

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН
ІМ. ПРОФЕСОРА О.Д. СЕМКОВИЧА**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітнього ступеня «Магістр»

на тему:

Удосконалення технологічного процесу поглибленого діагностування системи керування DI-Motronic бензинових двигунів автомобілів класу M1

Виконав: студент 6 курсу групи АТ-21маг
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)

Николайчук Василь Васильович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., доц. Оліскевич М.С.

(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: _____

(Прізвище та ініціали)

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2021

УДК 629.113.004.5:621.43.013.9

Николайчук В. В. Удосконалення технологічного процесу поглибленого діагностування системи керування DI-Motronic бензинових двигунів автомобілів класу M1. Магістерська кваліфікаційна робота. – Дубляни, – Львівський Національний аграрний університет. – 74 с., бібл. – 23, рис. – 11, табл. – 6.

Виконано порівняльний аналіз систем керування двигуном. Роботу об'єкту діагностування – автомобільного двигуна, оснащеного системою керування DI Motronic відображено структурно-функціональною моделлю. Вхідні і вихідні параметри блоків цієї моделі пов'язані передавальними функціями, які отримано експериментальним шляхом. Складено матрицю справного стану; матрицю змісту несправностей зі списку можливих, побудовано найкоротший контрольний глухокутній тест. Ефективність роботи ділянки діагностування оцінена коефіцієнтом зайнятості ділянки α_i , що являє собою середнє значення коефіцієнтів зайнятості всіх працюючих на ній виконавців. Оцінено витрати коштів залежно від кількості постів.

Зміст

ВСТУП	6
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	7
1.1. Бортові системи керування автомобілем DI-Motronic фірми Bosch.....	7
1.2 Розроблення карти технічного рівня систем-аналогів	15
2. ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ І СПОСОБІВ ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ ..	23
2.1. Методика збору статистичних даних	23
2.2. Обчислення числових характеристик розподілу несправностей	25
2.3. Хронометражні дослідження тривалості діагностування.....	32
2.4. Аналіз причин і наслідків відмов	36
3. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОГЛИБЛЕНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ.....	42
3.1 Розроблення структурно-функціональної схеми діагностування.....	42
3.2. Вибір діагностичних параметрів	44
3.3. Побудова найкоротшого тесту поглибленого діагностування.....	45
4. РОЗРОБЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ У МАЙСТЕРНІ ПІДПРИЄМСТВА BOSCH	51
4.1. Проектування робочого місця майстра-діагноста	51
4.2. Оцінювання продуктивності дільниці діагностування автомобілів	54
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	60
5.1. Актуальність питання покращення охорони праці.....	60
5.2. Характеристика технологічного процесу діагностування	60
5.3. Небезпеки й шкідливості у діагностувальному відділенні.....	62
5.4. Пропозиції щодо покращення умов праці	62
Додаток А. Передавальні функції системи керування двигуном типу DI Motronic	69
Додаток Б. Перелік можливого контрольно-вимірювального устаткування для оснащення універсальних діагностичних комплексів.....	72

ВСТУП

Розвиток систем діагностування тісно пов'язаний із тенденціями розвитку конструкцій автомобілебудівних підприємств з приводу надійності, функціональності і експлуатації автотранспортних засобів (АТЗ) з двигунами внутрішнього згорання. Намітились тенденції, які стали закономірностями для виробників закону – АТЗ не має здійснювати навіть мінімальної шкоди природному середовищу. натомість ставляться вимоги до енергоощадності, високої надійності. Для того, щоб збільшити періодичність ремонту і технічного обслуговування автомобілів, що підвищить їх надійність, пов'язано з більш жорсткими вимогами до діагностування. Доступна діагностична інформація має бути точнішою, достовірнішою і більш доступною. Конструкція ДВЗ ускладнюється, а відповідні технічні засоби діагностування (сканери, осцилографи, мультиметри, мотор-тестери) не дають змоги забезпечити необхідну якість діагнозу. А бортовим системам діагностування властиві ті ж похибки, що й попереднього покоління: швидкі коди, помилкові коди, кратні несправності. Механічні ушкодження також поки ще залишаються поза доступністю діагнозу стаціонарних і бортових систем.

Хоча зараз говорять про майбутню та недалеку інтелектуалізацію засобів діагностування, тобто їх можливість розв'язувати задачі, які раніше не розв'язувались, а також зберігати і перетворювати діагностичну інформацію, вміти прогнозувати діагнози, все ж багато типових несправностей і відмов залишаються поза увагою таких систем діагностування. Таким чином, система самодіагностики ще не є настільки ідеальними, щоби могли надавати автоматичний достовірний діагноз, якому можна довіряти цілком, виконуючи експлуатацію АТЗ.

Системи діагностування сучасних автомобілів мають функції визначати випадкові збої. Однак, ця функція не характерна для усіх марок АТЗ. А складність конструкції деяких систем керування бензинових ДВЗ є настільки високою, що у них немає надлишкової інформації, що дає можливість для реалізації самодіагностування. У зв'язку з цим, дослідження процесів та роз-

роблення рекомендацій по удосконаленню системи самодіагностування сучасних систем керування бензиновими двигунами, до яких відноситься система безпосереднього впорскування DI Motronic, є актуальним на сьогоднішній день.

Метою цієї роботи є підвищення ефективності технологічного процесу визначення місця несправності (локалізації кратних несправностей) в зв'язку з тим, що сучасні бортові і стаціонарні системи діагностування не дають глибокого і повного діагнозу. Цієї мети досягнуто через виконання таких задач:

- провести експериментальні спостереження за частістю відмов системи Motronic і виконати обробку статистичної інформації;
- побудувати структурну модель систем керування бензиновим ДВЗ і встановити причинно-наслідкові зв'язки виникнення типових несправностей;
- побудувати найкоротший за тривалістю процес діагностування, при умові підвищення точності й глибини діагнозу;
- вибрати оптимальне обладнання раціонально спланувати робочі пости та відділення діагностування легкових автомобілів.

Предмет дослідження – вплив послідовності і режимів тестування, та застосованого діагностичного обладнання на глибину діагнозу системи керування бензиновим ДВЗ DI Motronic.

Об'єкт дослідження – системи керування DI Motronic бензинових двигунів автомобілів класу М1.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Бортові системи керування автомобілем DI-Motronic фірми Bosch

Система впорскування високого тиску для бензинових двигунів, розроблена в компанії Bosch, заснована на застосуванні резервуара палива та паливної магістралі, яку насос високого тиску наповнює паливом із регульованим тиском до 120 бар. Тому паливо може бути введене безпосередньо до камери згоряння за допомогою електромагнітних інжекторів. Система DI-Motronic забезпечує подальше зниження викидів та скорочення витрати палива [5].

Маса повітря, що всмоктується, може бути відрегульована за допомогою електронно керованого дросельного клапана (регулятора газу) і виміряна за допомогою вимірювача маси повітря. Для контролю якості суміші використовується широкосмуговий датчик кисню у вихлопному тракті. Датчик розміщений перед каталітичними конвертерами. Цей датчик може вимірювати лямбда-показник в діапазоні від 0,8 до нескінченності. Електронний блок керування двигуном регулює робочі режими двигуна з прямим упорскуванням бензину трьома способами [8]:

- режим стратифікованого заряду палива - значення лямбда-показника більше 1;
- режим однорідної суміші, лямбда = 1;
- режим збагаченої однорідної суміші, лямбда = 0,8.

На відміну від традиційної системи упорскування у впускний колектор, при повному навантаженні все паливо має бути введене за вчетверо менший час. При формуванні стратифікованої суміші в режимі часткового навантаження доступний час є значно меншим. Зокрема, на холостому ходу потрібен час впорскування менше 0,5 мс. Це – лише одна/п'ята часу, доступного для упорскування у впускний колектор [5].

Паливо має розпилюватися дуже тонко, щоб створити оптимальну суміш за короткий інтервал часу між упорскуванням та займанням. Розмір крапельки палива для прямого упорскування, в середньому, – менше 20 мкм. Це

лише одна п'ята розміру крапельки, що отримується в традиційній системі впорскування в колектор, і одна третина від діаметра людського волосся [4].

Дисперсія палива значно підвищує ефективність роботи двигунів. Однак ще важливішим, ніж розпилення, є розподіл палива в конусі впорскування. Воно виконується так, щоб забезпечити швидке та однорідне згоряння.

Звичайні двигуни з запаленням від іскри використовують однорідну повітряно-паливну суміш з відношенням 14,7:1, відповідним лямбда-показнику 1. Двигуни з прямим упорскуванням в області часткового навантаження працюють відповідно до концепції утворення стратифікованого заряду палива при значному надлишку повітря. У цьому досягається дуже низьке споживання палива [8].

При затриманому впорскуванні палива ідеальною буде камера згоряння, розділена на дві частини. Упорскування здійснюється безпосередньо в камеру згоряння якраз перед моментом запалювання. В результаті повітряно-паливна хмара суміші утворюється поряд зі свічкою запалювання. Воно оточене теплоізолюючим шаром, що складається з повітря та залишкового вихлопного газу. Двигун працює майже повністю відкритим дросельним клапаном, що зменшує втрати на всмоктування.

У режимі експлуатації зі стратифікованим зарядом лямбда-показник у камері згоряння знаходиться десь між 1,5 і 3. В області часткових навантажень пряме упорскування бензину забезпечує найвищі значення економії палива порівняно із звичайною системою упорскування — до 40% на холостому ході [3]. Зі збільшенням навантаження на двигун і, отже, зі збільшенням кількості палива, стратифікована хмара заряду стає ще більш насиченою, і характеристики емісії стають гіршими. Як і при згорянні в дизелі, може утворюватися сажа. Щоб запобігти цьому, при наперед визначеному навантаженні машини блок управління двигуна Di-Motronic формує однорідну по всьому циліндру суміш. Система у фазі впуску вводить паливо дуже рано, щоб отримати хорошу повітряно-паливну суміш зі значенням лямбда-показника близьким до 1.

Як це має місце і в звичайних системах упорскування в колектор, кількість повітря, що всмоктується на всіх режимах експлуатації, регулюється дросельним клапаном відповідно до задаваного водієм крутного моменту. ECU системи DI Motronic за масою повітря, що всмоктується, обчислює кількість палива, яке буде введено, і виконує додаткову корекцію за допомогою лямбда-контролю. У цьому режимі роботи можливе збільшення моменту, що крутить, до 5%. Тут відіграє свою роль і термодинамічний ефект охолодження палива, що випаровується безпосередньо в камері згорання, і вищий ступінь стиснення двигуна з прямим упорскуванням бензину [5].

При різних режимах експлуатації з'являються дві основні вимоги до керування двигуном:

- момент упорскування повинен бути відрегульований між «пізнім» (протягом фази стиснення) та «раннім» (протягом фази впуску) положеннями залежно від характерного режиму експлуатації
- регулювання всмоктуваної маси повітря повинно бути незалежним від положення педалі газу для того, щоб дозволити роботу двигуна без дроселювання в діапазоні нижчих навантажень. Однак керування дроселем у діапазоні підвищених навантажень потрібно дозволити.

При оптимальному використанні всіх переваг середня економія палива у такому двигуні досягає 15%.

У режимі зі стратифікованим підведенням палива при дуже мізерному вихлопі окису азоту (NO_x) не можуть бути видалені звичайним каталітичним конвертером. Щоправда, оксиди NO_x можуть бути зменшені приблизно на 70% через рециркуляцію вихлопу до каталітичного конвертера. Однак цього недостатньо, щоб виконати майбутні амбітні обмеження емісії. Тому викиди, що містять NO_x , повинні зазнати спеціальної обробки. Конструктори двигунів використовують додатковий акумулюючий каталітичний конвертер оксидів азоту в системі випуску.

Окиси NO_x накопичуються у формі нітратів ($-\text{HNO}_3$) на поверхні конвертера разом з киснем, що все ще міститься у мізерному вихлопі.

Місткість акумулюючого каталітичного конвертера NO_x обмежена, тому як тільки вона буде вичерпана, каталітичний конвертер має бути відновлено. Щоб видаляти накопичені нітрати, Di-Motronic швидко переходить до його третього робочого режиму (робота з багатою однорідною сумішшю з лямбда-показником, приблизно рівним 0,8). Нітрати разом з чадним газом у вихлопі перетворюються на нешкідливі азот та кисень. Коли двигун працює в цьому діапазоні, момент, що крутить, двигуна регулюється положенням педалі, що відкриває дросельний клапан. Управління двигуном вирішує важке завдання переходу між різними режимами експлуатації в частки секунди так, щоб це було непомітно водієві.

Боротьба за скорочення емісії, що продовжується, наслідок суворого законодавства, повинна зменшити шкідливі викиди транспортного засобу до дуже низьких рівнів. Система Di-Motronic, яка тепер використовується багатьма виробниками, продовжує підтримувати добре ім'я компанії Bosch.

Система Motronic є системою, яка об'єднує електронні пристрої сумішоутворення і запалення. До системи DI-Motronic можуть належати інші частини систем керування, таких як Mono Jetronic, або Ke-Jetronic, та інші. Схема системи показана на рис. 1.1.

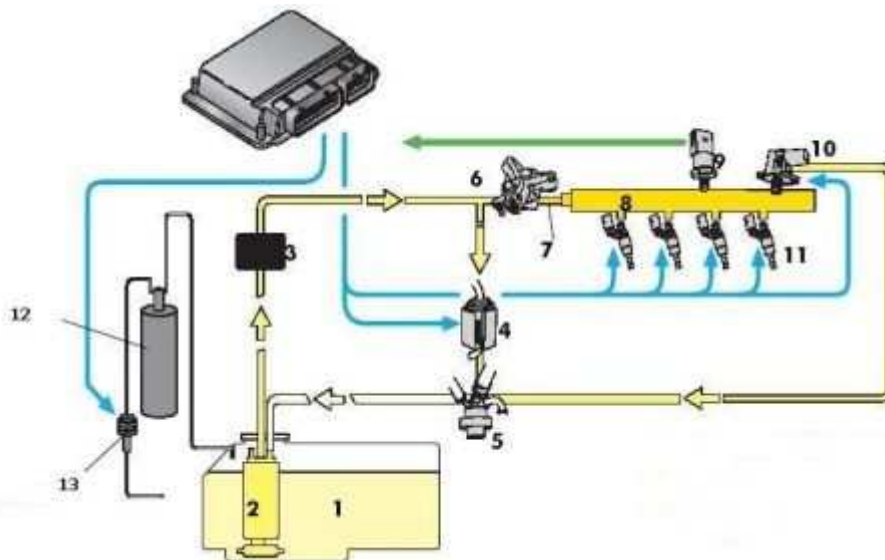


Рисунок 1.1 – Схема будови системи безпосереднього впорскування палива: ID Motronic MED7. 1 – бензобак; 2 – бензопомпа першого ступеня; 3 – фільтр тонкого очищення бензину; 4 – клапан надлишкового тиску палива; 5

– регулятор тиску потоку бензину; ; 8 – розподільчий бензопровід; 6 – бензопомпа другого ступеня (високого тиску); 7 – бензопровід; 9 – сенсор тиску палива; 10 – запобіжний клапан; 11 – форсунка упорскування бензину; 12 – вловлювач парів бензину; 13 – електромагнітний клапан системи вловлення парів бензину [16].

Дана система має унікальну функцію визначати і врахувати спрацювання циліндро-поршневої групи двигуна шляхів визначення максимального тиску в циліндрах. Також вона реагує на зміну атмосферний тиск повітря.

Однак, якщо помилкові сигнали реєструються сенсорами така, тоді діагностична інформація нагромаджується в пам'яті електронного блока керування (ЕБК). Коли проводиться чергове діагностування інформація, разом з помилками зчитується діагностичним сканером, що дозволяє швидко знайти джерело лише окремі несправності, оскільки помилкові коди спотворюють діагноз і їх важко відокремити від правильних кодів.

