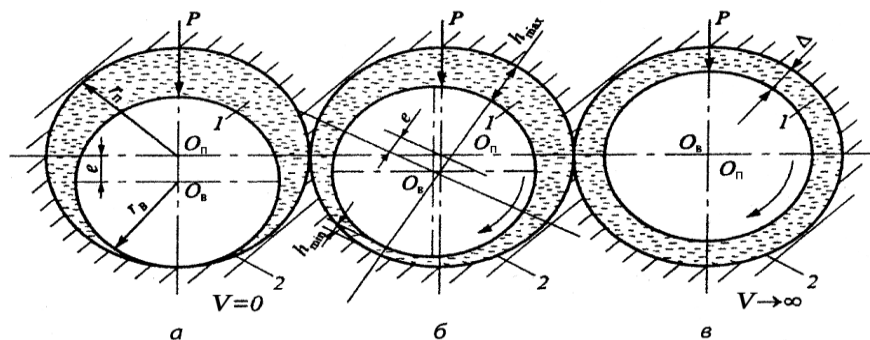


Рисунок 21 – Формування масляного клина у підшипниках ковзання колінчастого вала при зміні його частоти обертання:

- а — при нерухомому валі ($V=0$); б — при рідинному (гідродинамічному) змазуванні; в — при $V \rightarrow \infty$ (O_n і O_b — відповідно, центри підшипника і вала;
- е — ексцентриситет; р — навантаження на вузол тертя; r_n і r_b — відповідно радіуси підшипника і вала; V — швидкість обертання вала; Δ — зазор між валом і підшипником; h — товщина мастильного шару).

Систему мащення, в якій використовують різні способи підведення оливи до поверхонь тертя, називають комбінованою.

На сучасних ДВЗ транспортних засобів застосовується комбінована система мащення, яка забезпечує *під тиском* мащення корінних і шатунних підшипників колінчастого вала, підшипників розподільного вала, валів і коромисел клапанів. Циліндри, поршні, розподільні шестерні та інші деталі змащуються *розбризкуванням*. Штанги, поверхні штовхачів і кулачків розподільного вала змащуються самопливом.

Загальна схема роботи комбінованої системи мащення дизеля.

Через заливну горловину 16 (рис. 22) олива заливається в піддон картера, який є резервуаром для оливи (мокрый картер). Рівень оливи в піддоні картера заміряють масломірною лінійкою, на якій є дві мітки, позначені буквами «П» і «Н» або без них. Рівень оливи повинен бути в межах цих міток. З піддона картера олива зливається через отвір, який закривається різьбовою пробкою 17.

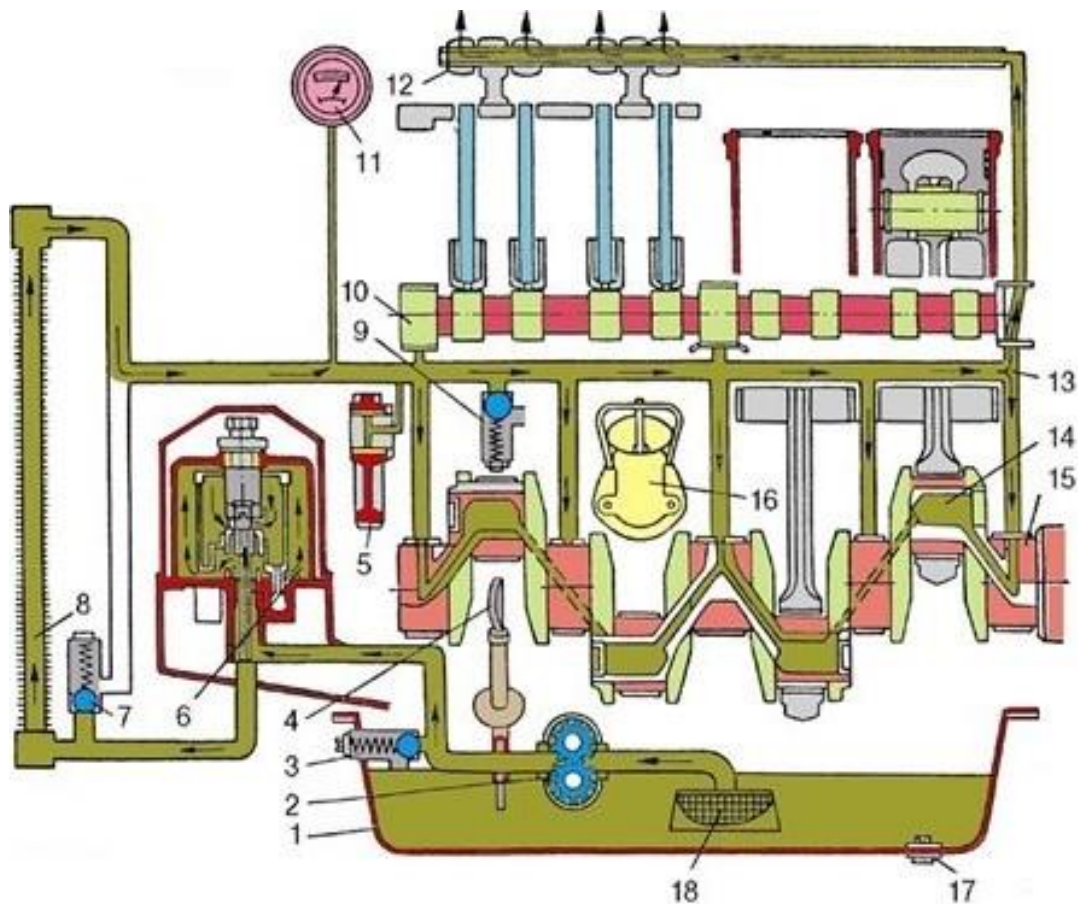


Рисунок 22 – Схема системи мащення дизеля:

1- масляний піддон, 2- масляний насос, 3-7, 9 - редуційні клапани, 4- масломірна лінійка (стрижень), 5- проміжна шестірня, 6- масляний фільтр (центрифуга), 8 - масляний радіатор, 10- розподільний вал, 11- манометр, 12- валик коромисел, 13- головний масляний канал, 14- порожнина шатунної шийки, 15- колінчастий вал, 16- маслозаливна горловина, 17- пробка зливного отвору, 18- маслоприймач.

При роботі дизеля обертання від колінчастого вала через проміжну шестерню передається на шестерні масляного насоса 2. Шестерні насоса обертаються, утворюючи в трубці від масляного насоса до маслоприймача 18 розрідження. Під дією розрідження олива надходить з піддона картера через маслоприймач до шестерень насоса. У маслоприймачі здійснюється попереднє очищення оливи.

Шестернями насоса олива нагнітається і подається під тиском по каналу до масляного фільтра 6. Якщо фільтр не працює або забитий канал, то тиск оливи в каналі підвищується; кулька редукційного клапана 3 стискує пружину, і олива через редукційний клапан надходить знову в піддон картера. Якщо фільтр діє, то він очищає оливу від металевих і мінеральних часточок (тонка очистка оливи).

Після фільтра масляний потік розділяється на дві частини: більша частина оливи по трубопроводу потрапляє до масляного радіатора 8, а менша для приведення в дію фільтра — стікає в піддон картера.

При нормальному температурному режимі двигуна олива в радіаторі охолоджується і надходить в головний масляний канал. Якщо трубки радіатора забиті або зростає опір проходженню оливи в умовах низьких температур через його надмірну в'язкість, то редукційний клапан 7 спрацьовує і перепускає потік оливи повз радіатора в головний масляний канал.

Від головного масляного каналу по внутрішніх каналах і отворах в блок-картері олива надходить під тиском для мащення підшипників проміжної шестерні 5, корінних шийок колінчастого вала 15, опорних шийок розподільного вала 10, вала коромисел 12. По внутрішніх каналах у щоках і корінних шийках колінчастого вала олива потрапляє до порожнин шатунних шийок і підшипників. У деяких двигунів олива по отворах у стержні шатуна надходить для мащення поршневого пальця і підшипника верхньої головки шатуна. Тиск оливи в головному каналі вимірюється манометром 11, встановленому на щитку приладів. При підвищенні тиску в головному каналі спрацьовує редукційний клапан 9.

В порожнинах шатунних підшипників під дією відцентрових сил олива очищується від сторонніх домішок, які осідають на стінці порожнини у вигляді спресованої маси. Маса з порожнин видаляється при капітальному ремонті двигуна. Для змащення вала коромисел олива йде по каналах в головці блока, проходить радіальний отвір в опорній шийці розподільного вала і потім по отворах — у порожнину вала, а звідти через отвори надходить до втулок коромисел і від них — до регулювальних гвинтів і штанг.

Олива, яка витискається із підшипників вала коромисел, розбризкується коромислами, і в об'ємі між головкою блока і кришкою головки блока утворюється масляний туман. Масляним туманом змащуються зовнішні поверхні деталей, які розташовані в цьому об'ємі, штанги і поверхні головки блока та її кришки. Олива, яка витісняється із підшипників розподільного і колінчастого валів у вигляді краплин, повертається в піддон картера. Краплини оливи розбиваються колінчастим валом, який обертається, до туманоподібного стану. Масляним туманом, утвореним в картері, змащуються зовнішні поверхні колінчастого і розподільного валів, штовхачі, штанги, шатуни, гільзи циліндрів, поршні і поверхні блок-картера.

Основні несправності системи мащення, що виникають на етапі експлуатації двигуна внутрішнього згорання:

- ✓ відсутність тиску оливи.
- ✓ понижений або підвищений тиск оливи.
- ✓ попадання охолоджуючої рідини в систему мащення.
- ✓ підтікання оливи.

Зовнішні ознаки несправностей: зміна рівня оливи в картері двигуна, зниження тиску і в'язкості, зміна кольору і структури оливи.

Синій відтінок відпрацьованих газів указує на згорання оливи в циліндрах із-за сильного зносу поршневих кілець, гільз, поршнів і т.і.

Відсутність тиску оливи можливо: через витікання оливи з піддону картера двигуна, наприклад при його пробі від удару, при розриві магістральних маслопроводів, шлангів, пошкодженні масляного радіатора; через порушення електричного ланцюга, виходу з ладу датчика чи покажчика тиску оливи; через несправність привода масляного насоса.

Основними причинами зниження тиску оливи можуть бути: втрата початкових фізико-хімічних властивостей; недостатній рівень оливи; великі зазори між шийками колінчастого вала і вкладишами; спрацювання шестерень масляного насоса; заїдання редукційного клапана у відкритому положенні; пошкодженні покажчика тиску оливи та ін.

Основними причинами підвищення тиску оливи можуть бути: забруднення масляних магістралей, фільтрів, а також при використанні дуже в'язких моторних олів при низькій температурі з одночасним заїданням редукційного клапана (у вузькому каналі клапану за звичай збираються продукти зносу і смола, утворюючи в'язку масу, що призводить до заїдання клапана).

Попадання охолоджуючої рідини в систему мащення можливо через: пошкодження ущільнюючих кілець гільз в блоці циліндрів; пошкодження прокладки головки блока циліндрів; утворення тріщини на гільзі та головці блока циліндрів.

Підтікання оливи виникає в місці нещільного затягування штуцерів і пробок або через тріщини в маслопроводах.

Зміна властивостей оливи системи мащення двигуна і оцінка її якості на етапі експлуатації двигуна

При експлуатації двигуна під впливом різних факторів (рис. 23) олива втрачає свої початкові фізико-хімічні властивості (старіє). Частина забруднюючих домішок біля 0,08...0,23% утворюється при виготовленні ДВЗ, потрапляють в двигун безпосередньо при заправці системи мащення, накопичуються в оліві в процесі його транспортування та\або зберігання.



