

Міністерство освіти і науки України  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

В.Д. Мигаль, В.А. Корогодський,  
О.І. Воронков, І.М. Нікітченко

**ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ ДІАГНОСТУВАННЯ  
АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ**

*Навчальний посібник*

Харків  
ХНАДУ  
2021

**Рецензенти:** **Калінін Є.І.**, д.т.н., професор, зав. кафедри надійності, міцності та технічного сервісу машин ім. В.Я. Аніловича, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка;  
**Подригало М.А.**, д.т.н., професор, зав. кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;  
**Жалкін Д.С.**, д.т.н., професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту;  
**Манойло В.М.**, д.т.н., професор кафедри тракторів і автомобілів, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка.

Автори:

В.Д. Мигаль, проф., д.т.н., В.А. Корогодський, проф., д.т.н.,  
О.І. Воронков, проф., д.т.н., І.М. Нікітченко, доц., к.т.н.

**Практичні основи діагностування автомобільних двигунів** : навч. посібник П 69 / В. Д. Мигаль, В. А. Корогодський, О. І. Воронков, І. М. Нікітченко. – Харків : ХНАДУ, 2021. – 412 с.

**ISBN 978-966-303-773-8**

Розглянуто практичні питання діагностування механічних, газогідроаеродинамічних систем двигунів внутрішнього згорання, ознаки їх несправностей та діагностичні параметри, а також різні види діагностування автомобільних двигунів.

Висвітлено методи і засоби діагностування електричних та електронних систем двигуна. Розглянуто бортові діагностичні системи, структуру програмного забезпечення і нормативні вимоги OBD-II. Наведено діючі сигнали датчиків та інтерпретацію їх осцилограм, рекомендації щодо локалізації несправностей систем запалювання, пошуку несправностей у разі аварійної роботи двигуна автомобіля, контролю і діагностування загального електрообладнання двигуна й автомобіля.

Для студентів закладів вищої освіти спеціальностей «Енергетичне машинобудування», «Галузеве машинобудування», «Автомобільний транспорт», аспірантів, може бути корисний викладачам, фахівцям з діагностування і технічного обслуговування двигунів та автомобілів.

**ISBN 978-966-303-773-8**

УДК 621.43

© Мигаль В.Д., Корогодський В.А.,  
Воронков О.І., Нікітченко І.М., 2021  
© ХНАДУ, 2021

# ЗМІСТ

<b>Передмова</b> .....	9
<b>1. Діагностування механічних і газогідроаеродинамічних систем двигунів</b> .....	12
1.1. Поняття і терміни у діагностиці .....	12
1.2. Основні поняття діагностування: контроль, самоконтроль і самодіагностика .....	16
1.3. Складність оцінювання технічного стану двигуна .....	18
1.4. Діагностування несправностей двигуна за зовнішніми ознаками.....	21
Контрольні запитання.....	26
1.5. Діагностування несправностей двигуна за структурно-наслідковими та функціонально-структурними моделями .....	27
1.5.1. Побудова структурних схем діагностування об'єктів двигуна.....	27
1.5.2. Побудова функціонально-логічної моделі об'єкта.....	29
1.5.3. Локалізація несправностей за діагностичними матрицями.....	31
Контрольні запитання.....	36
1.6. Діагностування КШМ, ЦПГ і ГРМ .....	36
1.6.1. Методи діагностування .....	36
1.6.2. Діагностування герметичності надпоршневого простору циліндрів за розрідженням у впускному трубопроводі та проривом газів у картер.....	39
1.6.3. Діагностування КШМ.....	42
1.6.4. Діагностування ЦПГ двигуна вимірюванням компресії.....	43
1.6.5. Діагностування герметичності порожнин ЦПГ, ГРМ і клапанів головки блока за витокami стиснутого повітря, що подається .....	46
1.6.6. Контроль компресії і витоків з камери згоряння вимірюванням сили струму стартера і напруги на АКБ.....	48
1.6.7. Діагностування ЦПГ, ГРМ і форсунок за параметрами пульсації тиску картерних газів і палива в гідравлічному акумуляторі.....	51
1.6.8. Перевірка компресії в циліндрах за параметрами частоти обертання колінчастого валу .....	52
1.6.9. Регулювання роботи КШМ, ГРМ і системи живлення двигунів .....	53
Контрольні запитання.....	54
1.7. Діагностування робочих процесів двигуна за коливаннями кутової швидкості колінчастого валу .....	55
1.7.1. Діагностування перехідних процесів у колі системи запалювання .....	55
1.7.2. Оцінювання компресійних властивостей циліндрів двигуна за зміною кутової швидкості колінчастого валу .....	57
1.7.3. Діагностування елементів ДВЗ і трансмісії за внутрішньоцикловими змінами кутової швидкості колінчастого валу.....	60
1.7.4. Похибки визначення поточних значень діагностичних параметрів.....	62
Контрольні запитання.....	68
1.8. Діагностування систем живлення двигунів .....	69
1.8.1. Діагностування карбюраторних двигунів .....	69
1.8.2. Діагностування систем пуску і живлення дизельних двигунів.....	74

1.8.2.1. Контроль пристрою полегшення пуску двигуна .....	74
1.8.2.2. Діагностування фільтрів і герметичності системи живлення .....	75
1.8.2.3. Регулювальні роботи в системах живлення карбюраторного і дизельного двигунів .....	77
Контрольні запитання .....	78
1.9. Діагностування паливної апаратури .....	78
1.9.1. Паливна система з механічним управлінням подачею палива .....	78
1.9.2. Контроль стану форсунок двигунів .....	85
1.9.3. Діагностування паливної системи віброакустичними методами .....	90
1.9.4. Комплексний контроль паливної апаратури на стендах .....	93
Контрольні запитання .....	95
1.10. Способи і засоби промивання форсунок .....	95
1.10.1. Способи промивання .....	95
1.10.2. Засоби промивання форсунок і паливних систем .....	99
Контрольні запитання .....	102
1.11. Діагностування систем охолодження двигунів .....	102
1.11.1. Контроль системи охолодження двигуна традиційної конструкції .....	102
1.11.2. Контроль системи охолодження двигуна з мікропроцесорною системою управління .....	109
Контрольні запитання .....	111
1.12. Діагностування дизелів за димністю та температурою відпрацьованих газів .....	111
1.12.1. Обґрунтування експрес-методу діагностування .....	111
1.12.2. Пошук несправностей двигуна з використанням димоміра .....	115
Контрольні запитання .....	123
1.13. Контроль технічного стану двигуна за зміною потужності та тиску наддування .....	123
1.13.1. Контроль тиску наддування .....	123
1.13.2. Контроль потужності двигуна .....	128
Контрольні запитання .....	132
1.14. Методи діагностування за ККД двигуна .....	133
1.14.1. Діагностування за індикаторним ККД двигуна .....	133
1.14.2. Діагностування за ефективним ККД двигуна .....	137
1.14.3. Експериментальні методи визначення індикаторних показників .....	142
1.14.4. Визначення потужності механічних втрат .....	143
Контрольні запитання .....	144
1.15. Діагностування системи змащування двигунів ЯМЗ .....	144
1.15.1. Об'єкти і методи контролю .....	144
1.15.2. Стандартні засоби оцінювання якості масла, що працює .....	147
1.15.3. Діагностування технічного стану двигуна за продуктами спрацювання в картерному маслі .....	148
1.15.4. Заміна моторного масла .....	150
Контрольні запитання .....	151
1.16. Діагностування несправностей систем двигуна за складом відпрацьованих газів .....	151
1.16.1. Засоби і способи перевірки токсичності відпрацьованих газів .....	152



1.16.2. Зв'язок несправностей двигуна зі складом відпрацьованих газів.....	155
1.16.3. Причини підвищеного виділення вуглеводнів, що не згоріли .....	156
1.16.4. Оцінювання несправностей електронних систем за концентрацією CO у ВГ .....	158
1.16.5. Оцінювання складу паливоповітряної суміші в циліндрі двигуна за концентрацією CO <sub>2</sub> , CO і C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> у відпрацьованих газах.....	159
1.16.6. Оцінювання несправності системи рециркуляції відпрацьованих газів .....	162
1.16.6.1. Визначення несправності системи рециркуляції.....	162
1.16.6.2. Визначення несправності системи EGR .....	164
1.16.7. Оцінювання несправностей системи запалювання за вмістом СН у відпрацьованих газах .....	166
1.16.8. Оцінювання ефективності згоряння палива за вмістом кисню O <sub>2</sub> та двооксиду вуглецю CO <sub>2</sub> у відпрацьованих газах .....	168
1.16.9. Приклади діагностування двигуна за складом відпрацьованих газів .....	171
1.16.10. Оцінювання перегріву двигуна і складу паливоповітряної суміші за вмістом NO <sub>x</sub> у відпрацьованих газах.....	172
1.16.11. Методи і засоби контролю складу відпрацьованих газів автомобільних двигунів .....	173
1.16.11.1. Контроль складу відпрацьованих газів на випробувальних стендах .....	174
1.16.11.2. Контроль складу відпрацьованих газів на маршрутному тесті.....	176
Контрольні запитання .....	177
<b>2. Діагностування електронних систем двигунів .....</b>	<b>178</b>
2.1. Бортові діагностичні системи.....	178
2.1.1. Загальні відомості.....	178
2.1.2. Нормативні вимоги OBD-I і OBD-II.....	178
2.1.3. Діагностичний рознімач .....	184
2.1.4. Структура кодів помилок .....	185
2.1.5. «Стоп-кадр» (Freeze frame record) .....	187
2.1.6. Протоколи обміну даними в OBD-II .....	187
2.1.7. Міжнародні стандарти .....	190
2.1.7.1. Стандарт ISO 9141 .....	190
2.1.7.2. Стандарт DIN ISO 9141-2.....	191
2.1.7.3. Європейська система самоконтролю OBD.....	191
2.1.7.4. Ініціалізація.....	191
2.1.7.5. Індикатор несправностей (MI).....	191
Контрольні запитання .....	193
2.2. Діагностичні коди і карти несправностей двигунів та їх опис у системі автомобіля .....	193
2.2.1. Кодування несправностей і типи кодів помилок .....	193
2.2.2. Зчитування кодів несправностей двигунів .....	201
2.2.3. Діагностичні карти перевірки параметрів і пошуку несправностей.....	205
Контрольні запитання .....	214

2.2.4.	Нестійкі коди несправностей і стирання кодів .....	214
2.3.	Діагностування двигуна бортовою системою самоконтролю .....	216
2.3.1.	Забезпечення умов реалізації самоконтролю .....	216
2.3.2.	Можливості бортової системи самодіагностики.....	220
2.3.3.	Системи самоконтролю електронних систем двигуна .....	222
2.3.4.	Пошук несправностей з допомогою бортової системи самоконтролю .....	224
2.3.5.	Фактори, що впливають на достовірність визначення несправностей бортовою системою самоконтролю .....	225
2.3.6.	Недоліки бортових і стаціонарних електронних систем діагностування.....	237
	Контрольні запитання .....	240
2.4.	Діагностування двигунів за таблицями несправностей та функціональними параметрами.....	240
2.4.1.	Збір інформації про можливі несправності .....	240
2.4.2.	Контроль функціональних параметрів двигуна .....	244
2.4.3.	Пошук несправностей двигуна за причинно-наслідковими зв'язками .....	250
	Контрольні запитання .....	254
2.5.	Діагностування бензинових двигунів зовнішніми засобами.....	254
2.5.1.	Структурні схеми електронних систем діагностики й управління робочими процесами двигуна.....	254
2.5.2.	Технологічна послідовність діагностування .....	257
2.5.3.	Діагностика двигуна з розподільною системою впорскування пального .....	259
2.5.4.	Діагностування паливного насосу, регулятора тиску пального в гідроаккумуляторі та форсунок .....	261
2.5.4.1.	Засоби та контрольовані параметри.....	261
2.5.4.2.	Вибір датчика системи вимірювання тиску, місця його установки й аналіз процесів, що діють у паливній системі .....	268
	Контрольні запитання .....	268
2.6.	Діагностування паливної системи дизельного двигуна зовнішніми засобами.....	269
2.6.1.	Вплив стану паливної апаратури на ефективність роботи двигуна .....	269
2.6.2.	Схеми електронних систем управління і підготовка двигуна до діагностування .....	270
2.6.3.	Контрольовані параметри.....	271
2.6.4.	Методи і засоби діагностування паливних акумуляторних систем .....	274
2.6.5.	Статичні та динамічні вимірювання початку подачі пального ....	282
2.6.6.	Діагностування клапанів і паливних насосів високого тиску .....	285
2.6.6.1.	Контроль справності насосів за таблицями несправностей.....	286
2.6.6.2.	Контроль справності насосів за витратою і тиском подачі пального .....	288
2.6.6.3.	Контроль електричних клапанів ПНВТ .....	289
	Контрольні запитання .....	290

2.7.	Діагностування форсунок.....	290
2.7.1.	Методи діагностування.....	290
2.7.2.	Діагностування форсунок за витратою пального через форсунки .....	292
2.7.3.	Діагностування форсунок за тест-планами .....	293
2.7.4.	Залежність циклової подачі пального від тиску в гідравлічному акумуляторі.....	294
2.7.5.	Виявлення несправностей зависання голки форсунки та заклинювання клапана регулятора тиску.....	296
2.7.6.	Управління цикловою подачею пального, що впорскується насос-форсункою .....	298
2.7.7.	Електрична та гідравлічна перевірка насос-форсунок .....	301
2.7.8.	Контроль несправностей розпилювачів форсунки та трубопроводу високого тиску .....	303
	Контрольні запитання .....	310
2.8.	Діагностування електронних систем керування двигуном .....	310
2.8.1.	Методи і засоби діагностування .....	310
2.8.2.	Діагностика компонентів електронної системи керування двигуном.....	313
2.8.3.	Перевірка електричних блоків осцилографом і мультиметром.....	315
2.8.4.	Контроль технічного стану датчиків і виконавчих пристроїв .....	318
2.8.5.	Параметри контролю технічного стану датчиків.....	321
2.8.5.1.	Датчик положення дросельної заслінки .....	323
2.8.5.2.	Перевірка датчика ВМТ .....	324
2.8.5.3.	Датчики положення колінчастого і розподільного валів та датчик швидкості руху автомобіля .....	324
2.8.5.4.	Лямбда-зонди.....	325
2.8.5.5.	Датчик температури охолоджувальної рідини системи охолодження двигуна (ECT) .....	326
2.8.5.6.	Датчик вимірювання маси повітряного потоку .....	327
2.8.5.7.	Датчики детонації .....	328
2.8.5.8.	Датчики повітряного потоку.....	329
2.8.5.9.	Датчики тиску.....	329
2.8.5.10.	Контроль датчиків керування величиною подачі пального .....	331
2.8.5.11.	Перевірка електричних виконавчих пристроїв .....	333
	Контрольні запитання .....	336
2.9.	Перевірка правильності функціонування систем бортової діагностики OBD .....	336
2.9.1.	Засоби контролю та діагностування.....	336
2.9.2.	Застосування осцилографа для контролю робочих сигналів системи керування .....	338
2.9.3.	Параметри періодичних сигналів і очищення пам'яті OBD-II.....	338
2.9.4.	Інтерпретація осцилограм.....	341
2.9.5.	Типові сигнали компонентів систем керування двигуном .....	342
2.9.6.	Перевірка стану електронного модуля керування .....	345
	Контрольні запитання .....	346

2.10. Пошук несправностей у разі аварійної роботи двигуна автомобіля .....	346
2.10.1. Несправності в акумуляторній системі впорскування Common Rail .....	346
2.10.2. Логічна послідовність розпізнавання несправності «аварійна робота двигуна» .....	349
2.10.3. Пошук несправностей у системі впуску повітря, системі живлення та рециркуляції відпрацьованих газів .....	353
Контрольні запитання .....	358
2.11. Контроль і діагностування загального електрообладнання двигуна й автомобіля .....	358
2.11.1. Діагностична характеристика електрообладнання автомобіля з електромеханічною системою керування .....	358
2.11.2. Несправності системи електропостачання .....	362
2.11.3. Контроль кола живлення, пуску і запалювання .....	364
2.11.4. Візуальний контроль системи запалювання двигуна .....	366
2.11.5. Перевірка моменту запалювання, свічок запалювання і розподільника запалювання .....	375
2.11.6. Локалізація несправностей системи запалювання .....	378
2.11.7. Несправності системи запуску двигуна .....	385
2.11.8. Параметри, методи і засоби діагностування електрообладнання двигуна й автомобіля .....	387
2.11.9. Принципи діагностування електронних пристроїв .....	390
2.11.10. Діагностування та регулювання стартерів .....	396
2.11.11. Діагностування стартерних акумуляторних батарей .....	400
2.11.12. Діагностування автомобільних генераторів .....	405
Контрольні запитання .....	407
<b>Література</b> .....	<b>408</b>

## ПЕРЕДМОВА

Двигун внутрішнього згоряння – найскладніший і найважливіший агрегат транспортних машин, від стану якого залежить багато технічних, екологічних та економічних параметрів їх експлуатації. Постійне підвищення ефективності двигунів, яке проявилось в автоматизації процесів управління, дуже ускладнило їх конструкцію, що вимагає суттєвого підвищення рівня підготовки фахівців з їх діагностування і технічного обслуговування.

Початковий технічний стан двигуна залежить від технічного рівня проектування, технології виробництва, доводки двигуна. Збереження проектної якості двигуна в експлуатації залежить від рівня закладеної надійності та ефективності бортового діагностичного забезпечення, технічного обслуговування, рівня проведення поточного діагностування зовнішніми засобами, умов експлуатації. Тому створення двигунів вимагає системного підходу до діагностичного забезпечення всіх стадій їх життєвого циклу.

Основними завданнями досліджень технічної діагностики при проектуванні є недопущення конструктивного дефекту, на етапі виробництва – технологічного дефекту як кожної невідповідності проекту. Проектування і виготовлення включає в частину своїх діагностичних завдань недопущення несправностей і відмов в експлуатації, недопустима зміна заданих технічних властивостей об'єктів двигуна в гарантійний період.

Проектний рівень діагностичного забезпечення двигуна визначається достатньою кількістю і закладеною глибиною діагностування несправностей, їх параметрів, рівнем доводки бортової діагностичної системи до заданої надійності та достовірності діагностування. Однак частка діагностування двигунів зовнішніми засобами через недостатнє діагностування бортовими системами продовжує залишатися дуже великою.

При діагностуванні двигунів в експлуатації основними вимогами до суб'єкта вирішення завдання є добрі знання будови та робочих процесів двигуна, закономірностей зміни його технічного стану в експлуатації, можливих відмов і несправностей, їх діагностичних параметрів, методів, засобів і процесу діагностування. Рівень таких знань двигуна в системі автомобіля визначає кваліфікацію конструктора, спеціаліста-діагноста та фахівця з технічного обслуговування.

Знання робочих процесів двигуна в системі автомобіля, типових несправностей, їх діагностичних параметрів і методів діагностування дають можливість побудувати математичні моделі об'єктів діагностування, діагностичні матриці, таблиці, структурно-наслідкові схеми та у необхідному обсязі математичний апарат алгоритму діагностування. Але знання засобів, методів і алгоритмів розпізнавання несправностей – розробити програмне забезпечення електронних систем діагностування. Але фактично в існуючих навчальних робочих програмах, навчальних посібниках і підручниках з дисципліни «Автомобільний транспорт» такі комплексні знання з діагностування двигунів студентам не надаються.

На сьогодні всі проблеми діагностування автомобільних двигунів віддані в основному кафедрам експлуатації автомобілів. У навчальних посібниках цих кафедр питання діагностування двигунів розглядаються тільки в деяких розділах з експлуатації та технічного обслуговування автомобілів. Відсутність системного навчального посібника з діагностики двигуна не створює можливості для покращення навчальних робочих програм з діагностики автомобілів та можливості самостійного отримання студентами знань з діагностики автомобільних двигунів.

Цей навчальний посібник присвячений питанням практичного діагностування механічних, газогідроаеродинамічних, електричних та електронних систем двигуна.

У розділі діагностування механічних і газогідроаеродинамічних систем двигуна представлено зовнішні ознаки можливих несправностей і правила їх оцінювання, діагностування несправностей за структурно-наслідковими, функціонально-структурними параметрами і моделями, функціонально-логічними і діагностичними матрицями. Розглянуто методи і засоби діагностування ЦПГ, КШМ, ГРМ за структурними і функціональними параметрами вимірювання тиску в циліндрі у кінці такту стиснення (компресії), кутової швидкості та опору прокручування колінчастого вала, тиску у впускному трубопроводі, витрати масла на угар, розрідження у циліндрі та впускному колекторі (вакуумметр), тиску повітря, що подається в циліндри (компресометр); визначення технічного стану двигуна за місцями витоків стиснутого повітря, що подається, спектральним аналізом масла, за тиском масла у системі змащування, витратою палива, складом відпрацьованих газів, за величинами теплових зазорів, герметичністю клапанів, пульсацією тиску в гідравлічному акумуляторі та частотою обертання колінчастого вала. Розглянуто діагностування систем запуску і живлення двигунів за подачею повітря і герметичністю системи живлення, паливних систем за параметрами кута випередження впорскування, високого та низького тиску палива, створюваного насосами, за герметичністю тиску палива та якістю розпилювання палива форсунками, кількістю палива, що впорскується за один робочий цикл; описано методи і засоби, переваги й недоліки промивки форсунок. Висвітлено діагностування систем охолодження двигунів з аналоговою і мікропроцесорною системами управління за димністю, температурою і складом відпрацьованих газів, зміною потужності та тиску наддування, індикаторному і механічному ККД двигуна, діагностування системи змащування.

У розділі діагностування електронних систем розглянуто бортові діагностичні системи, структуру програмного забезпечення і нормативні вимоги OBD-II, структуру кодів помилок і несправностей, протоколи обміну даними в OBD-II, міжнародні стандарти, що встановлюють зв'язок між блоками управління двигуном (автомобілем) і діагностичним обладнанням, діагностичні коди і карти несправностей двигуна у системі автомобіля; діагностування двигуна бортовою системою самоконтролю, за таблицями несправностей і функціональними параметрами, причинно-наслідковими зв'язками, за витратою і тиском палива. Висвітлено питання діагностування електронних систем управління і роботою паливного насоса, подачі палива,

регулятора тиску палива у гідравлічному акумуляторі, контролю форсунок і циклової подачі палива, датчиків та виконавчих пристроїв електронних систем управління двигуном, правильності функціонування систем бортової діагностики. Описано діючі сигнали датчиків та інтерпретація їх осцилограм. Наведено рекомендації щодо локалізації несправностей системи запалювання, пошуку несправностей при аварійній роботі двигуна автомобіля, контролю та діагностування загального електрообладнання двигуна й автомобіля.

Викладений матеріал характеризується об'єктивністю, науковістю й чіткою логічною послідовністю, яка формує у тих, хто навчається, основні знання з технічної діагностики автомобільних двигунів. А інженер має можливість використати представлений у навчальному посібнику матеріал та розв'язувати конкретні практичні завдання технічного діагностування двигунів на стадії їх проектування й експлуатації.

Висловлюю щиру подяку всім авторам підручників, монографій, журнальних статей, витяги з яких використані при написанні цього навчального посібника, посилання на які є у списку використаної літератури.

Автор глибоко вдячний поважним рецензентам навчального посібника за важливі рекомендації щодо покращення його якості, за підтримку, постійну увагу й розуміння необхідності написання такого навчального посібника.

# 1. ДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ І ГАЗОГІДРОАЕРОДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ДВИГУНІВ

## 1.1. Поняття і терміни у діагностиці

Технічну діагностику вважають одним з найважливіших засобів управління надійністю технічних об'єктів.

Як прикладна і теоретична наука технічна діагностика має власну систему понять і термінів.

Питанню термінології діагностування машин присвячено низку стандартів: ДСТУ ISO 13372:2015, ДСТУ ISO 18436:2015, ДСТУ 3649:2010, ДСТУ 7434:2013, ДСТУ ISO 17359:2019 ДСТУ 2389-94, у яких низка термінів і понять дещо відрізняються.

Нормативно-технічна документація визначає, що автоматизована система контролю – це сукупність об'єкта контролю (діагностування), засобів для визначення його технічного стану й оператора (водія, діагноста). Така система функціонує з частковою участю оператора, на відміну від автоматичної системи, яка виконує ті самі функції без участі оператора. Вважається, що поняття «автоматизована» є більш широким, тобто автоматична система є окремим випадком автоматизованої, якщо дії людини набувають нульового значення.

Метою технічного діагностування згідно з ДСТУ ISO 17359:2019 у процесі виробництва, експлуатації і ремонту є підтримання встановленого рівня надійності, забезпечення вимог безпеки й ефективності використання виробів. Технічне діагностування виробів повинне бути спрямованим на розв'язання наступних взаємопов'язаних завдань:

- визначення виду технічного стану;
- пошук місця відмови або несправності;
- прогнозування технічного стану.

Завданнями технічної діагностики згідно з ДСТУ ISO 13372:2015 «Моніторинг і діагностика стану машин. Словник термінів» є:

- перевірка справності та роботоздатності машини в цілому або її складових частин з установленою ймовірністю правильності діагностування;

- пошук дефектів, що порушують справність і (або) роботоздатність машини;

- збирання вихідних даних для прогнозування остаточного ресурсу або ймовірність безвідмовної роботи машини у міжконтрольний період.

Показники точності й достовірності діагностування згідно ДСТУ 2860-94 наведені у табл. 1.1.