Система самодіагностики виявляє порушення в роботі контролера й елементів системи "Motronic" і вводить їх у запам'ятовуючий пристрій контролера. Якщо є відмови, або несправності температурних сенсорів системи охолодження ДВЗ, або системи подачі повітря, або витратоміра повітря, то ЕБК контролер виробляє рішення згідно з величинами, які «зашиті» в контролері за замовчуванням, тобто так, що програма вибирає таке числове значення змінної керування, яке характерне для абсолютної відсутності вхідної інформації. Це є, так званий, аварійний режим, який є неекономний і далеко неоптимальний. Якщо помилкові коди видалені, сенсори замінені і подають правдиву інформацію, контролер повертається до штатного режиму опрацювання діагностичних сигналів, аварійний режим припиняється. Така технологія діагностування є дещо складною, оскільки вимагає додаткових тестів, щоб виявити відмови сенсорів та випадкові збої в системі.

Система DI Motronic є досконаліша, ніж аналоги, оскільки у ній передбачено можливість зчитування, запиту і верифікації поточних сигналів, які йдуть до контролера і вихідних сигналів системи. Однак, ця система все одно

не може розрізнити несправності такі як вихід з ладу сенсора і втрата контакту з цим ж сенсором. Це, все одно треба визначати вручну, з допомогою мультиметра. Другий недолік: пошук несправностей передбачає роботу контролера з суворим дотриманням фірмових діагностичних карт. Діагностику DI-Motronic можна проводити лише з допомогою фірмових стендів Bosch.

Система DI-Motronic є модифікацією системи K-JEtronic . Основна відмінність модифікованої системи полягає у використанні пристрою розподілу запалювання без рухомих частин, що обумовило застосування чотирьох (4-циліндровий двигун) вихідних каскадів запалювання замість одного, як у традиційних системах. Така система запалювання одержала назву – цілком електронна "статична".

Цілком електронна "статична" система запалювання, коли котушка запалювання кожного циліндра керується своїм вихідним каскадом контролера, дозволяє не тільки видавати на свічки запалювання струм високої напруги, що досягає 32 кВ, але і швидко змінювати кут випередження запалювання в кожному циліндрі.

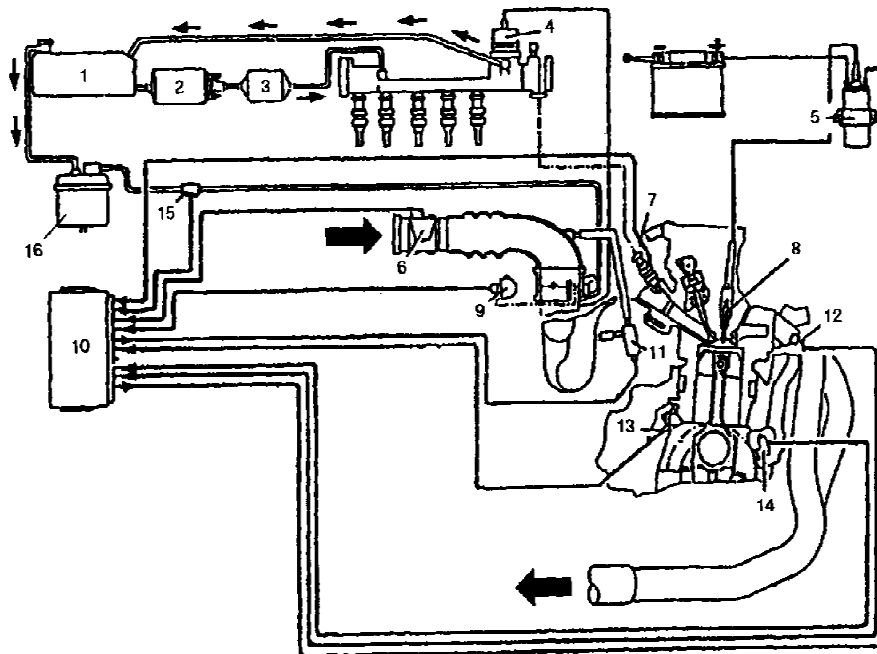


Рисунок 1.2 – Схема цифрової системи керування двигуном "Motronic 3.1":

1 — паливний бак, 2 — паливний насос, 3 — паливний фільтр, 4 — регулятор тиску палива, 5 — котушка запалювання, 6 — вимірник маси повітря з провідником, що нагрівається, 7 — форсунка, 8 — свічка запалювання, 9 —

потенціометр дросельної заслінки, 10 — контролер, 11 — поворотний регулятор марного ходу, 12 — сенсор температури охолодної рідини, 13 — сенсор детонації, 14 — сенсор числа оборотів двигуна, 15 — клапан вентиляції паливного бака, 16 — адсорбер (ємність з активованим вугіллям)

Крім того, діапазон регулювання кута випередження запалювання збільшений приблизно на 10° і складає 59° (по колінчатому валу) для кожного циліндра. Для контролю за черговістю роботи циліндрів у системі "М 1.7" використовується сенсор кутового положення розподільчого вала.

При розглянутій системі запалювання рекомендується застосування свічок із трьома "масовими" електродами, наприклад, BOSCH SUPER W7DTC. Їх рекомендується замінити через 30 тис. км, тоді як з одним електродом, наприклад, BOSCH SUPER W7DC – через 15 тис. км [16].

Система "Motronic 3.1" (рис. 1.3) є модифікацією системи "Motronic 1.7".

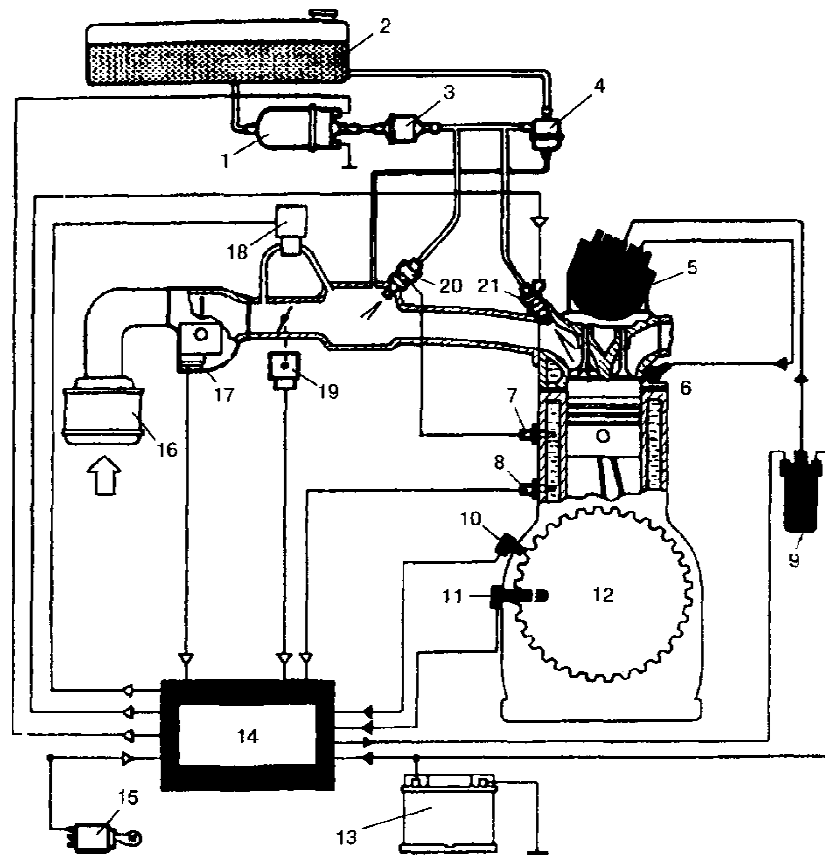


Рисунок 1.3 – Схема системи керування двигуном "ME-Motronic" [8]:

1 — паливний насос, 2 — паливний бак, 3 — фільтр тонкого очищення палива, 4 — регулятор тиску, 5 — розподільник запалювання, 6 — свічка запалювання, 7 — теплове реле часу, 8 — сенсор температури охолодної рідини, 9 — котушка запалювання, 10 — сенсор частоти обертання колінвала двигуна, 11 — сенсор кутових імпульсів, 12 — зубцюватий вінець маховика, 13 — акумуляторна батарея, 14 — контролер, 15 — вимикач запалювання, 16 — повітряний фільтр, 17 — вимірник кількості повітря, 18 — регулятор марного ходу, 19 — вимикач дросельної заслінки, 20 — пускова форсунка, 21 — робочі форсунки.

Основні розходження між цими системами полягають у наступному:

- збільшено продуктивність контролера;
- застосовано вимірник маси повітря термоанемометричного типу, із провідником, що нагрівається;
- застосовано послідовний режим впорскування палива.

Кожна форсунка керується окремим вихідним каскадом контролера. Цим досягається висока точність дозування палива, що впорскується, і швидка реакція системи на зміни навантаження двигуна.

Контролер керує системою впорскування палива в залежності від:

- напруги акумуляторної батареї;
- режиму роботи стартера;
- частоти обертання колінчатого вала двигуна – сенсор числа обертів установлений на блоці двигуна навпроти вінця на маховику (232 зубці) і видає 232 імпульси за 1 оберт колінчатого вала);
- кутового положення колінчатого вала (сенсор кутових імпульсів генерує імпульс напруги в момент проходження в його магнітному полі спеціального штифта, запресованого в маховик, цей момент відповідає 100° до ВМТ);
- сигналу від теплового реле часу (воно включене паралельно давачу температури охолодної рідини і замикає його накоротко, як тільки двигун досягає робочої температури);

- положення дросельної заслінки (повне навантаження, марний хід);
- кількості повітря, що надходить;
- температури повітря, що надходить;
- температури охолодної рідини.

1.2 Розроблення карти технічного рівня систем-аналогів

Карта технічного рівня – це документ, який свідчить про порівняння суттєвих властивостей виробу з аналогами, що розглядаються [1].

Конструкції систем керування двигунами істотно різняться за своїми параметрами та техніко-економічними показниками (табл. 1.1).

З відомих чотирьох методів визначення технічного рівня виробів вибираємо диференційний [1]. Диференційний метод передбачає:

- визначення техніко-економічних параметрів;
- поділ параметрів на групи показників якості, залежно від того, які властивості виробу характеризують ці параметри. Стандарт 22851-77 регламентує номенклатуру основних груп якості продукції:
- показники призначення – продуктивність, вантажність, встановлена потужність двигунів, рівень механізації та автоматизації, габаритні розміри, маса тощо;
- показники надійності: напрацювання на відмову, середній час відновлення роботоздатності, середній термін служби; термін гарантії, коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання, тривалість планових технічних втручань;
- показники економічного використання палива, енергії, матеріалів та інших ресурсів – продуктивність на одиницю площі, питома площа ($\text{м}^2/\text{одиниця головного параметра}$), питома витрата теплоти, електроенергії, питома витрата інших матеріалів;
- показники технологічності – енергомісткість та трудомісткість виготовлення, питома маса;

Таблиця 1.1 – Порівняння властивостей систем керування ДВЗ

Комплектуючий елемент	Motronic 3.3	PGM-FI "Honda "	DI Motronic	Renix	ECI "Mitsubishi"
1	2	3	4	6	7
Давачі					
Сенсор положення дросельної заслінки	+	+	+	+	+
Витратомір повітря лопатковий	-	-	+	-	-
Витратомір повітря термоанемометричний	+	-	-	-	+
Сенсор положення колінвала на маховику	-	-	-	+	+
Сенсор положення колінвала в комутаторі	+	-	+	-	-
Сенсор температури повітря	+	+	+	+	+
Сенсор атмосферного тиску	-	+	-	-	+
Сенсор положення розподільчого вала	-	-	-	-	+
Сенсор швидкості автомобіля	+	-	-	-	+
Лямбда-сенсор	+	+	+	+	+
Лямбда-сенсор 2	-	-	-	-	+
Сенсор детонації	+	-	-	+	+
Сенсор ввімкненої передачі	+	-	-	-	+
Сенсор ввімкненого запалення	+	-	-	-	-
Сенсор абсолютного тиску у впускній системі	-	+	-	+	+
Сенсор температури охолодної рідини	+	+	+	+	+
Виконавчі системи					
Реле головної форсунки	+	+	+	+	+
Реле пускової форсунки	+	+	+	-	+
Реле допоміжної форсунки	-	-	-	-	+
Допоміжний повітряний насос	-	+	-	-	+
Клапан рециркуляції відпрацьованих газів	+	+	-	+	+
Коректор складу робочої суміші на м. х.	-	+	-	-	-

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	6	7
Допоміжний повітряний клапан	+	-	+	+	+
Система клапанів переключення на ресиверси різного об'єму	-	+	+	+	-
Регулятор тиску повітря	-	-	-	+	-
Регулятор марного ходу	+	+	+	+	+
Система запалення	+	+	+	+	+
Механізм повертання розподільчого вала	-	+	-	+	+
Автономні функціональні блоки					
Адсорбер	+	+	+	+	-
Запірний клапан	+	+	+	+	-
регулятор тиску	+	+	+	+	+
Форсунка	+	+	-	+	-
Сенсор тиску повітря	-	+	+	+	+
Котушка запалення	-	-	-	+	-
Сенсор фази запалення	-	+	-	+	+
Повітряна помпа	-	-	-	+	+
Турбокомпресор	-	-	-	+	+
Витратомір повітря	+	+	+	+	+
Блок керування	+	+	+	+	+
Сенсор положення дросельної заслінки	+	+	+	+	+
Регулятор марного ходу	+	-	+	+	-
Сенсор температури повітря	+	+	+	+	+
Клапан системи рециркуляції	+	-	-	-	+
Паливний фільтр	+	+	+	+	+
Сенсор детонації	+	-	-	+	+
Сенсор частоти обертання колінвала	-	-	-	+	+
Сенсор температури охолодної рідини	+	+	+	+	+
Лямбда зонд	+	+	+	+	+
Діагностична колодка	+	-	+	+	+
Діагностична лампа	-	-	+	-	-
Сенсор диференціального тиску	-	-	-	+	-
Електрична паливна помпа	+	+	+	+	+
Сенсор навантаження	+	-	-	-	+

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	6	7
Контрольовані параметри					
Аналогові вхідні					
Витрата повітря	+	+	+	-	+
Напруга АКБ	+	-	+	-	+
Температура охолодної рідини	+	+	+	+	+
Температура повітря	+	+	+	+	+
Кут відкриття дросельної заслінки	+	+	+	+	+
Цифрові вхідні					
Кут повороту колінвала	-	-	-	+	+
Частота обертання колінвала	+	-	+	+	+
Сигнал системи запалення	+	-	-	-	+
Сигнал лямбда-сенсора	+	+	+	+	+
Швидкість автомобіля	+	-	-	-	+
Сигнал роботи марного ходу	-	+	+	-	+
Сигнал ввімкненого стартера	-	+	-	+	+

- показники транспортабельності – середня тривалість підготовки виробу до транспортування;
- показники стандартизації та уніфікації;
- екологічні показники;
- показники безпеки.

Економічні та естетичні показники визначаються методом експертних оцінок за п'ятибальною шкалою:

$$K_e = \frac{1}{u} \sum_{i=1}^u q_i \quad (1.1)$$

де u – кількість експертів; q_i – оцінка i -го експерта за п'ятибальною шкалою.

За методикою, визначають коефіцієнти вагомості m для кожної групи показників (сума коефіцієнтів вагомості для всіх груп повинна дорівнювати одиниці). Вибирають показники для кожної групи параметрів. Визначають коефіцієнти вагомості h_i для всіх показників кожної групи (сума коефіцієнтів вагомості для всіх показників в межах групи повинна дорівнювати одиниці). Вибирають значення базового взірця (аналога). Під час вибору значень пока-

зників аналога можна використати метод, запропонований професором Г.Л. Кабусом [12]. Згідно з цим методом аналогу надавались найкращі значення окремих показників.