Рисунок 23 – Фактори, що призводять до забруднення моторної оливи

Забруднення моторної оливи за характером походження бувають органічними і неорганічними.

Частинки *органічних* забруднень (розміром трохи більше 2 мкм) потрапляють в оливу з камери згорання двигуна (продукти неповного згорання палива), а також утворюються при термічному розкладанні, окисленні і полімеризації оливи.

До *неорганічних* забруднень відносяться: технологічні забруднення (стружка, абразив), що залишилися в двигуні після його виготовлення; частинки пилу, що потрапили в двигун через маслосаливну горловину (з повітрям); продукти зносу деталей двигуна (розміром 0,5...1 мкм); продукти спрацювання зольних присадок в маслах; вода, сполуки сірки і свинцю, що проникають в оливу з камери згорання двигуна.

При старінні оливи змінюються, практично, всі їх фізико-хімічні та експлуатаційні властивості: в'язкість, температура спалаху, коксоутворення, вміст води, лужне і кислотне числа, вміст нерозчинного осаду і продуктів зношування пар тертя.

Тверді частинки є найбільш частою причиною відмов та несправностей у системі мащення.

Частинки в оливі можна тільки обмежити, але не уникнути. Твердими частинками є, наприклад, частинки пилу, піску, металу і пластика, а також волокна, які можуть потрапляти в систему мащення ззовні або можуть утворюватися всередині системи мащення, наприклад, в результаті:

- ✓ виготовлення компонентів
- ✓ свіжа олива (до 100 мл зважених речовин на 200-літрову бочку)
- ✓ технічне обслуговування та ремонт

✓ експлуатація (знос, продукти реакції, наприклад, в результаті процесів згорання).

Вимірювання показали, що частинки <5 мікрометрів (мкм), зокрема, надають особливо несприятливий вплив на компоненти системи мащення. Концентрація цих найдрібніших частинок в моторній оліві особливо висока.

У системах мащення із середнім навантаженням розподіл частинок виглядає наступним чином:

- ✓ приблизно 70% часток мають розмір 1...5 мкм
- ✓ приблизно 20% часток мають розмір 5...10 мкм
- ✓ приблизно 10% частинок мають розмір >10 мкм

Циркуляція твердих частинок в системі мащення ДВЗ викликає появу більшої кількості частинок, що призводить до ланцюгової реакції зносу.

Найпоширеніші види зносу через тверді частинки в оліві.

Піскоструминний ефект. Дрібні частинки в швидкотекучій оліві вдаряються по поверхнях та виривають інші частини.

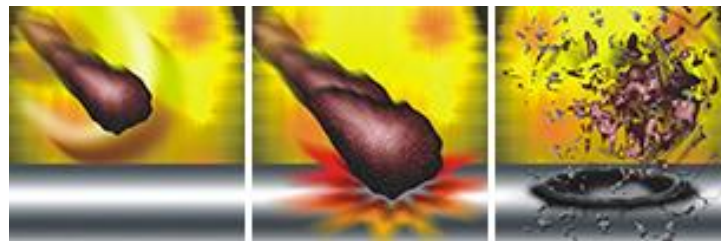


Рисунок 24 – Піскоструминний ефект

Стирання. Тверді частинки між рухомими компонентами пошкоджують поверхні з втратою матеріалу. Зокрема, частки такого ж розміру або трохи більші за товщину масляної плівки між рухомими компонентами мають особливо шкідливий вплив.

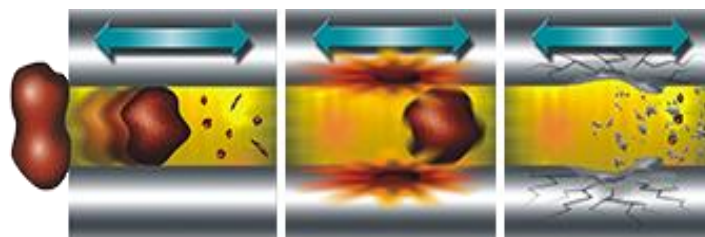


Рисунок 25 – Стирання

Втомний знос. Тверді частинки застряють між рухомими частинами. На поверхні утворюються мікротріщини, які поширюються під навантаженням і призводять до пошкодження поверхні.



Рисунок 26 – Втомний знос

Деградація присадок і старіння оливи. Велика кількість твердих частинок зменшує вміст присадок. Крім того, частинки зносу, такі як залізо, мідь і алюміній, прискорюють деградацію присадок та старіння моторної оливи. І те, і інше впливає на властивості та термін служби оливи.

Після забруднення моторної оливи твердими частинками – вода є другою за поширеністю причиною відмов і несправностей системи мащення.

Забруднення моторної оливи водою важко уникнути. Наявність появи води викликано конденсатом, коливаннями температури навколишнього повітря і його вологістю, зовнішнім проникненням.

Найпоширеніші види зносу через наявність води в моторної оливі.

Кавітація. Кавітація спричинена коливаннями тиску, наприклад, у шестернях і підшипниках. Під час падіння тиску утворюються бульбашки водяної пари, які вибухають при підвищенні тиску. Якщо це відбувається поблизу поверхонь, відбувається видалення матеріалу, подібне до ерозії, і мікропіттинг. Вибухаючий міхур водяної пари також спричиняє «відрив» мастильної плівки, так що метал може безпосередньо вдаритися по металу, що, у свою чергу, пошкоджує поверхні.

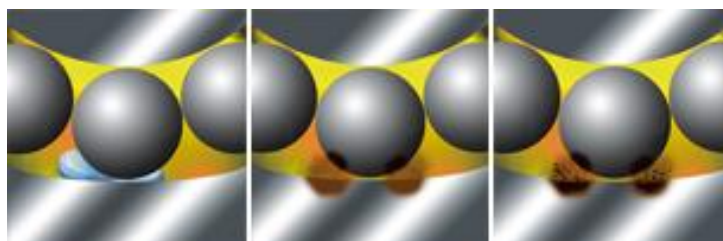


Рисунок 27 – Кавітація

Корозія та ерозія. Вода в оливі викликає водневу корозію та призводить до утворення іржі, яка пошкоджує поверхні деталей машини (ДВЗ). Якщо частинки потрапляють на корозійні поверхні, утворюється більше частинок. Також може виникнути воднева крихкість, ще один наслідок корозії, яка схожа на втому матеріалу та призводить до розтріскування металевих поверхонь.

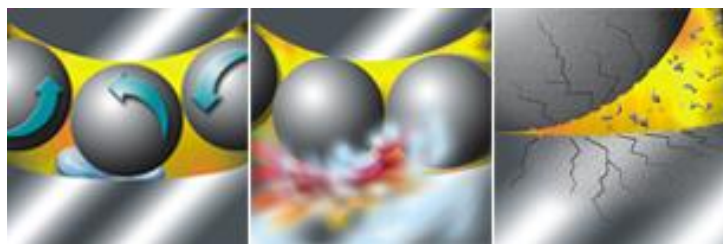


Рисунок 28 – Корозія та ерозія

Деградація присадок та старіння оливи. Вода діє як каталізатор старіння оливи, оскільки вона прискорює гідроліз і окислення моторної оливи. Швидкий розпад антиоксидантів та інших добавок викликає утворення нерозчинних продуктів реакції, які відкладаються (смоли, шлам, лак).

Зниження змащувальної здатності. Вода знижує змащувальні властивості оливи, оскільки вода знижує в'язкість оливи і в той же час має дуже низьку пропускну здатність. Підвищується ризик утворення піни. Результатом є погіршення змащувального ефекту.

Висновок

Окислення (кисень), гідроліз (вода) і піроліз (термічний розклад) і хімічні реакції з такими частинками, як мідь, залізо та алюміній, що утворюються в результаті зношування поверхонь тертя, призводять до погіршення фізико-хімічних властивостей моторної оливи та прискорюють процес її старіння.

Методика оцінка технічного стану системи мащення ДВЗ по крапельній пробі моторної оливи:

1. Ознайомитися з правилами техніки безпеки.
2. Ознайомитися з будовою та принципом роботи системи мащення технічного об'єкту, що діагностується.
3. Ознайомитися з методикою проведення діагностування двигуна за станом моторної оливи ДВЗ по краплинній пробі.
4. Провести оцінку технічного стану системи мащення ДВЗ по крапельній пробі моторної оливи згідно наведеної методики.
5. Результати порівняння крапельної проби за відповідною шкалою занести в таблицю 5 (Введіть вибрані цифри за відповідною шкалою (від 1 до 9)) у відповідному полі).
6. Зробити висновок з технічного стану двигуна, що діагностувався.

Послідовність аналізу:

- ✓ ретельно перемішати зразок оливи, перелити оливу в термостійкий стакан і нагрійте до 40°C;
- ✓ краплю розігрітої оливи нанести скляною паличкою на аркуш фільтрувального паперу;
- ✓ нагріти краплю оливи на фільтрувальному папері над електроплитою протягом 10 хвилин (до повного висихання), стежачи за тим, щоб крапля не рухалася по папері.

Методика оцінки оливної плями.

1. Оцінюємо стан миючих і диспергуючих присадок оливи по діаметру плями. Чим більше діаметр, тим в кращому стані знаходиться миюча і диспергуюча присадка. Дрібні частинки бруду легко проходять через пори фільтрувального паперу.

2. Визначаємо рівень забрудненості оливи за кольором плями. Чим пляма світліше, тим менше забрудненість оливи.

3. Визначаємо наявність небажаних (нерозчинних) забруднень. Оцінюємо ядро плями. Наявність ядра чорного кольору і/або чорного обідка навколо плями, говорить про початок процесу коагуляції, тобто укрупненні частинок забруднення за рахунок злипання дрібних.

4. Визначаємо присутність охолоджуючої рідини в моторній оливі. Оцінюємо край плями. Таким чином, якщо край хвилястий, значить, в оливу потрапляє охолоджуюча рідина.

5. Визначаємо присутність палива в моторній оливі. Наявність чіткого, світлого (прозорого) кільця навколо плями говорить про потрапляння палива в оливу. Край плями при цьому стає розмитим.

ОЦІНКА ПЕРЕВІРКИ ДВИГУНА

Після нанесення краплі оливи на тестовий папір хроматографічний ефект створює зображення з чотирма круглими ділянками. Завжди дійте крок за кроком і порівнюйте один за одним від внутрішнього до зовнішнього кола. (див. Додаток Д і за посиланням <https://motorcheckup.de/en/diesel-example-1.html>)

ОЦІНКА БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ

Внутрішнє коло

вказує на те, чи забруднена моторна олива дрібними частинками, наприклад, сажею, пилом, металевим стиранням або іншими речовинами.

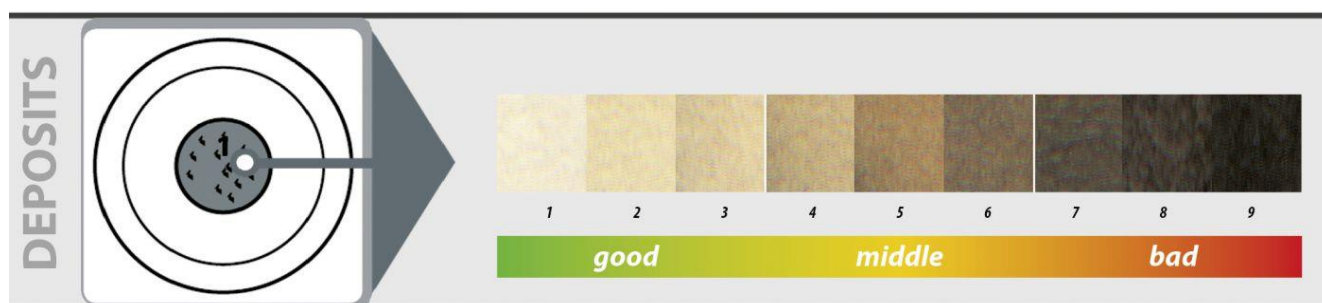


Рисунок 29 – Внутрішнє коло

Друге коло

показує: чи все ще добра олива? Порівняйте колір оливи.