Згідно з державним стандартом ДСТУ 2389-94 контроль – це перевірка відповідності значень параметрів об'єкта вимогам технічної документації (нормі), визначення на цій підставі одного із заданих видів технічного стану в даний момент часу. Такими видами можуть бути: стан справності та стан несправності, стан правильного функціонування і стан неправильного функціонування, роботоздатний стан і нероботоздатний (або відмовний) стан тощо. Згідно з тим самим стандартом, технічне діагностування – це визна-



чення технічного стану об'єкта із заданою точністю. Далі в стандарті представлені роз'яснення цього визначення, згідно з яким «завданнями технічного діагностування» є:

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

Таблиця 1.1

### Показники достовірності та точності діагностування

Завдання діагностування	Результат діагностування	Показники достовірності та точності
Визначення виду технічного стану	Висновок у вигляді: 1. Виріб справний і (або) роботоздатний.  2. Виріб несправний і (або) нероботоздатний	Імовірність того, що в результаті діагностування виріб визнають справним (роботоздатним) за умови, що він несправний (нероботоздатний). Імовірність того, що в результаті діагностування виріб визнають несправним (нероботоздатним) за умови, що він справний (роботоздатний)
Пошук місця відмови або несправності	Найменування елемента (складової одиниці) або групи елементів, які мають несправний стан і місце відмови або несправностей	Імовірність того, що в результаті діагностування приймається рішення про відсутність відмови (несправності) в даному елементі (групі) за умови, що дана відмова наявна. Імовірність того, що в результаті діагностування приймається рішення про наявність відмови (несправності) в даному елементі (групі) за умови, що дана відмова відсутня
Прогнозування технічного стану	Числові значення параметрів технічного стану на заданий період часу, в тому числі й на даний момент часу. Числове значення залишкового ресурсу (напрацювання). Числове значення залишкового ресурсу (напрацювання), що відповідає заданій імовірності (для виробів спеціальної техніки)	Середньоквадратичне відхилення прогнозованого параметра. Середньоквадратичне відхилення прогнозованого залишкового ресурсу. Імовірність безвідмовної роботи, показники зміни прогнозованого діагностичного параметра за ДСТУ 2860-94. Надійна ймовірність

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

**Справний стан** – стан об'єкта, в якому він здатний виконувати усі задані функції об'єкта.

**Несправний стан** – стан об'єкта, в якому він не здатний виконувати хоча б одну із заданих функцій об'єкта.

**Роботоздатний стан** – стан об'єкта, в якому він здатний виконувати усі потрібні функції.

**Контролепридатність** – властивість об'єкта, що характеризує його придатність до проведення діагностування (контролю) заданими засобами.

**Точка контролю** – місце розташування первинного джерела інформації про діагностичний (який потрібно контролювати) параметр.

**Контрольований сигнал** – сигнал, що надходить на вхід діагностування (контролю) і який несе інформацію про технічний стан об'єкта.

**Робоче технічне діагностування** – діагностування, при якому на об'єкт подаються робочі дії.

**Тестове технічне діагностування** – діагностування, при якому на об'єкт подаються тестові дії.

**Діагностичний тест** – одна або кілька тестових дій та послідовність їх виконання, що забезпечують діагностування.

**Експрес-діагностування** – діагностування по обмеженій кількості параметрів за заздалегідь заданий час.

**Безперервне технічне діагностування** – діагностування, при якому надходження інформації відбувається безперервно.

**Самоконтроль** – діагностування (контроль) об'єкта діагностування (контролю) за допомогою вбудованих засобів діагностування або спеціальних програм.

**Система технічного діагностування** – сукупність засобів, об'єкта й виконавців, необхідна для проведення діагностування (контролю) за правилами, встановленими в технічній документації.

**Достовірність технічного діагностування (контролю)** – ступінь об'єктивної відповідності діагнозу дійсному технічному стану.

Достовірність результатів діагностування характеризується здатністю методів, засобів вимірювання і режимів діагностування відбивати фактичний стан об'єкта. Вона залежить від повноти отриманої вихідної інформації, призначених граничних діагностичних параметрів, які зумовлені вибором контрольованого параметра; від можливості втрати інформації внаслідок недосконалості методів діагностування, вибору й однозначності застосування режимів діагностування.

**Точність результатів діагностування** – залежить перш за все від правильності вибору параметрів перевірки, що зумовлює методичну похибку, від ступеня досконалості засобів діагностування, що зумовлює інструментальну похибку. Великі похибки вимірювань призводять до помилки при оцінюванні технічного стану об'єктів діагностування.

**Моніторинг** – спостереження за змінами технічного стану машини й аналіз причин цих змін. Основна відмінність моніторингу від діагностики пов'язана з тим, що моніторинг не ставить за свою мету виявити місце і вид несправності на ранній стадії її розвитку та залишкового ресурсу. До функцій моніторингу входить своєчасне виявлення сильних змін технічного стану, припускаючи, що по крайній мірі незадовго до відмови будь-яка несправність є ланкою ланцюжка можливої відмови і хоча б одна несправність у цьому ланцюжку суттєво впливає на стан машини.

**Залишковий ресурс** – сумарне напрацювання об'єкта від моменту контролю його технічного стану до переходу в граничний стан.

**Прогнозування** – визначення технічного стану об'єкта із заданою імовірністю на майбутній інтервал часу.

**Резервування** – спосіб забезпечення надійності об'єкта за рахунок використання діагностичних засобів і (або) можливостей, надмірних по відношенню до мінімально необхідних для виконання потрібних функцій.

**Резерв** – сукупність додаткових засобів і (або) можливостей, використовуваних для резервування.

**Структурне резервування** – резервування із застосуванням резервних елементів структури об'єкта.

**Технічне обслуговування і ремонт** – сукупність усіх технічних і організаційних дій, що включають технічний нагляд, спрямованих на підтримку або повернення об'єкта до стану, в якому він здатен виконувати потрібну функцію.

**Технічний огляд** – захід, що виконується вручну або автоматично (вбудованими або зовнішніми засобами) з метою визначення технічного стану об'єкта.

**Деградація** – дія одного або сукупності природних процесів старіння, корозії, зношування, втоми або руйнування.

**Старіння** – поступова незворотна зміна властивостей об'єкта, яку спричиняють хімічні і (або) фізичні процеси, що самочинно протікають в матеріалах.

**Відмовостійкість** – властивість об'єкта зберігати роботоздатність за наявності відмов його складових.

Відмовостійкість закладають під час проектування об'єкта з метою недопущення критичних відмов і забезпечення безпеки.

**Технічний критерій** – граничний стан складових, коли вони не можуть більше виконувати свої функції з технічних причин. Наприклад, граничне збільшення паса або ланцюга, граничний тиск масла тощо.

**Техніко-економічний критерій** – граничний стан, що вказує на зниження ефективності використання об'єкта діагностування через зміну технічного стану. Наприклад, зниження потужності двигуна, продуктивності насоса тощо.

Для цього критерію пропонується два показники: максимум продуктивності і мінімум витрат. Тому в більшості випадків необхідно зберігати оптимальні показники надійності й ефективності при мінімальних питомих витратах.

**Відмова** – подія, яка полягає у порушенні роботоздатного стану об'єкта, тобто втрата об'єктом здатності виконувати потрібну функцію. «Відмова» є подією на відміну від «несправності», яка є станом і причиною відмови.

Відмови виникають через причину, пов'язану з недосконалістю конструкції, технології виробництва та експлуатації двигуна автомобіля. Зниження відмов конструкційного, виробничого й експлуатаційного походження досягається удосконаленням методів діагностування та своєчасним вживанням заходів щодо усунення дефектів (несправностей) на кожному етапі життєвого циклу.

## 1.2. Основні поняття діагностування: контроль, самоконтроль і самодіагностика

Контроль технічного стану є неодмінною першою процедурою технічного діагностування. Саме на результатах контролю базуються два подальших завдання технічного діагностування – пошук місця відмови і прогнозування технічного стану. Таким чином, будь-яка система діагностування повинна містити систему контролю об'єкта на його відповідність технічним вимогам (нормі) в якості основної складової, як інформаційну основу для виконання двох згаданих завдань. Ця характеристика повинна бути виражена у якісній формі: справний-несправний і т. д. (ГОСТ 27002-89), а прогнозування у кількісній формі – числового значення наявного ресурсу роботоздатності. Якщо засобам контролю надавати також функцію пошуку місця відмови і функцію прогнозування технічного стану, то в цьому разі відмінності між засобами контролю і засобами діагностування зникають, чим пояснюється той факт, що в науково-технічній літературі ці поняття нерідко використовують як синоніми. Тому «засоби контролю» і «засоби діагностування» також часто не відрізняються одне від одного за своїми функціональними можливостями.

Різниця між технічним діагностуванням (ТД) и технічним контролем (ТК) на практиці полягає у наступному:

- ТК застосовується в основному для вимірювання параметрів матеріалів, деталей і вузлів конструкцій, тоді як об'єктами ТД є більш складні агрегати і механізми, для яких необхідно визначати залишковий ресурс і ризик експлуатації;

- при проведенні ТК характер і розміри допустимих дефектів регламентовані наперед установленими нормами, а при ТД результати аналізуються з урахуванням впливу дефектів (несправностей) на роботоздатність згідно з конкретними методиками, програмами і стандартами з розрахунку залишкового ресурсу і ризику експлуатації на підставі даних ТК.

Згідно зі стандартом ДСТУ ISO 13372:2015 розрізняють такі процеси визначення технічного стану з допомогою засобів контролю:

- контроль технічного стану – визначення виду технічного стану виробу;

- відтворення технічного стану – процес установлення технічного стану виробу по записам значень параметрів в експлуатації;

- пошук місця відмови – визначення частини виробу, відмова якої послужила причиною нероботоздатності цього виробу;

- прогнозування – процес визначення технічного стану виробу на наступний інтервал часу.

Слід указати, що прогнозування, як якісне пророкування безвідмовної роботи до наступної операції контролю, є невід'ємною частиною будь-якої операції контролю, тому що інакше будь-який контроль втратив би сенс, оскільки під час контролю роботоздатності виробу завжди припускають, що протягом деякого часу після закінчення контролю виріб буде виконувати свої функції. Подібно цьому, перебування значення параметра в межах допуску сприймається таким, що протягом деякого часу воно не вийде за ці межі. Процес пошуку місця відмови також пов'язаний з припущенням, що

деякий час ті частини виробу, в яких не було відмов під час контролю, не вийдуть з ладу і після його закінчення.

Контролю підлягають геометричні розміри і механічні переміщення, кутові й лінійні прискорення, частота обертання, тиск рідин і газів, температура, витрата і рівень рідин, хімічний склад масел, різні сигнали тощо.

Кількість точок контролю на сучасному транспортному засобі може досягати кількох десятків і сотень. Усі сигнали, які підлягають контролю, як правило, перетворюють в електричні.

Таким чином, контроль (регулювання) з відновленням роботоздатності відіграє роль регулятора в управлінні експлуатаційною надійністю виробів. Цей контроль може тільки підтримати надійність об'єкта на рівні, закладеному в нього під час проектування і виробництва. Розробник і виробник транспортних машин здатен підняти закладений рівень надійності та рівень безпеки за рахунок конструктивних змін і модернізації конструкції.

Як у першому, так і в другому випадку обов'язковим є використання автоматизованої системи контролю (АСК) як джерела об'єктивної інформації про технічний стан транспортного засобу.

Оптимальне розв'язання завдань оцінювання технічного стану бортових систем потребує ретельного аналізу оснащення цих систем уже в період проектування. Недооцінка такого підходу може обернутися тим, що оснащення виявиться неконтролепридатним, тобто таким, яке не піддається ефективному контролю, а це різко знизить техніко-економічну ефективність експлуатації машини і може бути причиною зниження безпеки її експлуатації. Щоб цього не виникло, на кожен бортову систему, починаючи з етапу її ескізного проектування, розробляють спеціальний конструкторський документ, який називається характеристикою контролепридатності. Документ удосконалюють і коригують під час усього життєвого циклу об'єкта – від його створення до списання.

Знання моделі відмови і її кількісних характеристик дозволяє об'єктивно підійти до вибору програми обслуговування, в тому числі – до контролю об'єкта діагностування.

Поняття «самоконтроль» зустрічається у найрізноманітніших сферах людської діяльності й застосовується у складних системах управління, здатних до самоперевірки. Не є винятком і сама людина, як надскладна високоорганізована система. Згідно з тлумачним словником «самоконтроль» - це здатність контролювати свої дії, свої вчинки. Людина щоденно виконує операції самоконтролю, оцінюючи свій стан, свої можливості для виконання різноманітних функцій - від простих трудових операцій до складних форм громадської діяльності.

Самоконтроль у техніці вирішує аналогічне, але більш вузьке завдання – визначення технічного стану об'єкта з допомогою засобів самого об'єкта.

Поняття «самоконтроль» у вітчизняній науково-технічній літературі застосовують поряд з іншими близькими поняттями: самоперевірка, самотестування, самодіагностика. У зарубіжній літературі зустрічаються такі відповідні терміни: self-monitoring (самоконтроль), self-verifying (самоперевірка), self-diagnosing (самодіагностика), self-testing (самотестування), built in test (BIT) – тестування АСК, яка використовує ресурси самої АСК та ін.

### 1.3. Складність оцінювання технічного стану двигуна

Схему діагностування механічної системи двигуна від нескладної до середньої складності можна представити відомою кількістю діагностичних параметрів.

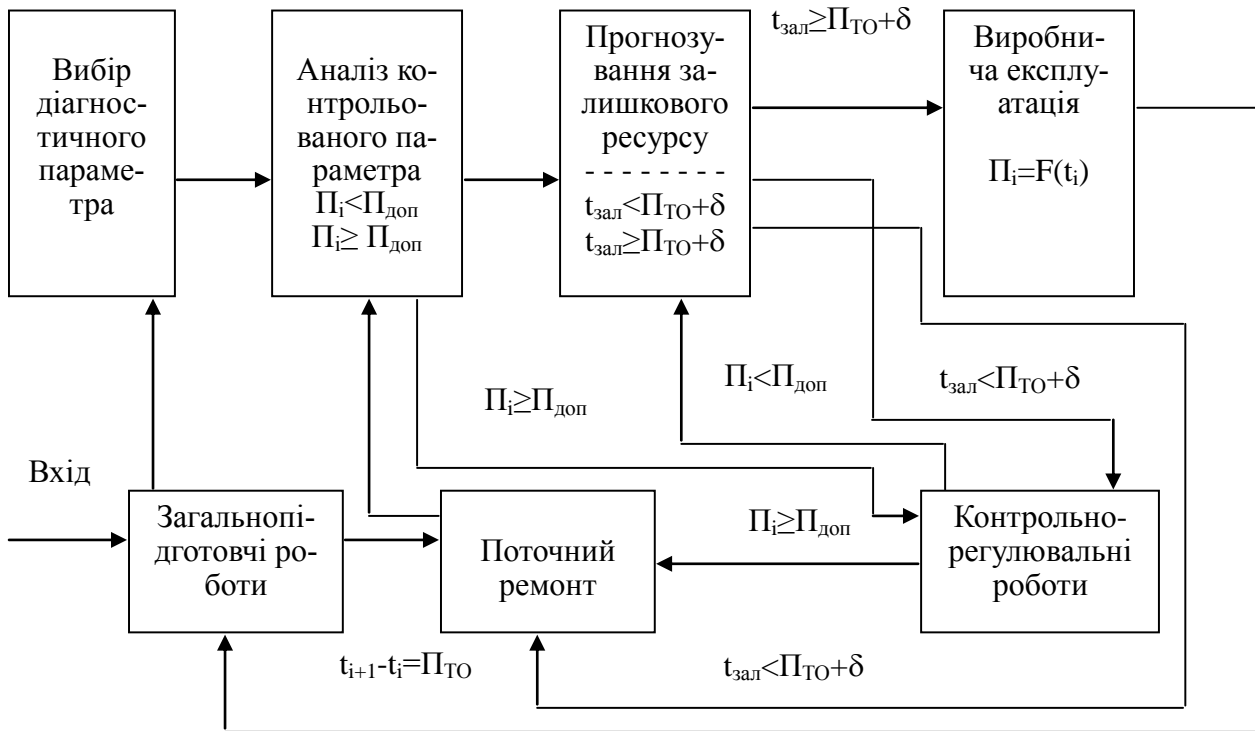
Числове значення кожного параметра є його кількісною мірою, воно може бути номінальним, допустимим і граничним. **Номінальне значення параметра** ( $\Pi_{\text{ном}}$ ) характерне для нових або капітально відремонтованих машин і складових одиниць і забезпечує їх раціональну експлуатацію. Значення параметра, що забезпечує безвідмовну роботу складових одиниць до чергового діагностування, називається **допустимим** ( $\Pi_{\text{доп}}$ ). **Граничне значення параметра** ( $\Pi_{\text{гр}}$ ) характеризує економічну недоцільність або небезпеку подальшої експлуатації машини.

Незважаючи на високий сучасний рівень розвитку виробництва й експлуатації, практика показує, що повного виключення раптових відмов установок через вузли тертя поки ще неможливо. Для деяких типів авіаційних двигунів до 70% відмов пов'язано з пошкодженням деталей, що працюють на контактні навантаження. Крім того, не менше 70% зупинок двигунів в експлуатації виникає з вини пар тертя, що супроводжується значним спрацюванням деталей.

Безвідмовна робота машини на ділянці та зниження трудомісткості ТО і планових ремонтів залежать від точності визначення змін контрольованих параметрів при діагностуванні складових одиниць і систем. Зниження трудомісткості обслуговування і ремонтів машини відбудеться, якщо процес діагностування розглядати як систему послідовно-паралельних технологічних операцій (рис. 1.1 [1]).

Тут розглядаються операції, які виконуються для всіх складових одиниць (загальнопідготовчі роботи, вибір діагностичного параметра, аналіз контрольованого параметра, прогнозування залишкового ресурсу). Для складових одиниць з поточними значеннями параметра, що перевищують допустимі, додатково проводяться контрольні-регулювальні і (або) ремонтні операції. В момент контролю технічного стану машини або складової одиниці визначається фактичне значення параметра  $\Pi_i$  і порівнюється з допустимим значенням  $\Pi_{\text{доп}}$  ( $t_{\text{доп}} = t_{\text{п}} - \Pi_{\text{ТО}} - \delta$ ). Якщо  $\Pi_i < \Pi_{\text{доп}}$ , то для машини в цілому або для складової одиниці прогнозується залишковий ресурс  $t_{\text{зал}}$ . Граничне значення параметра об'єкта, який діагностують, не досягається у процесі експлуатації при значеннях  $t_{\text{зал}}$ , що перевищують напрацювання до чергового контрольованого заходу, включаючи і значення абсолютної помилки прогнозування  $\delta$ .

Як правило, напрацювання до чергового контрольованого заходу дорівнює періодичності першого технічного обслуговування ( $\Pi_{\text{ТО}}$ ). Машина повинна надходити в експлуатацію при  $t_{\text{зал}} \geq \Pi_{\text{ТО}} + \delta$ . Якщо залишковий ресурс  $t_{\text{зал}} < \Pi_{\text{ТО}} + \delta$ , то плануються контрольні-регулювальні і (або) ремонтні роботи, після проведення яких машина надходить на пост поточного ремонту.



**Рис. 1.1. Схема діагностування об'єкта**

Двигун як об'єкт діагностування є складною системою. Під складною системою розуміють об'єкт, що виконує задані функції і який може бути поділений на елементи, кожен з яких також виконує певні функції і знаходиться у взаємодії з іншими елементами. Елементи складної (механічної, газогідроаеродинамічної, електричної) системи можуть мати різноманітні вихідні параметри, які з позиції діагностики та надійності можна поділити на три групи (типи):

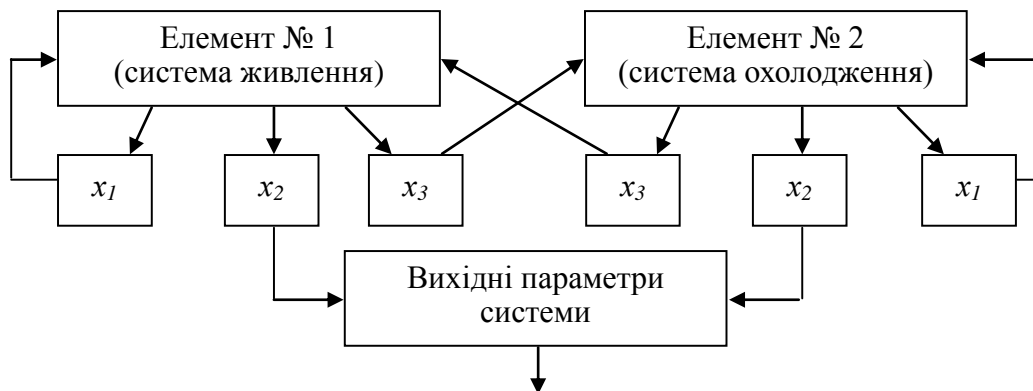
- $x_1$  – параметри, зміна яких з виходом за встановлені рівні показників призводить до втрати роботоздатності елемента й системи;
- $x_2$  – параметри, що беруть участь у формуванні вихідних параметрів усієї системи, але за якими важко робити висновок про відмову елемента;
- $x_3$  – параметри, що впливають на роботоздатність інших елементів системи аналогічно зміні зовнішніх умов роботи всієї системи.

У загальному випадку кількість діагностичних параметрів двигуна перевищує дві сотні, а кількість окремих підсистем і механізмів автомобіля, пов'язаних з двигуном – кілька десятків. Крім того, між багатьма механізмами і системами двигуна та режимами роботи автомобіля існує складний взаємозв'язок параметрів  $x_1, x_2, x_3$ .

Приклад такого взаємозв'язку параметрів КШМ, ГРМ і ЦПГ, систем охолодження, живлення і запалювання, що визначають керованість і роботоздатність двигуна й автомобіля представлена на рис. 1.2. [2]

При зміні технічного стану двигуна різні несправності часто можуть супроводжуватися однаковими діагностичними параметрами. Наприклад, негерметичність поплавкової камери карбюратора, спрацювання паливного жиклера і неправильне регулювання холостого ходу супроводжується однаковими ознаками: підвищенням витрати палива, великим вмістом вуглеводнів  $C_m H_n$  у відпрацьованих газах, забрудненням карбюратора.

Для більшої наочності можливих типів вихідних параметрів систему з двох елементів (на прикладі двигуна) можна представити структурною схемою (рис. 1.2).



**Рис. 1.2. Приклад взаємодії різних типів вихідних параметрів елементів складної системи**

У представленій на рис. 1.2 схемі для системи живлення  $x_1$  – це пропускна здатність паливного жиклера (якщо жиклер забитий і пальне не надходить, то система живлення відмовляє і відмовляє двигун);  $x_2$  – це спрацювання паливного жиклера (паливна економічність автомобіля погіршується);  $x_3$  – утворення багатой суміші (двигун перегрівається й утруднює роботу системи охолодження). У свою чергу, погана робота системи охолодження призводить до перегрівання двигуна й утворення парових пробок у системі живлення – це  $x_3$  для елемента № 2, погана робота термостата зтягує прогрівання двигуна, що призводить до зниження паливної економічності автомобіля – це  $x_2$ , обрив ремня призводить до відмови системи охолодження і відмови автомобіля – це  $x_1$  для елемента № 2.

В реальних складних системах елементи можуть мати або всі три типи вихідних параметрів, або менше (один або два). У більшості випадків це залежить від ступеня розподілу системи на елементи. У розглянутому прикладі система живлення і система охолодження самі є складними системами.

Під час аналізу надійності такої системи її поділяють на такі групи елементів:

- відмова яких практично не впливає на роботоздатність автомобіля (пошкодження оббивки салону, корозія крила). Відмову таких елементів звичайно розглядають ізольовано від системи;

- роботоздатність яких за проміжок часу або напрацювання, що розглядається, практично не змінюється (для автомобіля, який посилають на збирання врожаю, враховувати зміну стану картера коробки передач не має сенсу);

- відновлення роботоздатності яких не потребує значних витрат часу і практично не знижує показників ефективності роботи автомобіля (натягнення ремня вентилятора);

- відмови яких призводять до відмови автомобіля і регламентують його надійність.

Функціонування двигуна пов'язане з виконанням різноманітних завдань в неоднакових умовах експлуатації, тому розподіл елементів на групи може бути досить складним. Внаслідок винятково великого різноманіття



конструкцій, технологій виготовлення і складання, кліматичних та експлуатаційних умов, складності об'єктів діагностування двигуна автомобіля поки що не стало строго формалізованою системою, з якою будь-які проблеми можна вирішити з допомогою вичерпного набору алгоритмів.

Можливість безпосереднього вимірювання конструктивних параметрів вузлів двигуна без їх розбирання досить обмежена. Тому щоб оцінити їх технічний стан, використовують діагностичні параметри – опосередковані величини, пов'язані з конструктивними параметрами і які несуть достатню інформацію про технічний стан вузла. Такі обставини вимагають пошуку уніфікованих параметрів і відповідних їм методів і засобів діагностування.

Основною причиною зміни (деградації) технічного стану механічних систем є спрацювання деталей. Згідно з ДСТУ ISO 10825:2008 спрацювання – це процес руйнування й відділення матеріалу з поверхні твердого тіла і (або) накопичення в ньому залишкової деформації під час тертя, що проявляється у поступовій зміні розмірів або форми тіла. В результаті спрацювання виникає трансформація мікро- і макрогеометричних параметрів сполучених деталей, порушуються умови змащування, просторова орієнтація осей кінематично пов'язаних елементів і збільшується їх динамічна навантаженість.

Крім структурних змін у сполучених деталях спрацювання негативно впливає на ефективність перебігу робочих процесів у вузлах, агрегатах і системах двигуна. В ДВЗ порушується термодинаміка згоряння робочої суміші в циліндрах через зменшення ступеня стиснення, зміну кута випередження запалювання (впорскування), зміну подавання палива та сумішоутворення, фаз газорозподілення; збільшується витрата масла на угар, потужність механічних втрат, рівень шуму і вібрації. Схожі зміни технічного стану характерні й для інших елементів.

Домінуюча роль, яку відіграють електронні системи, примушує приділяти підвищену увагу проблемам, пов'язаним з їх обслуговуванням. Крім того, так як основні функції двигуна стають усе більш залежними від електронних систем, вони повинні задовольняти достатньо жорстким вимогам щодо надійності.

В силу складності автоматичних систем контролю робочих процесів їх відмови та несправності важко діагностувати звичайними методами.

Сучасні системи контролю робочих процесів оснащені вбудованими діагностичними системами з функціями «самоконтролю», «самодіагностування», функціональними та контрольними випробуваннями. Розпізнавання несправностей відбувається шляхом безперервного циклічного процесу порівняння поточних показань датчиків і систем на будь-яких режимах роботи із закладеними у блоках управління матрицями робочих значень даних параметрів. Невідповідність отриманого від датчика значення для режиму роботи, що вимагається, еталонному розпізнається як несправність.