Розрахунок відносного показника якості i -го параметра j -ї групи проводять за формулою [1]:

$$q_i^j = \frac{P_{ia}^j}{P_i^j} \quad (1.2)$$

$$q_i^j = \frac{P_i^j}{P_{ia}^j} \quad (1.3)$$

де P_i^j – абсолютне значення i -го показника якості в j -й групі;

P_{ia}^j – абсолютне значення i -го показника якості аналога в j -й групі.

Розраховують відносний показник якості j -ї групи за формулою [1]:

$$K_j = \sum_{i=1}^n h_i \cdot q_i^j \quad (1.4)$$

де n – кількість окремих показників в j -й групі.

Розраховують узагальнений коефіцієнт технічного рівня виробу за формулою:

$$K_{mp} = \sum_{j=1}^p m_j \cdot K_j \quad (1.5)$$

Для використання у технологічному процесі діагностування вибирають таке обладнання, значення узагальненого коефіцієнта технічного рівня якого є найвищим. Обчислення коефіцієнтів технічного рівня проводилось для систем керування "Motronic", PGM-FI фірми "Honda", Digijet фірми "Volkswagen", DI Motronic, Renix фірми Рено, ECI "Mitsubishi". Спільним для усіх систем є те, що вони встановлювались на автомобілі, що випускаються після 1998 року, мають робочий об'єм двигуна в межах 2,0 л, є передньопривідними (крім автомобілів фірми Рено). Оцінку технічного рівня подано в табл. 1.2. Розраховуємо відносні показники. Наприклад, такий показник, як кількість контрольованих параметрів вважається найкращим при максималь-

ному значенні цього показника. Тому, користуючись формулою (1.3), визначаємо, що найкращий відносний рівень цього показника – у ЕСІ Mitsubishi:

$$q_1^1 = \frac{13}{13} = 1,0.$$

У інших систем обчислено в табл. 1.2.

Технічні показники для усіх систем оцінено з коефіцієнтом вагомості 0,4. До них віднесено: кількість контрольованих параметрів (коефіцієнт вагомості – 0,1), кількість цифрових параметрів (0,1), кількість кодів несправностей (0,2), кількість автономних функціональних блоків (0,1), кількість сенсорів (0,2), кількість налагоджувальних параметрів (0,1), кількість параметрів, числове значення яких можна змінити залежно від рівня викидів (0,1), кількість параметрів технічного стану (0,1). Тому обчислюємо коефіцієнт технічного рівня для ДІ Motronic за формулою (1.4):

$$K_{1,1} = 0,69 \cdot 0,1 + 0,50 \cdot 0,1 + 1,00 \cdot 0,2 + 0,78 \cdot 0,1 + 0,60 \cdot 0,2 + 0,67 \cdot 0,1 + 0,75 \cdot 0,1 + 1,00 \cdot 0,1 = 0,76$$

Аналогічно обчислено показники технологічні та економічні для усіх інших систем. загальний коефіцієнт технічного рівня для системи Motronic визначаємо за формулою (1.5):

$$K_1 = 0,76 \cdot 0,4 + 0,72 \cdot 0,5 + 0,76 \cdot 0,1 = 0,43.$$

Як видно з таблиці найвищий технічний рівень можна віддати системі “Digijet” завдяки її перевагам у технологічних і економічних показниках. Розглядувана система ДІ Motronic займає лише третє місце серед представників, хоча по технічних показниках – друге. Ця система все ще залишається дорогою в обслуговуванні, тому потрібно розглядати технологічні процеси її діагностування і ремонту.

Таблиця 1.2 – Оцінювання технічного рівня систем керування двигуном

Властивості	Оцінка параметрів для аналогів																		Коефіцієнт вагомості
	M 3.4.2			PGM-FI "Honda"			Digijet "Volkswagen"			DI Motronic			Renix			ECI "Mitsubishi"			
	Абсолютне	Відносне	Коефіцієнт технічного рівня	Абсолютне	Відносне	Коефіцієнт технічного рівня	Абсолютне	Відносне	Коефіцієнт технічного рівня	Абсолютне	Відносне	Коефіцієнт технічного рівня	Абсолютне	Відносне	Коефіцієнт технічного рівня	Абсолютне	Відносне	Коефіцієнт технічного рівня	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. ТЕХНІЧНІ																			0,4
Кількість контрольованих параметрів	9	0,69	0,76	8,00	0,62	0,65	8,00	0,62	0,73	4,00	0,31	0,67	7	0,54	0,56	13	1,00	0,77	0,1
Кількість цифрових параметрів	4	0,50		4,00	0,50		3,00	0,38		1,00	0,13		4	0,50		8	1,00		0,1
Кількість кодів несправностей	35	1,00		24,00	0,69		19,00	0,54		17,00	0,49		25	0,71		17	0,49		0,2
Кількість автономних функціональних блоків	18	0,78		15,00	0,93		15,00	0,93		14,00	1,00		22	0,64		19	0,86		0,1
Кількість сенсорів	10	0,60		6,00	1,00		6,00	1,00		6,00	1,00		7	0,86		13	1,00		0,2
Кількість параметрів, числове значення яких можна змінювати налагодженням	2	0,67		1,00	0,33		1,00	0,33		3,00	1,00		0	0,00		1	0,33		0,1
Кількість параметрів, числове значення яких змінюється залежно від рівня шкідливих викидів	3	0,75		1,00	0,25		4,00	1,00		1,00	0,25		1	0,25		2	0,50		0,1
Кількість параметрів, числове значення яких змінюється залежно від технічного стану ДВЗ або умов зовнішнього середовища	2	1,00		1,00	0,50		2,00	1,00		2,00	1,00		1	0,50		2	1,00		0,1
2. ТЕХНОЛОГІЧНІ																			0,5
Концентрація шкідливих речовин у відпрацьованих газах під час їздового циклу, г/км			0,72			0,68			0,88			0,26			0,67			0,29	
СО	2,4	0,87		2,70	0,78		2,30	0,91		8,20	0,26		2,3	0,91		2,1	0,26		0,2
вуглеводнів	0,56	0,36		0,39	0,51		0,20	1,00		1,82	0,11		0,35	0,57		0,25	0,14		0,2
оксидів азоту	0,47	0,32		0,48	0,31		0,15	1,00		0,56	0,27		0,18	0,83		0,25	0,45		0,1
Концентрація шкідливих речовин при мінімальній частоті обертання марного ходу к.в.																			
СО %	0,15	1,00		0,15	1,00		0,32	0,47		0,60	0,25		0,55	0,27		0,15	0,25		0,1
вуглеводнів, р.р.м	55	0,91	72,00	0,69	52,00	0,96	180,00	0,28	80	0,63	50	0,28	0,1						

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Концентрація шкідливих речовин при максимальній частоті обертання колінвала																			
CO, %	0,04	0,80		0,04	0,80		0,036	0,89		0,19	0,17		0,08	0,39		0,03	0,17		0,1
вуглеводнів, ppm	16	1,00		26,00	0,62		22,00	0,73		70,00	0,23		22	0,73		20	0,29		0,1
Контрольна витрата палива при швидкості 90 км/год.	8,8	0,68		7,50	0,80		6,50	0,92		8,36	0,72		7,2	0,83		6	0,68		0,1
3. ЕКОНОМІЧНІ																			0,1
Ринкова ціна системи, балів	8	0,63		10,00	0,50		7,00	0,71		5,00	1,00		7	0,71		10	1,00		0,34
Ринкова ціна пристрою для зчитування кодів несправностей, балів	6	0,67	0,76	9,00	0,44	0,41	4,00	1,00	0,66	4,00	1,00	0,89	8	0,50	0,49	10	1,00	1,00	0,33
Ринкова ціна бази даних, балів	2	1,00		7,00	0,29		8,00	0,25		3,00	0,67		8	0,25		9	1,00		0,33
			0,43			0,38			0,51			0,49			0,38			0,24	1

2. ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ І СПОСОБІВ ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ

2.1. Методика збору статистичних даних

Виявити закономірності появи відмов та їх причини в системах керування DI Motronic можна, обстеживши велику кількість автомобілів. Чим більше їх обстежено, тим точніша буде оцінка частоти кожної виявленої відмови [10]. Проте неминучим є момент, коли зростання кількості обстежених автомобілів не дає змогу суттєво збільшити вірогідність отриманих результатів обстеження. В зв'язку з цим використано відому методику, що базується на положенні про те, що із збільшенням обсягу випадкової вибірки з об'єктів діагностування, що досліджуються, коливання частоти появи тої чи іншої відмови буде зменшуватись і наближатись до ймовірності появи цієї відмови [10]. Кількість об'єктів вважається достатньою, а всі характерні відмови виявленими, якщо коливання частоти їх появи не буде виходити з певною надійністю за межі прийнятої точності. В методиці використані наступні величини.

1. Середньоарифметичне значення частоти поєднання дефектів, що є наближеною оцінкою її ймовірності:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^N p_i}{N} \quad (2.1)$$

де p_i — частість появи відмови в i -му інтервалі вибірки; N – обсяг вибірки.

2. Середньоарифметичне відхилення частоти відмов:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (p_i - \bar{p})^2}{N-1}} \quad (2.2)$$

3. Коефіцієнт варіації відмов, обчислений за емпіричними даними [12]:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{p}} \quad (2.3)$$

4. Відносна похибка:

$$\varepsilon = \Delta p / p \quad (2.4)$$

де $\Delta p = p_{\max} - p_{\min}$ — розмах частоти.

Методика обґрунтування обсягу достатньої вибірки полягає в наступному.

1. Початковий обсяг вибірки N_1 розбивають на k інтервалів. N_1 вибирається довільно, але таким чином, щоб він перевищував загальну кількість всіх відмов, що трапляються. Число k обчислюється з емпіричного співвідношення [10]:

$$k = 1 + 3,32 \lg N_1 \quad (2.5)$$

2. Визначають частоти появи відмов для кожного інтервалу — p_1 .

3. За формулою (2.1) обчислюється середньоінтервальна частість. За формулами (2.2) і (2.3) обчислюються середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації.

4. Обчислюють потрібний обсяг вибірки, попередньо задавшись значенням відносної похибки $\varepsilon = 0,15$ від середньоарифметичного значення частоти, з припущенням, що випадкова величина має нормальний закон розподілу, за формулою:

$$N_2 = \frac{t^2 v^2}{\varepsilon^2} \quad (2.6)$$

де t — нормоване відхилення, що залежить від значення довірчої ймовірності (для подібних розрахунків приймається $t = 1,96$) [12].

Необхідний обсяг вибірки N_2 вибирається відносно тих технічних станів автомобільних двигунів із системами DI Motronic, що рідше від інших зустрічаються у вибірці, тобто він є максимальним серед обчислених для всіх станів. Проте, враховуючи, що технічні стани, що на початку є рідкісними (такими, частість появи яких не перевищує 0,05) можуть такими й залишитися після обстеження вибірки N_2 , дії методики 2-4 періодично слід повторювати. Цим можна уникнути зайвого обсягу вибірки і не досягати її обчисленого за формулою (2.6) значення.

Обчислюють довірчі межі частоти кожної відмови. Так, нижня довірча межа дорівнює:

$$p_{\alpha}^H = \bar{p} - t \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (2.7)$$

Верхня довірча межа дорівнює:

$$p_{\alpha}^B = \bar{p} + t \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (2.8)$$

2.2. Обчислення числових характеристик розподілу несправностей

Діагностувались системи керування двигуном типу DI Motronic, які надходили в майстерню фірми BOSCH SERVICE протягом 8 місяців 2021 року (з квітня до вересня включно). До обстеження придатними вважались автомобілі, що були попередньо очищені і вимиті, укомплектовані в зв'язку з технічними умовами і за віком не старші 1998 року випуску. Попередній обсяг вибірки для діагностування N_1 становив 70 автомобілів. Застосовувався суцільний метод контролю вхідного потоку двигунів для досягнення потрібного обсягу вибірки [14].

В попередньому обсязі фактично виявлено 15 відмов, перелік, зміст яких, а також коефіцієнти їх повторності подано в таблиці 2.1. Виявлено також 11 поєднань відмов. До уваги брались основні відмови, кількість яких у вибірці N_1 не менша 1%. Решта виявлених відмов вважались статистично не-тривкими. Ці відмови об'єднувались з основними за відомою методикою об'єднання [10].

Вибірку N_1 поділено на інтервали, кількість яких, згідно з формулою (2.5) становить 7. Для кожного інтервалу обчислено статистичні характеристики (2.1 - 2.4).

Для кожної відмови визначено обсяг достатньої вибірки за (2.8). Результати статистичних розрахунків подано в табл. 2.2, а також аркуш 2. З даної таблиці видно, що найбільший обсяг вибірки потрібен для з'ясування статистичної стійкості сьомої відмови і становить 192 автомобілі. Отже обсяг вибірки автомобілів N_2 повинен становити 192. Попередню вибірку N_1 допо-

вноено ще п'ятьма інтервалами. Після цього статистичні характеристики розподілу стали такими, як у виділених лінійках табл. 2.3.

Найбільший коефіцієнт варіації, отже найбільший обсяг вибірки N_3 характерний для сьомої відмови ($v=0,83$).

За формулою (2.8) обчислимо потрібний обсяг вибірки $N_3 = 118$ автомобілів. Оскільки $N_3 < N_2$, то можна вважати, що вибірка N_2 є достатньою. За формулами (2.7) і (2.8) обчислено довірчі межі частоти всіх технічних станів автомобілів (табл. 2.3).

Таблиця 2.1 – Виявлені відмови систем керування DI Motronic і способи їхнього усунення

Відмова	Основна причина	Способи усунення
1	2	3
1. Двигун не пускається 1.1. Порушення подачі бензину	а) відсутність палива в баку б) засмічений фільтр в) несправний редукційний клапан г) недостатній (відсутність) тиск палива д) не працює ЕБК е) забруднення форсунок ж) негерметичність впускного трубопроводу з) несправний ДПКВ й) несправний регулятор додаткового повітря	а)залити паливо в бак б) замінити фільтр в) замінити редукційний клапан г) перевірити напругу живлення паливної помпи д) перевірити цілісність запобіжника. Перевірити справність і надійність роз'ємів помпи, пускового реле і реле помпи. При включенні повинен бути чутний характерний звук 2-3 с. Перевірити сенсор і його проводку е) очистити форсунки ж) визначити місце й усунути підсмоктування повітря з) перевірити ДПКВ и) перевірити регулятор додаткового повітря

Продовження табл. 2.1

1	2	3
1.2. Порушення в системі запалювання	<p>а) відсутній контакт в електричному ланцюзі котушок запалювання, або блоку керування</p> <p>б) несправна котушка запалювання</p> <p>г) несправність ланцюга сенсора охолодної рідини</p> <p>д) слабкий сигнал від сенсора частоти обертання КВ</p> <p>ж) відсутня іскра на свічках / на центральному електроді</p> <p>е) недостатня енергія іскри</p> <p>д) несправні чи забруднені свічки</p> <p>ж) відсутність або несинхронність сигналу від сенсора положення розподільчого вала</p>	<p>а) перевірити з'єднання й усунути несправність роз'ємів. Після кожної перевіркової операції виконати пробний пуск двигуна</p> <p>б) замінити несправну котушку запалювання.</p> <p>г) перевірити сенсор і його проводку</p> <p>д) перевірити наявність і параметри сигналу</p> <p>ж) перевірити наявність іскри</p> <p>е) перевірити величину енергії іскри</p> <p>д) перевірити стан свічок запалювання</p> <p>ж) перевірити наявність і синхронність сигналу</p>
<p>2. Двигун працює нестійко</p> <p>2.1 Перебої або відмови в роботі одного з циліндрів двигуна</p>	<p>а) підсмоктування повітря через нещільності впускної системи, системи вентиляції картера і регулятора холостого ходу (РХХ)</p> <p>б) несправність системи холостого ходу</p> <p>в) потрапляння води в паливний бак</p> <p>д) несправність у ланцюзі сенсора температури охолодної рідини</p> <p>е) момент іскроутворення хаотично змінюється</p>	<p>а) перевірити з'єднання, усунути нещільності</p> <p>б) перевірити роботу клапана регулятора холостого ходу і працездатність системи керування</p> <p>в) злити відстій з бака</p> <p>д) перевірити сенсор і його ланцюг</p> <p>е) перевірити стабільність роботи механізму газорозподілу і надійність його кріплення</p> <p>є) замінити котушку запалювання</p>