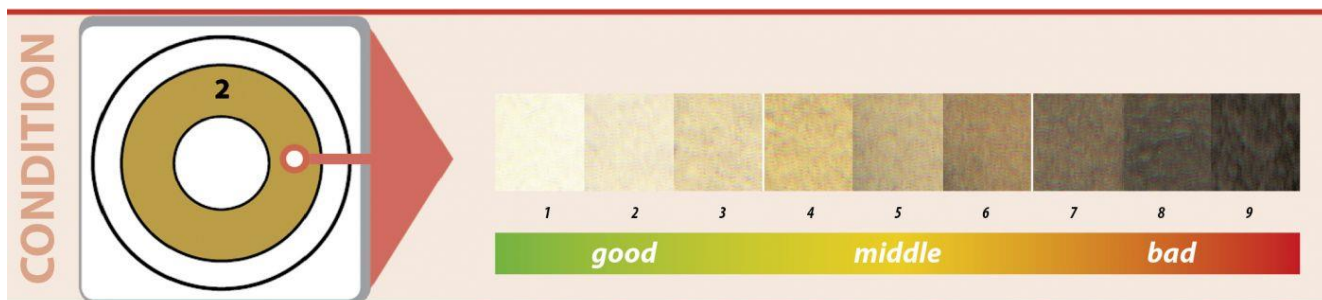


Рисунок 30 – Друге коло

Колоскове коло

Вода в оливі утворює чіткі шипи на крайових зонах. У разі знаходження води в оливі – навколо нерівного кола з'являється жовте кільце.



Рисунок 31 – Колоскове коло

Паливний контур

Тримайте тестовий аркуш до світла. Чим більше світлове кільце навколо нього, тим більше палива в оливі.

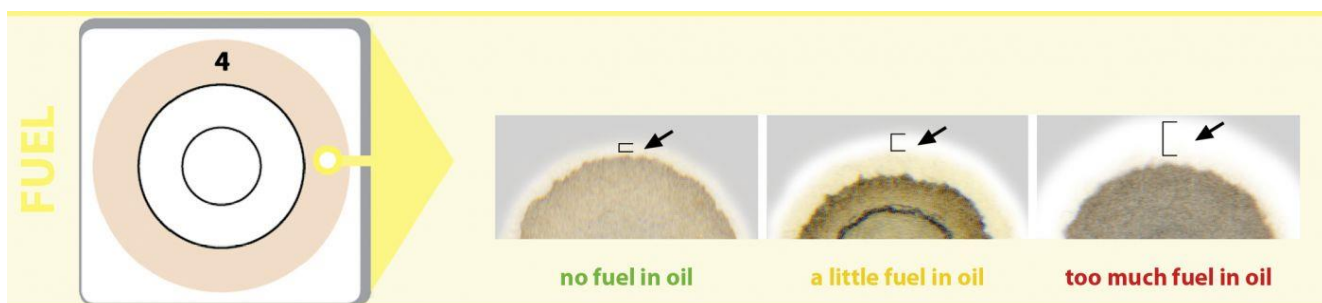


Рисунок 32 – Паливний контур

ОЦІНКА ДИЗЕЛІВ

Внутрішнє коло

вказує на те, чи забруднена олива дрібними частинками, наприклад, сажею, пилом, металевим стиранням або іншими речовинами.

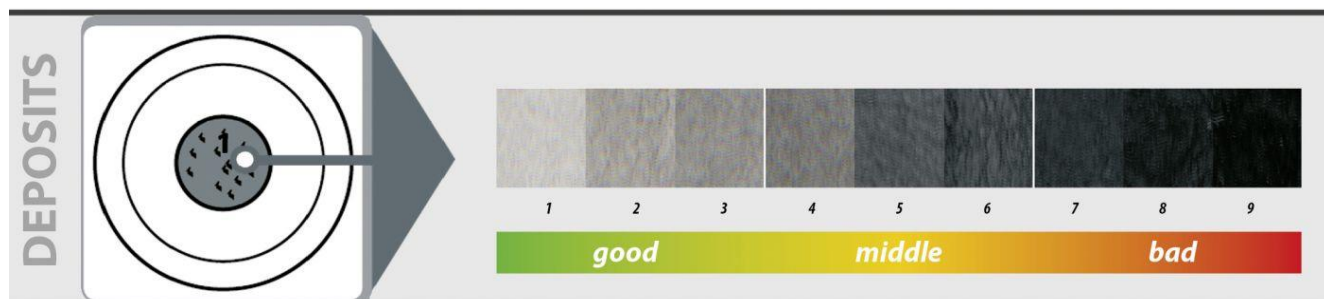


Рисунок 33 – Внутрішнє коло

Друге коло

показує: чи все ще добра олива? Порівняйте колір оливи.

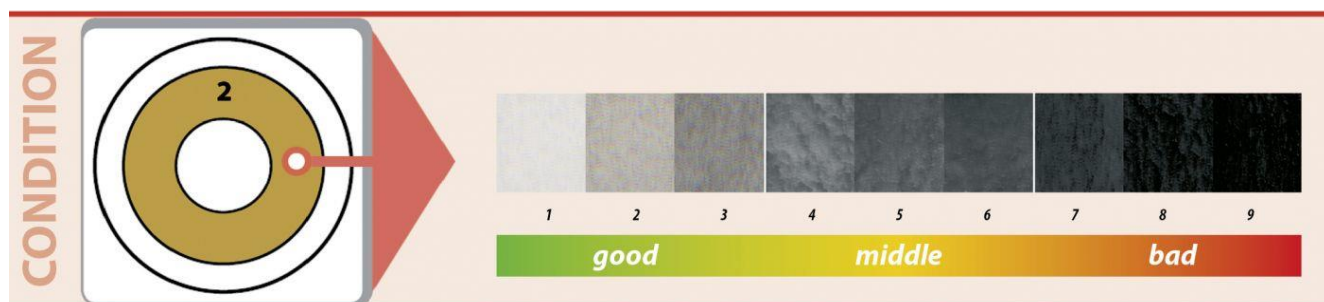


Рисунок 34 – Друге коло

Колоскове коло

Вода в оливі утворює чіткі шипи на крайових зонах. У разі знаходження води в оливі – навколо нерівного кола з'являється жовте кільце.

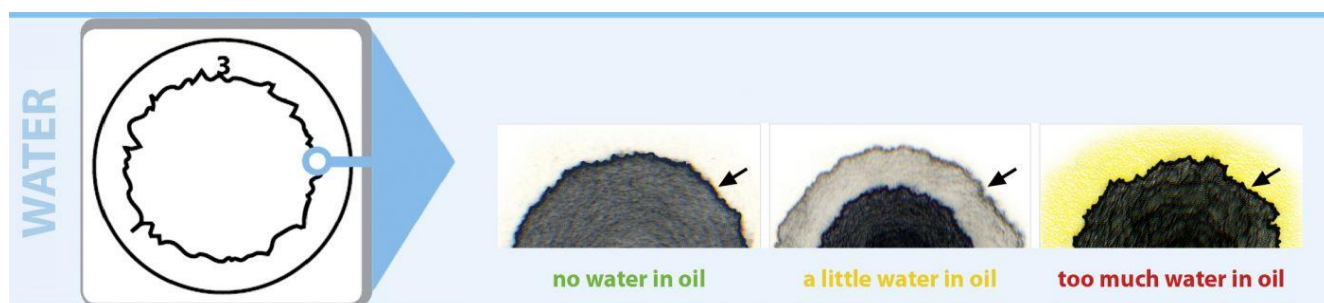


Рисунок 35 – Колоскове коло

Паливний контур

Тримайте тестовий аркуш до світла. Чим більше світлове кільце навколо нього, тим більше палива в оливі.

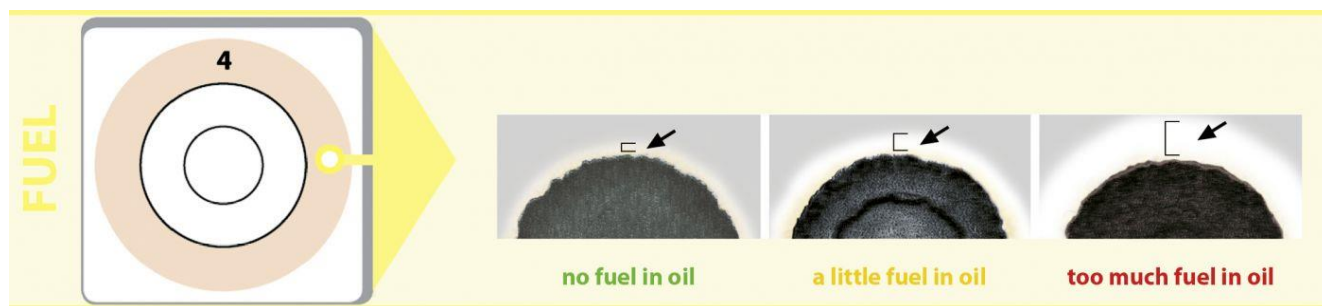


Рисунок 36 – Паливний контур

Таблиця 5

Результати порівняння крапельної пробі моторної оливи за відповідною шкалою

Номерний знак ТЗ/номер двигуна

Пробіг ТЗ, км

Кількість мотогодин,
що відпрацював двигун, год

Відповідне коло	Вибрані цифри
Наявність дрібних частинок в моторної оливі	
Загальний стан моторної оливи	
Наявність води в моторної оливі	
Наявність палива в моторної оливі	

Контрольні запитання

1. Призначення та принцип роботи системи мащення ДВЗ.
2. Властивості моторної оливи.
3. Основні несправності системи мащення, що виникають на етапі експлуатації двигуна внутрішнього згорання
4. Зміна властивостей оливи системи мащення двигуна і оцінка її якості на етапі експлуатації двигуна
5. Методика оцінка технічного стану системи мащення ДВЗ по крапельної пробі моторної оливи.
6. Можливі несправності системи мащення ДВЗ, їх причини.
7. Перевірка роботи фільтру відцентрового очищення оливи системи мащення ДВЗ.
8. Методика зливу оливи з системи мащення двигуна.
9. Методика оцінки оливної плями.

Лабораторно-практична робота № 5

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВІДПОВІДНО ДО НОРМ ДСТУ

Мета роботи: практичне засвоєння методики проведення діагностики двигуна з іскровим запалюванням за концентраціями шкідливих речовин у відпрацьованих газах, оформлення протоколу контролю та визначення технічного стану двигуна за результатами діагностики.

Обладнання: автомобіль з двигуном з іскровим запалюванням, газоаналізатор «АВТОТЕСТ-01.04», щуп для вимірювання температури оливи, вимірювач обертів колінчастого вала двигуна.

Завдання:

1. Ознайомитися з принципом дії, конструктивними особливостями та правилами технічної експлуатації газоаналізатора.
2. Провести вимірювання концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигуна з іскровим запалюванням.
4. За отриманими результатами вимірювань зробити висновок про відповідність двигуна нормам ДСТУ 4277:2004.
5. Скласти звіт про виконану роботу.
6. Відповісти на контрольні питання.