#### **1.4. Діагностування несправностей двигуна за зовнішніми ознаками**

Від стану двигуна залежить багато технічних, економічних та екологічних показників автомобіля, якість показників їзди: відсутність ривків, про-

валів, особливо на змінних режимах, якість динамічних показників розгону, максимальна швидкість.

**Основними ознаками** необхідності діагностування двигуна автомобіля є:

- помітне зниження потужності;
- збільшення питомої витрати палива;
- збільшена витрата масла;
- падіння тиску масла;
- підвищений вміст оксиду вуглецю у відпрацьованих газах;
- поява стуків і вібрацій, димлення (колір диму) і нерівномірної роботи.

**Основні перевірки:**

- перевірити рівень масла у двигуні, стан масла і вентиляцію картера. Своєчасне обслуговування системи змащування двигуна особливо важливе для його безвідмовної роботи. На автомобілях, оснащених каталітичним нейтралізатором, брудне масло, несправна система вентиляції картера або двигун, що димить, швидко доведуть нейтралізатор до непридатного стану;

- перевірити рівень охолоджувальної рідини і її стан. Своєчасне обслуговування системи охолодження двигуна надзвичайно важливе для його безвідмовної роботи. Холодний або перегрітий двигун може надіслати ЕБУ неправильний сигнал датчика температури охолоджувальної рідини, що призведе до порушення випередження запалювання та збоїв циклової подачі палива;

- рівень і стан рідини в автоматичній коробці передач;
- стан акумуляторної батареї і надійність її кріплення;
- рівень електроліту в акумуляторі;
- стан клем і дротів акумулятора;
- стан і натягнення ремня приводу допоміжних агрегатів;
- стан свічок запалювання, в разі необхідності замінити;
- іскровий зазор у свічках;
- переконатися, що тип свічок відповідає двигуну;
- зняти кришку розподільника запалювання, оглянути її зовні та зсередини на наявність тріщин і слідів пробою високою напругою;
- перевірити, чи не просочилася під кришку яка-небудь рідина з двигуна через порушене ущільнення;
- стан ротора розподільника, виміряти його опір;
- стан кришки котушки запалювання на наявність тріщин і слідів пробою;
- електричні рознімачі на наявність корозії та пошкоджень. Переконатися, що штирки рознімача повністю входять у свої гнізда і мають з ними надійний контакт;
- оглянути вакуумні шланги, впускний колектор та повітроводи, ущільнення кришки клапанного механізму і датчик витрати повітря на відсутність витоків вакууму;
- стан повітряного фільтру. Замінити його, якщо в ньому є хоч трохи бруду;
- оглянути випускную систему від колектора до вихлопної труби;
- стан паливної системи. Звернути увагу на можливі витoki палива, на спрацьовані або потріскані деталі. Якщо є газоаналізатор, здатний виміряти

$C_mH_n$ , перевірити щупом газоаналізатора уздовж паливопроводів і трубок з парами палива. Якщо газоаналізатор дає показання, значить даний елемент може пропускати пальне або його пари;

- перевірити корпус дросельної заслінки на наявність у ньому нагару. Нагар може заважати повороту заслінки і викликати проблеми з холостим ходом і під час роботи двигуна із змінними навантаженнями. Звичайно для видалення нагару використовують рідину для чищення карбюраторів.

**Основні несправності системи живлення** проявляються, як правило, в порушенні роботи дозувальних систем карбюратора, в результаті чого він готує занадто багату або бідну паливну суміш, при згорянні якої двигун не розвиває повну потужність, перевитрачає пальне і викидає з відпрацьованими газами багато токсичних речовин.

Різні порушення роботи карбюратора частіше за все проявляються у погіршенні ізових показників автомобіля, тобто сукупності чинників, що визначають відчуття водія при дії на педаль управління дросельною заслінкою, які він суб'єктивно пов'язує з прискоренням автомобіля. Організм людини дуже відчуває прискорення і реагує навіть на невеликі його зміни. Про несправності, що припустимо є наслідком несправності карбюратора, можна говорити, якщо при зміні положення дросельної заслінки не виникає очікуваної звичайної зміни швидкості руху автомобіля, тобто прискорення.

**Провал** – зменшення прискорення аж до переходу в уповільнення, незважаючи на відкриття дросельної заслінки, яке добре сприймається і достатньо тривале (від 0,5 до 5 с і більше).

**Ривок** – той самий провал, але більш обмежений за часом (0,1-0,4 с).

**Посмикування** – серія послідовних (один за одним) легких коротких ривків.

**Розхитування** – серія послідовних один за одним провалів.

**Млявий розгін** – низька інтенсивність збільшення швидкості руху автомобіля.

**Підвищена витрата палива** виникає через спрацювання поршневих кілець, поршнів і циліндрів, порушення регулювання і пошкодження пристроїв системи живлення і запалювання, через наявність смолистих відкладень у системі живлення і нагару на деталях двигуна, через порушення регулювання зазорів у газорозподільному механізмі і т. д.

**Двигун не запускається** при пошкодженнях або порушеннях у системі живлення або запалювання. Свічка запалювання вважається придатною для подальшої експлуатації, якщо значення тиску при безперебійному іскроутворенні буде відповідати таким даним: зазорам 0,5; 0,6; 0,8; 0,9 мм відповідає тиск 0,7; 0,6; 0,45; 0,4 МПа.

**Якщо двигун не розвиває повної потужності**, то це свідчить про недостатню компресію в циліндрах, пошкодження пристроїв системи живлення або запалювання, перегрівання або переохолодження двигуна.

**Витоки повітря через клапани двигуна** вказують на їх несправності, які виявляються прослуховуванням з допомогою фонендоскопа або візуально за коливаннями пушинок в індикаторі, який встановлюють у свічкових отворах циліндрів, сусідніх з тим, який перевіряють. Витоки через прокладку головки циліндрів визначають за бульбашками повітря, що з'являються у

горловині радіатора або в порожнині рознімача; у стику головки з циліндром, змоченому мильним розчином.

**Рівень масла в картері двигуна** завжди повинен знаходитись біля верхньої мітки покажчика. Інтенсивність зміни рівня масла значно залежить від технічного стану двигуна. Витрата масла не повинна бути більше 3,5% витраченого палива для карбюраторних двигунів і 5% для дизельних. Під час перевірки рівня масла слід звертати увагу на якість масла. Основну увагу при цьому звертають на його прозорість і відсутність крапель охолоджувальної рідини. Об'єктивно якість масла оцінюють методом спектрального аналізу, коли пробу масла спалюють у високотемпературному полум'ї і з допомогою спектрографа реєструють продукти спрацювання. Отримані результати піддають якісному та кількісному аналізу.

Перевірка системи змащування включає і перевірку роботи масляного фільтру тонкого очищення. При температурі не нижче за 70 °С ротор справної центрифуги повинен обертатися не менше 35 с.

**Угар масла** визначають за кількістю доливань у процесі експлуатації. Він залежить від спрацювання кілець і герметичності клапанів. Крім того, можливі витоки масла. Допустима норма угару масла складає не більше 4% від витрати палива. Підвищений угар масла супроводжується помітним димленням на випуску (з прогрітим двигуном).

Недоліками вказаного методу є: складність урахувати величину угару масла в експлуатації, залежність витрати масла не тільки від спрацювання кілець, але й від спрацювання напрямних втулок клапанів і витоків через нещільності з'єднань.

Ознакою необхідності перевірки або заміни поршневих кілець є збільшена витрата масла (угар) – більше 100 г на 100 км пробігу. зазор в замку поршневих кілець не повинен перевищувати 0,75 мм. Перевірку здійснюють з допомогою набору щупів. У всіх випадках розбирання двигуна після 60000 км обов'язково слід замінити поршневі кільця.

**Під час будь-якого виду діагностування** огляд і випробування двигуна пуском передбачає візуальне виявлення підтікань масла, палива, охолоджувальної рідини, оцінювання легкості пуску, димлення на випуску, прослуховування його роботи з метою виявлення різких шумів, стуків, оцінювання рівномірності та стійкості роботи тощо. Перевірка дозволяє виявити очевидні несправності двигуна і визначити необхідність його технічного обслуговування або ремонту перед діагностуванням.

**Діагностування включає:**

- ознайомлення з обліковими даними;
- огляд і випробування пуском;
- визначення ефективної потужності;
- діагностування кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів.

Якщо ці параметри знаходяться в допустимих межах, то двигун придатний для подальшої експлуатації. В протилежному разі слід виконати поелементну діагностику для виявлення конкретної несправності.

За результатами діагностування проводять необхідні регулювальні, кріпильні або ремонтні роботи. Облікові дані двигуна включають наступні відомості:

- пробіг автомобіля і ресурс роботи двигуна;
- ремонти, яким піддавали двигун;
- паливну економічність;
- заявки водія про несправності двигуна.

Перш ніж діагностувати двигун, необхідно попередньо відрегулювати його механізми і системи, так як у неспрацьованого, але невідрегульованого двигуна потужність може значно знизитися (до 20-30% від номінальної), а потужність хоча спрацьованого, але відрегульованого двигуна може знизитися всього лише на 5-7%.

Перед тим як почати пошук причин і усунення несправностей карбюратора, необхідно переконатися в тому, що вони пов'язані з несправностями саме карбюратора, а не системи паливоподачі до карбюратора або системи запалювання.

Ознакою сильного порушення дозування паливної суміші карбюратором є робота двигуна з різкими хлопками («стрільба») в карбюратор у разі перезбіднення суміші та в глушник у разі перезбагачення. Ознакою роботи двигуна на перезбідненій суміші є також його перегрівання. У разі сильного перезбагачення паливної суміші відпрацьовані гази набувають темного кольору.

Розповсюдженою причиною несправності карбюратора є встановлення жиклерів невідповідної перепускної здатності.

**Причинами перезбагачення паливної суміші** є високий рівень палива в поплавковій камері, вивертання і випадіння жиклерів, засмолення повітряних жиклерів, утрата герметичності клапаном економайзера та порушення регулювання його приводу, неповне відкриття повітряної заслінки.

**Перезбіднення паливної суміші** може відбуватися, як у разі зменшення подачі бензину, так і у разі підсмоктування повітря у місцях кріплення карбюратора та впускного трубопроводу до головки блока циліндрів. Перезбіднення суміші можливе через малу подачу бензину в карбюратор, пошкодження мембрани підкачувального насоса або через нещільне прилягання його клапанів, нещільне кріплення паливопроводів до штуцерів, низький рівень бензину в поплавковій камері. В результаті відбувається «мляве» згоряння палива, падіння потужності та перегрівання двигуна. Крім того, полум'я від паливної суміші, що догоряє, може потрапити через впускний клапан, що вже відкривається, у впускний колектор, викликати у ньому хлопки або вибухоподібне згоряння й пожежу в підкапотному просторі.

Так, наприклад, у системі живлення можуть бути засмічені паливозабірник, фільтр тонкого очищення паливного насоса. Ці несправності можуть викликати порушення в нормальній роботі двигуна, бути причиною «провалів» у першу чергу на режимі з підвищеним навантаженням, тоді як з малим навантаженням або на режимі холостого ходу споживання палива двигуном невелике і навіть у разі порушеної паливоподачі його може вистачити для нормальної роботи на даних режимах.

Під час перевірки системи живлення в першу чергу необхідно переконатися у відсутності витoku палива через з'єднання та в нормальній роботі бензонасоса, так як ці несправності часто призводять до пожежі.

Бензонасос спочатку перевіряють безпосередньо на двигуні, а якщо необхідно, то його знімають з двигуна. Для перевірки насоса на двигуні пали-

вопровід від'єднують від карбюратора і опускають його кінець у прозору посудину, заповнену бензином. Якщо при натисканні на важіль ручного підкачування з паливопроводу вибиває сильний струмінь палива, значить насос справний. Вихід з паливопроводу бульбашок повітря вказує на підсмоктування повітря (негерметичність) у з'єднаннях трубопроводів або в насосі.

Під час пуску двигуна і його візуальному огляді можна виявити підтікання масла, палива або охолоджувальної рідини, оцінити рівномірність роботи двигуна тощо.

У більшості випадків течу можна усунути підтягуванням з'єднань або заміною пошкоджених прокладок. Підвищене димлення або збільшений вміст СО в відпрацьованих газах найчастіше виникає внаслідок несправності паливної апаратури.

Одним з видів аномального процесу згоряння є робота двигуна після вимкнення запалювання. Це не розжарювальне запалювання і не детонація. Відомо, що при частоті обертання колінчастого валу 100-200 хв<sup>-1</sup> паливна суміш нагрівається від відпрацьованих газів і подібно дизельному процесу починається самозаймання.

Щоб запобігти такому явищу двигуни сучасних автомобілів обладнуються системою «антидизель». З цією метою у двигунах з безпосереднім упорскуванням палива в програмі управління передбачено відключення подачі палива зразу після вимкнення запалювання. У більшості зарубіжних карбюраторів і в деяких вітчизняних карбюраторах є електромагнітний клапан, що перекриває паливний жиклер холостого ходу. В карбюраторах з економайзером примусового холостого ходу при вимкненні запалювання передбачено відключення подачі паливної суміші.

Карбюратори з системою електронного дозування палива поєднують усі переваги сумішоутворення, що є у карбюраторів класичної конструкції з високою точністю дозування суміші, які можуть забезпечити електронні засоби управління.

Візуальне діагностування свічок запалювання, ознак несправності двигунів і електрообладнання системи запалювання описане у розділі 2.

### **Контрольні запитання**

1. Які завдання діагностування?
2. Навести показники достовірності та точності діагностування.
3. Пояснити технічні та техніко-економічні критерії граничного стану об'єкта діагностування.
4. Пояснити особливості видів діагностування: контроль, самоконтроль і самодіагностика.
5. Розказати, в чому полягає складність діагностування технічного стану двигуна.
6. Перелічити основні причини зміни технічного стану механічних систем двигуна.
7. Які основні ознаки необхідності діагностування двигуна?
8. Перелічити несправності двигуна за зовнішніми ознаками.
9. Пояснити причини перезбагачення паливоповітряної суміші.

## 1.5. Діагностування несправностей двигуна за структурно-наслідковими та функціонально-структурними моделями

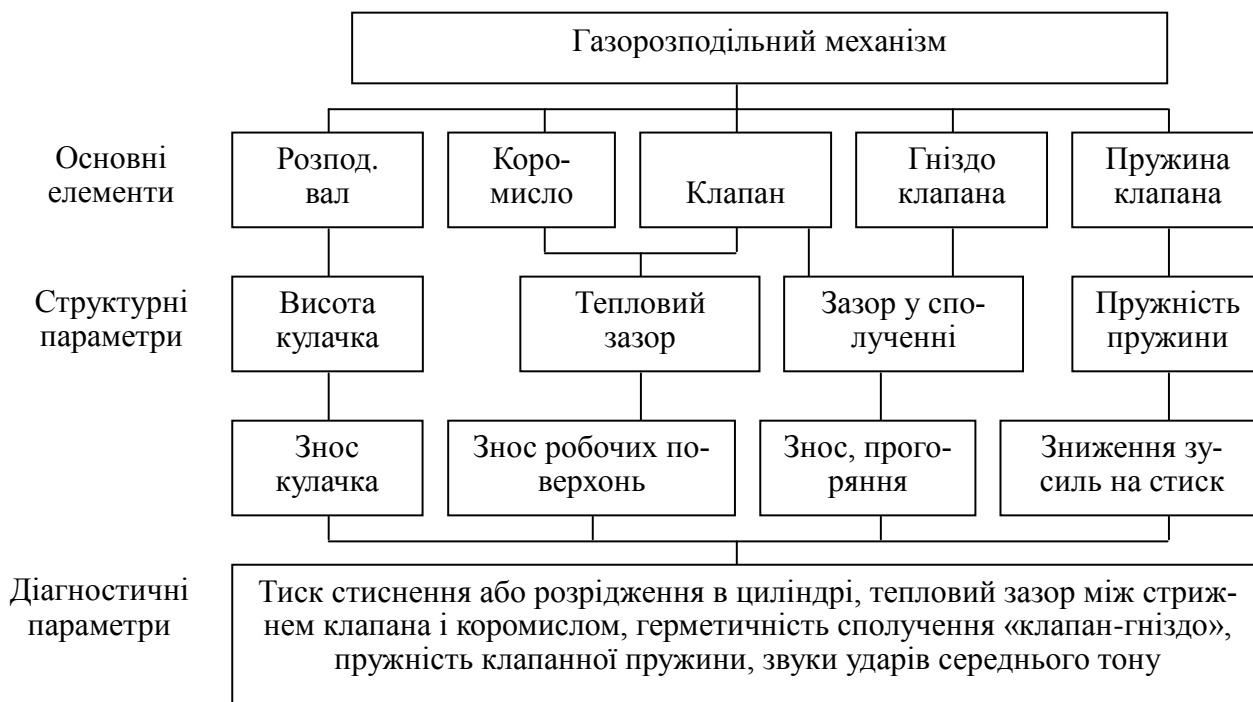
### 1.5.1. Побудова структурних схем діагностування об'єктів двигуна

При визначенні технічного стану двигуна вибір параметрів діагностування є основним завданням. При цьому слід урахувати різноманітні взаємозв'язки між структурними та функціональними параметрами, що використовуються для цілей діагностування. При вирішенні завдання вибору параметрів діагностування в складних ситуаціях визначають можливий набір параметрів. З цією метою будують структурно-наслідкові схеми складової одиниці або системи, які являють собою граф-модель, що пов'язує в єдине ціле основні параметри об'єкта двигуна, який діагностують, характеризує їх структурні параметри, перелік характерних несправностей і параметри діагностування.

Як приклад на рис. 1.3 наведена структурно-наслідкова схема циліндропоршневої групи, а на рис. 1.4 – схема газорозподільного механізму (ГРМ) двигуна.



**Рис. 1.3. Структурно-наслідкова схема циліндропоршневої групи двигуна як об'єкта діагностування**



**Рис. 1.4. Структурно-наслідкова схема газорозподільного механізму як об'єкта діагностування**

За складеною схемою установлюють початковий перелік діагностичних параметрів. На основі аналізу з урахуванням виконання вимог однозначності, стабільності, чуттєвості, інформативності та технологічності, здійснюють відбір найефективніших діагностичних параметрів. На останньому етапі оцінюють параметри за витратами на діагностування, і перевага надається розробці процесів діагностування з мінімальними питомими зведеним витратам.

Користуючись подібною схемою, можна стосовно певного переліку структурних параметрів і несправностей установити початковий перелік діагностичних параметрів і зв'язки між ними.

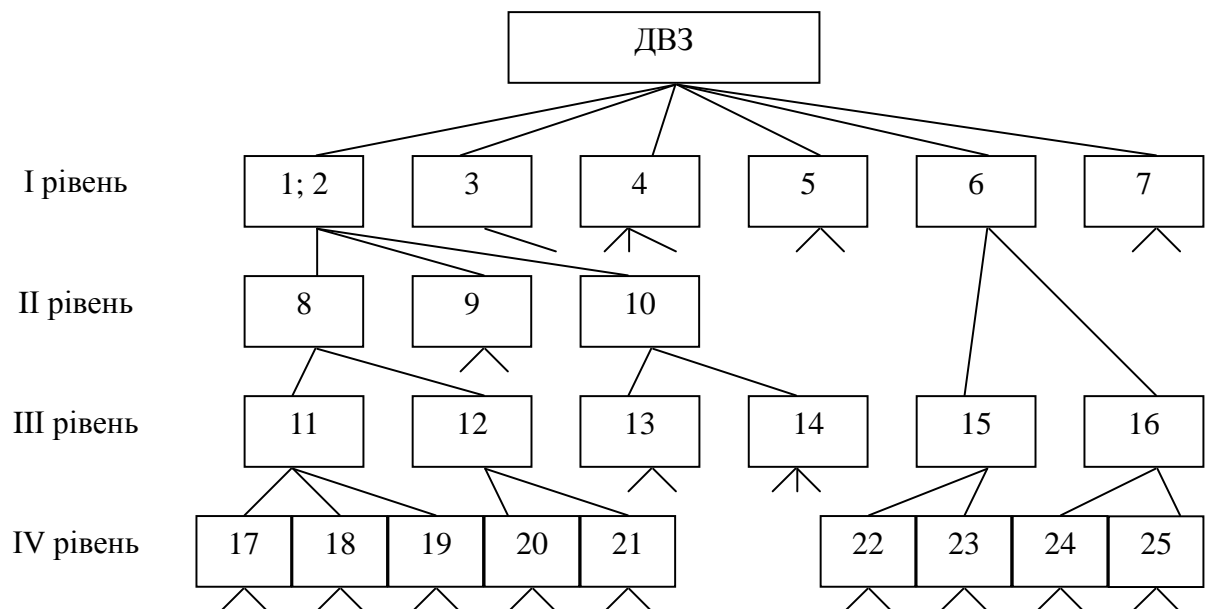
Для цілей діагностування часто зручніше представити об'єкт і у вигляді функціонально-структурної схеми. В ній частина конструктивних елементів, що безпосередньо впливають на робочу функцію, відокремлена. Такий підхід сприяє правильному вибору функціонального і тестового діагностування усього об'єкта.

Для дизельного двигуна функціонально-структурна схема (модель) може бути представлена, наприклад, у вигляді граф-дерева, показаного на рис. 1.5. [3].

З кореневою вершиною зіставлений ДВЗ, а з вершинами I рівня (рангу) – енергоперетворення: ефективна потужність двигуна (1); питома витрата палива (2); системи ДВЗ (3, 4, 5) і його механізми (6 і 7).

Відомо, що для забезпечення робочого процесу (II рівень) у двигуні потрібна подача в його циліндри палива (8), повітря (9) та забезпечення герметичності камери згоряння (10). З наведеної схеми видно, які саме пристрої, вузли (III рівень) або інші елементи (IV рівень) впливають на паливоподачу і герметичність камери згоряння (тут показано принцип побудови моделі, тому багато елементів пропущено).





**Рис. 1.5. Функціонально-структурна схема дизельного двигуна:**

**I рівень** (енергоперетворення): 1 – ефективна потужність; 2 – питома витрата палива; 3 – система змащування; 4 – система охолодження; 5 – система пуску; 6 – кривошипно-шатунний механізм; 7 – газорозподільний механізм;

**II рівень** (забезпечення робочого процесу в двигуні): 8 – паливоподача; 9 – повітроподача; 10 – герметичність камери згоряння;

**III рівень** (пристрої і вузли): 11 – паливний насос високого тиску (ПНВТ); 12 – форсунка; 13 – клапанна група; 14 – циліндропоршнева група (ЦПГ); 15 – кривошипно-шатунна група (КШГ); 16 – шатунно-поршнева група (ШПГ);

**IV рівень** (одиночні сполучення і процеси): 17 – герметичність плунжерної пари; 18 – герметичність нагнітального клапана; 19 – кут випередження впорскування; 20 – герметичність форсунки; 21 – тиск впорскування; 22 – зазор у корінному підшипнику; 23 – зазор у шатунному підшипнику; 24 – зазор у сполученні «палець-поршень»; 25 – зазор у сполученні «палець-шатун»

Кількість рівнів може бути збільшена. Наприклад, до V рівня можна віднести величини спрацювань, тобто числові значення структурних параметрів від номінального до граничного стану, що можуть розрізнятися за допомогою діагностичного засобу. До інших рівнів (рангів) можна віднести можливі причини спрацювань, їх характер і т. ін., тобто все те, що представляє інтерес при визначенні технічного стану об'єкта й оцінюванні кількості необхідної інформації для його діагностування.

Запропонована функціонально-структурна схема ДВЗ дає можливість представити його як складну діагностичну систему із взаємопов'язаними елементами, розрахувати невизначеність (ентропію) його технічного стану, а, отже, і необхідну та достатню кількість інформації для пошуку несправності з заданою глибиною, обґрунтувати методи й алгоритм діагностування.

### 1.5.2. Побудова функціонально-логічної моделі об'єкта

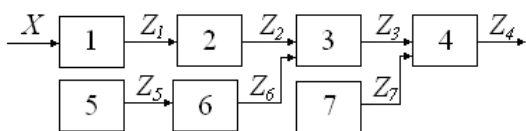
Діагностування за ступенем охоплення об'єкта може бути загальним і поелементним (локальним). У разі загального діагностування визначають роботоздатність об'єкта діагностування, виявляють наявність пошкоджень в

структурних одиницях (вузлах і агрегатах), дають їм якісну оцінку. В разі поелементного технічного діагностування здійснюють пошук несправного вузла, коли об'єкт діагностування знаходиться в роботоздатному стані. При цьому особливого значення набувають ознаки, які характеризують технічний стан.

Найважливішим етапом процесу діагностування є постановка діагнозу. Загальне оцінювання роботоздатності об'єкта, що діагностується, в цілому виконується за вихідними параметрами, на підставі яких ставиться загальний діагноз «роботоздатний» або «нероботоздатний» («так», «ні»). У разі другого варіанту для визначення потреби у ремонтно-регулювальних операціях і локалізації конкретної несправності потрібен більш глибокий діагноз на основі побудови функціональної моделі об'єкта діагностування двигуна. Оцінювання роботоздатності об'єкта одним діагностичним параметром зводиться до порівняння номінальних, поточних і граничних його значень.

Під функціональною моделлю системи, яку діагностують, будемо розуміти модель, що складається з функціонально пов'язаних між собою елементів, до рівня яких може здійснюватися пошук несправності. Тобто, якщо система складається з  $N$  елементів, то в кожний момент часу вона може знаходитися або у справному, або в одному з  $N$  несправних станів за кількістю функціональних елементів. Відмова двох і більше елементів одночасно вважається подією малоюмовірною.

Функціональна модель може збігатися з функціональною схемою системи, яку діагностують, якщо діагностика буде здійснюватися до рівня елементів функціональної схеми. Розглянемо функціональну модель системи, яку діагностують, зображену на рис. 1.6.



**Рис. 1.6. Модель системи, яку діагностують**

Система складається з семи функціональних елементів і може знаходитися або в справному стані, або в одному з семи несправних станів. На вхід моделі подається сигнал  $X$ , а

з виходів знімаються сигнали  $Z_i$ , які контролюють. Визначення різних технічних станів системи, яку діагностують, а також облік впливу відмов кожного функціонального елемента на решту елементів здійснюють з допомогою таблиці несправностей (матриці несправностей).