Продовження табл. 2.1

1	2	3
<p>2.2 Перебої або відмови в роботі двох циліндрів</p>	<p>а) відсутність контакту в роз'ємі форсунки, чи її несправність</p> <p>б) не працює свічка запалювання</p> <p>в) нагар на тепловому конусі свічки</p> <p>г) пробій наконечника свічки запалювання</p> <p>д) потрапляння оливи в колodязь свічки запалювання</p> <p>а) несправна двовивідна катушка запалювання</p>	<p>а) перевірити роз'єм форсунки, замінити форсунку</p> <p>б) замінити свічку запалювання</p> <p>в)очистити нагар</p> <p>г)замінити наконечник свічки</p> <p>д) замінити ущільнювач кришки клапанів</p>
<p>3. Підвищена частота обертання КВ на режимі ХХ</p> <p>3.1 На холодному двигуні</p> <p>3.2 На прогрітому ДВЗ</p>	<p>а) неповне закриття</p> <p>б) привідкрита заслінка</p> <p>а) порушення контакту або вихід з ладу РХХ</p> <p>б) порушення контакту або несправність сенсорів</p> <p>в) нещільності з'єднань шлангів системи вентиляції і РЯХ</p> <p>д) негерметичність з'єднань впускного трубопроводу (системи з давачом абсолютного тиску і системи</p>	<p>а) перевірити і відрегулювати привід</p> <p>б) перевірити і відрегулювати привід</p> <p>а) перевірити роз'єм, замінити несправний сенсор РХХ</p> <p>б) перевірити роз'єм, замінити несправний сенсор</p> <p>в) усунути перекося шлангів і підтягти хомути</p> <p>д) визначити місце негерметичності й усунути причину</p> <p>е) зміряти тиск палива і привести у відповідність із заданим</p>

Продовження табл. 2.1

1	2	3
	<p>витратоміра палива і регулювання)</p> <p>е) тиск палива не відповідає заданому</p> <p>ж) несправність у ланцюзі витратоміра або сенсора абсолютного тиску</p>	<p>ж) перевірити давачи й усунути несправність</p>
<p>4 Двигун не розвиває повну потужність</p>	<p>а) недостатня величина тиску або продуктивність бензонасоса</p> <p>б) забруднення повітряного фільтра</p> <p>в) засмічення паливного фільтра</p> <p>г) неповне відкриття заслінки</p> <p>д) несправність у ланцюзі витратоміра повітря або сенсора абсолютного тиску</p> <p>е) несправність у ланцюзі сенсора положення дросельної заслінки (ДПДЗ)</p> <p>ж) забруднення форсунок</p> <p>з) підвищений опір випускної системи</p> <p>и) вихід на резервний режим роботи ЕБК через несправність у ланцюзі сенсора детонації</p>	<p>а) відновити параметри, або замінити насос</p> <p>б) замінити фільтруючий елемент</p> <p>в) замінити паливний фільтр</p> <p>г) відрегулювати привід</p> <p>д) перевірити функціонування сенсора і його проводку</p> <p>е) перевірити сенсор і його проводку</p> <p>ж) провести очищення форсунок</p> <p>з) перевірити величину протитиску вихлопу</p> <p>к) перевірити наявність сенсора і його проводку</p>

Продовження табл. 2.1

1	2	3
5. Провали при прискоренні	<p>а) недостатня величина тиску палива або продуктивність бензопомпи</p> <p>б) несправність у ланцюзі сенсора дросельної заслінки</p> <p>в) несправність у ланцюзі витратоміра повітря</p> <p>г) забруднення форсунок двигуна</p> <p>д) недостатня енергія іскри</p> <p>е) надмірний зазор у свічах запалювання</p> <p>ж) підвищений опір високовольтних дротів, чи їх пробій</p>	<p>а) перевірити і відновити параметри електробензопомпи (ЕБП)</p> <p>б) перевірити функціонування сенсора і його проводку. Усунути несправність</p> <p>в) перевірити функціонування сенсора і його проводку</p> <p>г) провести очищення форсунок</p> <p>д) перевірити і відновити систему запалювання</p> <p>е) перевірити стан свічок, замінити</p> <p>ж) перевірити опір і стан високовольтних проводів і їх наконечників</p>
6 Підвищена витрата палива	<p>а) підвищений тиск палива</p> <p>б) підвищений опір випускної системи</p> <p>в) несправність у ланцюзі кисневого сенсора</p> <p>г) несправність у ланцюзі сенсора тиску палива</p> <p>д) розриви діафрагми регулятора тиску палива</p>	<p>а) перевірити тиск палива і відновити параметри ЕБП</p> <p>б) очистити або замінити елементи</p> <p>в) перевірити роботу сенсора і його проводку</p> <p>г) перевірити параметри сенсора і його проводку</p> <p>д) перевірити і замінити діафрагму</p>
7 Підвищена токсичність відпрацьованих газів (ВГ)	<p>а) порушення контакту чи несправність сенсора температурного стану двигуна</p> <p>б) несправна система рециркуляції ВГ</p>	<p>а) перевірити роз'єми, замінити сенсор</p> <p>б) перевірити роботу системи, несправні вузли замінити</p> <p>в) провести ремонт двигуна</p>

Продовження табл. 2.1

1	2	3
	в) знос ЦПГ г) негерметичність клапанів д) знос оливовідбійних ковпачків	г) притерти клапани д) замінити ковпачки
8 Двигун перегрівается	а) недостатня кількість охолодної рідини в системі б) несправний термостат в) недостатній натяг паса привода допоміжних агрегатів	а) долити рідину. Перевірити герметичність системи. б) замінити термостат в) відрегулювати натяг паса
9 Вихлопи й удари у впускному чи випускному трубопроводах	а) неправильна установка моменту запалювання б) момент іскроутворення хаотично змінюється	а) перевірити стабільність роботи механізму газорозподілу б) перевірити стабільність роботи механізму газорозподілу і/або розподільника запалювання
10 Детонація	а) несправність у ланцюзі сенсора детонації б) раннє запалювання	а) перевірити роботу сенсора детонації і його проводку б) перевірити установку моменту запалювання
11 Підвищена витрата оливи	а) знос, закоксування поршневих кілець б) не працює система вентиляції картера в) теча оливи через сальники й прокладки	а) зробити ремонт двигуна б) промити деталі системи вентиляції в) усунути течі
12 Низький тиск оливи	а) заклинювання редукційного клапана б) несправний сенсор або показчик тиску оливи в) занижений чи завищений рівень оливи в картері	а) усунути причину заклинювання клапана б) замінити прилад в) долити або злити моторну оливу до рівня, що рекомендується, показчиком

Продовження табл. 2.1

1	2	3
13 Стукоти в двигуні	а) знос вкладишів КВ б) знос шатунно-поршневої групи	а) зробити ремонт двигуна

Таблиця 2.2 – Перелік виявлених поєднань відмов (кратних відмов)

№ поєднання	Перелік відмов	
	основного поєднання	рідкісного поєднання
1	5, 9	5, 9, 13; 5, 9;
2	1, 3, 5, 9, 12	
3	1, 3, 4, 6, 9, 10, 12	
4	2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12	
5	2, 3, 4, 7, 9, 10, 11	1, 2, 3, 4, 7, 9, 10
6	1, 2, 3, 4, 7, 9, 11	

2.3. Хронометражні дослідження тривалості діагностування

Важливий елемент роботи по вдосконаленню нормування праці – вивчення затрат робочого часу за допомогою спостереження. Спостереження – це дослідження окремих елементів трудового процесу, проведене за науково розробленою методикою. Під час спостереження збирають дані, які є основою для безперервного проведення трудового процесу, раціонального використання робочої сили і обладнання [9].

Залежно від виду роботи, тривалості операцій та їх елементів, а також від заданої величини відносної помилки і допустимого коефіцієнта стійкості визначають необхідну кількість спостережень і величину точності вимірів часу. Для розроблення норм часу за даними спостережних листів (хронокарт) складаю “Зведену відомість затрат часу”, в якій по переходах відображають всю діяльність виконавця протягом зміни і визначають середню тривалість елементів (переходів, операцій) (табл. 2.4).

Норми часу на інші операції, встановлені методом хронометражних спостережень подано в табл. 2.4.

Таблиця 2.3 – Результати статистичних досліджень відмов автомобілів, оснащених системами “Motronic”

№ відмови	Частість відмови по інтервалах												Статистичні характеристики		
	p ₁	p ₂	p ₃	p ₄	p ₅	p ₆	p ₇	p ₈	p ₉	p ₁₀	p ₁₁	p ₁₂	Середнє значення частоти	Середньоквадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації
1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,092 0,110	0,0669 0,0816	0,729 0,817
2	0,3	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,142 0,157	0,0793 0,0980	0,560 0,620
3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,175 0,200	0,0866 0,1000	0,495 0,500
4	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,150 0,114	0,0798 0,0900	0,532 0,780
5	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,108 0,114	0,0900 0,1070	0,831 0,940
6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,117 0,114	0,0577 0,0690	0,495 0,604
7	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,048 0,071	0,0622 0,0761	0,829 1,080
12	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,142 0,129	0,0515 0,0490	0,364 0,380

Виділеним шрифтом позначено статистичні параметри вибірки N₂, звичайним — N₁.

Значення частостей відмов обчислено із заокругленням до першого знаку після коми.

Таблиця 2.4 – Норми часу на операції діагностування і ремонту системи DI Motronic

№ операції	Зміст операції	Норма часу, хв.
1	2	3
1	Залити паливо в бак	4,2
2	Замінити паливний фільтр	3,15
3	Замінити редукційний клапан	12,7
4	Перевірити мультиметром напругу живлення паливної помпи	2,2
5	Перевірити цілісність запобіжника.	1,3
6	Перевірити справність і надійність роз'ємів помпи, пускового реле і реле помпи.	8,5
7	Перевірити сенсор тиску палива і проводку	13,6
8	Провести очищення форсунок	22,8
9	Визначити місце й усунути підсмоктування повітря	14,0
10	Перевірити ДПКВ	2,9
11	Перевірити регулятор додаткового повітря	4,8
12	Перевірити з'єднання й усунути несправність роз'ємів.	16,6
13	Виконати пробний пуск двигуна	0,9
14	Замінити несправну котушку запалювання	26,4
15	Перевірити сенсор кисню і його проводку	12,2
16	Перевірити наявність іскри	5,5
17	Перевірити величину енергії іскри (мотор-тестер)	15,0
18	Перевірити стан свічок запалювання	21,5
19	Перевірити роботу клапана регулятора ХХ	3,4
20	Злити відстій з паливного бака	18,5
21	Перевірити стабільність роботи механізму газорозподілу і надійність його кріплення	30,2

Продовження табл. 2.4.

1	2	3
22	Перевірити роз'єм форсунки	1,1
23	Замінити форсунку	9,7
24	Замінити свічку запалювання	13,8
25	Очистити нагар	25,0
26	Замінити наконечник свічки	-
27	Замінити ущільнювач кришки клапанів	27,8
28	Замінити несправний сенсор РЯХ	35,5
29	Усунути перекося шлангів і підтягти хомути	20,5
30	Визначити місце негерметичності й усунути причину	
31	Зміряти тиск палива і привести у відповідність із заданим	24,0
32	Замінити насос	36,0
33	Перевірити величину протитиску вихлопу	39,5
34	Перевірити опір і стан високовольтних проводів і їх наконечників	2,4
35	Перевірити тиск палива	16,6
36	Відновити параметри ЕБП	4,8
37	Перевірити і замінити діафрагму	42,6
38	Перевірити роз'єми, замінити сенсор положення дросельної заслонки	21,0
39	Замінити термостат	13,8
40	Відрегулювати натяг паса	36,5
41	Перевірити роботу сенсора детонації і його проводку	10,5
42	Перевірити установку моменту запалювання	5,5
43	Промити деталі системи вентиляції	3,4
44	Усунути течі	45,0
45	Злити моторну оливу	39,5

Ряд однойменних затрат часу утворює хронометражний ряд, який перевіряють на стійкість. Для заданих умов виконання діагностичних операцій нормативний коефіцієнт стійкості хроноряду – 3,0 (ручна робота, дрібносерійне виробництво) [9].

Після розчистки хронометражних рядів від всіх дефектних вимірів визначають середню тривалість досліджуваних елементів операції за формулою:

$$A_c = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{Z_p}, \text{ хв.} \quad (2.9)$$

де A_c — середньоарифметична величина елемента операції, хв.;

A_i — члени хронометражного ряду; Z_p — кількість членів хронометражного ряду.

Наприклад, за даними хронометражних спостережень, затрати часу на демонтаж сенсора положення дросельної заслінки дорівнюють 12 хв., 14 хв., 11 хв., 12 хв., 13 хв., 14,5 хв., 11,8 хв. Дані числа становлять хронометражний ряд, який випишемо у порядку зростання його членів – 11; 11,8; 12; 12; 13; 14; 14,5. Фактичний коефіцієнт стійкості $K_{стф} = 1,31$ (14,5:11), що є в межах допустимого (ця робота виконується вручну і $K_{см}=3$). Визначаємо середні затрати часу $A_c = 12,6$ хв.

2.4. Аналіз причин і наслідків відмов

У процесі тривалої експлуатації відбувається закономірна зміна електричних характеристик, мимовільна зміна регульовальних елементів, вихід з ладу сенсорів, їхніх роз'ємів, запобіжників і проводів.

Електронні компоненти, жгути проводів і контакти необхідно підтримувати в гарному стані. Контакти до сенсорів повинні бути без корозії. Проводка повинна бути чистою, щоб забезпечити передачу сигналів до ЕБК без перешкод. Працездатність системи керування двигуном залежить від керування механічних і гідромеханічних елементів. Деякі порушення технічного стану двигунів,

або їх регулювань викликають несправності, помилково прийняті за несправності електронної частини.

Загальне забруднення елементів паливної системи приводить до засмічення часточками шламу каналів і паливного фільтра форсунки. Її дефекти зв'язані з закоксуванням дозуючих елементів. На сідлах і запірних елементах ЕМФ згодом з'являються тверді смолисті відкладення. Засмічення паливної форсунки супроводжується відкладенням шару нагару на штифті голки. У цьому випадку ущільнювальний пасок не забезпечує герметичності. У результаті зменшується кільцевий зазор, що супроводжується зменшенням витрати бензину через форсунку. Після зупинки гарячого двигуна з плівки палива, що залишилася на штифтах і внутрішніх поверхнях розпилювачів, випаровуються легкі фракції. Залишкова величина тиску палива в паливній pompі після зупинки двигуна ще якийсь час зберігається. Бензин надходить через негерметичний клапан. Закоксування відбувається також через наявність у паливі смол, що відкладаються на форсунці у виді твердих відкладень, що перекривають отвори і порушують герметичність голчастого клапана [5].

Утрата герметичності електромагнітної форсунки (ЕМФ) погіршує відсічення палива, що впорскується. Замість різкого обриву паливного факела відбувається плавне закінчення упрскування палива. Останні краплі палива стікають з розпилювача і затримуються на розпилювачі. У цьому випадку порушується оптимальна геометрична форма факела. Відкладення на поверхні розпилювача погіршують однорідність розпилення. Великі краплі палива не встигають випаруватися і переміщаються разом з повітрям у циліндр двигуна. Це приводить до утрудненого пуску, нестійкого холостого ходу, провалів при розгоні, підвищеної витрати палива і втраті потужності. Важливим напрямком підтримки технічного стану форсунок є застосування спеціальних добавок до палива. Регулярне їхнє застосування підтримує ЕМФ у гарному стані, розчиняючи відкладення і

нагар. Герметичність ЕМФ можна перевірити, подавши в неї повітря під тиском 0,3 МПа й опустивши насадку розпилювача ЕМФ у гас.