Теоретичні відомості

Методи та режими перевірки вмісту шкідливих речовин у ВГ.

Вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ВГ) автомобілів з двигунами з іскровим запалюванням регламентує стандарт: ДСТУ 4277:2004 “Охорона природи. Атмосфера. Норми і методи вимірів вмісту окису вуглецю та вуглеводнів у ВГ автомобілів з бензиновими двигунами, які працюють на бензині та газовому паливі”.

За ДСТУ 4277:2004 вміст CO і C_mH_n перевіряється в двох режимах холостого ходу: при мінімальній частоті обертання колінчастого вала (n_{min}) рекомендованій заводом виробником, або 800 хв^{-1} якщо таке не встановлено і, підвищеної – $n_{пов} = 2200 \text{ хв}^{-1} \pm 100 \text{ хв}^{-1}$.

Гранично допустимий вміст шкідливих речовин складає (таблиці 6 і 7).

Таблиця 6

Гранично допустимий вміст оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів, обладнаних нейтралізаторами

Частота обертання	Автомобілі з окиснювальними нейтралізаторами		Автомобілі з трикомпонентними нейтралізаторами	
	CO, об'ємна частка, %	C _m H _n , об'ємна частка, млн ⁻¹	CO, об'ємна частка, %	C _m H _n , об'ємна частка, млн ⁻¹
n _{мін}	1,0	600	0,5	100
n _{підв}	0,6	300	0,3	100

Таблиця 7

Гранично допустимий вміст оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів, не обладнаних нейтралізаторами

Паливо, на якому працює двигун	Частота обертання	CO, об'ємна частка, %	C _m H _n , об'ємна частка, млн ⁻¹ для двигуна із числом циліндрів	
			до 4 включно	більше ніж 4
Бензин	n _{мін}	3,5*	1200	2500
	n _{підв}	2,0	600	1000
Газ природний	n _{мін}	1,5	600	1800
	n _{підв}	1,0	300	600
Газ нафтовий зріджений	n _{мін}	3,5	1200	2500
	n _{підв}	1,5	600	1000

*Для автомобілів, виготовлених до 1 жовтня 1986 р. припустимий вміст оксиду вуглецю становить 4,5%.

Засоби вимірювання

1. Засоби вимірювання повинні бути повірені відповідно до вимог ДСТУ 2708:2006 «Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення» [9].

2. Для визначання вмісту оксиду вуглецю і вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів необхідно застосовувати газоаналізатори безперервної дії зі стрілочними, цифровими чи іншими пристроями, що реєструють результати вимірювання, працюють за принципом інфрачервоної спектроскопії і мають сталу часу разом з системою відбирання відпрацьованих газів, якою комплектують газоаналізатор, не більше ніж 30с. Зовнішній вигляд газоаналізатора «АВТОТЕСТ» зображено на рис. 37 та його технічні характеристики в табл. 8 (Можливе використання і інших аналогічних моделей).

Прилад забезпечує наступні режими вимірювань і функціональні можливості:

✓ вимірювання концентрації оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю, вуглеводнів, кисню, частоти обертання колінчастого вала автомобіля з будь-яким числом циліндрів і обчислення λ-параметра, індикація і виведення результатів

вимірювань на принтер у вигляді протоколу із зазначенням держ. номера автомобіля, номера приладу, поточної дати і часу (на вимогу) або персональну ЕОМ по протоколу RS232 у вигляді блоку даних, димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелем (тільки для модифікації «АВТОТЕСТ-01.04»);

✓ автоматичну корекцію нуля при включенні приладу і в подальшому на вимогу без відключення пробо-забірної системи від випускної системи автомобіля;

✓ автоматичне видалення конденсату з проби газу в системі пробо-підготовки приладу;

✓ контроль потоку проби.

Прилад призначений для роботи в наступних умовах експлуатації:

1) температура навколишнього повітря від 0 до 40°C;

2) атмосферний тиск від 86,6 до 106,7 кПа (від 650 до 800 mm Hg).

3) відносна вологість 95% при $t = 30^\circ\text{C}$ і більш низьких температурах без конденсації вологи;

4) робоче положення приладу – горизонтальне з допустимим відхиленням ± 20 градусів;

5) живлення приладу від мережі постійного струму напругою $(12,6 \pm 2)\text{В}$ або мережі змінного струму 220В, 50Гц від виносного блоку живлення;

6) температура аналізованої суміші на штуцері ВХІД не більше 50°C;

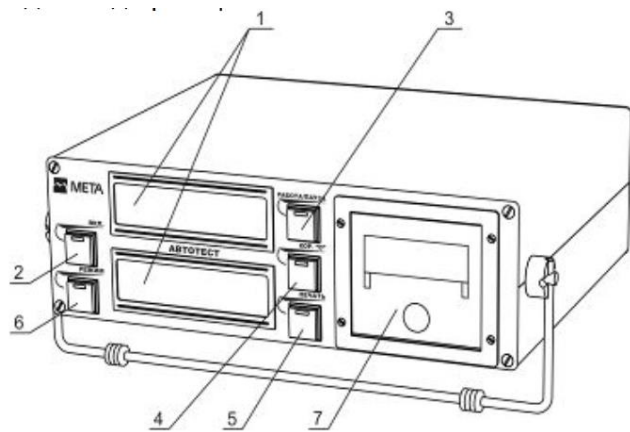
7) температура аналізованої суміші на вході в пробо-забірник не більше 200°C;

8) витрата аналізованої суміші не менше 60 л/год

Таблиця 8

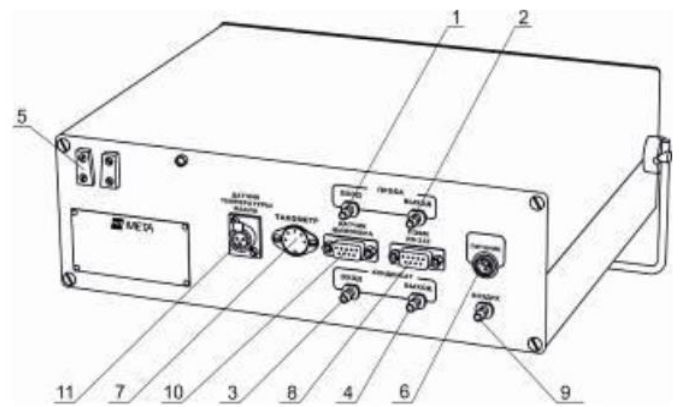
Технічні характеристики газоаналізатора «АВТОТЕСТ»:

Вимірюваний компонент	Діапазон вимірювань	Ціна поділки	Ділянка діапазону вимірювань	Основна похибка	
				абсолютна	відносна
Вуглеводні	$0 \div 2000 \text{ млн}^{-1}$	1 млн^{-1}	$0 \div 240 \text{ млн}^{-1}$ $240 \div 2000 \text{ млн}^{-1}$	$\pm 12 \text{ млн}^{-1}$	$\pm 5\%$
Оксид вуглецю	0 - 5%	0,01%	0 ÷ 1,5% 1,5 ÷ 5%	$\pm 0,06\%$	$\pm 4\%$
Діоксид вуглецю	$0 \div 16\%$	0,1%	0 ÷ 12,5% 12,5 ÷ 16%	$\pm 0,5\%$	$\pm 4\%$
Кисень	$0 \div 21\%$	0,1%	0 ÷ 2,5% 2,5 ÷ 21%	$\pm 0,1\%$	$\pm 4\%$
Оксиди азоту	$0 \div 5000 \text{ млн}^{-1}$	10 млн^{-1}	$0 \div 1000 \text{ млн}^{-1}$ $1000 \div 5000 \text{ млн}^{-1}$	$\pm 50 \text{ млн}^{-1}$	$\pm 5\%$
λ -параметр	0,5 ÷ 2,00	0,001		не нормується	
Частота обертів	$0 \div 5000 \text{ хв}^{-1}$ $5000 \div 8000 \text{ хв}^{-1}$	10 хв^{-1} 100 хв^{-1}	$0 \div 8000 \text{ хв}^{-1}$		$\pm 2,5\%$
Температура оливи	$20 \div 125^\circ\text{C}$	1°C	$20 \div 125^\circ\text{C}$	$\pm 2,0^\circ\text{C}$	



передня панель

1- індикатори; 2- кнопка вклучення живлення ВКЛ; 3 - кнопка РОБОТА / ПАУЗА; 4 - кнопка КОР.0; 5 - кнопка ДРУК; 6 - кнопка РЕЖИМ; 7 - принтер



задня панель

1 - штуцер для подачі газу ВХІД; 2 – штуцер виведення газу ВИВІД; 3 - штуцер по-дачі конденсату ВХІД; 4 - штуцер виведення конденсату ВИХІД; 5 - кріплення фільтру тонкого очищення; 6 - роз'єм живлення; 7 - роз'єм тахометра; 8 - роз'єм для підключення комп'ютера; 9 - штуцер подачі чистого повітря; 10 - приєднання датчика димоміра; 11 - приєднання датчика температури оливи (опція)

Рисунок 37 – Зовнішній вигляд газоаналізатора «АВТОТЕСТ-01.04»

Методика проведення оцінки технічного стану двигуна з іскровим запалюванням

1. Під час випробовування автомобіля для живлення двигуна потрібно застосовувати бензин або газове паливо і мастильні матеріали, що передбачені документами з експлуатації автомобіля і відповідають вимогам чинних нормативних документів на їх виготовлення.

2. Система випуску відпрацьованих газів автомобіля повинна бути у повній комплектності, не мати прогарів, механічних пробоїн та нещільностей у з'єднаннях, які призводять до витoku відпрацьованих газів і підсмоктування повітря, що його визначають зовнішнім оглядом.

3. Перед вимірюванням двигун повинен бути прогрітим так, щоб температура охолоджувальної рідини (або моторної оливи для двигунів з повітряним охолодженням) була в межах діапазону робочих температур за рекомендаціями підприємства-виробника або, якщо такі дані відсутні - не менше ніж +80°C.

4. Контролювання температурного режиму здійснюють за штатними показниками автомобіля або з використанням додаткових засобів вимірювання.

Примітка. З 1.01.2005 року запроваджують обов'язкове інструментальне визначання температури моторної оливи в системі мащення двигунів (як з рідинним, так і з повітряним охолодженням), яка повинна бути в діапазоні робочих температур за рекомендаціями підприємства-виробника або, якщо такі дані відсутні - від +80°C до +100°C (для двигунів з повітряним охолодженням верхня межа робочих температур не повинна перевищувати +120°C).

5. Вимірювання необхідно проводити в такій послідовності:

✓ встановити важіль перемикачів передач у нейтральне положення (вибирач швидкості для автомобілів з автоматичною коробкою передач у положення «Р»);

✓ загальмувати автомобіль стоянковим гальмом;

✓ підкласти під колеса автомобіля упорні колодки;

✓ зупинити двигун (якщо він працював);

✓ відкрити капот моторного відсіку;

✓ під'єднати тахометр;

✓ занурити пробо-відбиральний зонд газоаналізатора у випускну трубу автомобіля на глибину не менше ніж 300 мм від зрізу (у разі косоного зрізу заміряють від короткої кромки зрізу);

✓ повністю відкрити повітряну заслінку;

✓ запустити двигун;

✓ збільшити частоту обертання вала двигуна до $n_{нiдe}$ і витримати цей режим протягом не менше ніж 30с;

✓ встановити мінімальну частоту обертання вала двигуна і після стабілізування показів газоаналізатора, але не пізніше ніж через 60с, виміряти вміст оксиду вуглецю і вуглеводнів (за результат вимірювання беруть середнє арифметичне значення між максимальним і мінімальним показами приладу за інтервал вимірювання);

✓ встановити підвищену частоту обертання колінчастого вала двигуна $n_{нiдe}$ і після стабілізування показів газоаналізатора, але не пізніше ніж через 60с, виміряти вміст оксиду вуглецю і вуглеводнів (за результат вимірювання беруть середнє арифметичне значення між максимальним і мінімальним показами приладу за інтервал вимірювання);

6. За результатами вимірювання вмісту оксиду вуглецю і вуглеводнів заповнюють протокол (Додаток Е).