Для системи, яку діагностують і функціональна модель якої зображена на рис. 1.6, таблиця несправностей має вигляд, представлений у табл. 1.2.

*Таблиця 1.2*

**Показники достовірності та точності діагностування**

$S_i/Z_i$	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$
$Z_1$	1	0	1	1	1	1	1	1
$Z_2$	1	0	0	1	1	1	1	1
$Z_3$	1	0	0	0	1	0	0	1
$Z_4$	1	0	0	0	0	0	0	0
$Z_5$	1	1	1	1	1	0	1	1
$Z_6$	1	1	1	1	1	0	0	1
$Z_7$	1	1	1	1	1	1	1	0

Таблиця несправностей – це матриця, в якій кількість стовпців дорівнює кількості функціональних елементів моделі плюс один, тобто кількості можливих технічних станів системи, яку діагностують, а кількість рядків дорівнює кількості контрольованих параметрів. Таблицю заповнюють на підставі логічного аналізу функціональної моделі системи, яку діагностують.

### 1.5.3. Локалізація несправностей за діагностичними матрицями

Постановка діагнозу під час оцінювання роботоздатності за кількома діагностичними параметрами проводиться на основі встановлених зв'язків між несправностями та використовуваними діагностичними параметрами. Для реалізації цього завдання на практиці широко застосовують діагностичні матриці. Така матриця – це логічна модель, яка описує зв'язки можливих несправностей з діагностичними параметрами. Одиниця на місці перетину рядка і стовпця означає можливість наявності несправності, а нуль – її відсутність. З допомогою діагностичної матриці (табл. 1.3) вирішують завдання локалізації однієї з чотирьох несправностей ДВЗ за допомогою шести діагностичних параметрів. Так, на потужність ДВЗ впливає герметичність циліндра, зазор у сполучення «клапан-гніздо» у відкритому стані, який залежить від спрацювання кулачка розподільного валу, що визначається за ходом коромисла.

Таблиця 1.3

Діагностична матриця локалізації несправностей ГРМ двигуна

Діагностичні параметри	Можливі несправності			
	Збільшені зазори сполучення «поршень-кільця-гільза»	Порушення герметичності сполучення «клапан-гніздо»	Спрацювання кулачка розподільного валу	Зниження пружності пружин
1. Потужність двигуна	1	1	1	1
2. Тиск стиснення в циліндрі	1	1	0	1
3. Кількість газів, що прориваються через сполучення «клапан-гніздо»	0	1	0	0
4. Кількість газів, що прориваються в картер двигуна	1	0	0	0
5. Хід коромисла (висота кулачка)	0	0	1	0
6. Зусилля стискування пружини	0	0	0	1

На зниження герметичності циліндра впливають зазори у сполученнях «поршень-кільця-гільза» і «клапан-гніздо», а також пружність клапанних пружин. Локалізацію цих несправностей можна провести з допомогою параметрів 3, 4 і 6.

Діагностичні матриці дозволяють автоматизувати процес діагностування, скоротити його трудомісткість і збільшити достовірність постановки діагнозу.

Інший приклад. Локалізацію конкретних несправностей під час оцінювання роботоздатності двигуна можна здійснити через діагностичну матрицю, представлену в табл. 1.4. [1].

Діагностування двигуна, що працює, в цілому виконується за ефективною потужністю, питомою витратою палива, складом вихлопних газів і за акустичними ознаками. При допустимих значеннях параметрів, які контролюються, прогнозується роботоздатність двигуна на об'єкті й, відповідно, при граничних значеннях або при значеннях залишкового ресурсу менше за напрацювання до першого технічного обслуговування діагностуються його системи.

Найбільша кількість можливих несправностей пов'язана з паливною апаратурою, про що свідчить діагностична матриця. Послідовність виконуваних операцій при оцінюванні технічного стану паливної апаратури дизельного двигуна при його утрудненому запуску: перевірка складу й об'єму палива; прокачування паливної системи, видалення повітря; перевірка тиску, який розвиває паливний насос високого тиску, та тиску впорскування палива; оцінювання ступеня забрудненості повітряного фільтру; перевірка кута випередження впорскування.

При допустимих значеннях параметрів, які оцінюють технічний стан паливної апаратури, та утрудненому запуску двигуна перевіряють герметичність циліндра за тиском стиснення. При його значеннях нижчих за допустимі межі перевіряють циліндропоршневу групу (ЦПГ) і газорозподільний механізм (ГРМ) за додатковими параметрами, які оцінюють технічний стан цих систем. Трудність запуску також пов'язана з заниженою частотою обертання колінчастого валу двигуна.

Пошук можливих несправностей у разі легкого запуску двигуна починають з аналізу показань приладів, що характеризують його роботоздатність, та акустичних ознак несправностей.

За тиском масла оцінюють стан КШМ і системи змащування. Зниження тиску масла через спрацювання сполучень КШМ оцінюється з допомогою акустичних ознак. Стукіт можна чути без приладів, але для кращого сприйняття його прослуховують стетоскопом або фонендоскопом. Стукіт колінчастого валу із спрацьованими корінними підшипниками – глухого тону, добре чути біля розняття з картером, а в спрацьованих шатунних підшипниках – різкий стукіт у зоні верхнього положення шатунної шийки колінчастого валу. Стукіт у шатунних підшипниках легко можна визначити, відключаючи почергово циліндри. У циліндрі, що не працює, він значно посилюється. Стукіт поршневих пальців у спрацьованих гніздах – нечастий, у зоні циліндрів ближче до головки блока. Відсутність стуків у кривошипно-шатунному механізмі при низькому тиску масла вказує на несправність системи змащування.

Діагностична матриця локалізації несправностей ДВЗ

Система двигуна	Діагностичний параметр	Можливі несправності																
		Двигун не запускається	Двигун не розвиває потужність	Жорстка робота двигуна	Шумна робота двигуна	Перегрів двигуна	Нестійка робота на холостому ходу	Нерівномірна робота ДВЗ	Підвищена витрата палива	Підвищена димність ВГ			Потрапляння ОР в картер	Стуки у двигуні	«Вистріли» у повітряному фільтрі	Знос деталей ЦПГ	Порушено сполучення вихлопного клапана з гніздом	Те саме випускного клапана з гніздом
										Чорний вихлоп	Голубий вихлоп	Білий вихлоп						
Паливна система	Тиск, який розвиває ПНВТ	+	+	+				+										
	Тиск і якість розпилення палива, що впорскується	+	+	+	+				+									
	Кут випередження впорскування	+	+	+			+		+									
	Вакуум у повітряному фільтрі	+	+					+	+						+			
	Герметичність паливної системи	+	+		+			+										
	Склад і об'єм палива	+	+					+	+		+							
ЦПГ	Витрата вихлопних газів через картер															+		
	Витрата масла на угар															+		





Відхилення показань покажчика охолоджувальної рідини від оптимальної величини вказує на несправність системи охолодження. Виявлення конкретної несправності виконують за іншими діагностичними параметрами, що характеризують її роботоздатність.

Якщо важко визначити несправність за комбінацією діагностичних параметрів, проводять поглиблене діагностування з можливістю постановки діагнозу за одним параметром. Наприклад, при порушенні герметичності циліндра несправність визначають за місцем виходу повітря, що подається під тиском в циліндр.

### **Контрольні запитання**

1. Навести структурно-наслідкову схему ЦПГ як об'єкта діагностування.
2. Навести структурно-наслідкову схему ГРМ як об'єкта діагностування.
3. Побудувати функціонально-логічну модель об'єкта діагностування.
4. Побудувати діагностичну матрицю несправностей КШМ.

## **1.6. Діагностування КШМ, ЦПГ і ГРМ**

### **1.6.1. Методи діагностування**

Сучасні двигуни за незначним винятком є багатоциліндровими. Вихід з ладу якого-небудь циліндра ще не означає повну втрату роботоздатності всього двигуна, Однак такий несправний, хоча й роботоздатний стан двигуна призводить до погіршення його експлуатаційних характеристик: втрата потужності, зниження крутильного моменту, збільшення витрати паливо-мастильних матеріалів.

Циліндропоршнева група (ЦПГ) ставиться до кривошипно-шатунного механізму (КШМ) і забезпечує герметичність тактів двигуна. ЦПГ складається з циліндрів, поршнів, поршневих кілець.

**Циліндропоршнева група** працює у найтяжчих умовах (газове середовище, висока температура, великі циклічні навантаження). При цьому відбувається інтенсивне спрацювання деталей, що призводить до прориву газів з камер згоряння в картер, збільшення шуму і вібрації, забруднення моторного масла і його втрати на угар, зниження герметичності в надпоршневому просторі.

**Діагностування ЦПГ** виконують за функціональними параметрами: зміна тиску стиснення в циліндрах; прорив газів у картер; угар масла; витоки стиснутого повітря, яке подається в циліндр; розрідження в камері згоряння; зміна шуму і вібрації; зміна параметрів моторного масла.

Велика кількість параметрів визначення технічного стану ЦПГ дозволяє об'єднати їх за трьома зонами вимірювань: камера згоряння, блок циліндрів, картер двигуна. У зоні камери згоряння перевіряють, як правило, тиск стиснення, прорив газів у картер, витоки стиснутого повітря, розрідження в камері згоряння.

Герметичність камери згоряння характеризує технічний стан кілець, циліндра, прокладки головки циліндрів і сполучення «клапан-гніздо». Па-



раметрами її оцінки можуть бути розрідження і витoki стиснутого повітря, яке подається в циліндр.

Герметичність надпоршневого простору й рівномірність компресійних властивостей циліндрів – важливі показники технічного стану ДВЗ. Саме ідентичність наростання й абсолютне значення тиску робочого тіла у такті стиснення усіх циліндрів зумовлює рівномірність ходу ДВЗ і ступінь наближення фактичного робочого процесу до оптимального.

Технічний стан двигуна хороший, якщо при перевірці герметичність циліндра складає 95-100%, і потрібен ремонт двигуна при значеннях герметичності менших 75% для дизельного і, відповідно, 80% для двигуна з іскровим запалюванням.

У разі граничних значень герметичності циліндра додатково проводять вимірювання, щоб установити місце несправності. Хороші результати дають пристрої, що подають повітря у простір над поршнем циліндра, який перевіряють.

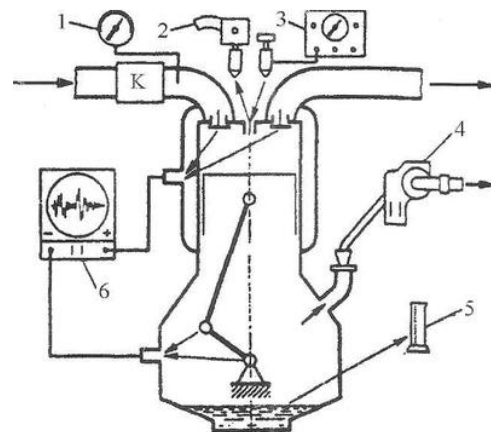
Кривошипно-шатунний механізм служить для перетворення зворотно-поступалива руху поршнів в обертальний рух колінчастого валу. Механізм газорозподілення служить для управління робочими процесами двигуна, виконує впуск повітря або паливної суміші в циліндри, а також випуск відпрацьованих газів. У більшості конструкцій ГРМ клапани приводяться в рух від розподільного валу через штовхачі, штанги, регулювальні гвинти і коромисла.

На кривошипно-шатунний і розподільний механізми припадає приблизно 30% відмов двигуна, а на усунення відмов – приблизно половини трудомісткості ремонту та обслуговування.

Методи діагностування КШМ і ГРМ показані схематично на рис. 1.7, 1.8.

На рис. 1.7 цифрами позначені методи діагностування за: 1 – розрідженням на впуску; 2 – компресією; 3 – витoki стиснутого повітря; 4 – проривом газів у картер; 5 – аналізом картерного масла; 6 – віброакустичними параметрами; К – карбюратор.

Діагностування здійснюють шляхом вимірювання кількості газів, які прориваються в картер; зазорів у верхніх і нижніх головках шатунів; компресії в циліндрах; стуків і вібрації; перепадів тиску масла в сполученнях, які діагностують; розрідження у впускному трубопроводі; угару масла; а також шляхом вимірювання частоти обертання колінчастого валу двигуна при виключенні з роботи окремих циліндрів; за витокom стиснутого повітря тощо [4].

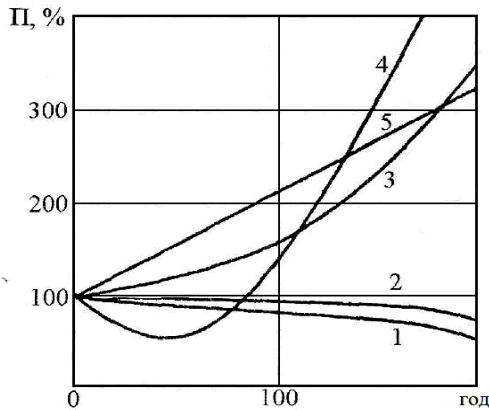


**Рис. 1.7. Схематичне подання методів діагностування двигуна**



Рис. 1.8. Існуючі методи діагностування КШМ і ЦПГ

Існуючі безстендові засоби діагностування недостатньо універсальні, відрізняються різноманітністю використовуваних діагностичних параметрів і не дозволяють вимірювати багато показників робочих процесів, необхідних для ідентифікації технічного стану кожного однойменного елемента у складі ДВЗ. Неточність і суперечливість, наприклад, даних вимірювань компресометром компресії ЦПГ двигуна може складати 35-50%.



**Рис. 1.9.** Зміна діагностичних параметрів (П) залежно від напрацювання двигуна ЗІЛ-130 у годинах при форсованих зносних випробуваннях

На рис. 1.9 цифрами позначені: 1 – компресія; 2 – розрідження; 3 – прорив газів у картер; 4 – угар масла; 5 – витік стиснутого повітря при положенні поршня у верхній мертвій точці.

Експериментальні криві чутливості діагностичних параметрів, використовуваних у перерахованих методах, отримують при форсованих зносних випробуваннях двигуна (рис. 1.9 [4]). Більшу чутливість мають методи, які пов'язані з вимірюванням угару масла, прориву газів у картер та витоків стиснутого повітря,

і меншу – методи вимірювання компресії та розрідження у впускному трубопроводі.

### 1.6.2. Діагностування герметичності надпоршневого простору циліндрів за розрідженням у впускному трубопроводі та проривом газів у картер

**Розрідження у впускному трубопроводі та його постійність** залежать від швидкісного напору повітря і втрат напору, зумовлених компресією, опором повітряного фільтру, нещільністю клапанів, нерівномірністю робочих процесів і т. д. Тому величини і стабільність розрідження у впускному трубопроводі двигуна можуть характеризувати його технічний стан.

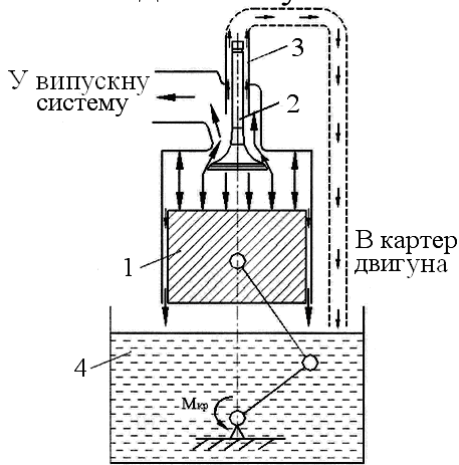
Розрідження вимірюють вакуумметром, що приєднується до впускного трубопроводу. Перед перевіркою стану механізмів двигуна усувають несправності систем живлення и запалювання. Орієнтовні нормативи розрідження (в залежності від типу двигуна) при справному стані двигуна складають при прокручуванні колінчастого валу стартером 0,5-9,6 кПа (положення стрілки приладу повинно бути стабільним).

**Прорив газів у картер** залежить від спрацювання кілець, гільзи і клапанного механізму ЦПГ двигуна (рис. 1.10).

Методи нормування газів, що прориваються в картер, наведені на рис. 1.11, а розроблені норми та їх взаємозв'язок із спрацюванням поршневих кілець, витратою масла, зниженням потужності та збільшенням витрати палива наведені на графіку рис. 1.12.

Прорив газів вимірюють на стенді тягових якостей під навантаженням, що відповідає максимальному крутильному моменту двигуна на прямій передачі.

Витрата картерних газів змінюється в межах від 30 до 200 л/хв і залежить від типу двигуна і його напрацювання. При використанні діагностичних параметрів об'єму і пульсації тиску газових потоків, що проникають в картер, необхідна попередня його герметизація, що значно збільшує трудомісткість діагностування.



**Рис. 1.10. Схема проходження газів з надпоршневого простору в картер двигуна**

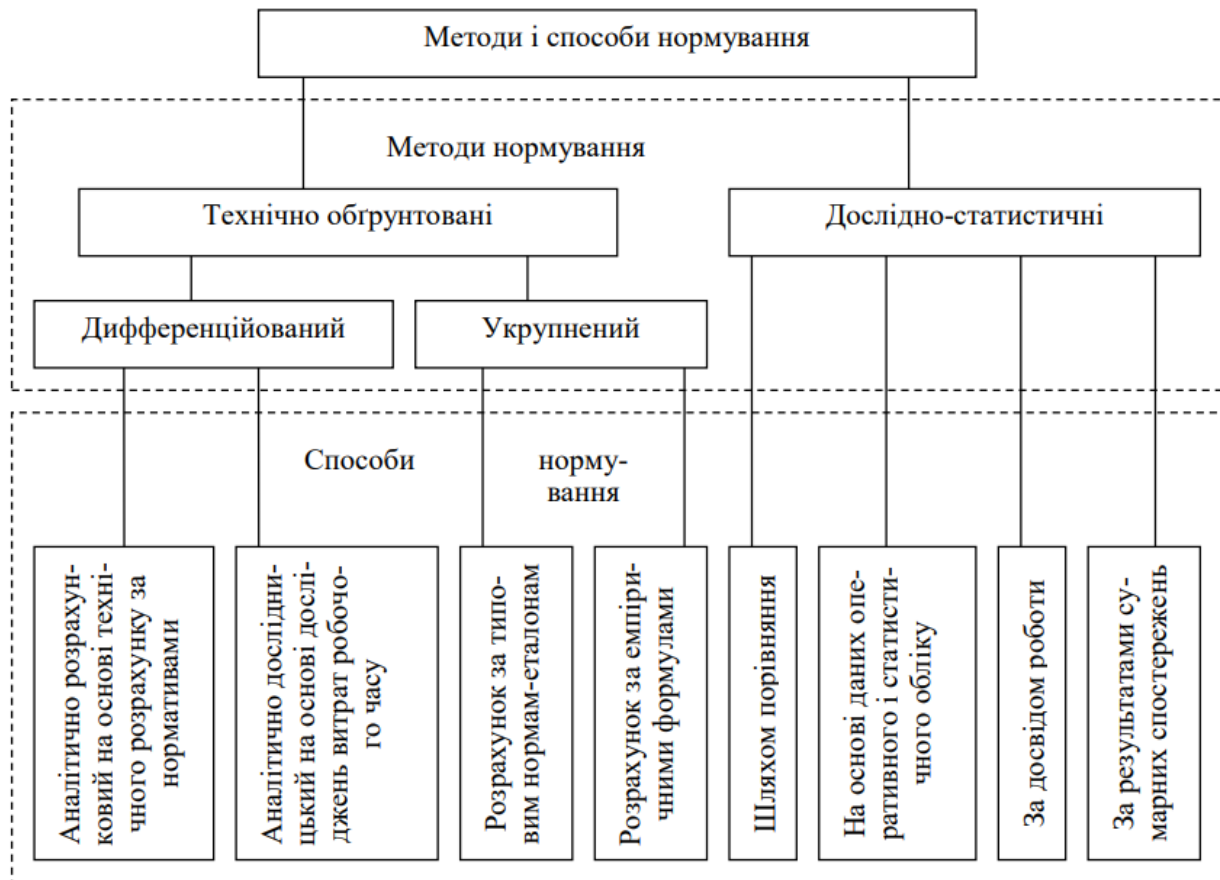
На рис. 1.10 цифрами позначені: 1 – поршень; 2 – випускний клапан; 3 – пряма втулка клапана; 4 – піддон картера.

Об'єм газів, які прориваються в картер, вимірюють газовим лічильником або газовим витратоміром КИ-4887-1, КИ-4887-И, КИ-13671, ППГ-1 та ін.

Газовий лічильник приєднують до маслозаливної горловини, а картер герметизують (закривають вентиляційну трубку й отвір для масловимірювального щупа).

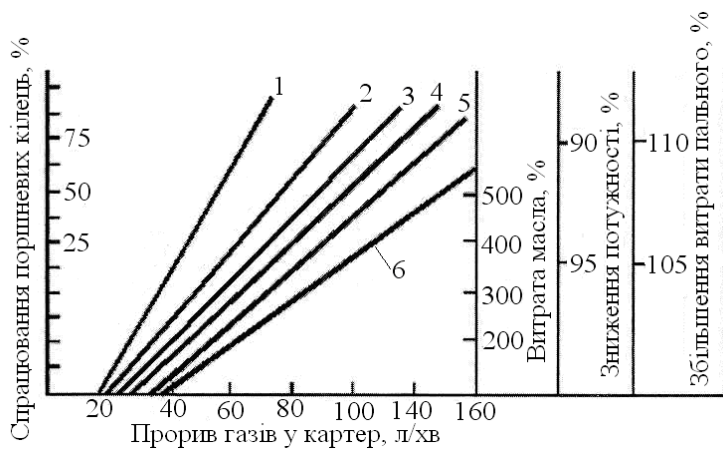
Для ідентифікації технічного стану

циліндрів витратоміром КИ-4887-1 необхідно по чергово відключати кожен з них.



**Рис. 1.11. Методи нормування діагностичних параметрів стану двигуна за проривом газів у картер**

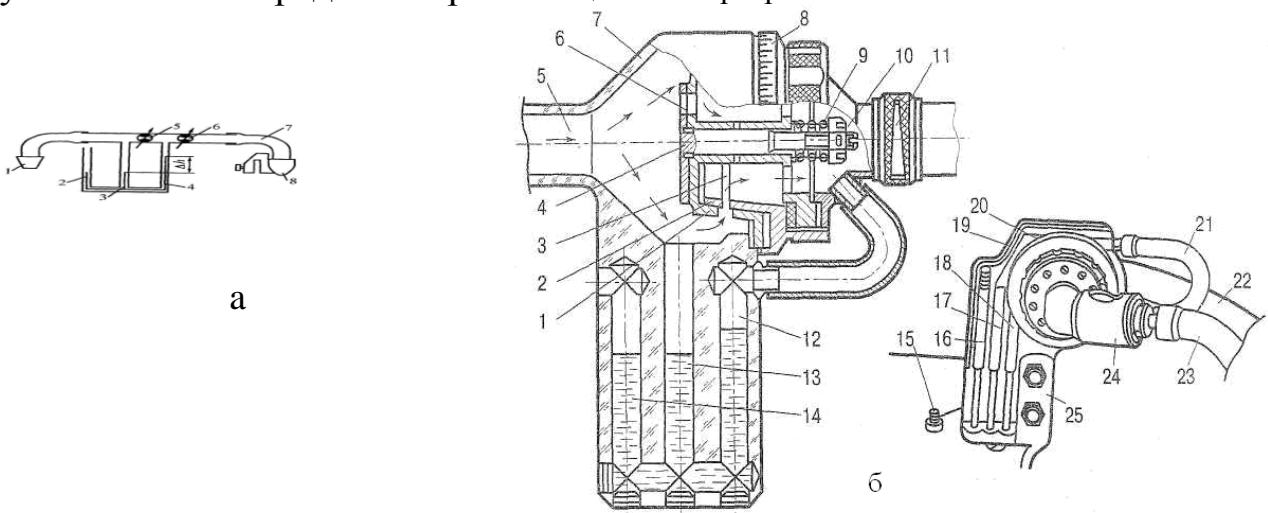
При цьому чим більше зменшується об'єм картерних газів в разі відключення одного з циліндрів, тим більше його спрацювання. Через суттєву деформацію робочого процесу двигуна при відключенні одного з циліндрів, а також наявності витоків з нього на такті стиснення, результати діагностування даним методом мають малу достовірність.



**Рис. 1.12. Норми на прорив газів у картер для різних двигунів автомобілів:**

1 – УАЗ-469; 2 – ГАЗ-3302; 3 – ЗІЛ-5301; 4 – ГАЗ-3307; 5 – ЗІЛ-130; 6 – ЯМЗ-238

мери з вхідним і вихідним дроселями, шлангів, які з'єднують прилад відповідно із заливною горловиною картера та відсмоктувальним пристроєм (інжектором або вакуум-насосом). Об'єм газів вимірюють одночасно з визначенням на стенді колісної потужності автомобіля, тобто з працюючим двигуном після попередньої герметизації його картера.