Робота несправних ЕМФ супроводжується утрудненим пуском, нестійким режимом холостого ходу, провалами при розгоні, підвищеним витратою палива і втратою потужності. Нерозбірні несправні ЕМФ підлягають заміні.

Набагато рідше зустрічається забруднення вхідних фільтрів ЕМФ. Вони призначені лише гарантувати чистоту палива, відкидаючи дрібні включення, що проникли через магістральний фільтр тонкого очищення палива. У процесі експлуатації важливим є підтримка необхідного стану фільтрів палива.

Незадовільна робота двигуна може бути наслідком несправностей елементів системи запалювання. Тому до очищення ЕМФ необхідно завжди проводити комплексну діагностику двигуна і його систем.

Кожен сенсор має у своєму розпорядженні резервні можливості. При виході з ладу одного з сенсорів, інформація в ЕБК надходить від інших. Якщо пошкоджений сенсор положення розподільчого вала (ДМРВ), то його замінить сенсор частоти обертання колінчастого вала і сенсор положення дросельної заслінки (ДПДЗ). По їхнім даним система визначає витрату повітря.

ДПКВ є основним давачом системи керування. Несправності сенсора, його електричного ланцюга й ушкодження зубів диска синхронізації не дозволяють експлуатувати двигун. Перешкоди в ланцюзі ДПКВ двигуна фіксуються системою самодіагностики в пам'яті оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП), як несправність. Для забезпечення роботи двигуна необхідна правильна орієнтація колінчастого вала (КВ) і розподільного вала двигуна. Якщо КВ двигуна встановлений у положення, що відповідає ВМТ поршня першого циліндра, то напроти середини сердечника ДПКВ повинен знаходитися 20-й зуб диска синхронізації.

Давачі ДПКВ і ДПРВ, що забезпечують синхронізацію, забезпечують оптимальне фазне впорскування палива. Правильне співвідношення положень КВ

і РВ порушується в процесі експлуатації через витягування ланцюгів привода розподільчого вала (РВ).

ЕБК відслідковує несправності ДПРВ і його ланцюга. У разі потреби ЕБК реалізує резервний режим роботи двигуна, що дістав назву «попарно рівнобіжного впорскування палива». У цьому випадку пари форсунок (1 і 4, 2 і 3 циліндрів) включаються поперемінно через 360° повороту КВ.

Виникнення несправності в електричному ланцюзі ДМРВ (обриви, коротке замикання) ЕБУ супроводжується відповідним кодом несправності в ЕБУ. Керування двигуном у цьому випадку переходить на резервний режим. У цьому випадку значення циклової витрати повітря визначається відповідно до частоти обертання КВ і положенням дросельної заслінки. Якщо несправність виявлена в ланцюзі сенсора положення дросельної заслінки, то встановлюється визначена годинна витрата повітря, що дозволяє автомобілю доїхати до найближчої СТОА.

Несправність в електричних ланцюгах (обриви, коротке замикання) ДПДЗ визначає ЕБУ шляхом занесення в його пам'ять відповідного коду, а двигун переходить на резервний режим роботи (режим часткових навантажень). Такий режим дозволяє експлуатувати автомобіль з невеликими навантаженнями до проведення ремонту.

Механічні ушкодження з'єднань, кріплення тяг приводять до неправильної ідентифікації ЕБУ сигналу сенсора, що супроводжується порушенням експлуатаційних якостей автомобіля. Діагностування варто починати з перевірки технічного стану механічних з'єднань і систем двигуна.

Несправність у ланцюзі сенсора температури охолоджувальної рідини утрудняє пуск двигуна. Несправність сенсора температури впускного трубопроводу порушує корекцію основних параметрів керування двигуном.

Закоксовування жиклера в дросельному патрубку шлангів може викликати збільшення кількості кроків РХХ більше нормального, витік оливи, потрапляння її в повітряний фільтр і забруднення двигуна смолистими відкладеннями.

Причини передчасного виходу з ладу сенсора кисню зв'язані з застосуванням етильованого бензину, або невідповідної марки палива, використанням при установці сенсора герметиків, які вулканізуються при кімнатній температурі, мають у своєму складі силікон, перегрівом сенсора через неправильну величину встановленого кута випередження запалювання, перезбагачення пальної суміші, перебоїв у запалюванні.

Сенсор виводиться з ладу також багаторазовими (невдалі) спробами запуску двигуна через невеликі проміжки часу. Це приводить до нагромадження незгорілого палива у випускному трубопроводі.

Відключення свічок запалювання може бути причиною виходу з ладу нейтралізатора. Потрапляння на керамічний наконечник сенсора будь-яких експлуатаційних рідин, розчинників і миючих засобів, обриви, поганий контакт або замикання на «масу» вихідного ланцюга сенсора, а також негерметичність випускної системи супроводжуються порушенням у роботі нейтралізатора.

При пошуку причин несправності завжди варто звертати увагу на стан електричних роз'ємів. Їх необхідно періодично чистити від пилу і бруду.

ЕБУ здійснює постійну самодіагностику більшості вхідних і вихідних сигналів і функцій системи керування. Вихід контрольованих параметрів за встановлені границі вказує на наявність несправності в роботі системи керування двигуна. ЕБУ сигналізує про виявлені несправності через лампу діагностики. Несправності системи впорскування мають характеристику і код дефекту (числа від 13 до 199). Виявлені несправності фіксуються в системі і запам'ятовуються в пам'яті ЕБУ.

Розрізняють поточну, однократну і багаторазову несправності систем упорскування палива.

Поточна несправність присутня в даний момент. Однократна несправність являє собою дефект, який реєструється ЕБУ один раз за 2 хвилини роботи системи керування. Відомості про однократну помилку зберігаються в пам'яті ЕБУ протягом 2 годин, а потім вони автоматично видаляються.

Багаторазова несправність виявляється за інтервал часу, що перевищує 2 хвилини роботи системи керування. Інформація про багаторазову помилку зберігається в пам'яті ЕБУ постійно до відключення акумулятора, чи стирання кодів несправності за допомогою діагностичного приладу.

У процесі тривалої експлуатації автомобілів з розподіленим упрскуванням палива виникають типові несправності (див. табл. 2.1).

3. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОГЛИБЛЕНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

3.1 Розроблення структурно-функціональної схеми діагностування

Для побудови раціональної структури технологічного процесу використано метод активізації одновимірного шляху [23]. Цей метод є одним з історично перших структурних підходів до побудови тестів. Ідея методу полягає в побудові шляху від місця несправності, наприклад, від деякого елемента A_i і через послідовність інших, з'єднаних з ним елементів A_2, \dots, A_N до одного із зовнішніх контрольованих виходів об'єкта діагностування. Вхідні сигнали елементів A_2, \dots, A_N вибираються таким чином, щоб за значенням сигналу на обраному зовнішньому виході можна було стверджувати про технічний стан елемента A_i .

Для успішного застосування цього методу потрібно скористатись методами аналізу структурно-функціональної схеми ОД. Розглядаючи послідовність проходження і перетворення сигналів в ОД, можна побачити ланцюги окремих елементів, що з'єднані різними способами. В основному розрізняють два різних з'єднання: послідовне і паралельне.

Послідовне з'єднання. Для такого з'єднання вихідна величина з попереднього елемента є, одночасно, вхідною для наступного [20]. Передавальні функції окремих елементів визначають за формулами:

$$W_1 = \frac{x_2}{x_1}; \quad W_2 = \frac{x_3}{x_2}; \quad W_3 = \frac{x_4}{x_3}. \quad (3.1)$$

Загальна передавальна функція ОД визначається після перемножування почленно окремих передавальних функцій:

$$W_{заг} = W_1 \cdot W_2 \cdot W_3 = \frac{x_2}{x_1} \cdot \frac{x_3}{x_2} \cdot \frac{x_4}{x_3} = \frac{x_4}{x_1}, \quad (3.2)$$

Отже, передавальна функція системи послідовних елементів об'єктів діагностування (ОД) дорівнює добутку передавальних функцій цих елементів. Паралельне з'єднання елементів. В цьому випадку на вхід усіх елементів

передається одна і та ж величина x_{ex} . Передавальні функції окремих елементів [20]:

$$W_1 = \frac{x_1}{x_{ex}}; \quad W_2 = \frac{x_2}{x_{ex}}; \quad W_3 = \frac{x_3}{x_{ex}}.$$

Вихідна величина ОД дорівнює сумі вихідних величин, які складають ланцюг елементів: $x_{вих} = x_1 + x_2 + x_3$. Передавальна функція системи визначається з формули [20]:

$$W_{заг} = W_1 + W_2 + W_3 = \frac{x_{вих.}}{x_{ex.}}, \quad (3.3)$$

Метою перетворення структурно-функціональних схем є отримати схему, зручну для аналізу прояву можливих несправностей ОД.

Для визначення ознак прояву кожної з можливих несправностей, потрібно побудувати активізований шлях і надати контрольованим входам ОД таких значень, щоб з контрольованого виходу отримати однозначну реакцію [23]. Метод активізації одновимірного шляху є простим і зручним для використання, однак можливі несправності, для перевірки яких необхідно активізувати декілька шляхів. Це – наслідок наявності розгалужень у функціональній схемі ОД.

Передавальні функції для складеної структурно-функціональної схеми подано в додатку А. Ці передавальні функції побудовані на основі літературних даних [15].

Розроблена структурно-функціональна схема (рис. 3.1) включає такі елементи, які показані на рис. 1.2. Ці елементи становлять функціональні блоки, які відображають передавальні функції. Зв'язки між функціональними блоками – у вигляді дуг (стрілки) або ребер – це відношення передавальних функцій, які можна записати рівняннями (3.1), (3.2).

Структурно-функціональна схема дає змогу встановити залежності між структурними і діагностичними параметрами і побудувати таблицю функцій несправностей [23].

3.2. Вибір діагностичних параметрів

Діагностичними називаються параметрами, що містять інформацію про несправності ОД, над яким встановлені спостереження і контроль [2].

З усього різноманіття можливих діагностичних параметрів вибирають і використовують на практиці тільки ті, які відповідають вимогам однозначності, чутливості, стабільності і технологічності [11].

Сучасні автомобілі оснащують бортовими СД. Традиційні тестові СД відходять в минуле. В зв'язку з цим постає питання вибору тих діагностичних параметрів, які потрібно визначати у функціональних СД.

Вибір діагностичних параметрів для оцінювання технічного стану ОД здійснюють з номенклатур, що рекомендуються державними стандартами, а також іншою нормативно-технічною документацією.

Перелік вибраних діагностичних параметрів подано в табл. 4.1.

Таблиця 3.1 – Діагностичні параметри системи керування Motronic

Назва параметра, одиниці вимірювання	Можливий діапазон зміни	Чим вимірюється
Вміст CO у відпрацьованих газах, %	0,1–4	газоаналізатор
Вміст CH у відпрацьованих газах, млн ⁻¹	100-6000	газоаналізатор
Коефіцієнт вмісту кисню у ВГ	0,8-1,5	лямбда-сенсор
Вміст NO _x у відпрацьованих газах, %	0,1-2	газоаналізатор
Температура охолодної рідини, С°	20-110	термометр
Тиск оливи системи мащення, МПа	0,1-1,5	сенсор тиску
Частота обертання колінчастого вала, хв ⁻¹	890-3500	тахометр
Тиск палива паливної помпи, МПа	0,15-0,4	манометр
Напруга АКБ, В	11,5-14	мультиметр
Напруга первинного кола, кВ	0,9-1,5	мотор-тестер
Максимальна напруга вторинного кола, кВ	12-25	мотор-тестер
Кут випередження запалення	-10...+10	стробоскоп

Перечислені в таблиці 3.1 параметри є чутливими (мають істотний інтервал зміни), технологічними (можна виміряти відомими технічними засобами) і залежать від технічного стану ДВЗ. Отже всі вони можуть бути використані як діагностичні.

3.3. Побудова найкоротшого тесту поглибленого діагностування

Багато формулювань та розв'язків задач технічної діагностики автомобілів передбачають завдання формалізованого опису множини допустимих несправностей (моделей несправностей). Як правило кожній несправності можна надати у відповідність деяку зміну параметрів елементів об'єкта діагностування (ОД). Наприклад, часто як допустимі розглядаються несправності типу втрати герметичності, відсутності напруги, низької частоти обертання тощо. Зазвичай, модель несправності залежить від елементної бази ОД, а також від типу моделі ОД. Так, для ОД, що містить електричні елементи (електромашини, резистори, конденсатори, діоди, транзистори тощо), несправностями можуть бути обриви і короткі замикання. Для ОД, що складається з гідравлічних і пневматичних елементів (клапанів, дроселів, акумуляторів, гідроциліндрів тощо), допустимі несправності – втрата гідро- і пневмощільності, невідповідна витрата рідини, газу тощо. Для механічних ОД – зазори, натяги, деформації тощо [23].

Розрізняють одиничні і кратні несправності. Під одиничною розуміють несправність, прийняту як елементарну, тобто таку, котра не може бути представлена сукупністю декількох інших, “дрібніших” несправностей. Кратна несправність є сукупністю двох або більшої кількості поодиноких несправностей.

Таблиця функцій несправностей (ТФН) і таблиця несправностей (ТН) – це спеціальні форми подання поведінки ОД у справному та несправному стані. ТФН і ТН є наочними і зручним для ілюстрацій результатів теоретичних досліджень. ТФН містить зведення про поведінку справного ОД, а також ОД з кожною з можливих несправностей. Структура ТФН приведена аркуші 2 графічної частини. Вона складається з $r+1$ підтаблиць (далі матриць) M_0, M_1, \dots, M_r . Рядки ТФН відповідають окремим вхідним елементарним перевіркам послідовності $X = x_1, \dots, x_k, x_n$, що подаються на ОД під час діагностування.

Контроль ОД. Подають задані у ТФН тести X і вимірюють діагностичні параметри B . За результатами вимірювань формують матрицю M_x такого ж формату, що і матриці M_i ($i = 0, \dots, r$). Порівнюють поелементно матриці M_x і M_o . Якщо $M_x = M_o$, то вважають ОД справним, якщо $M_x \neq M_o$ – несправним.

Локалізація несправності. Для визначення місця несправності ОД виконують такі дії. Матрицю M_x по черзі порівнюють з кожною матрицею M_i , де $i = 1, \dots, r$. Якщо $M_x = M_i$, то несправність s_i заносять в список можливих несправностей. У цей список може потрапити декілька несправностей, за яких ОД має цю ж реакцію.

Щоб скоротити обсяг ТФН і ТН несправності з однаковими вихідними сигналами поєднуються у групи еквівалентних несправностей, а в ТФН і ТН під кожен таку групу формується тільки одна матриця.

Діагностування у часі можна розбити на декілька інтервалів, кожному з яких ставиться у відповідність деяка множина елементарних перевірок і результати вимірювань. Нехай X – множина усіх можливих послідовностей вхідних тестів, кожен з яких можна подати на ОД під час діагностування; $S = \{s_1, \dots, s_r\}$ – множина допустимих несправностей. Позначимо $M_i(E)$ і $M_i(T)$ – матриці ТФН i -о технічного стану ($i=0, 1, \dots, r$) для деяких послідовностей X і T . Послідовність $T \subseteq X$ називається контрольним тестом, якщо для будь-якої несправності $s_k \in S$, для якої $M_o(X) \cap M_k(X) = \emptyset$ виконується умова: $M_o(T) \cap M_k(T) = \emptyset$. Іншими словами, контрольний тест забезпечує перевірку всіх несправностей, які можуть бути перевірені.

Послідовність $T \subseteq X$ називається діагностичним тестом, якщо для будь-якої пари s_i, s_j несправностей, для якої $M_i(X) \cap M_j(X) = \emptyset$ виконується умова: $M_i(T) \cap M_j(T) = \emptyset$. Іншими словами діагностичний тест – це тест, з допомогою якого можна розрізнити максимально можливу кількість пар несправностей.