7. Автомобіль, для якого вміст оксиду вуглецю і вуглеводнів у відпрацьованих газах не перевищує гранично допустимих значень за п.4.3, вважають таким, що пройшов випробовування.

Порядок виконання лабораторно-практичної роботи

1. Ознайомитися з правилами техніки безпеки.

2. Ознайомитися з принципом дії, конструктивними особливостями та правилами технічної експлуатації газоаналізатора.

3. Ознайомитися з методикою проведення оцінки технічного стану двигуна з іскровим запалюванням.

4. Провести діагностування двигуна згідно наведеної методики.

5. Результати вимірювань звести в табл. Додаток Г.

6. Зробити висновок про технічний стан двигуна з іскровим запалюванням, що досліджується.

Контрольні запитання

1. Назвіть шкідливі речовини, які присутні в відпрацьованих газах двигунів з іскровим запалюванням.
2. Назвіть фактори, що впливають на вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах транспортного засобу.
3. Назвіть основні методи контролю токсичності відпрацьованих газів автомобіля.
4. Назвіть правила технічної експлуатації газоаналізатора.
5. Які з шкідливих речовин, присутніх в ВГ бензинових двигунів, підлягають нормуванню.
6. Які прилади застосовуються для оцінки токсичності ВГ двигунів з іскровим запалюванням.
7. Опишіть порядок проведення вимірювання концентрацій шкідливих речовин за ДСТУ 4277:2004.

Лабораторно-практична робота № 6

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛІВ І ГАЗОДИЗЕЛІВ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВІДПОВІДНО ДО НОРМ ДСТУ

Мета роботи: практичне засвоєння методики проведення діагностики дизеля (газодизеля) за димністю відпрацьованих газів, оформлення протоколу вимірювання димності ВГ та визначення його технічного стану за результатами діагностики.

Обладнання: автомобіль з дизелем (газодизелем), вимірювач димності відпрацьованих газів «МЕТА-01МП» або аналогічний, щуп для вимірювання температури оливи, прилад для вимірювання частоти обертання колінчастого вала двигуна.

Завдання:

1. Ознайомитися з принципом дії, конструктивними особливостями та правилами технічної експлуатації димоміра.
2. Провести вимірювання димності ВГ дизеля (газодизеля).
4. За отриманими результатами вимірювань зробити висновок про відповідність двигуна нормам ДСТУ 4276:2004.
5. Скласти звіт про виконану роботу.
6. Відповісти на контрольні питання.

Теоретичні відомості

Методи та режими вимірювання димності ВГ дизеля (газодизеля).

Димність відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями регламентує стандарт: ДСТУ 4276:2004 “Атмосфера. Норми і методи вимірів димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями”.

Стандарт встановлює гранично допустимі величини нормованих показників викидів видимих забруднювальних речовин (димності) відпрацьованих газів двигунів автомобілів на режимі вільного прискорення двигуна та методи їх вимірювання.

Перевагою методу перевірки димності на режимі вільного прискорення є можливість роботи двигуна, хоч і короткочасно, на режимі повних навантажень в широкому діапазоні частоти обертання вала двигуна. Виконати вимірювання можна просто і швидко, відтворюваність режимів досить висока, проте вимірювання димності можуть забезпечити тільки прилади, що працюють на принципі просвічування відпрацьованих газів. Метод вільного прискорення при контролі димності дизелів (газодизелів) широко застосовується як при контролі нових, так і тих, які перебувають в експлуатації двигунів транспортних засобів. Істотний вплив на точність вимірювання діагностичних параметрів двигуна надає спосіб завдання режимів вільного прискорення.

Димність відпрацьованих газів двигуна це показник, який характеризує ступінь поглинання світлового потоку, що просвічує відпрацьовані газу двигуна

автомобіля.

Основним показником димності, який нормується, є натуральний показник ослаблення світлового потоку K (m^{-1}), (*light absorption coefficient or absorption coefficient*) величина, обернена товщині шару ВГ, проходячи який потік випромінювання від джерела світла димоміра ослаблюється в e разів.

Допоміжним - лінійний показник (коефіцієнт) ослаблення світлового потоку $N, \%$ (*linear absorption coefficient or opacity*) ступінь ослаблення потоку випромінювання від джерела світла димоміра на відстані, що дорівнює ефективній базі димоміра, внаслідок поглинання і розсіювання світла ВГ під час проходження ними вимірювальної камери.

Співвідношення між натуральним показником ослаблення світлового потоку K і коефіцієнтом ослаблення світлового потоку N наведено в Додатку Ж.

Гранично допустимі величини нормованих показників димності ВГ двигунів згідно ДСТУ 4276:2004 не повинна перевищувати значення, наведені в таблиці 9.

Таблиця 9

Гранично допустимі величини димності відпрацьованих газів двигунів автомобілів

Об'єкт випробовування	Гранично допустимий натуральний показник ослаблення світлового потоку $K_{дон}, m^{-1}$	Гранично допустимий коефіцієнт ослаблення світлового потоку $N_{дон}, \%$
<i>автомобілі з дизелями:</i>		
без наддуву	2,5	66
з наддувом	3,0	73
<i>автомобілі з газодизелями:</i>		
без наддуву	1,7	52
з наддувом	2,0	58

Засоби вимірювання

1. Засоби вимірювання повинні бути повірені відповідно до вимог ДСТУ 2708:2006 «Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення».

2. Для визначання димності відпрацьованих газів двигунів автомобілів застосовують димоміри безперервної дії зі стрілочними, цифровими чи іншими пристроями, що реєструють результати вимірювання, працюють за методом просвічування відпрацьованих газів, мають ефективну базу $L = 0,43m$ і сталу часу разом із системою відбирання відпрацьованих газів, якою комплектують димомір, не більше ніж 30с.

У разі застосування газовідбірної магістралі, конструкція якої приводить до зростання сталої часу, необхідно скоригувати на відповідну величину тривалість режимів вимірювань.

3. Димомір повинен бути обладнаний пристроями для вимірювання тиску і температури у вимірювальній камері. Тиск відпрацьованих газів у вимірювальній

камері не повинен відрізнятись від тиску навколишнього повітря більш ніж на 0,735 кПа. Коливання тиску відпрацьованих газів і продувного повітря не повинні приводити до зміни натурального показника ослаблення світлового потоку більше ніж на $0,05 \text{ м}^{-1}$ для відпрацьованих газів з показником $1,7 \text{ м}^{-1}$.

Температура відпрацьованих газів у момент вимірювання повинна бути не нижчою ніж 70°C і не вищою від максимальної температури, вказаної підприємством-виробником димоміра, причому показання в цьому діапазоні температур не повинні змінюватися більш ніж на $0,1 \text{ м}^{-1}$, якщо камера заповнена відпрацьованими газами, натуральний показник ослаблення світлового потоку якого дорівнює $1,7 \text{ м}^{-1}$.

4. Шкала димоміра повинна бути проградуїрована від 0 до ∞ в одиницях натурального показника ослаблення світлового потоку (м^{-1}) або від 0 до 100% коефіцієнта ослаблення світлового потоку.

5. Шкала димоміра повинна дозволяти зчитувати значення натурального показника ослаблення світлового потоку $1,7 \text{ м}^{-1}$ з точністю до $0,025 \text{ м}^{-1}$, а коефіцієнта ослаблення світлового потоку - з точністю до 1%.

6. Основна абсолютна похибка димоміра не повинна перевищувати 2,5% для коефіцієнта ослаблення світлового потоку.

7. Основна абсолютна похибка пристрою для вимірювання температури моторної оливи не повинна перевищувати $\pm 10^\circ\text{C}$ для діапазону від $+50^\circ\text{C}$ до $+150^\circ\text{C}$.

Вимоги до пробовідбиральної системи

Зондом пробовідбірника повинна служити трубка з відкритим кінцем, направлена назустріч потоку відпрацьованих газів і розміщена у напрямку осі випускної труби чи подовжувального патрубку.

З'єднувальні патрубки між пробовідбірником і димоміром повинні мати довжину ($2,5 \pm 0,5$) м і розміщуватися таким чином, щоб місце відбирання проби було нижче місця входу проби в димомір. Перед димоміром повинен бути встановлений перепускний клапан для запобігання надходженню у нього відпрацьованих газів у періоди між виконанням вимірювань

Зовнішній вигляд димоміра «МЕТА-01МП» зображено на рис. 38, та його технічні характеристики в табл. 10.

Прилад призначений для експресного вимірювання димності відпрацьованих газів автомобілів, тракторів, а також інших транспортних засобів і стаціонарних установок, оснащених двигунами із запалюванням від стиснення. Результат вимірювань представляється в одиницях коефіцієнта поглинання (натурального показника ослаблення) (м^{-1}) і в одиницях коефіцієнта ослаблення (%).

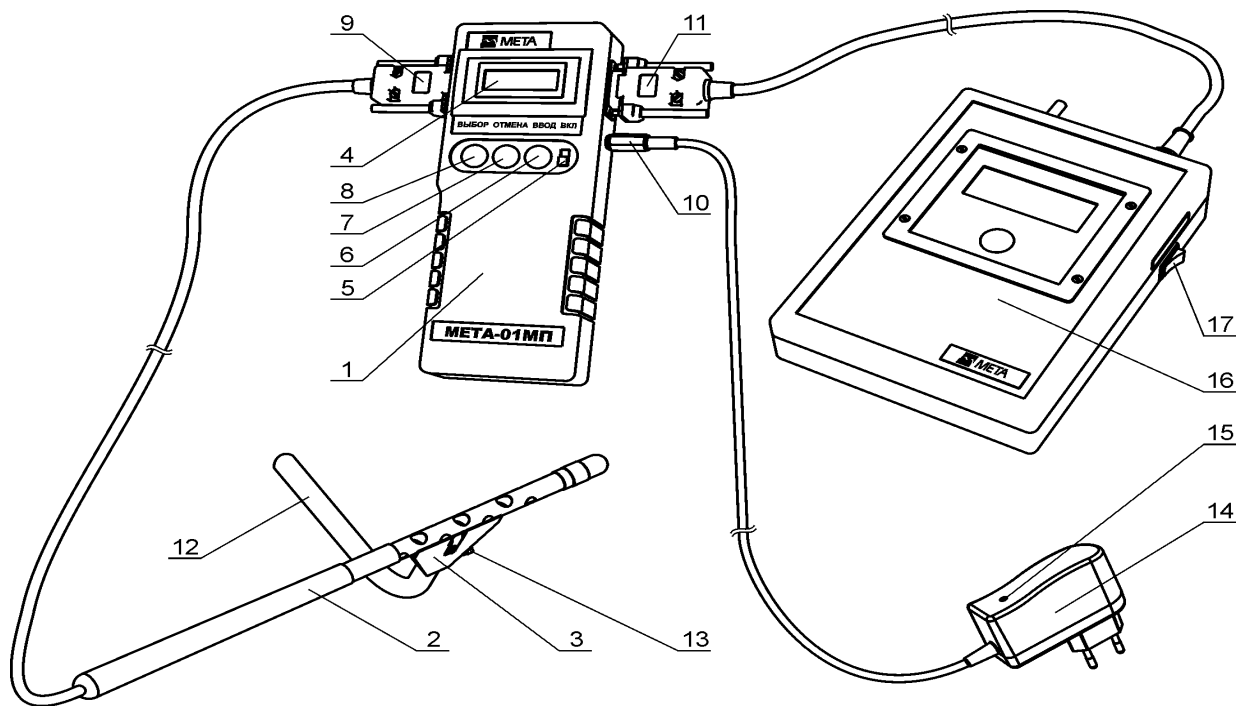


Рисунок 38. – Зовнішній вигляд приладу «МЕТА-01МП»:

1 - приладовий блок; 2 - оптичний датчик; 3 - розтруб забірника проб; 4 - буквено-цифровий дисплей; 5 - тумблер включення живлення; 6 - кнопка «ВВЕДЕННЯ»; 7 - кнопка «СКАСУВАННЯ»; 8 - кнопка «ВИБІР»; 9 - роз'єм для підключення оптичного датчика; 10 - роз'єм для підключення зарядного пристрою; 11 - роз'єм для підключення принтера*; 12 - вигнута трубка пробо-забірника; 13 - гвинт; 14 - зарядний пристрій; 15 - індикатор контролю зарядки; 16 - принтер; 17 - тумблер включення живлення принтера.