**Рис. 1.13. Прилад КИ-4887-1 для вимірювання витрати картерних газів:**

**а:** 1 – вхідний патрубок; 2-4 – рідинний манометр; 5, 6 – вхідний і вихідний дроселі; 7 – вихідний патрубок; 8 – ежектор;

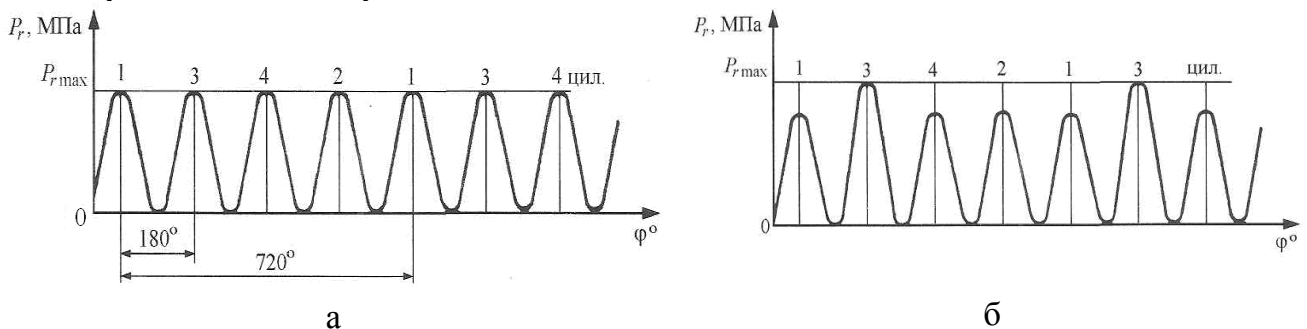
**б:** 1, 2 – втулки, відповідно нерухома та рухома; 3, 6 – отвори, відповідно дроселювальний і калібрований; 4 – заслінка; 5, 22 – трубопроводи, відповідно впускний і випускний; 7 – корпус; 8 – шкала рухомої втулки; 9 – пружина; 10 – випускний патрубок; 11 – дросель; 12, 13, 14 – рідинні манометри; 15 – пробка; 16, 17, 18 – канали; 19 – корпус; 20 – лімба дроселя; 21, 23 – шланги, відповідно вирівнювання тиску та відсмоктувальний; 24, 25 – кронштейни

Принцип роботи витратоміра оснований на залежності кількості газів, що проходять через прилад, від величини прохідного перерізу при заданому перепаді тиску. Користуючись цим принципом, прорив газів у картер можна опосередковано виміряти за величиною відкриття вхідного дроселя (за кутом його повороту), при якому розрідження за дроселем підвищується на задану величину  $\Delta h=15$  мм з тиском у картері, що встановився (в результаті відсмоктування) і дорівнює атмосферному. Для цього, відкриваючи більше або менше вхідний і вихідний дроселі, створюють в картері атмосферний тиск. При цьому рідина в трубках манометра встановлюється на одному рівні, так як ліва трубка сполучається з атмосферою, а середня – з картером. Потім за вхідним дроселем створюють розрідження, яке відповідає підвищенню на  $\Delta h$  рівню рідини в трубці. Висота  $\Delta h$  задається в технічних умовах.

Чим більший прорив газів у картер, тим менше розрідження у приладі за вхідним дроселем і тим на більший кут слід повернути заслінку дроселя, щоб підвищити розрідження і встановити рівень  $\Delta h$  у трубці. Кут повороту вихідного дроселя фіксує за шкалою величину прориву газів у картер.

Для діагностування ЦПГ за параметром тиску газів у маслозаливній горловині встановлюють датчик пульсацій тиску.

Осцилограми пульсацій, що виникають від тиску газів, які прориваються в картер чотирициліндрового двигуна з нормальним технічним станом гільзопоршневої групи і з нещільностями, які є, наприклад, у третьому циліндрі, наведені на рис. 1.14.



**Рис. 1.14. Осцилограми пульсацій тиску газів, що прориваються у картер двигуна:**

а – при справному технічному стані ЦПГ; б – при порушенні герметичності у сполученнях ЦПГ третього циліндра

Характер пульсацій тиску газів у картері (в залежності від кута повороту  $\varphi$  колінчастого валу) має синусоїдну форму. Амплітуда тиску  $P_r$  зі збільшенням нещільності в циліндрі зростає.

### 1.6.3. Діагностування КШМ

До кривошипно-шатунного механізму (КШМ) входять блок циліндрів з картером і головкою циліндрів, шатунно-поршнева група і колінчастий вал з маховиком.

Основним структурним параметром, що характеризує роботоздатність КШМ є радіальний зазор підшипникових вузлів. Щоб оцінити технічний стан використовують функціональні параметри: тиск масла у головній мас-



ляній магістралі; витрата масла за одиницю часу; шум і стуки, що виникають у сполученнях.

Тиск масла визначається при нормальному тепловому режимі з номінальною частотою обертання колінчастого валу, потім на режимі холостого ходу. При номінальній частоті обертання колінчастого валу тиск масла для різних двигунів коливається в межах 0,2-0,7 МПа, а при мінімальній частоті дорівнює 0,1 МПа.

Одним з найефективніших способів визначення технічного стану КШМ є прослуховування непрацюючого двигуна, камери згоряння якого підключені до компресорно-вакуумної установки, що створює в надпоршневого просторі розрідження і підвищений тиск. Для остаточного рішення про стан сполучень, які перевіряють, виміряють сумарний зазор, який для різних двигунів дорівнює 0,3-0,5 мм.

При працюючому двигуні глухий, низького тону стукіт у нижній частині картера вказує на спрацювання корінних підшипників. Ритмічний, металевий, дзвінкий стукіт середнього тону в середній частині блока циліндрів, як правило, викликаний спрацюванням шатунних підшипників. У разі значного спрацювання поршневих пальців у верхній частині блока прослуховується ритмічний, високого тону з металевим відтінком стукіт. Регулярний металевий стукіт у зоні кришки головки блока вказує на збільшені зазори в клапанному механізмі.

**Параметрами контролю ГРМ** є: тепловий зазор між стрижнем клапана і коромислом, герметичність сполучення «клапан-гніздо», висота кулачка розподільного валу, пружність клапанних пружин, характерні стуки в зоні підшипників розподільного валу.

Тепловий зазор в залежності від конструкції двигуна знаходиться у межах 0,25-0,45 мм. Величина зазору визначається з допомогою пристрою, який виключає необхідність установки поршня циліндра, який перевіряють, у певне положення.

Герметичність клапанів перевіряють за витоків повітря через сполучення «клапан-гніздо» з допомогою приладу. Граничні значення витоків повітря для різних двигунів – 50-60 л/хв.

Спрацювання кулачків розподільного валу визначають за максимальним переміщенням клапана, яке не повинно бути меншим ніж 9-12 мм.

Перевірка пружності пружини клапана виконують за допомогою приладу. При зусиллях на стиснення менших за 170-200 Н пружини необхідно замінити.

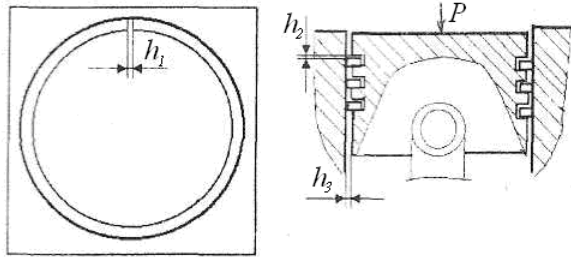
Засоби діагностування ЦПГ, КШМ, ГРМ названих процесів базуються на вимірюванні діагностичних параметрів, які супроводжують роботу двигуна і тісно пов'язані зі структурними параметрами його основних елементів. Знаючи виміряні й нормативні значення діагностичних параметрів, можна без розбирання визначити технічний стан двигуна.

#### **1.6.4. Діагностування ЦПГ двигуна вимірюванням компресії**

Безпомилкове функціонування ЦПГ зводиться до забезпечення герметичності тактів двигуна. При цьому надлишковий тиск з надпоршневого простору не повинен проникати в картер двигуна, а з картера в камеру зго-

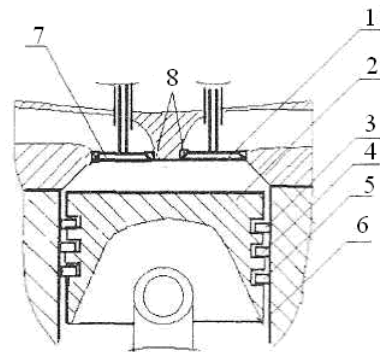
ряння не повинне потрапляти масло. За правильне функціонування відповідають усі елементи, що входять до цієї групи: поршні, поршневі кільця, циліндри. Тому, оцінюючи технічний стан ЦПГ двигуна, слід перевіряти прямі структурні параметри: зазор між поршнем і кільцем за висотою канавки, зазор у стиках поршневих кілець, зазор між циліндром і поршнем у верхньому поясі (рис. 1.15) або відповідні їм функціональні залежності.

Оскільки функцію герметичності камери згоряння забезпечує не тільки ЦПГ, але й клапанна група, необхідно враховувати в процесі діагностування двигуна і такий структурний параметр, як зазор між клапаном і сідлом, тобто герметичність клапана (рис. 1.16).



**Рис. 1.15. Структурні параметри ЦПГ, які перевіряють:**

$h_1$  – зазор в стиках поршневих кілець;  $h_2$  – зазор між циліндром и поршнем;  $h_3$  – зазор між поршнем і кільцем за висотою канавки;  $P$  – тиск



**Рис. 1.16. Елементи, що забезпечують герметичність камери згоряння двигуна:**

1 – впускний клапан; 2 – поршень; 3 – верхнє компресійне кільце; 4 – середнє компресійне кільце; 5 – маслоснімне кільце; 6 – циліндр; 7 – випускний клапан; 8 – сідла клапанів

Для вимірювання компресії використовують компресометри-манометри зі стрілкою, що фіксується, і мають шкалу для бензинових двигунів до 1,5 МПа та дизельних – до 10 МПа, а також компресометри із самописцем – компресографи.

Тиск у кожному циліндрі двигуна вимірюють манометром, компресометром або компресографом, обертаючи колінчастий вал з установленою частотою. Щоб отримати достовірні результати, необхідно компресію визначати на прогрітому двигуні, зі справною і зарядженою батареєю.

Щоб підвищити достовірність оцінки стану циліндрів за компресією, необхідно підтримувати постійними частоту обертання колінчастого валу двигуна і температуру стінок циліндрів, що через можливі несправності системи пуску, складність контролю частоти обертання при прокручуванні стартером, можливий розкид температур за циліндрами часто неможливо виконати.

У двотактних двигунах компресію перевіряють при роботі на режимі холостого ходу. В залежності від ступеня стиснення компресія сучасних бензинових двигунів складає 1,0-1,5 МПа, а для дизельних – 3,0-3,5 МПа. Різке зниження компресії (на 30-40%) вказує на поломку кілець або ж на залягання їх у поршневих канавках. Компресію вимірюють при введенні накопичувачів приладів (компресометра, компресографа) в отвір для свічки запалювання або форсунки та повністю відкритій повітряній і дросельній заслінці.



Параметрами, що впливають на величину компресії, є: температура двигуна, кут відкриття дросельної заслінки і частота обертання колінчастого валу. Чим вищі ці параметри, тим більша величина компресії двигуна, і навпаки. Тому контроль компресії в циліндрах проводять після перевірки і регулювання зазорів клапанів на двигуні, прогрітому до температури 80-90 °С.

**Перевірка компресії і тест падіння тиску** вимагають тривалого підготовчого часу, тому що потрібно отримати доступ до камери згоряння через отвори, призначені для форсунок чи свічок запалювання. Вимірювання за допомогою пристрою для перевірки компресії виконують при пусковій частоті обертання колінчастого валу без займання в циліндрах. Тобто в тестовому режимі при прокручуванні колінчастого валу двигуна на 10-15 обертів при частоті обертання 450-500 хв<sup>-1</sup>. Величина компресії залежить в основному від конструктивних особливостей двигуна і наводиться в інструкціях з технічного обслуговування та ремонту автомобіля (табл. 1.5). Перевірку компресії здійснюють 2-3 рази для кожного циліндра.

Таблиця 1.5

### Величина компресії бензинових двигунів

Модель автомобіля	Величина компресії, МПа		
	допустима	мінімальна	різниця між циліндрами
Audi	1,0-1,3	0,75	0,2-0,3
Volkswagen	1,0-1,3	не враховується	0,2-0,3
Opel	1,2-1,5	0,70	0,10-0,15
Daewoo	1,2-1,5	не враховується	0,3
Ford	1,2	не враховується	0,12
BMW	1,0-1,3	не враховується	0,20-0,26
Scoda	1,1-1,5	не враховується	0,15
Mercedes-Benz	1,1-1,2	не враховується	0,15
Honda	1,29	0,95	0,20
Renault	1,0-1,3	не враховується	0,20-0,26

Основним конструктивним параметром, що визначає величину компресії, є ступінь стиснення (відношення повного об'єму циліндра до об'єму камери згоряння). У сучасних бензинових двигунах ступінь стиснення знаходиться в межах 10-11,5, у дизельних – 19-24.

Якщо компресія нижча за норму, рекомендується залити в циліндр 0,029-0,025 л моторного масла і ще раз виміряти компресію. Якщо величина її зростає, то це вказує на несправність поршневих кілець, а якщо вона суттєво не змінюється, то причиною може бути нещільне прилягання клапанів або пошкодження прокладки головки блока циліндрів.

Вимірювання значення компресії в циліндрах двигуна порівнюють між собою. Розбіжність у результатах вимірювань не повинна перевищувати 10-20% (0,1-2,0 МПа).

Вимірювання необхідно проводити з непрацюючим двигуном: перекошений поршень або відстала часточка масляного нагару можуть спровокувати витоки, яких при нормальній роботі двигуна може і не бути. Навпаки, сліди спрацювання та задирок у вигляді рисок, що утворилися на повер-

хні циліндра в середній його частині, на результат вимірювання не вплинуть.

Перевага вимірювання падіння тиску полягає у його простоті та низькій вартості компресометра.

Негерметичність може бути точно встановлена опитуванням відповідних «виходів» (табл. 1.6).

Через можливі помилки вимірювання не слід розглядати тест падіння тиску як єдиний метод.

Таблиця 1.6

### Обробка результатів вимірювання падіння тиску

Вихід повітря	Впускний тракт/повітряний фільтр	Випускна система	Охолодна рідина	Картер/масляний щуп	Сусідній циліндр
Несправна деталь	Впускний клапан	Випускний клапан	Головка циліндрів/прокладка	Поршень/циліндр	Головка циліндрів/прокладка

Приймаючи «вартісні» рішення, наприклад, при вирішенні питання про капітальний ремонт або заміну двигуна, необхідно спиратися на кілька різних методів і пристроїв, вимірювання компресії, падіння тиску, вимірювання сили струму стартера й акумуляторної батареї (АКБ).

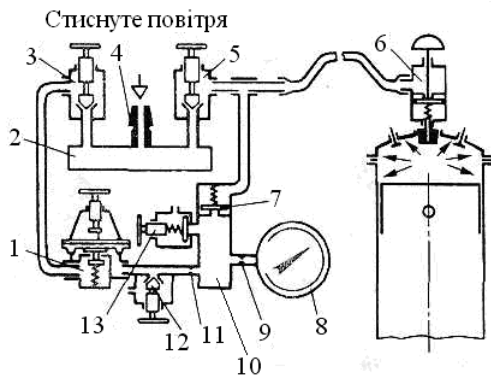
Основним недоліком даного способу є слабка інформативність та чутливість до спрацювання ЦПГ. Навіть у разі незначного спрацювання ЦПГ компресія падає всього на 10-15%, а в разі потрапляння масла в циліндр через спрацьовані сполучення компресія навпаки може збільшитися.

Часткове розбирання, викручування свічок запалювання і форсунок, багатократне прокручування колінчастого валу стартером може вносити забруднення. На результати вимірювань значно впливають технічний стан АКБ і нестабільність теплового режиму, які змінюються у процесі діагностування при послідовних перевірках компресії в циліндрах.

#### 1.6.5. Діагностування герметичності порожнин ЦПГ, ГРМ і клапанів головки блока за витоками стиснутого повітря, що подається

Наявність в циліндрі несправностей викликає витоки повітря і зменшення в камері згоряння тиску, що реєструється приладом. Принцип діагностування за герметичністю циліндра можна пояснити на приладі К-69М (рис. 1.17). Цей прилад визначає відносний витік повітря в процентах до максимального значення. Він працює від мережі стиснутого повітря при тиску 1,3-1,6 МПа.

Вимірювання відносного витоку повітря і визначення місця витоку виконують шляхом подавання повітря в циліндр через отвір для форсунки або свічки в головці блока.



**Рис. 1.17. Прилад К-69М для визначення технічного стану двигуна за витоком стиснутого повітря**

На рис. 1.17 цифрами позначені: 1 – редуктор тиску; 2 – колектор; 3 – вентиль для вимірювання витоку повітря; 4 – штуцер; 5 – вентиль для прослуховування; 6 – випробувальний наконечник; 7 – зворотний клапан; 8 – манометр; 9, 11 – калібрувальні отвори; 10 – повітряна камера; 12 – регулювальна голка; 13 – запобіжний клапан.

Витоки стиснутого повітря з циліндра в положенні, коли його клапани закриті, характеризують спрацювання кілець, втрату ними пружності, їх закоксування або поломку, спрацювання цилін-

дра або стінок поршневих канавок, втрату герметичності клапанів і прокладки головки блока циліндрів.

З допомогою приладу К-69М перевіряють спрацювання деталей ЦПГ, клапанів головки блока, колектора, бачка радіатора. Користуючись цим приладом, по чергово впускають стиснуте повітря в циліндри через отвори для свічок запалювання при закритих клапанах і вимірюють витоки повітря за показаннями манометра приладу.

Для зручності користування приладом за манометром визначають не тиск, а відносний витік повітря в процентах по відношенню до його максимального значення. У разі повної герметичності циліндра стрілка манометра буде показувати максимальний тиск, який за шкалою манометра приймається за нуль. У разі повного витоку повітря з циліндра тиск за шкалою манометра приймається за 100%. Таким чином, відхилення стрілки манометра від нульового значення буде вказувати на витік повітря через нещільності, виражений у процентах, на зони: хороший стан двигуна, задовільний і вимагає ремонту.

Витік повітря, який відповідає 15% і більше, вказує на сильне спрацювання циліндрів.

Для визначення місць негерметичності стики поверхонь, які діагностують, змочують мильним розчином.

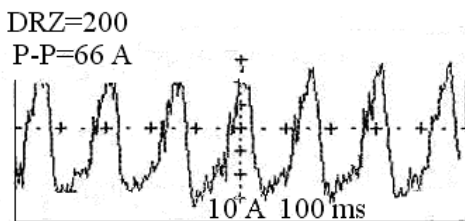
Витік повітря через карбюратор свідчить про нещільності впускного клапана. Якщо повітря виходить через глушник то негерметичний випускний клапан, а якщо через радіатор або порожнину радіатора (в ньому з'являються бульбашки повітря) або сусідній циліндр (характерне шипіння), то пошкоджені прокладки головки блока циліндрів або ж деформована постіль чи блок циліндрів.

Витоки повітря можна виявляти прослуховуванням за допомогою фонендоскопа або візуально за коливаннями пушинок в індикаторі, який установлюють у свічкові (або для форсунок) отвори циліндрів, сусідніх з тим, який перевіряють.

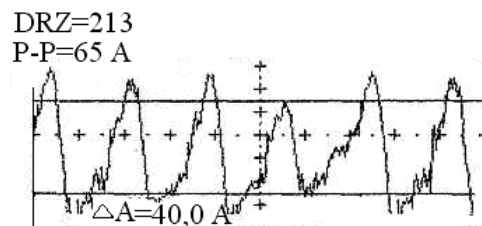
Недоліками методу є часткове розбирання (викручування свічок або форсунок), кріплення наконечників з'єднувальних шлангів приладу до гнізд підпоршневих порожнин циліндрів, наявність магістралі стиснутого повітря, вимоги до чистоти стиснутого повітря і багатократне прокручування колінчастого валу стартером.

### 1.6.6. Контроль компресії і витоків з камери згоряння вимірюванням сили струму стартера і напруги на АКБ

На сьогодні більшість мотор-тестерів виконують перевірку компресії вимірюванням сили струму стартера або напруги акумуляторної батареї. При такій методиці, що характеризується малим підготовчим часом, сила струму стартера або напруга акумуляторної батареї реєструються при прокручуванні колінчастого валу двигуна без займання в циліндрах. В момент, коли при прокручуванні колінчастого валу стартером поршень долає ВМТ, сила струму стартера значно зростає. Якщо двигун справний, утворюється хвиляста крива сили струму, у якої вершини відповідають послідовному проходженню ВМТ поршнями циліндрів. В ідеальному випадку всі вершини однаково високі для усіх циліндрів і величина сили струму достатньо висока (рис. 1.18).



**Рис. 1.18.** Крива сили струму стартера, якщо двигун справний



**Рис. 1.19.** Крива сили струму стартера, якщо двигун несправний

Якщо несправний четвертий циліндр двигуна, спостерігається нижчий підйом сили струму (табл. 1.7, рис. 1.19).

З табл. 1.7 видно витік з камери згоряння четвертого циліндра. Зниження наростання сили струму стартера (рис. 1.19) приблизно на 30% підтверджує несправність четвертого циліндра, що була визначена за даними перевірки компресії.

*Таблиця 1.7*

#### Порівняння методів перевірки компресії та витоків з камери згоряння на прикладі несправного чотирициліндрового дизельного двигуна з робочим об'ємом 2,3 л

	Циліндр 1	Циліндр 2	Циліндр 3	Циліндр 4
Компресія, бар	29	30	29	31
Падіння тиску, %	6	4	5	3

Крім оцінки зміни сили струму, слід звертати увагу на пускову частоту обертання колінчастого валу. Як правило, вона повинна знаходитися в діапазоні між 200 і 250 хв<sup>-1</sup> при наростанні сили струму більше 30 А. Перевищення частотою обертання колінчастого валу межі у 300 хв<sup>-1</sup> і наростання сили струму менше 30 А вказують на спрацьованість двигуна. У цьому разі слід провести вимірювання компресії по циліндрам.

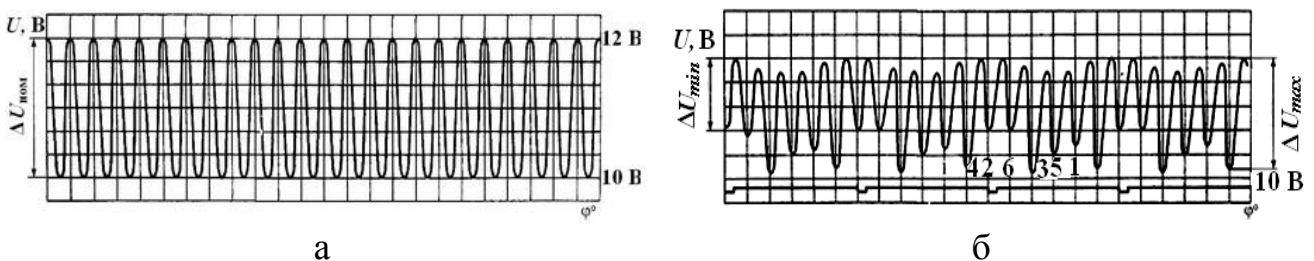
Крива сили струму з низькою компресією у всіх циліндрах буде з низьким наростанням сили струму стартера і високою частотою обертання колінчастого валу. Імітацію несправності здійснюють відключенням каналу

осцилографа. Ознаками усунення несправності є наростання сили струму стартера, падіння частоти обертання колінчастого валу.

Упізнання циліндра для більшості мотор-тестерів неможливе (особливо це характерно для дизельних двигунів з механічними регуляторами), тому що у непрацюючого двигуна відсутній сигнал, що визначає циліндр. При використанні осцилографа для реєстрації кривої сили струму стартера з допомогою двоканального осцилографа необхідно на другий канал осцилографа ввести сигнал датчика положення розподільного валу (для систем з насос-форсунками й акумуляторних систем впорскування) або сигнал імпульсного датчика регулятора (для двигунів Mercedes з рядним ПНВТ). Таким чином, упізнання циліндра стає можливим. Піки сили струму стартера в окремих циліндрах з'являються відповідно до порядку їх роботи.

Під час оцінювання кривої сили струму стартера або напруги акумуляторної батареї перевіряється не тільки компресія в циліндрах, але і сам стартер. У разі дефектного стартера із спрацьованими щітками або пошкодженим колектором на кривій сили струму стартера або напруги акумуляторної батареї видно атипові піки сили струму або, відповідно, напруги. У цьому разі вимірювання компресії в циліндрах тільки тоді буде правильним, якщо стартер справний.

**За параметрами зміни напруги (струму) на клеммах АКБ.** Сутність методу полягає у вимірюванні імпульсів падіння напруги  $U$  в акумуляторній батареї, що створюються при прокручуванні колінчастого валу стартером (при подавленому запалюванні або відсутності подачі палива в циліндрі). Відносні нерівномірності компресійних властивостей циліндрів оцінюються за амплітудою напруги та її змінами.



**Рис. 1.20. Осцилограми пульсацій напруги на акумуляторній батареї при прокручуванні колінчастого валу стартером:**

а – у разі нормальної компресії в циліндрах; б – у разі зменшеної компресії в першому, другому, п'ятому та шостому циліндрах;  $\Delta U_{ном}$  – падіння напруги, що відповідає нормальній компресії в циліндрах двигуна;  $\Delta U_{min}$  – падіння напруги, що відповідає мінімальній компресії в циліндрі двигуна;  $\Delta U_{max}$  – падіння напруги, що відповідає максимальній компресії в циліндрі двигуна;  $U$  – напруга акумуляторної батареї

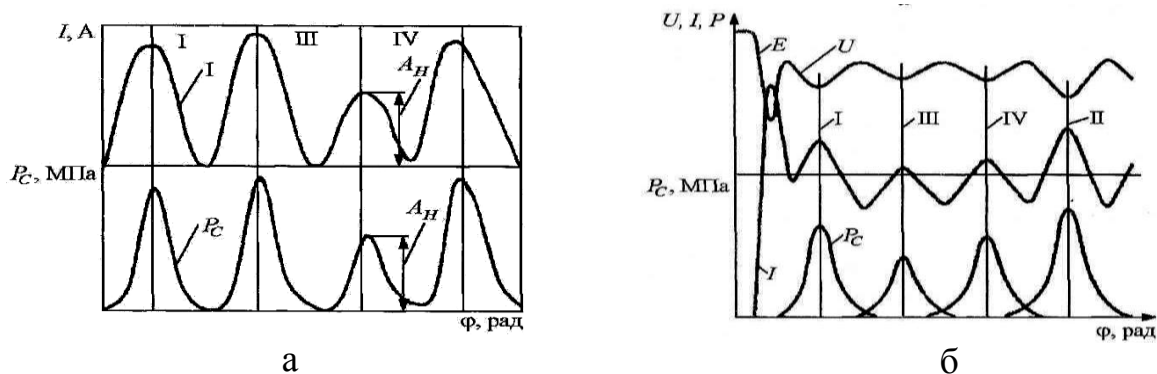
На рис. 1.20 показані вимірювання падіння напруги на клеммах акумулятора за допомогою приладу «Испытатель сжатия 855 AVL». Нормальний стан компресії за циліндрами викликає рівномірне падіння напруги на клеммах (рис. 1.20, а). Чим більше значення компресії в циліндрі, тим вище значення споживаного струму і менша напруга АКБ при підході поршня до ВМТ на тактах стиснення конкретних циліндрів.