Контрольний (діагностичний) тест T називають глухокутнім контрольним (діагностичним), якщо будь-який тест $T \subset T$ не є контрольним (діагностичним).

Очевидно, що під час проведення діагностування бажано мати тести з якомога меншою кількістю елементарних перевірок. Це скорочує тривалість діагностування й обсяг необхідного інформаційного забезпечення. Задача побудови тесту – одна з головних і найскладніших у технічній діагностиці автомобілів. Як правило, сучасні СД мають спеціальні підсистеми автоматичної побудови тестів.

Процес побудови тестів складається з наступних етапів:

- 1) визначення списку можливих несправностей;
- 2) обчислення тестового набору для кожної несправності із списку;
- 3) моделювання схеми на тестовому наборі для виявлення підмножини несправностей, що виявляються;
- 4) визначення повноти перевірки схеми на побудованому тесті.

У зв'язку з високою складністю і трудомісткістю процесу побудови тестів широко застосовуються інтерактивні системи побудови тестів, що припускають активну участь оператора в цьому процесі. У теорії технічної діагностики найглибше опрацьовано задачі побудови тестів для цифрових ОД. З усіх відомих методів детермінованої генерації тесту розглянемо основні: з використанням ТН, метод активізації одновимірного шляху [23].

Визначення мінімальних тестів полягав у наступному.

1. Для кожної матриці визначають множину рядків L_i ($i=1, \dots, r$), у яких хоча б в одному стовпці є “1”.

2. Розглядаючи позначення рядків як деякі логічні змінні, записують логічні вирази Σ_i , де Σ_i – логічна сума змінних, співставлених рядкам з L_i .

3. Складають вираз $\prod_{i=1}^r \Sigma_i$ – логічний добуток логічних сум змінних.

4. Отриманий вираз із застосуванням операцій алгебри логіки приводять до диз'юнктивної форми (виконують логічне перемноження доданків і

зведення результатів. Отримують вираз $\sum_i \prod_{i=1}^r$ При цьому зі змінними виконують перетворення виду:

$$A A = A; A \vee AB = A; (A \vee B)(A \vee C) = A \vee BP.$$

Змінні, які входять в одну кон'юнкцію результату, утворюють глухокутний тест. Кон'юнкції з найменшою кількістю елементарних перевірок визначають мінімальні глухокутні контрольні тести.

Об'єкт діагностування (ОД) – автомобільний двигун, оснащений системою керування DI Motronic. Роботу системи відображає структурно-функціональна модель (додаток А). Вхідні і вихідні параметри блоків цієї моделі пов'язані передавальними функціями, які отримано дослідницьким шляхом. Користуючись заданою моделлю, в цій роботі потрібно виконати такі завдання.

Скласти матрицю справного стану ОД.

Скласти матрицю змісту несправностей зі списку

Побудувати найкоротший контрольний глухокутній тест.

Побудувати найкоротший глухокутній діагностичний тест для розпізнавання усіх відомих несправностей.

Зробити висновки щодо контролепридатності ОД.

У таблиці використано такі позначення:

режимів випробування;

a – пуск холодного двигуна;

b – марний хід прогрітого двигуна;

c – пуск прогрітого двигуна;

d – робота ДВЗ на марному ході з максимально відкритою дросельною заслонкою;

e – робота ДВЗ з максимальним крутним моментом опору, який створюється на ведучих колесах;

діагностичних параметрів;

l – вміст СО у відпрацьованих газах, %;

- 2 – вміст C_nH_m у відпрацьованих газах, млл⁻¹;
- 3 – коефіцієнт вмісту кисню у відпрацьованих газах (2- показники);
- 4 – вміст NO у відпрацьованих газах, млл⁻¹;
- 5 – температура охолодної рідини;
- 6 – тиск оливи в системі мащення, МПа;
- 7 – частота обертання колінвалу, хв⁻¹ ;
- 8 – витрата палива;
- 9 – кут випередження запалення.

Контрольний глухокутний тест будуюмо в такій послідовності:

1) З таблиці функцій несправностей визначаємо для кожного рядка логічні змінні $l_{ij}=1$, де i – номер несправності; j – номер контрольованого параметру, який вимірюють;

2) Складаємо логічні суми.

$$L_i = \sum l_{ij} \quad (3.7)$$

3) Знаходимо логічний добуток величин:

$$L_1 \times L_2 \times L_3 \quad (3.8)$$

4) Після розкриття дужок у виразі (4.8) і використовуючи спрощення логічних виразів знайдемо альтернативні контрольні глухокутні тести.

5) Користуючись даними про тривалість випробувань, вибираємо найкоротший за тривалістю тест.

Для побудови глухокутного діагностичного тесту потрібно побудувати матрицю пар несправностей (слайд 4), порівнюючи дані таблиці функцій несправностей за правилами логічного виключаючого або.

Глухокутний діагностичний тест будують, аналогічно контрольному, виконуючи кроки 1 – 5. В результаті кроку отримаємо логічні суми.

$$L_{1,2} = (a_2 \vee a_3 \vee a_4 \vee a_7) \vee (b_2 \vee b_4 \vee b_7 \vee b_8) \vee (c_1 \vee c_7) \vee (d_2 \vee d_5 \vee d_9) \vee (e_2 \vee e_6 \vee e_9).$$

$$L_{1,3} = (a_3 \vee a_4 \vee a_8) \vee (b_1 \vee b_4) \vee (c_2 \vee c_4) \vee (d_2 \vee d_5) \vee (e_3 \vee e_5).$$

$$L_{2,3} = (a_2 \vee a_7 \vee a_8) \vee (b_1 \vee b_2 \vee b_7 \vee b_8) \vee (c_1 \vee c_2 \vee c_7 \vee c_8) \vee d_9 \vee (e_3 \vee e_4 \vee e_5 \vee e_6 \vee e_9).$$

Знайдемо логічні добутки $L_{1,2} \times L_{1,3} \times L_{2,3}$, спростивши ці логічні вирази, знайдемо альтернативні діагностичні контрольні тести, з яких за критерієм тривалості вибираємо мінімальний діагностичний глухокутний тест.

Загалом діагностування двигуна буде виконуватись в порядку, що відображає блок – схема алгоритму (слайд 6).

4. РОЗРОБЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ У МАЙСТЕРНІ ПІДПРИЄМСТВА BOSCH

4.1. Проектування робочого місця майстра-діагноста

Виробничо-технічна база діагностування автомобільної техніки повинна розвиватися на основі перспективних нормативів, типових організаційних і технологічних рішень, а також соціально-науково-і економічно обґрунтованого типу розмірного ряду АТЗ, що випускаються заводами-виробниками як вітчизняними, так і закордонними.

Згідно [12] удосконалювання типових проектів повинне передбачати рішення наступних питань: забезпечення пристосованості виробничо-технологічної бази до обслуговування з застосуванням діагностування нових типів і моделей рухомого складу; забезпечення переміщення машин у процесі діагностування, технічного обслуговування і поточного ремонту без їхнього виїзду на вулицю; раціональність розміщення виробничих, побутових, допоміжних і адміністративних приміщень; забезпечення нормальних (комфортних) умов праці; можливість поетапного нарощування потужності виробничо-технологічної бази інтенсивними й екстенсивними методами (з перевагою першою); зниження вартості виробничо-технологічної бази за рахунок досконалості будівельних конструкцій і раціонального резервування; збільшення мобільності елементів виробничо-технологічної бази за рахунок відповідних технічних і технологічних рішень; застосування поряд з типовими технологічними процесами технічного обслуговування і поточного ремонту перспективних методів їхньої організації.

Аналіз наявних технологічних розробок, проектів і існуючої виробничо-технологічної бази для виробництва діагностики, технічного обслуговування і поточного ремонту автотракторної техніки на експлуатаційних підприємствах показує, що вони не цілком відповідають вимогам науково-технічного прогресу. У багатьох типових проектах і реальних експлуатаційних підприємствах не враховуються такі взаємозалежні напрямки удоскона-

лювання технологічних процесів технічного обслуговування і поточного ремонту, як централізоване керування виробництвом і застосування засобів діагностування, що забезпечують одержання об'єктивної інформації для центру керування виробництвом.

На слайді 12 представлена класичне планування універсальної посту комплексного діагностування (Д-1 і Д-2). На посту комплексного діагностування розміщуються: 1 - механізм відкриття воріт, 2 - теплова завіса; 3 - верстак; 4 - шафа для інструментів; 5 - комбінований стенд для діагностування тягових властивостей; 6 - пульт стенда; 7 - скриня для обтирального матеріалу; 8 - вентилятор обдуву радіатора; 9 - мотор-тестер; 10 - підйомник; 11 – повітряроздавальна колонка; 12 - підведення стиснутого повітря; 13 - відсмоктування відпрацьованих газів; 14 - перехідний місток. У додатку Б представлений комплект контрольно-діагностичного устаткування універсальної посту комплексної діагностики.

На слайді 12 показана умовне планування універсального комп'ютеризованого напівавтоматичного діагностичного посту інструментального контролю автомобілів. Аналогічною лінією контролю легкових автомобілів є лінія «EURO-SYSTEM» німецької фірми «Maschinenbau Haldenwang» («МАНА»), що відповідає вимогам ДСТУ і міжнародному стандарту якості ISO 9001. Лінія комп'ютерної діагностики «EURO-SYSTEM» призначена для проведення *інспекційного й експлуатаційного* інструментального контролю автотранспорту. Дана лінія має поністю комп'ютеризоване керування засобами інструментального контролю і забезпечує точну і безсторонню оцінку технічного стану найважливіших вузлів і агрегатів автомобіля.

Структура лінії інструментального контролю «EURO-SYSTEM» має модульний принцип побудови. Це дозволяє комплектувати лінію устаткуванням, виходячи з індивідуальних вимог кожного замовника, а також дає можливість легко інтегрувати в систему додаткові стенди і прилади, що дозволяє її пристосувати для діагностики будь-яких типів автомобільної техніки. У зв'язку з чим фірма «МАНА» випускає лінії інструментального контролю

легкових і вантажних автомобілів, автобусів, мотоциклів, тракторів, автотранспорту і літаків.

Система керування діагностичною лінією «EURO-SYSTEM» заснована на базі комп'ютерів із програмним забезпеченням, виконаним у середовищі «Windows». Вона здійснює взаємодію з устаткуванням за допомогою спеціальних програмувальних пристроїв, якими оснащується кожна група приладів, що входять до складу лінії діагностування.

Система керування може виконувати наступні функції: керує засобами інструментального контролю; обробляє дані вимірювальних приладів; наочно представляє дані на екранах моніторів; роздруковує для кожного клієнта докладні результати діагностики; здійснює взаємодію з вилученими терміналами (мережні можливості); формує базу даних; здійснює операції з чіп-картами, що можуть бути використані для збереження даних про автотранспорт, що пройшов інструментальний контроль. Поряд із введенням у систему даних інструментального контролю в неї можуть заноситися і дані візуальних спостережень за станом машини.

«EURO-SYSTEM» володіє величезними мережними можливостями. Діагностичні станції фірми «МАНА» легко інтегруються між собою і з базами даних державної служби забезпечення безпеки руху. «EURO-SYSTEM» дозволяє співробітнику державної служби забезпечення безпеки руху, що проводить технічний огляд, перевіряти автотранспорт на предмет викрадення в режимі on-line. Засобами глобальної комп'ютерної мережі «Internet» можлива передача інформації, що накопичується в базі дані станції на будь-який зовнішній термінал.

Діагностичні лінії фірми «МАНА» мають три групи технічних засобів комплектування.

У першу групу входять випробувальні *стенди*: промисловий роликотестер для перевірки потужності двигуна; загального діагностування двигунів; роликотестер гальмовий; контролю амортизаторів; перевірки установки коліс; тестування показів спідометра; оцінки стану підвіски і рульове керування.

В другу групу входять прилади зовнішнього контролю: світла фар; димомір; чотирипараметровий газоаналізатор; якості гальмової рідини; шумомір; тиску повітря в шинах і в пневмоприводі гальм. Причому датчики тисків постачені радіопередаючими пристроями.

У третю групу входять пристрої введення-виведення інформації: прилад автоматичного розпізнавання автотранспортних засобів; чіп-карта з пристроєм запису і зчитування інформації; сканер для зчитування інформації зі штрихів-кодів; пульти дистанційного введення інформації в центральний системний блок; монітори із сенсорними екранами; інші скануючі і друкуючі периферійні пристрої. На додаток до всьому перерахованому лінія діагностування комплектується різноманітними піднімальними пристроями.

4.2. Оцінювання продуктивності дільниці діагностування автомобілів

Ефективність роботи дільниці діагностування може бути оцінена коефіцієнтом зайнятості дільниці α_i , що являє собою середнє значення коефіцієнтів зайнятості всіх працюючих на ній виконавців. При цьому коефіцієнт зайнятості оператора-діагноста – це відношення часу безпосередньої роботи оператора-діагноста (фактичної трудомісткості) до фонду його робочого часу за той же період. Даний коефіцієнт для j -го оператора при i -ому (Д-1 чи Д-2) виді діагностування [4]:

$$\alpha_{ij} = T_{cm}^{-1} \sum_{k=1}^n t_{jk} , \quad (4.1)$$

де T_{cm} – тривалість робочої зміни; $\sum_{k=1}^n t_{jk}$ – сумарна тривалість k -х операцій, які виконуються j -м виконавцем (за зміну $k = n$).

З позицій оптимізації задача організації стаціонарного діагностування формулюється так: повинен залишатися мінімальний, але достатній резерв виробничих потужностей, що забезпечує усталену роботу системи (підсистеми) при варіації параметрів вхідного потоку на діагностування АТЗ, вимог до контролю і часу обслуговування. Як комплексний критерій ефективності під-

системи згідно [4] рекомендується економічний критерій мети – мінімум витрат коштів. Він передбачає мінімізацію сумарних витрат (втрат) на простій автомобілів, що очікують у черзі, і простій недозавантажених постів діагностування. Сумарні витрати при функціонуванні системи в цілому залежать від співвідношення параметрів ефективності спільної роботи всіх підсистем. Цільова функція даного критерію для окремої підсистеми виражається [12]:

$$C(R)_i = \min_{R < Z} \{M_{ij} Z^* + x_{b,ij} Z^{**}\} = \min_{R < Z} \left\{ \frac{\prod_{Ij} \alpha_{ij}}{1 - \alpha_{ij}} Z^* + (x_{ij} - x_{zi}) Z^{**} \right\}, \quad (4.2)$$

де $C(R)_i$ – сумарні витрати (втрати) на утримування постів і автомобілів, що простоюють у черзі, грн.; M_{ij} – довжина черги автомобілів в i -й ділянці при j -му аналізованому числі постів; x_{ij} – загальна кількість постів на ділянці; $x_{b,ij}$ – кількість вільних постів на i -й ділянці з j -ю кількістю постів на ній (аналогічні індекси застосовано тут і у коефіцієнта α_{ij} зайнятості постів); Z^* – втрати від простою автомобілів в черзі одиницю часу, грн.; Z^{**} – втрати від простою j -го поста i -ї ділянці за одиницю часу, грн.

Дана задача носить однокритеріальний характер. Для її розв'язку наведемо такі початкові дані. Витрати від простою автомобілів в черзі – це ті кошти, які б фірма могла отримати в минулому періоді (до початку, власне, процесу діагностування і обслуговування) з врахуванням дисконту. Їх можна обчислити за формулою [12]:

$$Z^* = \int_{t=0}^{\bar{T}} \frac{CF_t}{(1+i)^t} dt - CF_t, \quad (4.3)$$

де i – ставка дисконту (приймається рівною кредитній ставці Нацбанку України станом на 1.10.2021 р.); t – час очікування автомобіля в черзі, год.;

CF_t – чисті грошові потоки за годину часу (годинний тариф обслуговування), грн;

\bar{T} – середній час очікування автомобілів у черзі, год.