Всередині приладу розташовані плата управління і акумуляторна батарея.

* В модифікації МЕТА-01МП0.1 не передбачений.

Прилад забезпечує наступні режими вимірювань і функціональні можливості:

- реєстрація пікового (максимального) значення димності в режимі вільного прискорення двигуна.

- відображення поточного значення димності в режимі максимального числа обертів вала двигуна.

У приладі передбачено:

- індикація умов вимірювання: атмосферного тиску і температури навколишнього повітря;

- автоматична реєстрація та зберігання пікових значень димності в циклі до 10-ти прискорень двигуна, вибір чотирьох останніх значень і обчислення середнього значення;

- вимір і автоматична корекція показань по температурі відпрацьованих газів;

- автоматична корекція нуля;

- висновок результатів вимірювання димності в обраному режимі у вигляді протоколу на друкуючий пристрій або в базу даних комп'ютера (в залежності від модифікації);

- збереження у внутрішній пам'яті даних до 40 результатів одиночних вимірювань димності автомобіля з можливістю їх виведення у вигляді протоколу на друкуючий пристрій або в базу даних комп'ютера (В залежності від модифікації); дані зберігаються не менше п'яти діб при відключенні живлення приладу;

- годинник реального часу (в залежності від модифікації); установки часу і дати зберігаються не менше п'яти діб при відключенні живлення приладу;

- контроль зниження напруги батареї живлення понад граничного значення;

- захист оптичних елементів від забруднень типу «повітряна завіса» (в залежності від модифікації).

Прилад призначений для роботи в наступних умовах експлуатації:

Температура навколишнього повітря, °С

- для вимірювального блоку мінус 20 ÷ плюс 50;

- для оптичного датчика мінус 35 ÷ плюс 60.

Відносна вологість при температурі 30°С і нижчих температурах без конденсації вологи не більше 95%.

Атмосферний тиск 84,0...106,7кПа.

Параметри аналізованого газу:

- температура газу на вході вимірювального каналу 30 ÷ 200°С;

- надлишковий тиск відпрацьованих газів на зрізі вихлопної труби не більше 1,95кПа.

Таблиця 10

Технічні характеристики вимірювача димності
відпрацьованих газів «МЕТА-01МП»

Найменування характеристик	Од. вимір.	Значення характеристик
1	2	3
Тип приладу: портативний		
Діапазон вимірювання димності в одиницях коефіцієнта поглинання світла K , не менше	m^{-1}	0 ÷ ∞
Діапазон вимірювання димності в одиницях коефіцієнта ослаблення світла N	%	0 ÷ 100
Межа абсолютної похибки, при коефіцієнті поглинання 1,6 ÷ 1,8 m^{-1} не більше	m^{-1}	±0,05
Номінальна ціна одиниці найменшого розряду для коефіцієнта. поглинання	m^{-1}	0,01
Номінальна ціна одиниці найменшого розряду для коефіцієнта ослаблення	%	0,1
Автоматична корекція показань димності по температурі відпрацьованих газів		є
Автоматична корекція нуля		є
Фотометрична база	м	0,1

Потужність споживання, не більше	Вт	5
Порт RS-232		є
Вихід на друкуючий пристрій		є
1	2	3
Робота в складі ЛТК-МЕТА		є
Повітряний захист оптичних елементів датчика		немає
Телескопічна штанга для жорсткого пробозаборника		є
Середнє напрацювання на відмову не менше	час	8000
Буквено-цифровий дисплей 2x16 знаків з підсвічуванням		є
Середній термін служби не менше	років	8
Середній час відновлення працездатного стану не менше	год	3
Габаритні розміри (мм) і маса (кг) приладового блоку	мм, кг	220x75x40; 0,4
Габаритні розміри (мм) і маса (кг) оптичного датчика	мм, кг	35x510; 0,6
Габаритні розміри (мм) і маса (кг) зарядного пристрою	мм, кг	100x70x90; 0,5
Електроживлення від мережі постійного струму (бортової мережі автомобіля)	В	12,6±2
Електроживлення від автономного акумулятора	В	12

Методика проведення оцінки технічного стану дизеля

1. Під час вимірювання димності для живлення двигуна треба застосовувати дизельне або газове паливо і мастильні матеріали, що передбачені документами з експлуатації автомобіля і відповідають вимогам чинних нормативних документів на їх виготовлення.

2. Випускна система автомобіля повинна бути у повній комплектності, не мати прогарів, механічних пробоїв та нещільностей у з'єднаннях, які призводять до витoku відпрацьованих газів і підсмоктування повітря, що його визначають зовнішнім оглядом.

3. Перед вимірюванням димності двигун повинен бути прогрітим так, щоб температура охолоджувальної рідини (або моторної оливи для двигунів з повітряним охолодженням) була в межах діапазону робочих температур за рекомендаціями підприємства-виробника або, якщо такі дані відсутні, не менше ніж +80°C.

4. Обмежувальний гвинт повної подачі палива повинен бути опломбованим (якщо опломбування передбачено конструкцією).

5. Контролювання температурного режиму двигуна здійснюють за штатними

показчиками автомобіля або з використанням додаткових засобів вимірювання.

Примітка. З 1.01.2007 року запроваджують обов'язкове інструментальне визначання температури моторної оливи в системі мащення двигунів (як з рідинним, так і з повітряним охолодженням), яка повинна бути в діапазоні робочих температур за рекомендаціями підприємства-виробника або, якщо такі дані відсутні, від $+60^{\circ}\text{C}$ до $+100^{\circ}\text{C}$ (для двигунів з повітряним охолодженням верхня межа робочих температур не повинна перевищувати $+120^{\circ}\text{C}$).

б. Вимірювання димності в режимі вільного прискорення треба проводити в такій послідовності:

- ✓ встановити важіль перемикачів передач (вибирач швидкості для автомобілів з автоматичною коробкою передач «Р») у нейтральне положення;
- ✓ загальмувати автомобіль стоянковим гальмом;
- ✓ зупинити двигун (якщо він працював);
- ✓ приєднати пробовідбіральної магістраль димоміра до випускної системи автомобіля;

- ✓ запустити двигун;
- ✓ під час роботи двигуна з мінімальною частотою обертання холостого ходу швидко (швидше, ніж за одну секунду), але без ривків перемістити важіль керування паливоподачею до упору. Таке положення важеля зберігати, доки не буде досягнута максимальна частота обертання холостого ходу, яку обмежує регулятор. За показниками димоміра визначити максимальну величину нормованого показника димності за період розгону двигуна. Після цього важіль керування паливоподачею повернути у положення, що відповідає мінімальній частоті обертання колінчастого вала двигуна в режимі холостого ходу. Стрілка димоміра повинна повернутися у вихідне положення. Цей процес треба повторити не менше шести разів з інтервалами не більше ніж 15с. Останні чотири вимірні значення повинні лежати в зоні шириною не більше ніж $0,25\text{m}^{-1}$ і не повинні утворювати послідовність, що спадає. Загальна тривалість проведення шести вимірювань не повинна перевищувати 2хв.;

- ✓ перед початком і після закінчення шести вимірювань треба перевірити нульове положення стрілки димоміра. Якщо після закінчення шести вимірювань відхил стрілки від нульового положення перевищує 1% в одиницях шкали приладу, вимірювання необхідно повторити;

- ✓ результатом вимірювання димності вважають середнє арифметичне значення чотирьох останніх вимірювань.

Примітка:

- за наявності кількох розділених випускних труб, повний цикл вимірювання димності проводять в кожній трубі окремо і за остаточний результат беруть більше із усереднених значень, визначених для кожної із труб.

- для двигунів, які мають наддув, що вимикається, або перепускний клапан, димність треба вимірювати з увімкненим та вимкненим агрегатом наддуву або перепускним клапаном. За остаточний результат беруть більше із усереднених значень, визначених за кожним із варіантів.

- вимірювання димності газодизелів треба виконувати окремо під час роботи за дизельним і за газодизельним циклами згідно з нормами для дизелів та газодизелів.

- для проведення вимірювання або регулювання двигуна в закритому приміщенні, газовідвід, з'єднаний з випускною системою автомобіля, повинен мати отвір, що може закриватися, куди вводять пробовідбірник димоміра.

7. За результатами вимірювання димності заповнити протокол (Додаток Е) та порівняти отримані значення з нормативними (табл. 9).

8. За результатами проведення діагностування зробити висновок про відповідність вимогам ДСТУ.

9. Автомобіль, для якого димність відпрацьованих газів не перевищує гранично допустимих значень, вважають таким, що пройшов випробовування.

Порядок виконання лабораторно-практичної роботи

1. Ознайомитися з правилами техніки безпеки.
2. Ознайомитися з принципом дії, конструктивними особливостями та правилами технічної експлуатації димоміра.
3. Ознайомитися з методикою визначення технічного стану системи паливоподачі дизелів і газодизелів.
4. Провести діагностування двигуна згідно наведеної методики.
5. Результати вимірювань звести в табл. Додаток І.
6. Зробити висновок про технічний стан системи паливоподачі дизеля (газодизеля).