Обертання колінчастого валу стартером викликає падіння напруги на такті стиснення в кожному циліндрі. У справному двигуні амплітуда імпу-

льсів падіння напруги однакова і, як правило, складає 2-2,5 В. У двигуні, що має порушення компресії, викликане, наприклад, спрацюванням клапанів або компресійних кілець, амплітуда імпульсів падіння напруги на акумуляторі при прокручуванні колінчастого валу зменшується.

З представлених на рис. 1.20 осцилограм пульсації при прокручуванні колінчастого валу двигуна (в залежності від кута повороту колінчастого валу) видно нормальну і зменшену компресії, наприклад, у першому, другому, п'ятому і шостому циліндрах шестициліндрового двигуна.

Цей метод реалізований у приладах ИНС-1, М 1-2, а також у їх зарубіжних аналогах 885 AVL (Австрія), SUN (США) і патентних розробках 4309900 (США) та 2731249 (Німеччина), які реалізують метод в автоматичному режимі. Осцилограми, представлені на рис. 1.21, записані з використанням приладів фірми BOSCH серія FSA-720/740/750.



**Рис. 1.21. Зміна параметрів  $I$ ,  $U$  у колі стартера та тиску  $P_c$  в циліндрах:**

I-IV – номери циліндрів;  $A_n$  – амплітуда коливань, яка відповідає несправному циліндру;  $E$  – електрорушійна сила АКБ

Алгоритм визначення технічного стану ЦПГ двигуна передбачає індикацію показників відносної їх герметичності, коли за 100% герметичності приймається максимальна амплітуда коливань струму  $i$ -го циліндра, а герметичність інших циліндрів видається у порівнянні з ним.

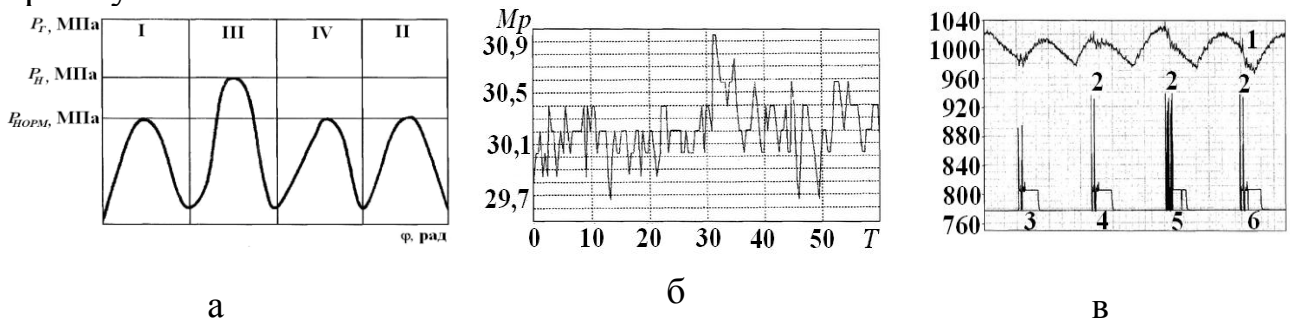
Похибка способу в значній мірі залежить від технічного стану АКБ, стартера та струмопідвідних кіл системи пуску. Безперервне нагрівання провідників та обмоток збудження стартера при проходженні через них значного струму (200-600А) постійно змінює загальний опір кола. З цієї причини кожне значення пікового струму (напруги), виміряне на подальших кутових інтервалах повороту колінчастого валу при відносно однаковій компресії в циліндрах, може коливатися в достатньо широких межах. Часто оцінка компресійних властивостей циліндрів з допомогою цього методу виявляється досить приблизною.

В цілому методи і засоби діагностування однойменних елементів автомобіля за параметрами електричних величин мають високу інформативність, відносно низьку вартість, але обмежену сферу застосування.



### 1.6.7. Діагностування ЦПГ, ГРМ і форсунок за параметрами пульсації тиску картерних газів і палива в гідравлічному акумуляторі

Спрацьованість кожного циліндра можна оцінити параметрами пульсацій тиску картерних газів. Датчик тиску, який установлюють на маслозаливну горловину, реєструє пульсації тиску картерних газів, що мають синусоїдну форму (рис. 1.22, а). При цьому кожен імпульс відповідає робочому ходу кожного циліндра. При збільшених витоках в одному з циліндрів амплітуда і площа імпульсу, відповідного цьому циліндру, будуть більшими за решту.



**Рис. 1.22. Осцилограми коливань тисків:**

а – осцилограма пульсацій тисків газів, які прориваються в картер двигуна, за кутом повороту  $\varphi$ ; I-IV – номери циліндрів;  $P_{норм}$ ,  $P_n$  – амплітуда тиску відповідно справного і несправного циліндра; б – осцилограма коливань тиску палива, що визначаються KTS520 через OBD-II; в – осцилограма коливань тиску палива, що визначаються осцилографом L-Card783 з датчика палива Renault Master Dci; 1 – тиск в акумуляторі; 2 – керовані імпульси на форсунці (напруга відкриття 60-100 мВ, утримання 12-15 В) попереднього й основного впорскування, 3, 4, 5, 6 – перша, третя, четверта і друга форсунки відповідно

За пульсаціями паливоповітряної суміші, що створюються у впускному колекторі двигуна, оцінюють герметичність конкретних елементів ЦПГ і ГРМ, а також визначають фази газорозподілення.

За осцилограмами швидкості наростання тиску палива в акумуляторі, тиску, створюваного роботою ПНВТ, можна оцінювати технічний стан елементів і несправності системи подачі палива (плунжерні пари, форсунки), див. рис. 1.22, б, в. За амплітудою «провалів» тиску, якщо спрацьовують форсунки на різних режимах роботи (холостий хід, пуск, прискорення, максимальний тиск), можна оцінювати технічний стан форсунок.

Таким чином, метод діагностування за об'ємами та пульсаціями тиску газових і паливоповітряних потоків за трудомісткістю, точністю та кількістю однойменних елементів, які діагностують можна порівняти з раніше розглянутими методами оцінювання ЦПГ і ГРМ за компресією та витоками стиснутого повітря, реалізація яких за допомогою приладів значно дешевша.

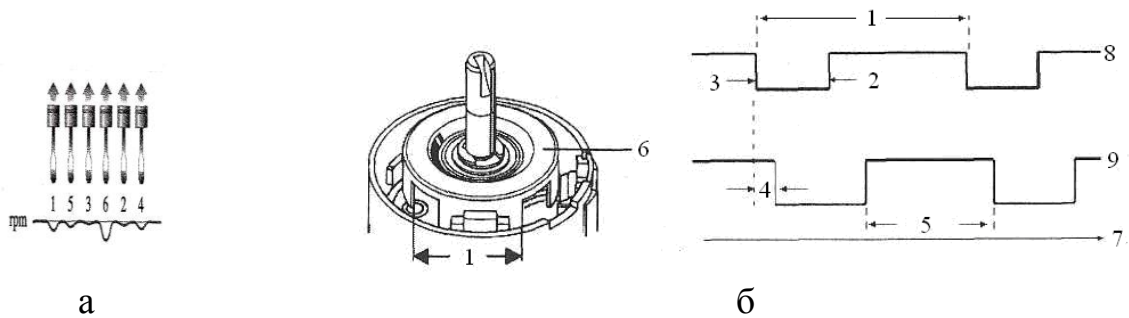
Контролювати форсунки можна такими методами:

- проливом;
- відключенням циліндрів;
- приєднанням датчика пульсації до регулятора тиску палива;
- перевіркою форсунок на спеціальному стенді.

Останній метод має найбільшу достовірність порівняно з рештою.

### 1.6.8. Перевірка компресії в циліндрах за параметрами частоти обертання колінчастого валу

Перевірку компресії в циліндрах можна виконувати тестером за аналізом зміни не сили струму стартера, а частоти обертання колінчастого валу при його прокручуванні (рис. 1.23). При цьому найбільша зміна частоти обертання колінчастого валу спостерігається на такті стиснення шостого циліндра, найменша – на такті стиснення третього циліндра.



**Рис. 1.23. Ілюстрації кривої зміни частоти обертання колінчастого валу (а) і визначення частоти обертання (б):**

а: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – циліндри двигуна; б: 1 – період; 2 – опорний рівень відліку затримки; 3 – початок відліку; 4 – час затримки; 5 – час замкнутого стану; 6 – ротор з екранами; 7 – вісь часу; 8 – сигнал датчика Холла; 9 – керуючий сигнал кінцевого каскаду

Для реєстрації частоти обертання використовується датчик положення колінчастого валу. При справному двигуні коливання частоти обертання колінчастого валу у всіх циліндрах однакові. Метод має дві переваги: не потрібно приєднувати ніяких додаткових датчиків, тому що використовуються ті, що вже є на двигуні. При використанні даного методу можливе впізнання несправності циліндрів. Це найшвидший метод перевірки компресії в циліндрах.

Описані методи перевірки компресії в циліндрах за електричними сигналами все більше витісняють класичні випробування з використанням манометра, тому що перші дають правильні результати вже через кілька хвилин. Однак, у разі визначення несправності цими методами слід провести, наприклад, класичний тест падіння тиску для більшої гарантії і правильності результатів.

**Оцінювання рівномірності робочих процесів у циліндрах** вважається найбільш інформативним при діагностуванні ДВЗ і є необхідним при приймальних випробуваннях серійних та експлуатованих двигунів. За її параметрами підбираються (настроюються) ДВЗ, призначені для роботи в парі з генераторами струму і трансмісією.

Визначити ступінь ідентичності робочих процесів циліндрів ДВЗ на будь-яких режимах, у тому числі на тих, що не встановились, можна аналізом вимірювання кутової швидкості колінчастого валу в межах кутів його повороту, які відповідають робочим тактам конкретних циліндрів.

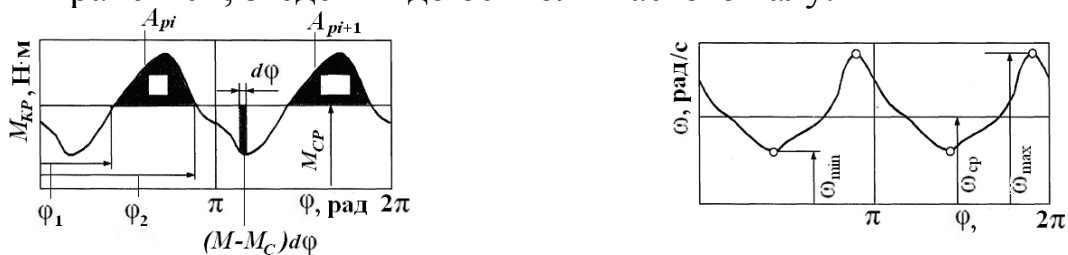
У процесі роботи двигуна на усталеному режимі крутільний момент  $M$  і, отже, потужність, яку двигун розвиває, не залишаються постійними величинами, а є періодичною функцією кута повороту колінчастого валу, що зумовлюється особливостями перебігу робочого процесу в окремих циліндрах двигуна та кінематичними властивостями його кривошипно-шатунного



механізму. При цьому колінчастий вал отримує періодичні імпульси крутильного моменту в залежності від кута повороту колінчастого валу ( $\varphi$ , тобто відхилення його миттєвого значення від середньої величини моменту опору  $M_c$ , що викликає періодичну зміну кутової швидкості колінчастого валу  $\omega$  (рис. 1.24), яка представлена в наступному вигляді: [6]

$$M = M_c = J\omega \cdot \frac{d\omega}{d\varphi} + \frac{dJ}{d\varphi} \cdot \frac{\omega^2}{2}, \quad (1.1)$$

де  $\omega$  – середня кутова швидкість обертання колінчастого валу двигуна при роботі на усталеному режимі;  $J$  – момент інерції деталей двигуна, що обертаються і рухаються зворотно-поступально, і з'єднаних з ним додаткових елементів трансмісії, зведених до осі колінчастого валу.



**Рис. 1.24. Зміна крутильного моменту  $M_{кр}$  і кутової швидкості колінчастого валу  $\omega$  за кутом повороту  $\varphi$  при рівномірній роботі циліндрів**

### 1.6.9. Регулювання роботи КШМ, ГРМ і системи живлення двигунів

**Усунення «залягання» поршневих кілець.** Двигун необхідно прогріти, потім залити в кожен отвір для свічок запалювання (форсунок) 20-25 г суміші, яка складається з рівних частин керосину та денатурованого спирту. Через 8-10 годин в кожен циліндр заливають 5-10 г моторного масла, запускають двигун і дають йому пропрацювати 20-25 хв. Нагар вигоряє й викидається з відпрацьованими газами. Якщо цей спосіб не дає результату, то необхідно розібрати двигун і видалити нагар.

**Регулювальні роботи кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів двигуна** включають:

- регулювання теплових зазорів між торцями стрижнів клапанів і што-вхачами або носками коромисел (у разі верхнього розташування клапанів);
- підтяжку кріплень опори двигуна до рами, головки циліндрів, піддона картера до блока циліндрів та інших з'єднань.

Регулювання зазорів клапанів усуває передчасне спрацювання деталей газорозподільного механізму, дозволяє відновити фази газорозподілення, підвищити наповнення циліндрів, їх компресію і в результаті потужність двигуна. Зазори регулюють з повністю закритими клапанами, користуючись плоским щупом. Починають з першого циліндра в послідовності, що відповідає порядку роботи циліндрів двигуна. Зазор змінюють до потрібної величини, обертаючи регулювальний болт што-вхача або гвинт коромисла (у двигунах раннього виробництва).

Під час регулювання клапанних механізмів необхідно враховувати:

- для кожного двигуна визначена оптимальна установка фаз розподілення. Якщо установка фаз розподілення неправильна, холостий хід двигуна буде нестійким або буде знижуватися його потужність;

- коли клапанний механізм спрацьовується або розтягуються ремінь або ланцюг приводу розподільного механізму, установка фаз розподілення буде запізнюватися;

- на деяких двигунах можна змінювати положення установки шківів розподільного механізму на розподільному валу відносно розподільного валу, щоб виконати тонке регулювання установки фаз розподілення.

**Регулювання теплових зазорів** слід виконувати тільки на холодному двигуні при температурі охолоджувальної рідини в системі охолодження двигуна 15-25 °С. Зазор між торцями регулювальних гвинтів коромисел і наконечниками стрижнів клапанів повинен для впускних і випускних клапанів установлюється згідно з інструкцією з експлуатації. Якщо під час регулювання натягнення ремня приводу розподільного механізму двигун гарячий, то після того як він охолоне, натягнення ремня буде зменшуватися, а всі деталі стискатися, в результаті чого ремінь може вийти із зачеплення зі шківом.

Осьовий зазор між упорними кільцями і торцями щік колінчастого валу повинен бути в межах 0,1-0,29 мм.

Гайки головки циліндрів підтягують, щоб запобігти пропусканню газів і охолоджувальної рідини через прокладку головки циліндрів. При цьому використовують динамометричну рукоятку. Момент і послідовність затяжки гайок установлюються заводськими інструкціями. Враховуючи, що на попереднє натягнення впливають коефіцієнти теплового розширення металів головки циліндрів і шпильок, гайки кріплення чавунної головки підтягують на прогрітому двигуні, а алюмінієвої – на холодному.

### Контрольні запитання

1. Навести основні методи діагностування ЦПГ, КШМ і ГРМ.
2. Яка достовірність діагностування ЦПГ вимірюванням компресії?
3. Від яких параметрів залежить кількість газів, які прориваються в картер?
4. Які існують методи і способи нормування кількості газів, які прориваються в картер?
5. Розказати про методи контролю пульсації тиску газів, які прориваються в картер двигуна.
6. За якими параметрами діагностують КШМ?
7. За якими параметрами контролюють стан ГРМ?
8. Як вимірюють компресію в циліндрах двигуна і як визначають вид несправності елементів ЦПГ?
9. Які несправності ЦПГ і ГРМ визначають за витоками стиснутого повітря, що подається, при використанні приладу К-69М?
10. За якими параметрами визначають компресію і витоки з камери згоряння при запуску двигуна стартером?
11. Якими методами можна контролювати стан форсунок?
12. Як можна контролювати компресію в циліндрі за параметрами частоти обертання колінчастого валу?
13. Для чого необхідно регулювати теплові зазори в ГРМ?

## **1.7. Діагностування робочих процесів двигуна за коливаннями кутової швидкості колінчастого валу**

### **1.7.1. Діагностування перехідних процесів у колі системи запалювання**

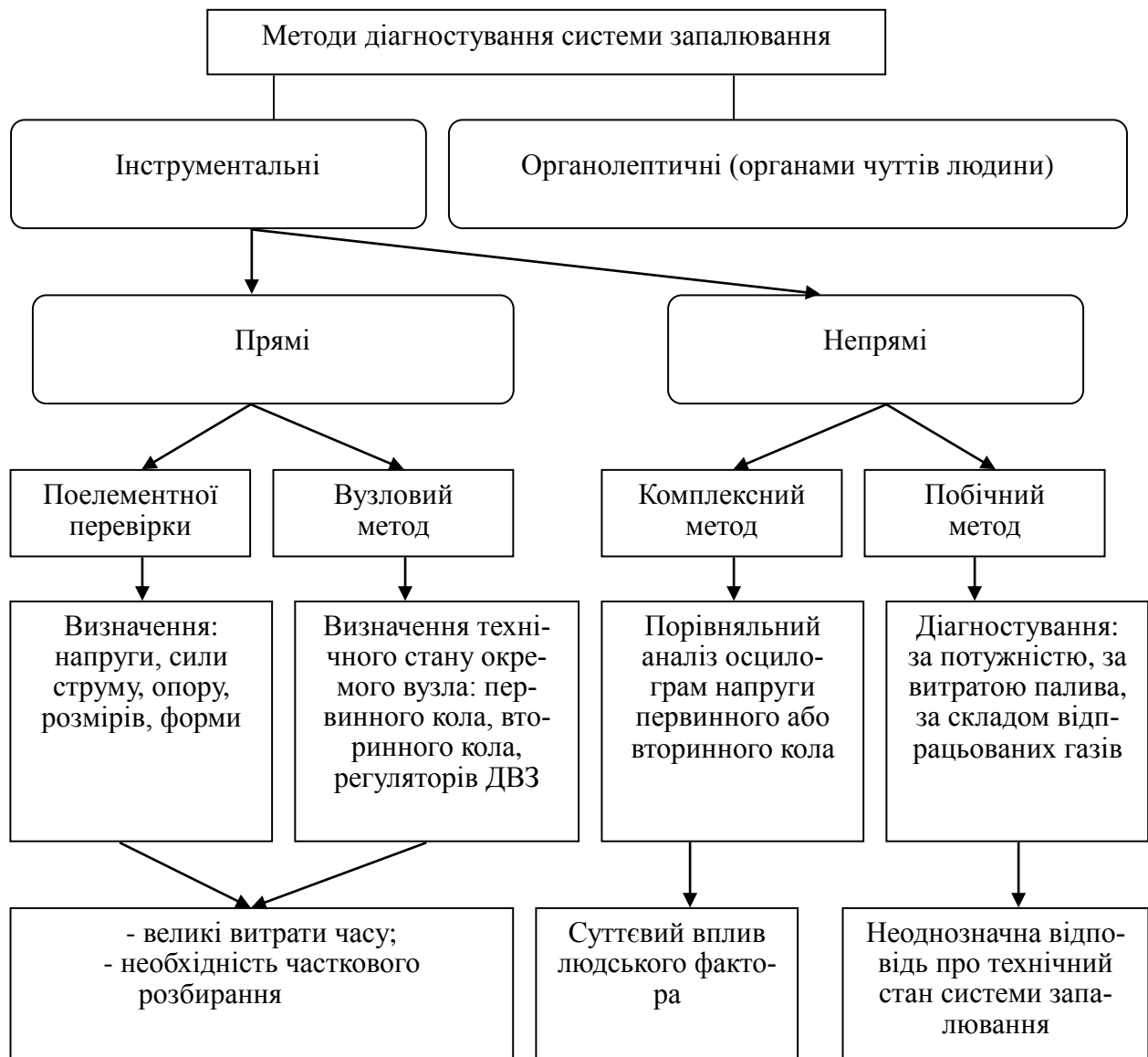
За статистикою на систему запалювання припадає 40% усіх відмов по двигуну і його системам. Несправності системи запалювання у 80% випадків є причиною підвищеної витрати палива (6-8%), зниження потужності двигуна. Методи діагностування системи запалювання та їх недоліки представлені на рис. 1.25.

Метод діагностування за параметрами коливань, що періодично повторюються, оснований на аналізі робочих процесів, які протікають в однойменних елементах ДВЗ, кінематично пов'язаних з положенням колінчастого валу. Такими параметрами є коливання:

- електричних величин у колах системи запалювання й електрообладнання;
- кутової швидкості деталей, що обертаються;
- рівня шуму та вібрації;
- тиску в системах повітро- і паливоподачі, газообміну;
- температури відпрацьованих газів, що створюється в межах кутових або часових інтервалів, які відповідають певним робочим тактам і порядку роботи циліндрів.

Відхилення амплітудно-фазових параметрів указаних величин за кутом повороту колінчастого валу, в межах повного кінематичного циклу (для чотиритактного ДВЗ – двох обертів колінчастого валу) від нормативно-допустимих, свідчать про аномалії робочих процесів у конкретних однойменних ланках.

**Метод діагностування однойменних елементів системи запалювання за характерними осцилограмами зміни напруги у первинному і вторинному колах за час між послідовними іскровими розрядами в циліндрах є одним з найдосконаліших.** Пристроями типу К-484, що реалізують даний метод, обладнані мотор-тестери К-461, К-488, КИ-5524 (Росія), Paltest JT-302 (Чехія), Elkon S-300 (Угорщина), SUN (США). За результатами порівняння осцилограм перехідних процесів у колі запалювання при послідовній роботі циліндрів визначають асинхронізм іскроутворення і кута замкнутого стану контактів переривача, різницю пробивних напруг на свічках запалювання і кутів випередження запалювання, низку інших параметрів. Подальший розвиток таких засобів діагностування спрямовано по шляху вдосконалення датчиків накладного типу, автоматизації режиму контролю з допомогою мікропроцесора та цифро-буквенної індикації, подібно приладу М 1-3 (Білорусь). Однак цим методом неможливо оптимізувати значення кута випередження запалювання для конкретного технічного стану ДВЗ і перевірити ефективність роботи відцентрового вакуумного регулятора в залежності від навантажувального і швидкісного режимів.



**Рис. 1.25. Методи діагностування системи запалювання**

Роботоздатність котушки запалювання перевіряють за пробійною напругою на осцилограмі електронного осцилографа, порівнюючи її з еталонною. Якщо напруга, яку показує осцилограф, більша 20 кВт (зі знятим зі свічки проводом), то котушка справна. Застосування приладів дозволяє порівнювати довжину іскрового проміжку з проміжком еталонної котушки.

Правильність установки моменту запалювання можна визначити під час руху автомобіля з прогрітим двигуном рівною дорогою на прямій передачі до швидкості 40-45 км/год різким натисканням на педаль управління дроселями. Якщо при цьому виникнуть слабкі детонаційні стуки у двигуні, то запалювання встановлене правильно; якщо стуки не виникнуть – запалювання пізніше; якщо стуки сильні – запалювання раніше.

Хороші результати контролю системи запалювання дають стробоскопічні методи і застосування осцилографа. При стробоскопічному методі імпульс високої напруги, що подано на електроди свічки запалювання першого циліндра запалює стробоскопічну лампу, яка дає в момент початку запалювання спалах, що освітлює мітку початку запалювання; спалах, що освітлює мітку шківів колінчастого валу і мітку виступ на кришці блока цилінд-

рів. Якщо під час спалаху мітка шківів колінчастого валу збігається з міткою на кришці блока циліндрів, значить запалювання встановлене правильно.

Недоліками електронної котушкової системи запалювання є відсутність можливості регулювати запалювання через брак сенсорики. Тому завжди цікаві нові конструкції, як, наприклад, аналіз потоку йонів, однак у даному разі все впирається у високу вартість.

Якщо раніше система запалювання потребувала дуже частого обслуговування і ремонту, то сьогодні всі роботи, як правило, обмежуються заміною свічок запалювання. Сучасні системи самоконтролю допомагають виявити несправності в периферії. Однак практика показує, що зняти сигнали вторинної обмотки за допомогою осцилоскопа у системі зі статичним розподіленням високої напруги досить складно. Між тим аналіз первинного і вторинного сигналів під час пошуку несправності як і раніше залишається найінформативнішим засобом для оцінювання процесів у камері згоряння.

Несправності в периферії через високий ступінь об'єднання систем не завжди можна однозначно визначити. Від механіка під час пошуку несправності більше ніж коли-небудь потрібен високий рівень знання сучасних систем, не кажучи вже про необхідні тестери та діагностичні прилади.

Турбулентність у камері згоряння у сучасних двигунах може призвести до «задування» іскри. Система запалювання повинна видавати достатньо енергії для створення надійної іскри.

### 1.7.2. Оцінювання компресійних властивостей циліндрів двигуна за зміною кутової швидкості колінчастого валу

Існуючі методи і засоби оперативного контролю компресійних властивостей циліндрів недостатньо точні.

Спосіб визначення компресії в циліндрах ДВЗ за внутрішньоцикловою нерівномірністю зміни кутової швидкості колінчастого валу в межах кутів повороту, відповідних тактам стиснення конкретних циліндрів, при прокручуванні колінчастого валу двигуна стартером, якщо відсутній процес згоряння паливоповітряної суміші в циліндрах, більш достовірний і оперативний. Сутність способу пояснюється наступними передумовами.