Підставивши відомі з практики майстерні фірми Bosch Service дані, отримаємо:

$$Z^* = \int_{t=0}^{0,6} \frac{20}{(1+0,33)^t} dt - 20 = 435 \text{ грн.}$$

Витрати від простою поста складаються з:

- витрат на оплату праці майстра-діагноста (погодинна оплата праці) – 200 грн./год.;
- витрат на утримання обладнання, грн. – 25 % від балансової вартості обладнання на рік, з врахуванням річного фонду часу обладнання – 0,012% від балансової вартості обладнання за год.;
- витрат на утримання приміщення 12,5 % від балансової вартості приміщення на рік, з врахуванням річного фонду часу обладнання – 0,0061% від балансової вартості обладнання за год.;
- витрат на освітлення, опалення, водопостачання, комунікації;
- інших постійних витрат.

З врахуванням цих складників витрати від простою поста можна виразити формулою:

$$Z^{**} = C_{o.p.} + C_{обл.} + C_{б\ddot{y}д.} + C_{ком.} + C_{ін.}, \text{ грн.} \quad (4.4)$$

$C_{o.p.}$ – витрати на оплату праці, грн./год.; $C_{обл.}$ – витрати на утримання обладнання, грн./год.; $C_{б\ddot{y}д.}$ – витрати на утримання будівель, грн./год.; $C_{ком.}$ – витрати на комунікації, грн.; $C_{ін.}$ – інші витрати, грн.

За формулою (4.4):

$$Z^{**} = 200 + 25000 \cdot 0,012 / 100 + 127000 \cdot 0,0062 / 100 + 140 + 0,35 = 1462 \text{ грн.}$$

Теоретично цільова функція при варіюванні числом постів має екстремальний мінімум, що відповідає мінімуму витрат і оптимальному числу постів у підсистемі – x_{opt} за даним критерієм мети. Мінімум функції, поряд з викладеними варіантами рішення може бути визначений методом послідовного перебору значень $x_{i,j}$, починаючи з $x_{i,j} = x_{3,i}$, шляхом послідовного додавання до нього по одному посту [12].

Перший член функції $C(Z^*) = M_{ij} Z^*$ – відображає витрати, зв'язані з чеканням автомобілів початку контролю через створення необхідного підпо-ру. Згідно [4] втрати від простою машин за одиницю часу включають основ-ну і додаткову заробітну плату водія-оператора (чи перегонника) з нараху-ваннями, амортизаційні відрахування на капітальний ремонт і відновлення машини, накладні та інші постійні витрати на один об'єкт діагностування в одиницю часу. Усі витрати визначаються з обліком прийнятих вихідних да-них. Другий член функції $C(Z^{**}) = x_{c.v.i.j} Z^{**}$ відображає витрати на утримання постів, що простоюють. Згідно [4] втрати від простою постів за одиницю ча-су включають основну і додаткову заробітну плату ремонтників з нарахуван-нями на соціальне страхування, доплатами і преміями, приведені до експлуа-таційних капітальні витрати, амортизаційні відрахування на капітальний ре-монт і реновацію по будівлі і устаткуванню, експлуатаційні витрати на енер-гопостачання, на утримання і поточний ремонт основних фондів, а також на-кладні та інші витрати за ту ж одиницю часу. Приведені витрати являють со-бою капітальні вкладення в будівлі і устаткування, приведені в порівнянний вид з експлуатаційними витратами через нормативні коефіцієнти ефективно-сті.

З графіків (рис. 4.1) видно, що значення складової $C(Z^*)$ монотонне і різко убуває в інтервалі постів від x_3 до x_{opt} , будучи на цій ділянці перева-жуючою по величині. Цим пояснюється велика чутливість критерію до дов-жини черги, особливо для дорогих видів автомобілів, що не повинні просто-ювати в чеканні технічного діагностування.

При збільшенні числа постів понад оптимальний довжина черги і зв'я-зані з нею витрати починають знижуватися повільно, що говорить про недо-цільність подальшого збільшення пропускної здатності розглянутої системи. Однак це питання може бути вирішене тільки при зіставленні втрат від прос-тою в черзі з витратами на утримування постів, що простоюють.

Як видно з графіків (див. рис.4.1), величина витрат $C(Z^{**})$ зростає зі збільшенням числа постів по прямолінійній залежності і починає істотно впливати на сумарні витрати $C(R)$, тільки при $x_{ij} > x_{opt}$, коли довжина черги стає малою. Оптимальне число постів у системі діагностування відповідає екстремуму функції критерію мінімуму витрат.

Оптимальне число постів згідно [12], може бути визначене й аналітично по формулі

$$x_i^{opt} = x_{3,i} + \left[\prod_i x_{3,i} \frac{Z^*}{Z^{**}} \right]^{1/2}. \quad (4.5)$$

Це число постів трохи більше середнього числа зайнятих постів, що створює необхідний і достатній резерв, що забезпечує стійку ефективну роботу системи і мінімальні витрати. Величина другої складової в (4.3) залежить від співвідношення витрат від простою автомобілів і постів за одиницю часу і того рівня зайнятості постів, що задається при проектуванні системи. У загальному випадку оптимальне число постів зі збільшенням числа машин зростає не по прямолінійній залежності, і не східчасто, як це має місце при розрахунках ділянок по середніх величинах без обліку варіації вихідних параметрів.

З формули (4.2) видно, що цільову функцію критерію мінімуму витрат можна виразити і не через параметр пропускну здатності - довжину черги M_{ij} , а через основний показник завантаженості коефіцієнт зайнятості постів α_{ij} . Згідно [4] це дає можливість застосовувати цю функцію і для визначення оптимального числа постів на дільницях, що працюють у міжзмінний (нелінійний) час, досить тільки задатися коефіцієнтом, що забезпечує найбільшу α_{ij} ефективність, зайнятості 0,90.

Витрати (втрати),

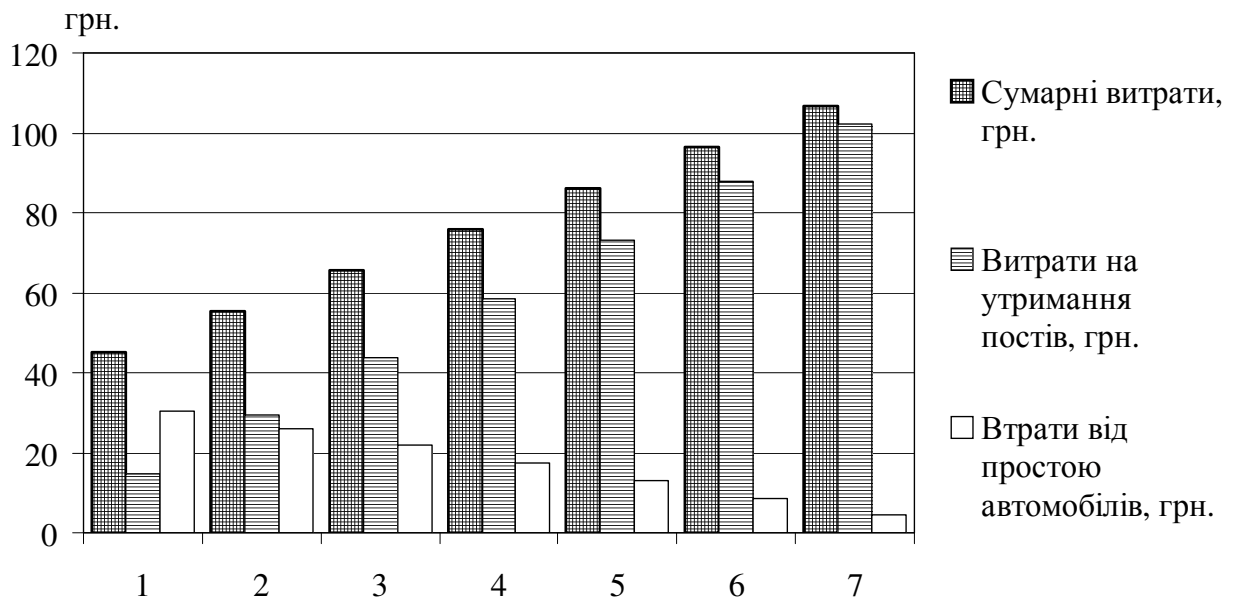


Рисунок 4.1 – Залежність витрат (втрат) коштів від кількості постів

Зі сказаного випливає, що основний економічний критерій мінімуму витрат визначається оптимальною зайнятістю підсистем контролю працездатності АТЗ. Оптимальним значенням цільової функції (4.2) відповідають значення коефіцієнтів зайнятості в межах 0,7...0,9. Таким чином, аналіз роботи окремих підсистем (дільниць, постів) і вибір оптимальної організації діагностування можна робити за значеннями коефіцієнтів зайнятості (4.3) з подальшою перевіркою за мінімумом сумарних витрат на (4.2) на функціонування системи в цілому.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Актуальність питання покращення охорони праці

Щоб забезпечити виконання закону України «Про охорону праці», необхідно, перш за все, на підприємстві організувати проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, оцінювати технічний стан виробничого обладнання та устаткування, проводити атестації робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що визначаються законодавством, та за їх підсумками вживати заходів до усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів. В зв'язку з тим, що вимоги до процесів випробування і сертифікації ДТЗ зростають, що супроводжується використанням складнішого обладнання, застосуванням засобів автоматизації процесів, то питання забезпечення належних умов праці висококваліфікованих виконавців набувають значної актуальності.

5.2. Характеристика технологічного процесу діагностування

Питання охорони праці розглядається у цьому розділі для СТОА BOSCH Service. У лабораторії СТОА виконують технічну діагностику дорожніх транспортних засобів за типовим технологічним процесом, який затверджено нормативними документами.

Порядок виконання технологічного процесу на підприємстві є такий. Спочатку виконують огляд ДТЗ зовні: кабіни, кузова, оперення, платформи, ходової частини, скла, прилади освітлення і сигналізації. Номерні і розпізнавальні знаки повинні бути чистими й не мати ушкоджень. Зовнішнім оглядом перевіряють стан шин, коліс, відсутності витоку повітря, гальмівної рідини, паливно-мастильних матеріалів і інших авторідин. Потім перевіряють ідентифікаційні номери ДТЗ – кузова (шасі) і двигуна. Після цього послідовно виконують такі перевірки.

Контроль складу відпрацьованих газів. Автомобілі з бензиновим двигуном підлягають перевірці на вміст оксидів вуглецю (СО) і вуглеводнів (СН) у

відпрацьованих газах по ДСТУ 4277:2004; для дизельних двигунів – по ДСТУ 4276:2004.

Система живлення бензинових двигунів і дизелів не повинна мати підтікань палива. Підтікання перевіряється візуально. Кришки паливних баків і пристроїв перекриття палива повинні бути в працездатному стані.

Контроль технічного стану ходової частини.

Результати перевірки технічного стану АТЗ заносять в протокол.

Для організації виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням і аваріям у процесі праці, окремим наказом директора лабораторії створено службу охорони праці відповідно до вимог «Типового положення про службу охорони праці», затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 15 листопада 2004 року № 255 [11].

Для виконання вказаного процесу СТОА має відповідні основні фонди: виробничі приміщення та обладнання, яке є сертифіковане і має відповідні показники точності і безпеки використання.

Площа основних виробничих приміщень головного виробничого корпусу лабораторії складає 462,5 м², допоміжних – 49,6 м². Приміщення – ангарного типу, складені на залізобетонному фундаменті з сендвіч-панелелей. Висота робочих приміщень – 6,2 м. Заїзд автомобілів здійснюється у ворота, з розмірами: висота – 4,2 м, ширина – 6,0 м. Проїзд ДТЗ по лабораторії – наскрізний, тобто виїзд з неї передбачений з іншого боку. Ворота виїзду мають такі ж розміри.

Підлога в приміщеннях лабораторії є рівною, з твердим покриттям, непроникна для ґрунтових вод, без виступів і вибоїн. Має покриття з матеріалів, що застосовуються для покриття підлоги. Поверхня підлоги – гладка та неслизька, зручна для очищення, задовольняє експлуатаційним вимогам даного приміщення.

5.3. Небезпеки й шкідливості у діагностувальному відділенні

Основні небезпеки для приміщення лабораторії пов'язані з її виробничою діяльністю:

- наїзд транспортних засобів, які заїжджають в лабораторію для контролю, на працівників, на рухомі і нерухомі об'єкти;
- падіння транспортних засобів в оглядову канаву;
- надмірна загазованість приміщення лабораторії та виникнення отруєння її працівників;
- займання транспортного засобу внаслідок підтікання паливно-мастильних матеріалів, замикання провідників, та виникнення пожежі;
- ураження струмом від пересувних та стаціонарних електричних контрольних засобів;
- замикання електропроводки і виникнення пожежі всередині приміщення внаслідок цього;
- травмування працівників обертовими частинами гальмівного стенду;
- травмування працівників на слизькій підлозі лабораторії, або на сходах оглядової канави;
- травмування працівників та пошкодження майна внаслідок падіння важких предметів з оглядової естакади.

5.4. Пропозиції щодо покращення умов праці

Пропозиції стосовно покращення умов праці стосуються усунення, або мінімізації тих небезпек, які виявлені у зоні проведення технічного огляду автомобілів. Перш за все це – удосконалення правил і технологій пожежної безпеки на підприємстві.

На території підприємства має бути встановлена і доведена до всіх працівників схема евакуації людей і техніки на випадок виникнення пожежі.

Потрібно запровадити правило в'їзду ДТЗ на територію лабораторії тільки з дозволу керівника цієї лабораторії із зазначенням можливих стоянок та

маршрутів їх пересування з дотриманням заходів безпеки і за наявності іскрогасників.

Потрібно заборонити залишати на території на відкритих площадках тару з легкозаймистими та горючими рідинами, а також балони зі стисненими і зрідженими газами.

Заборонити стоянку автотранспорту в наскрізних проїздах, на відстані менш як 10 м від в'їзних воріт на територію об'єктів, менш як за 5 метрів від пожежних гідрантів, забірних пристроїв водних джерел, пожежного обладнання та інвентарю.

Користуватись відкритим вогнем на території дозволити тільки у спеціально відведених місцях, якщо таких немає, то їх треба обладнати (місця для паління) для чого слід вивісити на видних місцях відповідні попереджувальні та вказівні знаки.

Проїзди на території повинні бути зручними, найоптимальнішими за часом проїзду між постами лабораторії.

Відповідальні особи повинні постійно наглядати за технічним станом проїздів та під'їздів до будівель, споруд, джерел води і своєчасно підвищувати їх технічний рівень та експлуатаційні якості. Також потрібно покласти обов'язки на відповідальну особу з безпеки праці:

- 1) забезпечити організацію та своєчасне проведення профілактичних оглядів і планово-попереджувальних ремонтів електрообладнання, апаратури та електромереж, а також своєчасно усувати порушення, які можуть призвести до пожежі;

- 2) забезпечити правильність вибору та застосування кабелів, електропроводів, двигунів, світильників та іншого електрообладнання залежно від класу зон щодо вибухо- та пожежної небезпеки і умов навколишнього середовища;

- 3) систематично контролювати справність апаратів захисту від струму, короткого замикання, перевантаження, внутрішньої та атмосферної перенапруги, а також від інших ненормальних режимів роботи;

4) контролювати справність спеціальних установок і засобів, призначених для ліквідації загоряння та пожежі в електроустановках і кабельних приміщеннях;

5) організувати навчання та інструктаж чергового персоналу з питань пожежної безпеки при експлуатації електроустановок;

Припливно-витяжну вентиляцію, розраховану на умови роботи двигунів ДТЗ на бензині або дизельному паливі, слід передбачати у приміщеннях для нових постів технічного огляду (ТО).