Контрольні запитання

1. Назвіть основні методи контролю токсичності відпрацьованих газів автомобіля.
2. Назвіть особливості конструкції димоміра.
3. Назвіть симптоми несправностей двигуна автомобіля, що викликають підвищення токсичності відпрацьованих газів. Методика постановки діагнозу.
4. Назвіть фактори, що впливають на вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах транспортного засобу.
5. Назвіть шкідливі речовини, які присутні в ВГ дизелів?
6. Опишіть методику перевірки транспортних засобів з дизелями на токсичність.
7. Які документи готуються після оцінки технічного стану транспортних засобів?
8. Які з шкідливих речовин, присутніх в ВГ дизелів, підлягають контролю?
9. Які нормативні значення димності ВГ дизелів за ДСТУ 4276:2004?
10. Які прилади застосовуються для оцінки димності ВГ дизелів?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналіз режиму відмови та наслідків (FMEA), <https://quality-one.com/fmea/>.
2. Аналіз видів, наслідків і критичності відмов (FMCA), <https://quality-one.com/fmca/>.
3. Наказ Міністерства транспорту України від 30.03.1998 № 102 "Про затвердження Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту", <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0268-98#Text>.
4. Наказ Міністерство надзвичайних ситуацій України від 09.07.2012 № 964, НПАОП 0.00-1.62-12. "Правила охорони праці на автомобільному транспорті", <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1299-12#Text>
5. Наказ Мінекономрозвитку України № 193 від 08.02.2016 "Про затвердження Порядку проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів».
6. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 № 15. НПАОП 0.00-4.12-05. "Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці", <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text>.
7. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. - К.: Держстандарт України, 1994. - 24 с.
8. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. – К: Держстандарт України, 1994. – 92 с.
9. ДСТУ 2708:2006. Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація і порядок проведення: / Київ: Держстандарт України, 2006.– (Національні стандарти України).
10. ДСТУ 4276:2004 Норми і методи вимірювань димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями.
11. ДСТУ 4277:2004 Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі.
12. . Vazovsky, I. (1961). *Reliability theory and practice*.. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.b4144220&view=1up&seq=1>
13. Білоконь Я.Ю. Уприскувальні системи живлення бензинових двигунів сучасних автомобілів : навч. посіб. / Я.Ю. Білоконь, М.А. Вайнтрауб. – Київ : ПІТО НАПН України, 2015. – 248 с.
14. Гутаревич Ю.Ф. Екологія та автомобільний транспорт: навч. посіб. / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун та ін. –К.: Арістей, 2008. –296 с.
15. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля : навч. посіб. / О.Ф. Дащенко, В.Г. Максимов, О.Д. Ніцевич та ін. ; за ред. М.Б. Копитчука. – Одеса : Наука і техніка, 2012. – 392 с.
16. Запорожець О.І. Транспортна екологія : навч. посіб. / О.І. Запорожець, С.В. Бойченко, О.Л. Матвеева та ін. ; за заг. ред. С. В. Бойченка. – Київ : НАУ, 2017.

– 507 с.

17. Зенкін Є.Ю. Розробка методу прискореного діагностування автомобільних дизелів з акумуляторними системами паливоподачі: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / Є. Ю. Зенкін. – Харків : ХНАДУ, 2010. – 180 с.

18. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів : підручник / О.А. Лудченко. – Київ : Вища шк., 2008. – 527 с

19. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління : підручник / О.А. Лудченко. – Київ : Знання-Прес, 2004. – 478 с

20. Люлька В.С. Основи діагностики автомобіля: Навчально-методичний посібник до практичних та самостійних робіт студентів вищих навчальних закладів України / Укладачі: Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Клімов О.М. – Чернігів: ЧНПУ імені Т.Г. Шевченка, 2013. – 188 с.

21. Мигаль В. Д. Мехатронні та телематичні системи автомобіля: навч. посібник / В. Д. Мигаль. - Х.: Майдан, 2017. - 314 с.

22. Мигаль В. Д. Практичні основи діагностування автомобільних двигунів : навч. посібник / В. Д. Мигаль, В. А. Корогодський, О. І. Воронков, І. М. Нікітченко. – Харків : ХНАДУ, 2021. – 412 с.

23. Мигаль В.Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія / В.Д. Мигаль. – Харків : Майдан, 2018. – 262 с.

24. Форнальчик Є.Ю. Технічна експлуатація та надійність автомобіля / Є.Ю. Форнальчик, М.С. Оліскевич, О.Л. Мاستикаш, Р.А. Пельо; за заг. ред. Є.Ю. Форнальчика. – Львів : Афіша, 2004. – 492 с.

ЖУРНАЛ
обліку технічного обслуговування транспортного засобу

Тип, марка _____

Державний номер _____

Дата проведення ТО	Тип і марка транспортного засобу	Державний номер	Вид ТО, номери операцій ТО	Виконавець, (прізвище, ініціали)	Підпис виконавця, який проводив роботи	Висновок відповідального за техніку про технічний стан транспортного засобу	Підпис начальника підрозділу про якість перевірених робіт
1	2	3	4	5	6	7	8

КАРТА ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДВИГУНА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

П.І.П. студента _____ Курс ____ Група _____

Марка _____ Рік _____
автомобіля _____ Держ. номер _____ випуску _____

VIN а/м № та модель _____ Пробіг _____ тис. км
_____ двигуна _____

« ____ » _____ 202__ р.

№ з/п	Діагностичний параметр	Нормативне значення параметру	Фактичне значення параметру	Висновок
1	2	3	4	5
1.	Загальний огляд			
1.1	Рівень оливи у двигуні, рідини у системі охолодження, у бачку насосу підсилювача руля, електроліту у акумуляторі	Поблизу відмітки «МАХ»		
1.2	Відсутність підтікань робочих рідин	За висновком діагноста		
1.3	Натяг привідних ременів	Згідно паспортних даних		
1.4	Стан повітряного фільтра	За висновком діагноста		
2.	Діагностика системи запалювання			
2.1	Кут випередження запалення, град.	Згідно паспортних даних		
2.2.1	Кут замкнутого стану переривача, град.			
2.2.2	Кут накоплення енергії (БЗС), град.			
2.3	Асинхронізм іскроутворення, град.	Не більше 2°		
2.4	Максимальна напруга котушки запалювання, кВ			
	- контактна система запалювання	4...12		
	- безконтактна система запалення	10...25		
2.5	Перевірка відцентрового регулятора кута випередження запалювання	За висновком діагноста		
2.6	Перевірка вакуумного регулятора кута випередження запалення			
3.	Перевірка роботи генератора та регулятора напруги при 2500 хв⁻¹			
3.1	Без навантаження, В	13,8...14,2		
3.2	Увімкнено дальнє світло, підігрів заднього скла, вентилятор обігрівача, В	13,2...13,8		

1	2	3		4		5
4.	Перевірка системи паливоподачі					
4.1	Обороти холостого ходу	Згідно паспортних даних				
4.2	Вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах, %	n_{\min}	$n_{\text{пов}}$	n_{\min}	$n_{\text{пов}}$	
	CO	1,5	2,0			
	CH	3000	1000			
4.3	Димність, %					
	- без наддуву	40	15			
	- з наддувом	50	15			
4.4	Тиск палива, МПа					
	- механічне впорскування	0,53...0,63				
	- електронне центральне впорскування	0,1...0,13				
	- електронне розподільне впорскування	0,25...0,4				
5.	Перевірка стану двигуна					
5.1	Відсутність сторонніх шумів та стуків	За висновком діагноста				
5.2	Тест порівняння циліндрів методом відносної компресії	Різниця по циліндрах не більше 25%				
5.3	Абсолютна компресія, МПа	Не менше 1,0 при різниці по циліндрах не більше 0,1 МПа				
	1-й циліндр					
	2-й циліндр					
	3-й циліндр					
	4-й циліндр					
5.4	Перевірка приводу ГРМ					
5.4.1	Стан ремня (ланцюга)	За висновком діагноста				
5.4.2	Натяг ремня (ланцюга)	Згідно паспортних даних				
5.4.3	Відповідність встановочних міток ГРМ	Згідно паспортних даних				
5.4.4	Зазори клапанів	Згідно паспортних даних				

Висновок про технічний стан двигуна _____

Студент (діагност) _____ підпис _____

Примітки.

1. Пункти 4.2 та 4.3 виконуються відповідно для бензинового двигуна або дизеля.
2. Пункт 4.4 виконується тільки для двигунів, які оснащені системою впорскування бензину.
3. Пункти 5.4.3 та 5.4.4 виконуються тільки при виявленні стуків у двигуні, згідно пункту 5.1.

**ПРИ ЗНАЧНОМУ ЗБІЛЬШЕННІ ЗАЗОРІВ У СПОЛУЧЕНИХ
ДЕТАЛЯХ ДВИГУНА ВИНИКАЮТЬ ШУМИ ТА СТУКІТ**

Місце можливог о стук у	Місце прослуховування (зона)	Тепловий стан двигуна	Режим роботи двигуна	Характер стукоту	Висновок про подальшу експлуатаці ю	Можливі наслідки подальшої експлуатації
1	2	3	4	5	6	7
Корінні підшипники колінчастого валу	У нижній частині блоку циліндрів (поблизу площини роз'єму картера)	Прогрітий	Різко змінний (зміна оборотів двигуна проводиться різким відкриттям та прикриттям дросельної заслінки)	Глухий стукіт низького тону	До експлуатації не допускається, потрібний ремонт	Руйнування бабіта, задир шийок колінвала
Шатунні підшипники колінчастого валу	На стінках блоку циліндрів по лінії руху поршня в місцях, що відповідають верхньому та нижньому положенням поршневого пальця	Прогрітий	Різко змінний (зміна оборотів двигуна проводиться різким відкриттям та прикриттям дросельної заслінки)	Стук середнього тону (різкіший, ніж стук корінних підшипників); при вимкненні запалення стукіт зникає або значно зменшується	До експлуатації не допускається, потрібний ремонт	Руйнування антифрикційного шару, задир шийок колєнвала
Поршневий палець шатуна	У верхній частині блоку циліндрів	Прогрітий	Різко змінний (зміна оборотів двигуна проводиться різким відкриттям та прикриттям дросельної заслінки)	Різкий металевий стукіт, що пропадає при вимкненні запалювання	До експлуатації не допускається, потрібний ремонт	Руйнування бобишок, поршня, прискорене зношування шийок і підшипників колінвала
Поршень-циліндр	У верхній частині блоку циліндрів	Холодний	При різкому зменшенні частоти обертання колін валу	Глухий клацаючий стукіт, що зменшується в міру прогріву двигуна, при сильному зносі стукіт зменшиться, але прослуховуватиметься також на прогрітому двигуні	До експлуатації допускається	Збільшена витрата палива та оливи
Клапан-штовхач	У верхній площині блоку циліндрів	Прогрітий	Малі обороти холостого ходу	Виразний дзвінкий стукіт	До експлуатації допускається (регулювати зазори слід у тому випадку, якщо при експлуатації стукіт посилюватиметься	Посилений знос гнізд блоку та головок клапанів





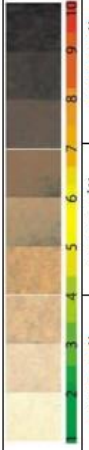

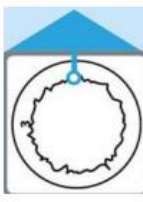
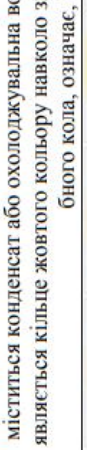

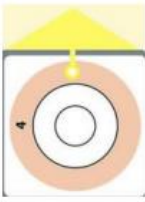


1	2	3	4	5	6	7
					і чітко прослуховува тиметься без стетоскопа)	
Клапан- втулка	У місцях розташування втулок	Прогрітий	Малі обороти холостого ходу	Глухий стукіт	До експлуатації допускається	Збіднення паливо- повітряної суміші через підсмоктуван ня повітря через зазори між втулками та стержнями впускних клапанів в наслідок поширеного відкладання нагару на стержнях
Підшипн ики- шийки розподіль чого вала	На стінках блоку циліндрів у місцях розташування підшипників розподільчог о вала	Прогрітий	Малі обороти холостого ходу	Ясно чутний звук	До експлуатації допускається	Посилений знос підшипників і кулаків розподільчог о вала

ДЕФЕКТИ І НЕСПРАВНОСТІ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ, ЯКІ ВИЯВЛЯЮТЬСЯ ЗАМІРОМ КОМПРЕСІЇ

Несправність	Ознаки несправностей	Величина компресії, МПа	
		Повністю відкрита дросельна заслінка (1,0...1,2 МПа)	Закрита заслінка (1,0...1,2 МПа)
Тріщини в перемичці поршня	Синій дим випуску, великий тиск в картері	0,6...0,8	0,3...0,4
Прогар поршня	Те ж, циліндр не працює на холостому ходу	0,0...0,5	0,0...0,1
Прогар клапана	Циліндр не працює на холостому ходу і малих навантаженнях	0,1...0,4	0
Деформація клапана	те ж	0,3...0,7	0,0...0,2
Залягання кілець в канавках поршня	Те ж, з синім димом випуску і великим тиском в картері	0,2...0,4	0,0...0,2
Задири на поверхні циліндра	Те ж, можлива не цілком стійка робота циліндра	0,2...0,8	0,1...0,4
Перезбагачення суміші	Затруднений пуск, чорний дим випуску	0,5...0,8	0,3...0,4
«Зависання» клапана	Циліндр не працює на холостому ходу	0,5...0,8	0,1...0,3
Дефект профіля кулачка розподільчого вала	те ж	0,7...0,8	0,1...0,3
Природний знос поршневих кілець і циліндрів	Підвищена витрата оливи, знижена потужність двигуна	0,6...0,9	0,4...0,6
Підвищена кількість нагару в камері згорання в поєднанні зі зношеними масло відбивними ковпачками і/або оливи зйомними кільцями	Підвищений витрата оливи з синім димом випуску	1,3...1,6	1,0...1,4

Примітки:

1. Для конструкції з гідро-штовхачами.
2. За умови гарного стану оливо-відбивних ковпачків, клапанів і направляючих втулок.