Примусове обертання колінчастого валу двигуна стартером при відсутності згоряння робочої суміші в циліндрах з постійним крутильним моментом  $M$  внаслідок відхилень миттєвого значення моменту опору  $M_{C\varphi}$  від середнього його значення  $M_C$  в межах кінематичного циклу викликає зміну моменту сил інерції мас, що рухаються, а значить, і кутової швидкості  $\omega$  валу за кутом його повороту  $\varphi$  (рис. 1.26). [6]

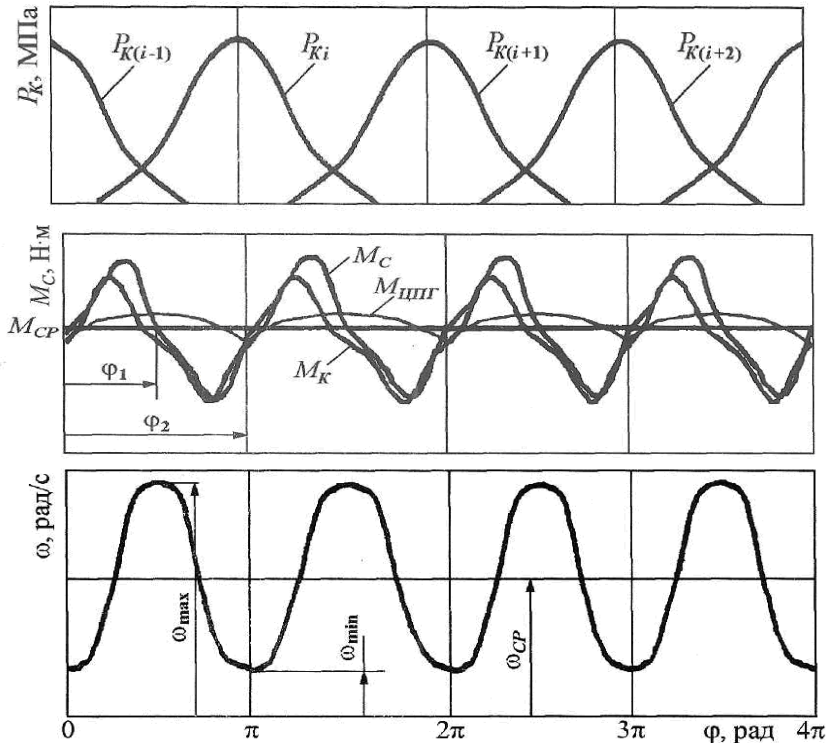
$$M = M_c + J_n \omega \frac{d\omega}{d\varphi}, \quad (1.2)$$

де  $J_n$  – момент інерції мас двигуна, що обертаються і поступально рухаються, та пристрою, що прокручує, (стартера), зведений до вісі колінчастого валу.

Миттєве значення моменту опору в разі відсутності згоряння робочої суміші в циліндрах двигуна формується наступними складовими:

$$M_{C\varphi} = M_M + M_H \pm M_n \pm M_{np} + M_{unc} \pm M_k, \quad (1.3)$$

де  $M_M$  – момент механічних втрат від дії сил тертя в підшипниках колінчастого, розподільного валів і допоміжних механізмах (водяний, масляний і паливний насоси, генератор, вентилятор та інші);  $M_H$  – момент, що витрачається на процес газообміну в циліндрах (насосні втрати);  $M_n$  – момент змінної складової сил інерції від мас двигуна, що рухаються зворотно-поступально;  $M_{np}$  – змінний момент, що витрачається на подолання сил пружності клапанних пружин;  $M_{унг}$  – момент від сил тертя у сполученнях ЦПГ;  $M_K$  – змінний момент опору від дії компресійних сил стискування-розширення робочого тіла  $P_K$ .



**Рис. 1.26.** Зміна тиску  $P_K$  в циліндрах, моменту опору  $M_C$  і кутової швидкості  $\omega$  при прокручуванні стартером колінчастого валу двигуна

від того, в яких циліндрах в даний момент часу здійснюються такти впуску і випуску. Це приводить до того, що тиск робочого тіла, який діє на поршні різних циліндрів на даних тактах, незначно відрізняється від атмосферного й один від одного (на 0,001-0,005 МПа) залежно від реально можливих відмінностей у ступені герметичності їх ЦПГ. З цих причин впливом  $M_n$  на внутрішньоциклову послідовність зміни  $M_C$  можна знехтувати.

Змінна складова моменту  $M_n$  сил інерції мас, що рухаються зворотно-поступально, яка залежить від положення колінчастого валу на режимах прокручування ДВЗ стартером з  $\omega=15-25$  рад/с не перевищує 2-3% від сумарного моменту  $M_C$  і її в подальшому не враховуємо.

Впливом змінної складової  $M_{np}$  від сил пружності клапанних пружин на даному режимі також можна знехтувати, так як витрати потужності на привід ГРМ не перевищують 4% від сумарних механічних втрат двигуна.

Основною змінною складової механічних втрат є втрати на тертя поршневих кілець і поршнів  $M_{унг}$ , які залежать від кута повороту колінчастого валу  $\varphi$ . Момент від сил тертя у сполученнях ЦПГ дорівнює

Втрати на тертя в підшипниках колінчастого валу і на привід допоміжних механізмів  $M_H$  складають приблизно 25% від усіх механічних втрат двигуна. Величина цих втрат є постійною на заданому режимі прокручування і не викликає зміни кутової швидкості за кутом повороту колінчастого валу.

Момент втрат на газообмін  $M_n$  при малій частоті прокручування і відкритих дросельній та повітряній заслінках не перевищує 10% від сумарних втрат  $M_C$ . У межах періоду зміни  $M_{C\varphi}$  вплив  $M_n$  однаковий, незалежно

$$M_{унг} = \sum_{i=2}^z P_{унгi} R \frac{\sin(\varphi_i + \beta_i)}{\cos \beta_i} \approx \sum_{i=2}^z P_{унгi} R \left( \sin \varphi_i + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi_i \right), \quad (1.4)$$

де  $P_{унгi}$  – сила тертя у сполученнях ЦПГ  $i$ -го циліндра;  $\varphi_i$  – значення кута повороту колінчастого валу  $i$ -го циліндра з урахуванням фазового кута зсуву між однойменними тактами, здійснюваними відповідно до порядку роботи циліндрів;  $\lambda=R/L$  – відношення радіуса кривошипа  $R$  до довжини шатуна  $L$ ;  $\beta$  – кут відхилення шатуна від осі циліндра, відповідний величині  $\varphi_i$ .

Сила тертя  $P_{унг}$  визначається силами взаємодії поршневих кілець  $P_{нк}$  і юбки поршня  $P_{юн}$  зі стінками циліндра і залежить від умов змащування, пружності кілець і тиску газових сил. На усталеному режимі прокручування колінчастого валу ці умови при швидкості руху поршня у вузькому діапазоні 0-2 м/с та незначній різниці газових сил у циліндрах ДВС приблизно однакові  $P_{унг}=P_{унг(i+1)}=P_{унгz}$  при здійсненні в них одних і тих самих робочих тактів. Отже, момент  $M_{унг}$  є функцією тільки кута повороту  $\varphi$  колінчастого валу за періодом, кратним кількості циліндрів ( $4\pi/z$ ).

Момент опору від дії компресійних сил  $P_{к\varphi}$   $i$ -го циліндра визначається

$$M_{кi} = P_{к\varphi} F_n \cdot R \frac{\sin(\varphi_i + \beta_i)}{\cos \beta_i} \approx P_{к\varphi} F_n \cdot R \left( \sin \varphi_i + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi_i \right), \quad (1.5)$$

де  $F_n$  – площа поршня.

У загальному випадку сумарна дія компресійних сил на середнє значення моменту опору  $M_C$  можна прийняти рівним нулю (вважаємо, що витрачена кінетична енергія на стиснення робочого тіла повністю повертається під час руху поршня від ВМТ на такті розширення). Однак, вплив компресійних сил на миттєве значення моменту опору протягом такту стиснення в  $i$ -му циліндрі різний. Більша частина (75%) роботи сил тиску стиснення робочого тіла при його розширенні в попередньому ( $i-1$ )-му циліндрі приходиться на першу половину такту стиснення  $i$ -го циліндра, який діагностують, а від сил опору стисненню (компресії) – на завершальну його половину. Отже, дія компресійних сил у першій частині такту стиснення від 0 до  $\varphi_1$ , що характеризує такт розширення в ( $i-1$ )-му циліндрі, проявиться у зменшенні  $M_{C\varphi}$  по відношенню до його середнього значення  $M_C$

$$M_{C(0-\varphi_1)} = M_M - M_K, \quad (1.6)$$

а в другій частині –  $\varphi_1$  до  $\varphi_2$ , що характеризує такт стиснення в  $i$ -му циліндрі, - у збільшенні

$$M_{C(\varphi_1-\varphi_2)} = M_M - M_K. \quad (1.7)$$

Коливання моментів  $M_M$  і  $M_K$  у межах кінематичного циклу ДВЗ (складові  $M_n$ ,  $M_{np}$ , не беремо до уваги за раніше обґрунтованими причинами) призводять до зміни сумарного моменту опору  $M_C$ , а значить, до зміни моменту  $M$  і кутової швидкості  $\omega$  колінчастого валу за кутом його повороту  $\varphi$  при прокручуванні стартером (див. рис. 1.26).

Таким чином, сумарний момент опору  $M_C$  в режимі прокручування стартером в основному визначається моментами  $M_M$ ,  $M_{унг}$  і зазорами між клапанами та коромислами, що перевищують хід клапана при збереженні решти умов постійними. При цьому в першому випадку оцінюють техніч-

ний стан випускних клапанних механізмів, а в другому – впускних. В обґрунтуванні запропонованого способу розглянуто найбільш загальний приклад діагностування ГРМ двигуна з нерозбірним в експлуатаційних умовах жорстким зв'язком приводу ГРМ від колінчастого валу. Однак більшість сучасних ДВЗ мають легкознімний ланцюговий або ремінний привід ГРМ. Щодо таких ДВЗ діагностування ГРМ можна здійснювати шляхом безпосереднього прокручування шестірні розподільного валу (без зв'язку з колінчастим валом) від зовнішнього джерела енергії з вимірюванням параметрів зміни кутової швидкості за кутом повороту в межах одного обороту. В цьому разі повністю виключається вплив технічного стану ЦПГ і КШМ на результати діагностування ГРМ. При такому контролі необхідно пам'ятати, щоб запобігти контакту клапанів з днищами поршнів колінчастий вал двигуна слід установлювати в положення, яке виключає знаходження якогонебудь поршня у ВМТ.

Спосіб діагностування ГРМ доцільно використовувати для 2-, 3-, 4- і 6-циліндрових ДВЗ.

### **1.7.3. Діагностування елементів ДВЗ і трансмісії за внутрішньоцикловими змінами кутової швидкості колінчастого валу**

Методи діагностування однойменних елементів автомобіля за параметрами зміни кутової швидкості є найбільш перспективними.

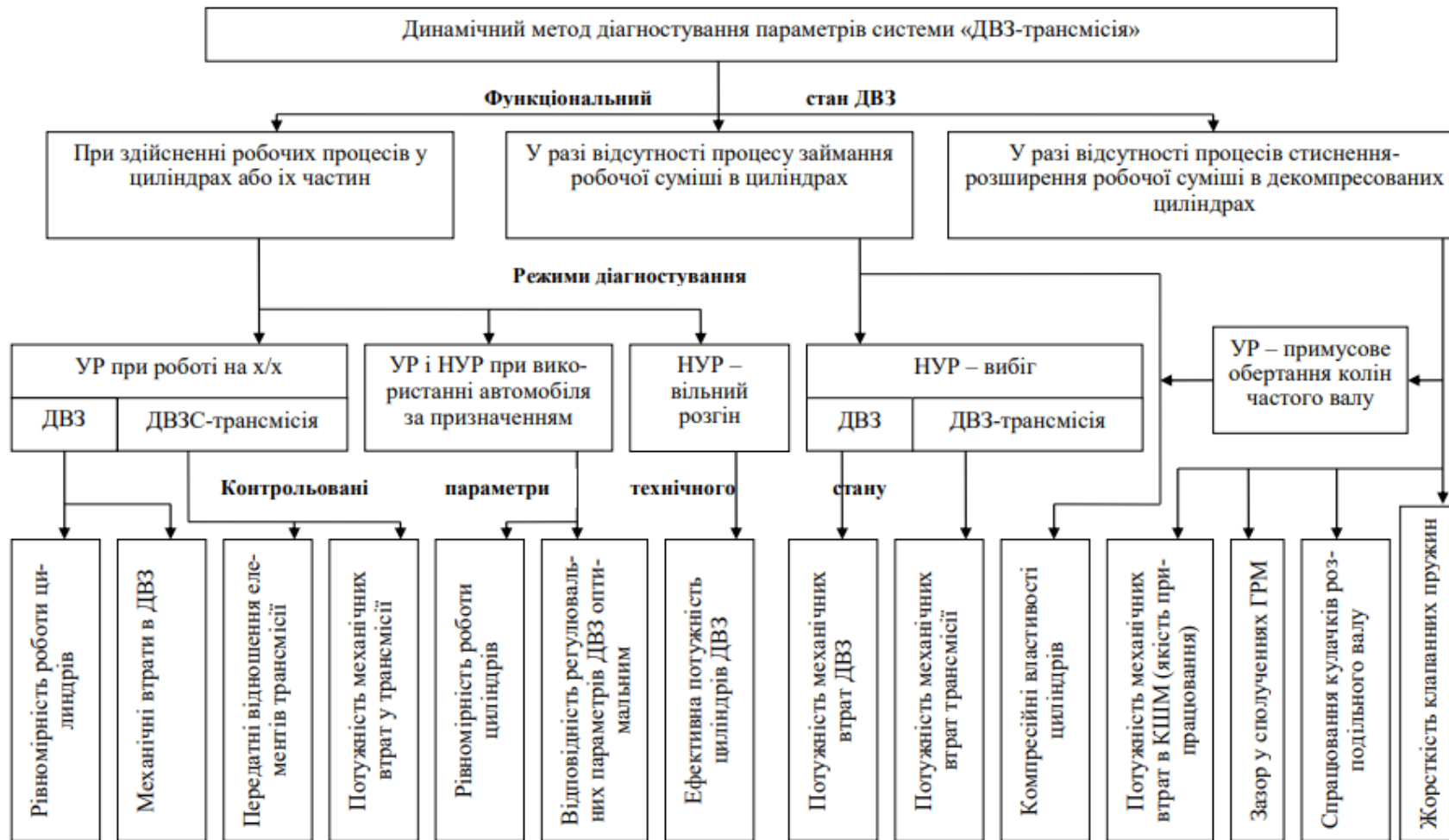
До позитивних якостей методів відносять їх високу оперативність, достовірність, універсальність і надійність вимірювальної апаратури. Розглянемо застосовуваність даного методу до оцінювання технічного стану однойменних елементів двигуна.

Оскільки у більшості випадків підставою для контролю технічного стану елементів системи «ДВЗ-трансмісія» є нерівномірна робота циліндрів, попередньо рекомендується перевірити ефективну потужність ДВЗ, яка повинна знаходитися в межах 0,93-1,04 її номінального значення. Вимірювання потужності двигуна за зміною кутової швидкості колінчастого валу можна здійснювати на двох тестових режимах: усталеному та неусталеному (перехідному).

Використання показників внутрішньоциклової нерівномірності кутової швидкості обертання колінчастого валу дозволило підвищити точність і суттєво розширити сферу застосування динамічного методу для діагностування однойменних елементів системи «ДВЗ-трансмісія». За рахунок введення усталених режимів (УР) випробування і нових ознак функціонального стану ДВЗ (рис. 1.27 [6]) стало можливим кількісно оцінити всі параметри технічного стану ДВЗ і трансмісії за допомогою єдиної вимірювальної апаратури з уніфікованими датчиками кутових переміщень, що значно скорочує витрати на діагностування.

Функціональний стан ДВЗ визначається наявністю або відсутністю робочих процесів у циліндрах при діагностуванні й повинен забезпечувати максимально можливу чутливість та інформативність контрольованого діагностичного параметра. У разі необхідності контролю параметрів робочого процесу, їх оптимізації, а також діагностування технічного стану систем живлення, запалювання, газорозподільного механізму, які впливають на по-





**Рис. 1.27. Класифікація режимних ознак методу діагностування однойменних елементів системи «ДВЗ-трансмсія»**

казники ефективності робочих процесів, випробування проводять при нормальному функціонуванні ДВЗ, тобто при наявності процесів згоряння робочої суміші в циліндрах. При цьому можуть бути використані як тестові, так і функціональні режими діагностування. Функціональні режими реалізуються в процесі виконання автомобілем транспортної роботи засобами вбудованого діагностування або при використанні систем автоматичного управління впорскуванням, запалюванням, ГРМ з метою підтримання оптимальних режимів роботи ДВЗ.

При діагностуванні нерегульованих параметрів технічного стану однойменних елементів (герметичності надпоршневого простору, зазорів у підшипниках та інших сполученнях КШМ, ЦПГ, ГРМ, зубчастих зачеплень трансмісії) перевагу слід віддати другому варіанту – випробуванню при відсутності робочих процесів в циліндрах двигуна. Оскільки обов'язковою умовою динамічного методу є наявність інерційних мас ДВЗ, які обертаються, то відсутність енергії газових сил від згоряння робочої суміші в циліндрах повинно компенсуватися або попередньо запасеною кінетичною енергією частин, що обертаються і поступально рухаються, (здійснення вибігу ДВЗ шляхом виключення подачі палива або запалювання, а для елементів трансмісії вивішеного на підйомнику автомобіля – відключенням зчеплення), або використанням зовнішнього джерела енергії (стартера або іншого приводного пристрою).

У розроблених способах діагностування аналіз динаміки зміни кутової швидкості колінчастого валу за кутом його повороту від технічного стану елементів ДВЗ виконується з традиційним припущенням про абсолютну жорсткість колінчастого валу на кручення. Теоретичні основи діагностування однойменних елементів ДВЗ і трансмісії за внутрішньоцикловим змінам кутової швидкості колінчастого валу описані у роботах [6, 8].

#### **1.7.4. Похибки визначення поточних значень діагностичних параметрів**

**Похибки визначення значення зведеного моменту інерції ДВЗ.** Аналіз номінальних значень і допустимих відхилень мас елементів, що обертаються і поступально рухаються, дев'яти моделей ДВЗ за технічними умовами заводів-виготовлювачів, представлених в роботі [8], показує, що розрахункова величина відхилень зведеного моменту інерції карбюраторних двигунів не перевищує  $\pm 0,8\%$ , дизельних  $\pm 1\%$ . У процесі експлуатації ДВЗ через спрацювання сполучень КШМ та часткової заміни деяких елементів на деталі ремонтних розмірів, значенні відхилення зведеного моменту інерції від номінальної величини змінюється незначно. Про це свідчать експериментальні дані, згідно з якими величина зведеного моменту інерції тракторних двигунів конкретної моделі змінюється не більше, ніж на  $1,3\%$ . Тому при оцінюванні точності  $\Delta_{\Sigma}$  динамічного методу діагностування похибки від варіювання значення моменту інерції  $J$ , зведеного до вісі колінчастого валу, для автотракторних двигунів приймаємо рівною  $\pm 1,3\%$ . Далі наводяться результати роботи [8].

### **Похибка визначення положення верхньої мертвої точки поршня.**

Безпосереднє визначення положення колінчастого валу ДВЗ, що відповідає знаходженню поршня конкретного циліндра у ВМТ на непрацюючому двигуні, - це достатньо трудомісткий процес. В умовах АТП точність фіксації поршня у ВМТ залежить від кваліфікації виконавця і не перевищує  $1^\circ$  за кутом повороту колінчастого валу (п.к.в.). Тому при діагностуванні ДВЗ користуються міткою ВМТ поршня першого циліндра, яку наносить завод-виготовлювач на шків колінчастого валу або на вінець маховика. Для автотракторних ДВЗ відносна похибка розташування мітки ВМТ не перевищує  $\pm 0,5$  градуса п.к.в. З урахуванням допустимого за технічними умовами відхилення кута заплішки  $\pm 15'$  кривошипів колінчастого валу фактична похибка визначення положень ВМТ поршнів інших циліндрів відносно мітки ВМТ поршня першого циліндра може досягати  $45'$  п.к.в. На працюючому двигуні положення ВМТ поршня дещо відрізняється від статичного через наявність зазорів у сполученнях КШМ, крутильну деформацію колінчастого валу і низки інших причин. В залежності від технічного стану ДВЗ під дією перерахованих факторів робоче положення ВМТ поршнів усіх циліндрів зміщується на приблизно однакову величину, яка не перевищує  $1^\circ$  п.к.в.

Таким чином, якщо датчики положення колінчастого валу фіксувати за міткою ВМТ заводу-виготовлювача ДВЗ то максимально можлива похибка подачі сигналу датчиком про початок робочого ходу поршня конкретного циліндра складає  $1,5-2,0^\circ$  п.к.в. При цьому фактична різниця кутів повороту колінчастого валу, що відповідають робочим тактам в циліндрах ДВЗ, не перевищує  $1^\circ$ . З наведеного випливає, що похибка визначення фазових положень екстремумів кутової швидкості  $\varphi_{\omega max}$ ,  $\varphi_{\omega in}$  відносно відміток ВМТ на діаграмах змін кутової швидкості, які отримують від датчика-перетворювача кутових переміщень і необхідних для визначення технічного стану ГРМ, не може бути більше  $1^\circ$  п. к. в. Така точність достатня для цілей діагностування елементів ГРМ. Для інших елементів системи «ДВЗ-трансмсія» точність установки датчиків положення колінчастого валу відносно істинного розташування мітки ВМТ не впливає на результати діагностування, тому що всі точки екстремальних миттєвих значень кутових скоростей за кутом повороту колінчастого валу, що відповідають робочим тактам конкретних циліндрів, зміщені на одну й ту саму величину, а послідовність їх розташування на діаграмі відома.

Для точної установки моменту початку впорскування палива блок управління повинен визначати положення як колінчастого, так і розподільного валів, тому що форсунки потрібно регулювати окремо. Стосовно колінчастого валу двигуна використовується індуктивний датчик положення колінчастого валу, який називають також датчиком ВМТ. Колесо датчика кріпиться на маховику і має 60 мінус 2 зубці. Відстань між зубцями, таким чином, складає  $6^\circ$  кута повороту колінчастого валу. Положенню ВМТ поршня відповідає виїмка у колесі, утворена відсутністю двох зубців, завдяки чому датчик виробляє сигнал, який може бути відображений на осцилографі. Якщо сигналу немає, двигун не запуститься. В цьому разі слід перевірити опір датчика ВМТ. У разі слабого сигналу перевіряють положення датчика відносно колеса на маховику. Утворення занадто великого зазору між

датчиком і колесом викликає труднощі при запуску двигуна. Цей зазор повинен складати від 1,0 до 1,5 мм.

Для ідентифікації циліндрів двигуна блоку управління необхідний сигнал від датчика положення розподільного валу, в якості якого використовується датчик Холла. На двигунах Mercedes він встановлюється перед диском з прорізами, що закріплюється на випускному розподільному валу біля четвертого циліндра, на двигунах FIAT і Peugeot – перед диском з прорізами, що вмонтований у шестірню розподільного валу. До двох крайніх клем датчика Холла підводиться напруга 5,0 В. При підключенні осцилографа до середньої клемі датчика і «маси» можна зняти прямокутний сигнал. У разі відсутності сигналу двигун не запускається. Якщо датчик Холла виходить з ладу під час руху автомобіля, двигун продовжує працювати до наступної його зупинки.

**Вимоги до перетворювачів кутових переміщень колінчастого валу ДВЗ.** Важливою умовою отримання достовірної інформації про технічний стан елементів автомобіля за показниками внутрішньоциклових змін кутової швидкості є здатність датчика забезпечити високу точність визначення кутових переміщень деталі, що обертається. Точність залежить від статичної і динамічної помилки.

Статична помилка складається з дискретності датчика, кінематичної похибки (люфту механічної передачі) та моментних помилок, що виникають під дією навантажень на виконавчу ланку приводу. Динамічна помилка пов'язана з перехідними процесами при зміні частоти обертання об'єкта контролю. При використанні безударних малоінерційних передач дискретність приводу визначається дискретністю датчика, яка для діагностованих параметрів ДВЗ не повинна бути вище  $1^\circ$  за кутом повороту колінчастого валу. Забезпечити таку дискретність можна з допомогою високоточних датчиків індуктивного або фотоелектричного типів, які мають достатні метрологічні характеристики і надійність.

У двигунах автомобілів російського виробництва в якості датчиків, що забезпечують «прив'язку» початку відліку поточної послідовності сигналів-імпульсів до відповідного робочого такту конкретного циліндра, використовуються:

- для дизелів – накладні п'єзо-, тензоперетворювачі, які кріпляться до паливопроводу високого тиску (віброперетворювач Д-14 або під гайку форсунки (ДПЦД-1);

- для карбюраторних – трансформатор струму ТТ-1, широко використовуваний у вітчизняних мотор-тестерах.

Похибка датчиків «прив'язки» (звичайно до ВМТ поршня першого циліндра) не впливає на точність вимірюваної миттєвої кутової швидкості. Основна до них вимога – легкість установки та надійність. У ДВЗ (ВАЗ, ГАЗ) з розподіленням впорскування палива датчик положення поршня першого циліндра у ВМТ такту стиснення передбачений конструкцією двигуна, встановлений на розподільному валу і його сигнал може бути використаний при діагностуванні.

Мінімальне значення кута квантування датчика ВЕ-178А  $\Delta\varphi=0,35^\circ$  (1024 растрових штрихи), вихідний сигнал уніфікований за ДСТУ ІЕС 60381-2001 діапазоном зміни 0-5 В прямокутної форми.

**Похибка і принцип роботи пристрою для вимірювання внутрішньоциклових значень кутової швидкості колінчастого валу двигуна.** Виміряні нерівномірності зміни кутової швидкості за кутом повороту колінчастого валу двигуна здійснюються аналоговими та цифровими електронними пристроями.

Найперспективнішими вважають цифрові засоби вимірювання, які мають високу точність, швидкодію, зручність зчитування і переробки інформації вбудованими мікропроцесорами.

Такі пристрої розроблені для діагностування багатьох агрегатів і систем автомобіля.

Принцип вимірювання миттєвої кутової швидкості цифровими пристроями полягає у визначенні часу проходження колінчастим валом заздалегідь відомого кутового інтервалу. Тривалість цього інтервалу  $\tau_i$  визначається підрахунком імпульсів генератора еталонної частоти  $\nu$  з допомогою електронних лічильників між двома послідовними імпульсами кутових положень колінчастого валу від перетворювача (датчика) кутових переміщень

$$\tau_i = \frac{f_i}{\nu}$$

де  $f_i$  – кількість імпульсів на електронному лічильнику при проходженні  $i$ -го інтервалу.