В лабораторії потрібно влаштувати автоматичну установку пожежогасіння (АУПГ), що автоматично спрацьовує при перевищенні контрольованим чинником (чинниками) пожежі встановлених порогових значень в зоні, що захищається. Застосування такої системи, саме там, де вогнегасна речовина при спалаху автоматично подається в приміщення, яке захищається, особливо виправдане при захисті дорогого обладнання, матеріалів або цінностей. Установка автоматичного пожежогасіння дає змогу ліквідувати на ранній стадії спалах твердих, рідких і газоподібних речовин, а також електроустаткування під напругою. Такий спосіб гасіння може бути об'ємним при створенні вогнегасної концентрації за всім обсягом приміщення, яке захищається, або локальним – у випадку, якщо вогнегасна концентрація створюється довкола пристрою, яке захищається (наприклад, окремого агрегату або одиниці технологічного обладнання).

ВИСНОВКИ

1. Найвищий технічний рівень серед розглянутих систем керування можна віддати системі “Digijet” завдяки її перевагам у технологічних і економічних показниках. Система DI Motronic займає лише третє місце серед представників, хоча по технічних показниках – друге. Ця система все ще залишається дорогою в обслуговуванні, тому потрібно розглядати технологічні процеси її діагностування і ремонту.
2. У процесі тривалої експлуатації відбувається закономірна зміна електричних характеристик, мимовільна зміна регульовальних елементів, вихід з ладу сенсорів, їхніх роз’ємів, запобіжників і проводів.
3. В попередньому обсязі продіагностованих автомобілів фактично виявлено 15 відмов. Виявлено також 11 поєднань відмов. До уваги брались основні відмови, кількість яких у вибірці не менша 1%. Решта виявлених відмов вважалися статистично нетривкими. Ці відмови об’єднувались з основними за відомою методикою об’єднання.
4. Для розроблення норм часу за даними спостережних листів (хронокарт) складено “Зведену відомість затрат часу”, в якій по переходах відображено всю діяльність виконавця протягом зміни і визначають середню тривалість елементів (переходів, операцій).
5. Діагностичні карти являють собою формалізовані правила послідовної перевірки технічного стану елементів і вузлів систем впорскування. Вони побудовані на застосуванні діагностичних тестерів і інших приладів, що забезпечують інформацією про процеси, що відбуваються в системі керування двигуном.
6. Для побудови раціональної структури технологічного процесу використано метод активізації одновимірного шляху
7. Вибір діагностичних параметрів для оцінювання технічного стану ОД здійснюють з номенклатур, що рекомендуються державними стандартами, а також іншою нормативно-технічною документацією.

8. Роботу об'єкту діагностування – автомобільного двигуна, оснащеного системою керування DI Motronic відображає структурно-функціональна модель. Вхідні і вихідні параметри блоків цієї моделі пов'язані передавальними функціями, які отримано дослідницьким шляхом. Користуючись заданою моделлю, в цій роботі виконано такі завдання. складено матрицю справного стану; складено матрицю змісту несправностей зі списку можливих, побудовано найкоротший контрольний глухокутній тест.
9. Ефективність роботи дільниці діагностування може бути оцінена коефіцієнтом зайнятості дільниці α_i , що являє собою середнє значення коефіцієнтів зайнятості всіх працюючих на ній виконавців. Теоретично цільова функція при варіюванні числом постів має екстремальний мінімум, що відповідає мінімуму витрат і оптимальному числу постів у підсистемі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Амиров Ю.Д. Стандартизация и проектирование технических систем. - М.: Изд-во стандартов, 1985. – 430с.
2. Говорущенко Н. Я. Техническая эксплуатация автомобилей. – Харьков: Вища шк., 1984. – 312 с.
3. Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г. та ін. Екологія автомобільного транспорту: Навч.посібник. – К.: Основа, 2002. – 312 с.
4. Дунаев А.П. Организация диагностирования при обслуживании автомобилей. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
5. Ерохов В.И. Системы впрыска легковых автомобилей: эксплуатация, диагностика, техническое обслуживание и ремонт / В.И. Ерохов. – М.: ООО «Издательство Астрель», 2003. – 159 с.
6. Канарчук В.Е., Лудченко О.А., Чигринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Кн. 1.– К.:Вища шк., 1994. – 358с.
7. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.
8. Казедорф Ю., Возетшлегер Э. Системы впрыска зарубежных автомобилей. Устройство, регулировка, ремонт: Пер. с нем. Под ред. канд. техн. наук А.С. Тюфякова. – М.: ЗАО КЖИ «За рулём», 2000 – 256с.
9. Крижанівський В.І. Довідник по нормуванню праці на ремонтних роботах. - 2-е вид., перероб. і доп. - К.: Урожай, 1988. - 264с.
- 10.Мамедов А.М., Нигородов В.В. Маршрутная технология восстановления тракторных деталей. - М.: Колос, 1974, - 192с.
- 11.Мирошников Л.В., Болдин А.П., Пал В.И. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях. –М.: Транспорт, 1977.-263с.
- 12.Многокритериальная оптимизация в задачах оценки подвижности, конкурентоспособности автотракторной техники и диагностики сложных технических систем / В.В.Беляков, М.Е.Бушуева, В.И.Сагунов; Нижегород. гос. техн. ун-т. Н.Новгород, 2001. - 271 с.

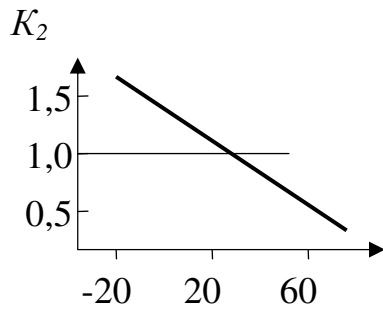
13. Основы технического обслуживания автомобилей / А.А.Лудченко. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 399с.
14. Сергеев А.Г. Метрологическое обеспечение автомобильного транспорта. М.: Транспорт, 1998.-247с.
15. Сига Х., Мидзутани С. Введение в автомобильную электронику: Пер. с японск. – М.: Мир, 1989. – 232с.
16. Соснин Д.А. Автроника: Учебн. пособие. – М.: СОЛОН-Р, 2001, 272с.
17. Харазов А.М., Цвид С.Ф. Методы оптимизации в технической диагностике машин. –М.:Машиностроение, 1983.-132с.
18. Зеркалов Д. В., Говорун А. Г. та ін. Екологія автомобільного транспорту: Навч. посібник. – К.: Основа, 2002. – 312 с.
19. Яковлев В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля. Уч. пособие. М.: СОЛОН-Пресс, 2003, 272 с.
20. Токаренко В.М. и др. Гидропривод и гидрооборудование автотранспортных средств: Уч. пособие / В.М. Токаренко, В. З. Терских, А.Л. Столяров. – К.: Лыбидь, 1991. – 232 с.
21. New Ways of Troubleshooting Electronic Systems in Modern Vehicle
D. Funke Siemens AG (Germany)
22. АО Сага-Авто Bosh-service Каталог оборудования Мотортестер MOT 251.htm
23. СЕРВЕР МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВГУЭС. <http://abc.vvsu.ru>. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА (конспект лекций), часть I. Автор: Малышенко Ю.В.

**Додаток А. Передавальні функції системи керування двигуном
типу DI Motronic**

$$1) Q'_{нов} = A_1 \cdot \varphi_{др.з} \cdot \sqrt{\frac{A_2 \cdot p_{вак}}{t_{нов}}} + \delta_{к.м.х.} \cdot A_{24};$$

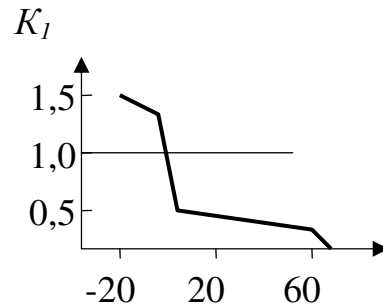
$$2) Q_{нал} = A_3 \cdot t_{р.ф.} \cdot \sqrt{p_{нал}^c} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 + Q_{АКБ} + Q_{н.ф.};$$

$$3) K_3 = A_4 \cdot \lambda^2 + B_4$$



Температура повітря, °C

4)



Температура охолодної рідини, °C

5)

$$6) t_{р.ф.} = A_6 \cdot \frac{Q_{нов}}{W_{к.в.}} \cdot \delta_{реле};$$

$$7) Q_{н.ф.} = A_7 \cdot t_{н.ф.} \cdot \sqrt{p_{нал}^c};$$

$$8) t_{н.ф.} = B_8 - A_8 \cdot t_{охол.};$$

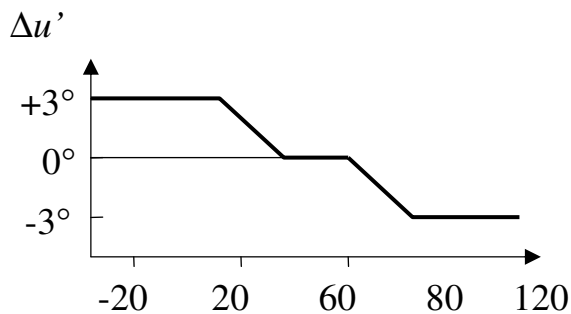
$$9) Q_{АКБ} = \frac{A_5}{U_{АКБ}};$$

$$10) p_{вак} = A_9 \cdot \omega_{к.в.} - B_9$$

$$11) \varphi_{др.з.} = U_3 \cdot A_{15}$$

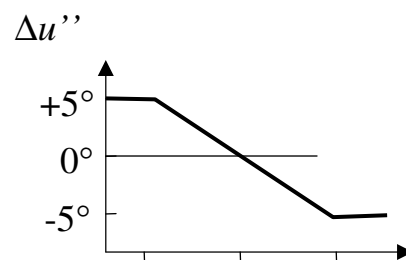
$$12) U_3 = \delta_{реле} \cdot (U_{3.1} + \Delta u' + \Delta u'')$$

$$13) U_{3.1} = \frac{A_{10}}{Q_{нов.}} \cdot (1 - B_{10} \cdot \omega_{к.в.}^2)$$



Температура повітря, °C

14)



Частота детонації

15)

$$16) n_{ст.} = U_{АКБ} \cdot \delta_{вкл.ІІІ} \cdot \delta_{реле}$$

$$17) p'_{нал} = A_{12} \cdot U_{помпи} - B_{12}$$

$$18) p''_{нал} = p'_{нал} - B_{13}$$

$$19) p_{нал}^c = \begin{cases} B_{13}, & \text{якщо } B_{13} < A_{13} \cdot p''_{нал} \\ A_{13} \cdot p''_{нал}, & \text{якщо } B_{13} > A_{13} \cdot p''_{нал} \end{cases}$$

$$20) n_{вент.} = A_{14} \cdot U_{АКБ} \cdot \delta_{вкл.І} \cdot \delta_{вент}$$

$$21) p_{ол.} = A_{16} \cdot \omega_{к.в.}^2 \cdot t_{охол.}$$

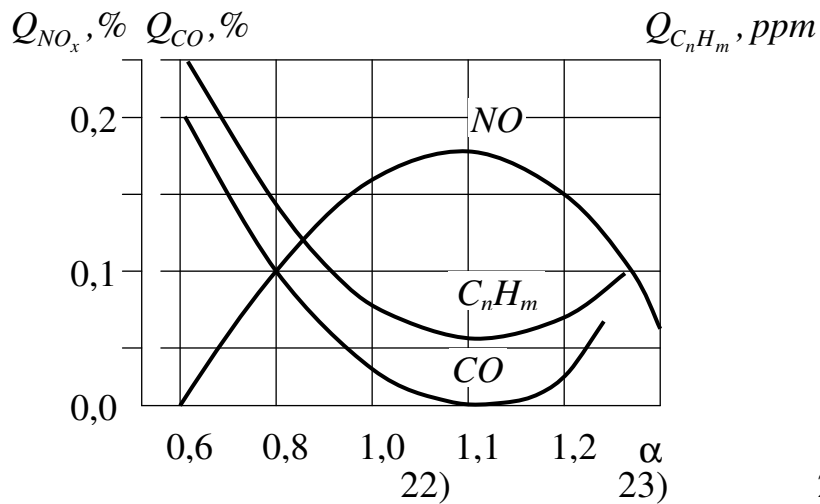


Рисунок Д.Б.1 – Залежність викидів шкідливих речовин від коефіцієнту надлишку повітря

$$25) U_{помпи.} = \delta_{реле} \cdot U_{АКБ} \cdot A_{24};$$

$$26) t_{охол.} = A_{17} \frac{Q_{нал.}}{Q_{пов.}} - A_{18} \cdot n_{вент.}$$

$$27) w_{к.в.} = \frac{A_{19}}{(M_{кр} - B_{18})} \left(\frac{Q_{нал.}}{Q_{пов.}} - A_{20} \cdot t_{охол.} - A_{21} \cdot Q_{CO} - A_{22} \cdot Q_{NO_x} - A_{23} \cdot Q_{C_nH_m} \right)$$

$$28) \delta_{вент.} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } t_{охол.} < 70^\circ \\ 0, & \text{якщо } t_{охол.} > 70^\circ \end{cases}$$

$$29) \delta_{к.м.х.} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \Phi_{др.} > 0 \\ 1, & \text{якщо } \Phi_{др.} = 0 \end{cases}$$

$$30) \delta_{реле} = \delta_{вкл.І}$$

Умовні позначення

$Q_{пов}$ – витрата повітря, м³/год.

$\Phi_{др.з}$ – кут відкриття дросельної заслінки

$p_{вак}$ – розрідження у впускному колекторі, мм.р.ст.

$\delta_{\text{к.м.х.}}$ – коефіцієнт положення клапана марного ходу (0 – закритий, 1 – відкритий)

$Q_{\text{нал}}$ – витрата палива, кг/год.

$t_{\text{р.ф.}}$ – час відкриття форсунки, с.

$p_{\text{нал}}$ – тиск палива, яке надходить до форсунки, МПа.

$Q_{\text{АКБ}}$ – поправка витрати палива, пов’язана з реальною напругою акумуляторної батареї

$Q_{\text{н.ф.}}$ – витрата палива пусковою форсункою.

K_1, K_2, K_3 – коректувальні коефіцієнти.

λ – коефіцієнт вмісту кисню у випускному трубопроводі

$w_{\text{к.в.}}$ – частота обертання колінчастого вала, хв^{-1}

$t_{\text{н.ф.}}$ – час відкриття пускової форсунки, с.

$U_{\text{АКБ}}$ – напруга акумуляторної батареї, В.

A_1-A_{23} – постійні емпіричні коефіцієнти, які залежать від марки, налагодження, технічного стану двигуна.

**Додаток Б. Перелік можливого контрольно-вимірювального
устаткування для оснащення універсальних діагностичних
комплексів**

Назва	Марка устаткування
Стенд роликів автоматизований для перевірки тягових властивостей автомобілів і	стенди фірми «МАНА» IW-2, IW-2(EURO/SCREEN), IW-7
Аналізатор двигуна (осцилограф) для перевірки системи запалювання і стробоскопічний прилад	MT1 (або Э206+Э102)
Витратомір палива	КИ8940, ИРТ1-К265, ЭЮФ-80/М (ВНР)
Газоаналізатор	ГАИ-1, ГАИ-2, «Инфралит», ELKON S205
Вимірник димності дизелів	СИДА-106, -107, «Атлас», MDO2
Пневмотестер чи прилад для визначення стану деталей циліндропоршневої групи і клапанів двигуна	К69М, К273
Прилад для перевірки бензонасосів	527Б
Стетоскоп	КЭО чи ГАЗ КИ1154
Пристосування для перевірки натягу приводних пасів	КИ8920
Компресиметр для карбюраторних і дизельних двигунів	179 і ДО183
Комплект для очищення й випробування свічок запалювання	Э203
Вимірник витрати картерних газів (якщо відсутня комплексна установка КИ 13950)	КИ 13671
Прилад для перевірки перервника-розподільника	Э213
Віброакустична апаратура для перевірки двигуна й агрегатів трансмісії	ПДД
Діагностичне устаткування для перевірки елементів електроустаткування і зовнішньої світлової сигналізації	
Прилад для перевірки електроустаткування	Э214
Прилад для перевірки контрольно-вимірювальних приладів	Э204
Прилад для перевірки і регулювання фар	ДО310 чи К303