№	Опис і значення кіл на тесті	Порівнювальна таблиця для бензинових двигунів	Порівнювальна таблиця для дизельних двигунів
1	<p>САЖА</p>  <p>Інтенсивність окраски внутрішнього кола залежить від пробігу автомобіля і тривалості використання машинної оливи. Якщо олива вже в значній мірі відпрацьована, то сажею можуть бути покриті кола 2 і 3. Хороший стан оливи і чітка робота двигуна, приблизно до 10 км, утворює чітко окреслене внутрішнє коло в центрі тесту.</p>	<p>Шкала № 1. При порівнянні внутрішнього кола із шкалою № 1 встановлюється ступінь вмісту сажі, пилу, металів і т. ін. в оливі.</p>  <p>хороший середній поганий</p>	<p>Шкала № 1. При порівнянні внутрішнього кола із шкалою № 1 встановлюється ступінь вмісту сажі, пилу, металів і т. ін. в оливі.</p>  <p>хороший середній поганий</p>
2	<p>СТАН</p>  <p>У бензинових двигунів, чим старіша олива, тим вона темніша. У дизельних двигунів, від світло-сірого до синьо-чорного. Якщо двигун сильно коптить, то між колом 1 і 2 часто не видно ніякої різниці.</p>	<p>Шкала № 2. При порівнянні другого кола із шкалою №2 встановлюється якість і стан оливи.</p>  <p>хороший середній поганий</p>	<p>Шкала № 2. При порівнянні другого кола із шкалою №2 встановлюється якість і стан оливи.</p>  <p>хороший середній поганий</p>
3	<p>ВОДА</p>  <p>Якщо в оливі є високий вміст води, то результати проявляються вже через декілька хвилин. Кола 1, 2 і 4 також можуть бути перекриті. Якщо в моторній оливі міститься гліколь, поверх зигзагоподібного кола утворюється жовте кільце (Корона).</p>	<p>Шкала №3. При порівнянні 3-го (зигзагоподібного) кола із шкалою №3 виявляється наявність води в оливі. Якщо на межі 3 і 4 кіл утворюється чіткий зигзагоподібне коло – в оливі міститься конденсат або охолоджувальна вода. При наявності охолоджувальної води проявляється кільце жовтого кольору навколо зигзагоподібного кола. Відсутність зигзагоподібного кола, означає, що води в оливі не має.</p>  <p>хороший середній поганий</p>	<p>Шкала №3. При порівнянні 3-го (зигзагоподібного) кола із шкалою №3 виявляється наявність води в оливі. Якщо на межі 3 і 4 кіл утворюється чіткий зигзагоподібне коло – в оливі міститься конденсат або охолоджувальна вода. При наявності охолоджувальної води проявляється кільце жовтого кольору навколо зигзагоподібного кола. Відсутність зигзагоподібного кола, означає, що води в оливі не має.</p>  <p>хороший середній поганий</p>
4	<p>ПАЛИВО</p>  <p>Зовнішнє кільце (паливне коло). Чим ширше зовнішнє кільце, тим більше палива в оливі.</p>	<p>Шкала №4. При порівнянні зовнішнього кола (паливне коло) із шкалою №4 потримати тест навпроти світла. Якщо по межі зовнішнього кола є світле, прозоре коло, значить в оливі міститься паливо. Якщо світле коло відсутнє, значить палива в оливі не має</p>  <p>не має води мала кількість води багато води в оливі</p>	<p>Шкала №4. При порівнянні зовнішнього кола (паливне коло) із шкалою №4 потримати тест навпроти світла. Якщо по межі зовнішнього кола є світле, прозоре коло, значить в оливі міститься паливо. Якщо світле коло відсутнє, значить палива в оливі не має</p>  <p>не має води мала кількість води багато води в оливі</p>

Розпочніть процес оцінювання за допомогою цього шаблону
зсередини назовні.

DIESEL ENGINE Example 1



STEP 1

Take a careful look at this example.

STEP 2

Start the evaluation process with this template from inside to outside.

STEP 3

Enter your selected numbers in the box.

Deposits

Condition

Water

Fuel

check EVALUATION

PETROL ENGINE Example 1



STEP 1

Take a careful look at this example.

STEP 2

Start the evaluation process with this template from inside to outside.

STEP 3

Enter your selected numbers in the box.

Deposits

Condition

Water

Fuel

check EVALUATION

ПРОТОКОЛ № _____
 від «__» _____ 202__ р.

вимірювання вмісту оксиду вуглецю і вуглеводнів у відпрацьованих газах
 автомобіля

Назва підприємства і місце вимірювання _____

Марка і модель автомобіля _____

Номер шасі (кузова), державний номер автомобіля _____

Наявність нейтралізатора і його тип: окиснювальний/трикомпонентний

Відповідність автомобіля вимогам 5.1.2 – 5.1.3 ДСТУ 4277:2004

Температура охолоджувальної рідини (моторної оливи)

Марка, модель, заводський номер, рік випуску газоаналізатора, дата повірки

Результати вимірювання вмісту оксиду вуглецю і вуглеводнів

Частота обертання	Результати вимірювання вмісту		Гранично допустимий вміст	
	оксиду вуглецю, %	вуглеводнів, млн. ⁻¹	оксиду вуглецю, %	вуглеводнів, млн. ⁻¹
<i>n</i> _{мін}				
<i>n</i> _{підв}				

Висновок про відповідність вимогам ДСТУ _____

Виконавці:

 (посада)

 (підпис)

 (П.І.Б.)

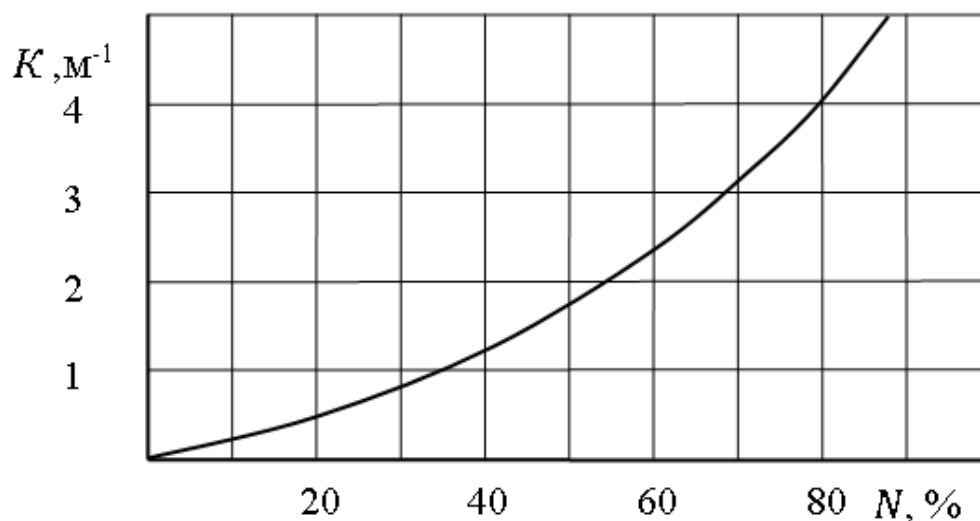
 (посада)

 (підпис)

 (П.І.Б.)

Співвідношення одиниць вимірювання димності:
 коефіцієнта ослаблення світлового потоку N (%), натуральним показником
 ослаблення світлового потоку K (m^{-1}) і масової концентрації сажі [$г/м^3$]

Коефіцієнт ослаблення світлового потоку N , %	Натуральний показник ослаблення світлового потоку K , m^{-1}	Масова концентрація сажі, $г/м^3$	Коефіцієнт ослаблення світлового потоку N , %	Натуральний показник ослаблення світлового потоку K , m^{-1}	Масова концентрація сажі, $г/м^3$
10	0,25	0,033	30	0,83	0,133
11	0,27	0,038	31	0,86	0,138
12	0,30	0,042	32	0,90	0,144
13	0,32	0,047	33	0,93	0,150
14	0,35	0,052	34	0,97	0,156
15	0,38	0,057	35	1,00	0,162
16	0,41	0,062	36	1,04	0,168
17	0,43	0,066	37	1,07	0,174
18	0,46	0,071	38	1,11	0,181
19	0,49	0,076	39	1,15	0,187
20	0,52	0,081	40	1,19	0,193
21	0,55	0,086	41	1,23	0,199
22	0,58	0,091	42	1,27	0,206
23	0,61	0,096	43	1,31	0,213
24	0,64	0,101	44	1,35	0,220
25	0,67	0,106	45	1,39	0,227
26	0,70	0,111	46	1,43	0,234
27	0,73	0,117	47	1,48	0,241
28	0,76	0,122	48	1,52	0,248
29	0,80	0,127	49	1,57	0,256



Залежність між натуральним показником ослаблення світлового потоку K і
 коефіцієнтом ослаблення світлового потоку N

ПРОТОКОЛ № _____

від «__» _____ 200__ р.

вимірювання димності відпрацьованих газів дизеля (газодизеля) автомобіля

Назва підприємства і місце проведення вимірювань _____

Марка і модель автомобіля _____

Номер шасі (кузова), державний номер автомобіля _____

Марка і модель дизеля (газодизеля), наявність знаку офіційного затвердження за ДСТУ UN/ECE R 24-03 (Правилами ЄЕК ООН № 24-03) _____

Марка, модель, зав. номер димоміра, дата повірки _____

Температура охолоджувальної рідини (моторної оливи) _____

Результати вимірювання димності

Номер вимірювання	Виміряні показники		Гранично допустимі значення показників	
	$K, \text{ м}^{-1}$	$N, \%$	$K_{\text{дон}}, \text{ м}^{-1}$	$N_{\text{дон}}, \%$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
Середнє арифметичне чотирьох останніх вимірювань				

Висновок про відповідність вимогам ДСТУ _____

Виконавці:

(посада)_____
(підпис)_____
(П.І.Б.)_____
(посада)_____
(підпис)_____
(П.І.Б.)