Пропорційне зростання відносної похибки вимірювання значень кутової швидкості спостерігається зі збільшенням частоти обертання, тому що час і кількість імпульсів  $f_i$ , що реєструє лічильник, на здійснення квантованого кута повороту колінчастого валу зменшується. Тому обґрунтування вибору необхідної частоти  $\nu$  імпульсів кварцового генератора пристрою для вимірювання внутрішньоциклових значень кутової швидкості колінчастого валу, призначеного для діагностування ДВЗ, слід виконати для двох швидкісних режимів. Перший режим (15-100 рад/с) належить до діагностування елементів ЦПГ, КШМ, ГРМ, при прокручуванні колінчастого валу стартером або при роботі ДВЗ на мінімальних обертах, другий (200-400 рад/с) – до визначення потужнісних показників циліндрів ДВЗ у діапазоні номінальної частоти обертання.

Для першого швидкісного режиму розрахунок частоти  $\nu$  генератора може бути виконано для мінімальної дискретності кутового інтервалу  $\varphi=1^\circ$  (0,01744 рад), яка необхідна при діагностуванні елементів ГРМ ДВЗ і зубчастих зачеплень трансмісії й середній швидкості прокручування колінчастого валу стартером  $\varpi=30$  рад/с. При допустимій відносній похибці зміни кутової швидкості  $\Delta\omega=0,01$  різниця значень часу проходження двох суміжних кутових інтервалів складе

$$\Delta\tau = \frac{\varphi}{\varpi} - \frac{\varphi}{\varpi + \varpi \cdot \Delta\omega} = \frac{0,01744}{30} - \frac{0,01744}{30,3} 57 \cdot 10^{-7} \text{ с}.$$

Реєстрація електронними лічильниками такого проміжку часу можлива за наявності в пристрої опорного генератора з частотою проходження імпульсів не менше 175 кГц.

З урахуванням збільшення кутового інтервалу  $\varphi$  до  $5-10^\circ$  п.к.в., реально необхідного при вимірюваннях внутрішньоциклових значень кутової швидкості для оцінювання потужнісних показників роботи циліндрів ДВЗ, розрахункова частота еталонного генератора складає приблизно 500 кГц.

Установлено, що зі збільшенням кутових інтервалів квантування повороту колінчастого валу (аналізувались  $\varphi=0,7; 2,8$  і  $5,6$  град. п.к.в.), частоти обертання і кількості усереднених послідовних циклів похибка  $\Delta\omega$  визначення величин миттєвої кутової швидкості зменшується нелінійно. У зв'язку з цим найбільші вимоги щодо метрологічного забезпечення точності вимірювання внутрішньоциклових значень кутової швидкості пред'являються до режимів прокручування.

У ДВЗ низка причин призводить до коливань показників робочого процесу відносно середніх значень. Ці відхилення мають випадковий характер і підкоряються нормальному закону розподілення. Флуктуація внутрішньоциклових коливань миттєвих значень кутової швидкості колінчастого валу у послідовних циклах також розглядається як випадковий стаціонарний процес. Тому для наближення до істинного характеру зміни кутової швидкості за кутом повороту колінчастого валу необхідно усереднення її значень у конкретному інтервалі за кілька послідовних циклів роботи ДВЗ.

Значення похибки  $\Delta\omega$  визначення кутової швидкості за іншими моделями автотракторних ДВЗ незначно відрізняються, тому що їх характеристики зміни внутрішньоциклової кутової швидкості приблизно однакові. Відмінною особливістю дизельних ДВЗ є висока похибка  $\Delta\omega$ , яка досягає 0,6% при усередненні трьох діаграм зміни кутової швидкості при роботі на мінімальній частоті обертання  $n \leq 600$  хв<sup>-1</sup>. Нестабільність однойменних значень кутової швидкості на цьому режимі пояснюється непостійністю циклової подачі палива через низькочастотні коливання рейки паливного насоса високого тиску. При невеликому збільшенні частоти обертання до  $n \geq 800$  хв<sup>-1</sup> відносна похибка  $\Delta\omega$  дизельних ДВЗ зменшується удвічі. Для всіх типів ДВЗ при  $n > 1000$  хв<sup>-1</sup> відносна похибка вимірювання внутрішньоциклових значень кутової швидкості не перевищує 0,2%.

Для забезпечення відносної похибки, визначення діагностичних показників за внутрішньоцикловими значеннями кутової швидкості не більше 5% для режиму прокручування з дискретністю квантування кутових інтервалів  $\varphi=0,7-1,4$  град. п.к.в. і робочих режимів з дискретністю  $\varphi=2,8-5,6$  град. п.к.в. необхідна кількість вимірювань відповідно дорівнює п'яти і трьом.

Перевірка стаціонарності досліджуваних режимів діагностування за дисперсією показала, що при  $N=5$  і  $K=6$  значення  $G$  складали:

- на режимі прокручування колінчастого валу ДВЗ з  $\omega = 20$  рад/с  $G=0,204$ ;

- на режимі мінімальної частоти обертання колінчастого валу ДВЗ на холостому ходу з  $\omega_{xx} = 50$  рад/с  $G=0,194$ ;

- при  $\omega = 200$  рад/с  $G=0,189$ .

Отримані значення статистики  $G$  менше критичного значення за багатовибірковим критерієм Кокрена, який при надійній імовірності  $P_d=0,95$  дорівнює 0,49.

$$Z_G > G,$$

де  $Z_G(N, K, P_d)$  – критичне значення критерію Кокрена;  $K$  – кількість вибірок;  $N$  – обсяг кожної вибірки;  $P_d$  – надійна ймовірність;

$$G = \frac{\sigma_{i \max}}{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2} - \text{статистика.}$$

Отже, процес зміни внутрішньоциклових значень кутової швидкості від циклу до циклу є стаціонарним і у значній мірі стабільним.

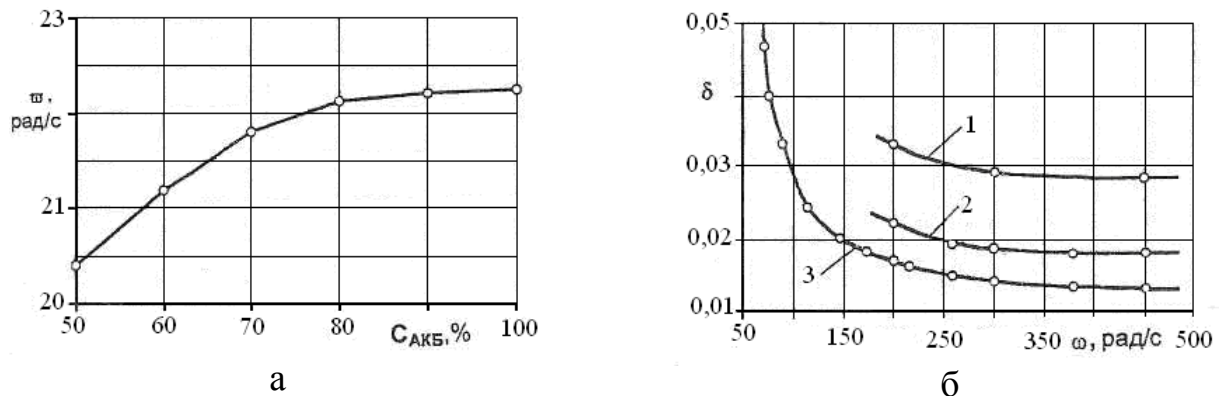
**Методологічні похибки діагностування від невідповідності режимних умов.** Під режимом діагностування розуміють сукупність нормативних вимог до функціонального стану об'єкта діагностування, при якому досягаються максимальна достовірність та інформативність діагностичного параметра. Так як динамічний метод діагностування елементів системи «ДВЗ-трансмсія» реалізується за відсутності будь-яких навантажувальних пристроїв, то основними факторами, що впливають на похибку результатів діагностування, вважаються швидкісний і тепловий режими. Необхідно визначити межі допустимих їх змін, при яких методична похибка від невідповідності режимних умов нормативним була б мінімальною або виключалася б взагалі.

Контроль швидкісного режиму здійснюється за цифровим електронним тахометром – пристроєм для вимірювання внутрішньоциклових значень кутової швидкості за відносною похибкою не більше 0,25%. Підтримання необхідної частоти обертання колінчастого валу при наявності робочих процесів у циліндрах ДВЗ здійснюється зміною подачі палива і не викликає особливих труднощів. У разі збігу значення середньої кутової швидкості колінчастого валу з нормативним її значенням пристрій автоматично або за командою оператора виконує необхідні вимірювання, які висвітлюються на інформаційному табло.

Складніше відтворювати нормативну частоту обертання колінчастого валу при діагностуванні компресійних властивостей циліндрів та елементів ГРМ у режимі прокручування валу стартером. В залежності від ступеня зарядженості АКБ, технічного стану стартера та струмопровідних проводів системи пуску частота прокручування колінчастого валу при одному й тому самому тепловому режимі конкретної моделі ДВЗ може відрізнятись на 5 рад/с і більше. Часто причиною різкого зниження частоти прокручування колінчастого валу стартером є підгорілі або окиснені контактні поверхні болтів і рухомого диска системи тягового реле. Їх технічний стан контролюється за падінням напруги на контактах приводу стартера, яке повинно бути нижче 0,15 В.

При справній системі електростартерного пуску і номінальному тепловому режимі ДВЗ частота прокручування колінчастого валу в залежності від допустимого в експлуатації ступеня зарядженості АКБ (до 50% змінюється менше ніж на 10% протягом перших 5-7 обертів валу (рис. 1.28, а). Для порівняння результатів вимірів поточних значень діагностичних параметрів у процесі експлуатації з їх номінальними значеннями з похибкою менше 5% необхідно середню частоту прокручування колінчастого валу обмежувати вузьким діапазоном, що не перевищує за абсолютною величиною 0,6 рад/с. З урахуванням гарантованої мінімальної частоти прокручування стартером від розрядженої на 50% АКБ для автотракторних ДВЗ нор-

мативна середня кутова швидкість призначається у межах 15-20 рад/с. Для двигунів 4Ч 9,2/9,2 найприйнятнішим режимом прокручування є  $\varpi = 19 \pm 0,3$  рад/с. Указані режими прокручування при діагностуванні досягаються шляхом установки на клемі АКБ додаткового регульованого навантаження.



**Рис. 1.28. Залежність нерівномірності кутової швидкості колінчастого валу:**  
 а – залежність зміни середньої кутової швидкості  $\varpi$  прокручування колінчастого валу двигуна 4Ч 9,2/9,2 від ступеня зарядженості  $C_{AKB}$ ; б – залежність коефіцієнта  $\delta$  нерівномірності кутової швидкості колінчастого валу двигуна 4Ч 7,6/7,5 від кутової швидкості  $\omega$  і навантаження: 1 – 100% Ne; 2 – 25% Ne; 3 – холостий хід

Межі допустимого відхилення нормативної частоти обертання при діагностуванні нерівномірності роботи циліндрів і визначенні потужності механічних втрат ДВЗ в діапазоні середніх кутових швидкостей  $\varpi = 60-130$  рад/с не повинні перевищувати  $\pm 0,5$  рад/с. При частоті обертання  $n$  більшій  $1200 \text{ хв}^{-1}$  ( $\varpi > 125$  рад/с) значення коефіцієнта варіації однойменних значень кутової швидкості за кутом повороту колінчастого валу та коефіцієнта її нерівномірності  $\delta$  стабілізуються і зменшуються (рис. 1.28, б), тому точність підтримання нормативного швидкісного режиму може бути зменшена до  $\pm 10 \text{ хв}^{-1}$  ( $\pm 1$  рад/с).

Більш жорсткі вимоги пред'являються до підтримання теплового режиму діагностування ДВЗ, особливо при оцінюванні компресійних властивостей циліндрів і потужності механічних втрат.

### Контрольні запитання

1. На чому ґрунтується діагностування робочих процесів у двигуні за коливаннями кутової швидкості колінчастого валу?
2. Розказати про метод діагностування елементів системи запалювання за осцилограмами зміни напруги на котушці.
3. За якими параметрами визначається роботоздатність котушки запалювання?
4. Пояснити сутність методу оцінювання компресійних властивостей циліндрів за зміною кутової швидкості колінчастого валу в режимі прокручування його стартером.
5. Розказати про похибки визначення положення верхньої мертвої точки поршня.
6. З чого складається статистична похибка показань внутрішньоциклових змін кутової швидкості колінчастого валу?
7. Які похибки діагностування можуть бути викликані невідповідністю режимних умов?



## 1.8. Діагностування систем живлення двигунів

### 1.8.1. Діагностування карбюраторних двигунів

Незважаючи на те, що виробництво карбюраторних двигунів припинене з 2010 року, в експлуатації знаходиться багато автомобілів з такими двигунами і їх ще багато років необхідно діагностувати й обслуговувати.

Технічний стан механізмів і вузлів системи живлення двигуна суттєво впливає на його потужність та економічність, а значить, і на динамічні якості автомобіля.

Діагностування системи живлення карбюраторного двигуна полягає у перевірці подачі палива в карбюратор і кількості зворотного зливу палива, контрольній перевірці витрати палива при роботі двигуна на автомобілі, в перевірці токсичності відпрацьованих газів, визначенні рівня палива у поплавковій камері карбюратора, вимірюванні тиску, що розвивається паливним насосом. У разі невідповідності параметрів, що перевіряються, потрібним нормам проводять регулювальні роботи на автомобілі або знімають карбюратор і паливний насос для ремонту.

**Діагностичними ознаками несправностей системи живлення є:**

- утруднення запуску двигуна;
- збільшення витрати палива під навантаженням;
- падіння потужності двигуна та його перегрівання;
- зміна складу й підвищення токсичності відпрацьованих газів.

**Діагностика систем живлення** карбюраторних і дизельних двигунів проводиться методами ходових і стендових випробувань й оцінювання стану механізмів і вузлів системи після їх демонтажу.

При діагностуванні методом ходових випробувань визначають витрату палива під час руху автомобіля з постійною швидкістю на мірній горизонтальній ділянці (1 км) шосе з невеликою інтенсивністю руху. Щоб виключити вплив підйомів і спусків, вибирають маятниковий маршрут, тобто такий, на якому автомобіль рухається до кінцевого пункту й вертається тією самою дорогою.

Діагностування систем живлення можна проводити й одночасно з випробуванням тягових якостей автомобіля на стенді з біговими барабанами.

Діагностування систем живлення двигунів автомобілів виконують, в основному, за такими діагностичними параметрами: питома витрата палива; вміст токсичних речовин у відпрацьованих газах; тиск, що створюється паливним насосом; тиск палива після насосу; рівень палива у поплавковій камері; забрудненість повітроочисника, яка визначається за розрідженням у впускному трубопроводі.

Витрату палива вимірюють витратомірами ротаметричними, тахометричними, фотоелектричними та іншими, а також мірними посудинами або вагами. Питому витрату палива визначають приладом КИ-13967 і пристроями для навантаження двигуна. Витратоміри застосовують не тільки для діагностування системи живлення, але й для навчання водіїв ощадливому водінню.

**Технічний стан паливного насоса** перевіряється за тиском палива після насосу та його продуктивністю. Для сучасних двигунів тиск палива

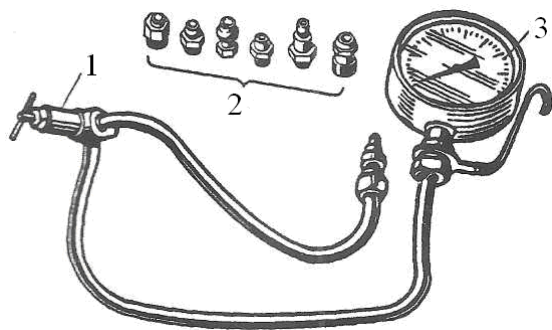
після насосу повинне бути у межах 17-30 кПа, падіння тиску не повинно перевищувати 8-10 кПа за 30 с. Продуктивність насосу - 0,7-3,0 л/хв. Після припинення роботи насосу тиск і розрідження, які перевіряються за контрольними приладами, повинні зберігатися протягом 10 с. При частоті обертання валу приводу  $1800 \text{ хв}^{-1}$  подача палива повинна бути не менше 50 л/год.

Для визначення причин відсутності подачі палива слід від'єднати паливопровід від карбюратора, похитати важіль ручного підкачування або повернути кілька разів колінчастий вал двигуна, попередньо підставивши під шланг ємність для можливого зливання бензину. Якщо при цьому з'явиться струмінь палива – насос справний, і тоді слід вийняти і промити паливний фільтр вхідного штуцера карбюратора.

Оцінити роботоздатність клапанів паливного насосу простіше за все на двигуні, встановивши колінчастий вал в межах двох обертів у таке положення, щоб важіль ручного підкачування палива не був блокований кулачком приводу. Причому при переміщенні важеля ручного підкачування повинен відчуватися опір стискуваної при ході всмоктування пружини мембрани насосу. Для цього знімають паливопідвідний шланг із штуцера на карбюраторі, вручну підкачують пальне до його появи в отворі шланга, відкриваючи болт кріплення кришки бензонасоса, знімають кришку і сітку. Потім отвір шланга щільно перекривають (можна пальцем), відводять до кінця важіль ручного підкачування насосу в напрямку його ходу всмоктування і потім відпускають, уважно слідкуючи за появою повітряних бульбашок і струминок палива в отворі випускного клапана насосу.

Перевірку паливного насосу виконують за максимальним тиском, що розвиває підкачуючий бензонасос, і герметичністю клапанів з використанням приладу К-436 або більш компактного приладу НПАТ-527Б (рис. 1.29). Обидва прилади дозволяють проконтролювати роботу насосу безпосередньо на автомобілі. Перед перевіркою прогривають двигун до робочої температури, потім, зупинивши двигун і роз'єднавши паливопровід, бензонасос, карбюратор, приєднують шланг приладу до карбюратору, кран – до паливопроводу від бензонасосу. Потім викручують на 2-3 оберти голку крана приладу, запускають двигун і дають йому попрацювати при мінімальній частоті обертання колінчастого валу; за шкалою манометра перевіряють тиск, який розвиває паливний насос (нормальний тиск, що розвивають паливні насоси, повинен відповідати нормативним значенням).

Далі повністю вкручують голку крана приладу, зупиняють двигун і визначають за манометром падіння тиску за 30 с; клапани паливного насосу вважаються справними, якщо падіння тиску за цей час не перевищить 0,01 МПа. Потім викручують голку крана приладу і запускають двигун; давши йому попрацювати 10-15 с, зупиняють, визначають падіння тиску за 30 с і порівнюють його з падінням тиску, який отримано при попередній перевірці. Більш швидке падіння тиску під час повторної перевірки вказує на нещільність паливного клапана паливного механізму карбюратора, що призводить до підвищення рівня палива в поплавковій камері. Якщо паливний насос не розвиває необхідного тиску і не забезпечує подачу палива або з нижньої частини корпусу насосу відбувається витік палива, насос знімають з двигуна для виявлення несправності.



**Рис. 1.29. Прилад НШАТ-527Б  
для перевірки паливних  
насосів**

На рис. 1.29 цифрами позначені: 1 – кран; 2 – змінні штуцери; 3 – мановакуум-метр.

Для двигунів марок ЗМЗ і ЗІЛ тиск повинен складати 18-30 кПа. Менший тиск може бути через ослаблення пружини мембрани, нещільне прилягання клапана.

Для перевірки тиску палива після насосу (повинен бути в межах 17-30 кПа, падіння тиску не повинне перевищувати 8-10 кПа за 30 с)

і продуктивності насосу (0,7-2,0 л/хв) використовують спеціальні прилади з ручним або електричним приводом. Тиск, створюваний насосом, залежить від пружності пружини його діафрагми, тому необхідна перевірка довжини пружини у вільному стані й під певним навантаженням.

**У діагностику карбюраторів** входить перевірка рівня палива в поплавковій камері, пропускної здатності жиклерів, герметичності клапана економайзера.

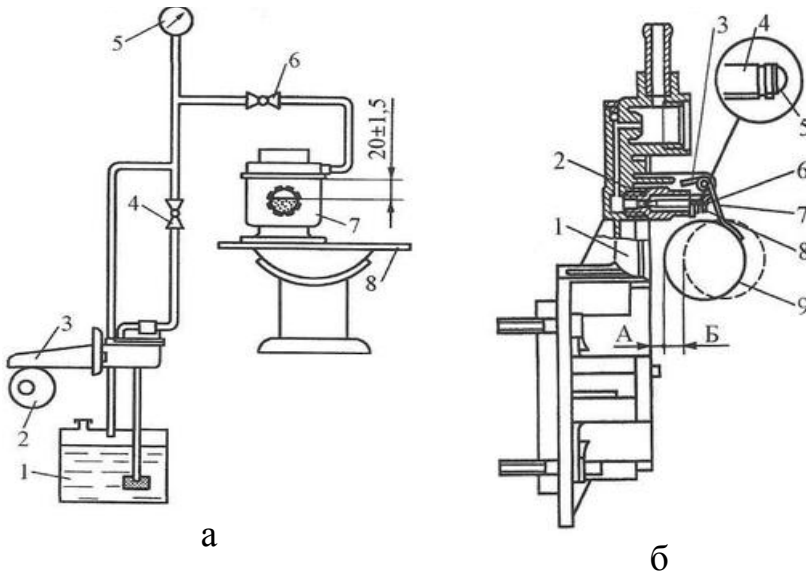
Для перевірки рівня палива більшість карбюраторів має в корпусі поплавкової камери спеціальне оглядове вікно (карбюратор К-126 автомобілів «Москвич», «Волга», ГАЗ-53) або контрольну пробку (карбюратор К-84 автомобіля ЗІЛ-130).

Низький рівень палива може бути через порушення регулювання або заїдання поплавка. Заїдання клапана подачі палива в закритому положенні виявляється відкручуванням спускної пробки карбюратора. Якщо паливо витікає з отвору нетривалий час, а потім перестає витікати, то є несправність.

Неповне закриття повітряної заслінки можна визначити при знятому повітряному фільтрі, висунувши до кінця ручку управління заслінкою.

Для перевірки й установки рівня палива використовують установку, показану на рис. 1.30. Для цього встановлюють потрібний тиск паливного насосу 3 з допомогою манометра 5, відкривають кран 6 і реєструють рівень палива.

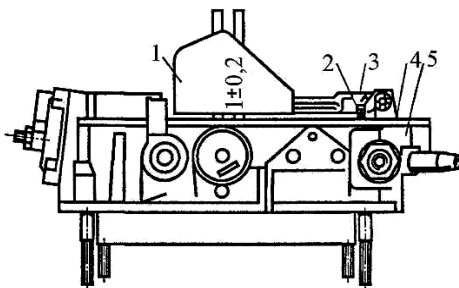
Найпростішим методом перевірки герметичності поплавка є опускання його у ванну з гарячою водою (температура 80 °С). Якщо протягом 30 с на поверхні не з'являться бульбашки повітря, то поплавок справний.



**Рис. 1.30. Установка для перевірки і регулювання рівня палива в поплавковій камері (а) й установка рівня палива в поплавковій камері карбюратора типу «Озон» (б):**

а: 1 – бак з паливом; 2 – електропривід з ексцентриком; 3 – бензонасос; 4, 6 – крани; 5 – манометр; 7 – карбюратор; 8 – підставка; б: 1 – кришка карбюратора; 2 – сидло голчастого клапана; 3 – упор; 4 – голчастий клапан; 5 – шарик запірної голки; 6 – відтяжна вилка голки клапана; 7 – кронштейн поплавка; 8 – язичок; 9 – поплавок

На карбюраторах автомобілів ВАЗ-«Жигулі» і «Москвич» перевірку рівня палива здійснюють установками типу «Озон» або «Солекс» (рис. 1.30, 1.31) при знятій верхній кришці карбюратора підгинанням упора кронштейна поплавка для забезпечення розміру А (рис. 1.30), що дорівнює  $6,5 \pm 0,25$  мм і розміру Б, що дорівнює  $8 \pm 0,25$  мм, причому кришка повинна знаходитись у вертикальному положенні.

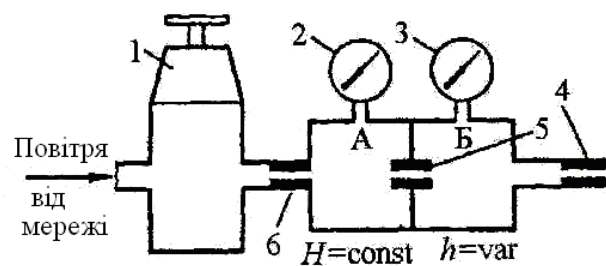


**Рис. 1.31. Установка рівня палива в поплавковій камері карбюратора типу «Солекс»**

На рис. 1.31 цифрами позначені: 1 – поплавок; 2 – «язичок»; 3 – голчастий клапан; 4 – прокладка; 5 – кришка карбюратора.

На карбюраторі, знятому з двигуна, рівень палива в поплавковій камері можна перевірити на приладі моделі 577, який дає можливість з допомогою насоса створити робочий тиск в поплавковій камері й одночасно з перевіркою рівня палива проконтролювати герметичність з'єднань карбюратора.

На двигунах ВАЗ-2108 відстань між поплавком 1 і прокладкою 4, яка прилягає до кришки 5, що визначає рівень палива, складає  $1 \pm 0,2$  мм (рис. 1.31), при цьому кришка розташована горизонтально поплавком вгору. Рівень палива регулюється підгинанням «язичка» до низу для збільшення рівня і вгору – для зменшення. При цьому упорна поверхня язичка повинна бути перпендикулярною вісі голчастого клапана 3 і не повинна мати вм'ятини і забоїни.



**Рис. 1.32. Принципова схема пневматичного контрольного приладу**

Якщо є підозра, що засмічені жиклери, слід викрутити пробки і через отвори продути жиклери стиснутим повітрям з допомогою насоса для шин. Якщо після продувки жиклерів двигун стане працювати без перебоїв, то причиною зменшення подачі палива було засмічення жиклерів. Засміченість сітчастого фільтру карбюратора визначають візуально, вийнявши його з карбюратора.

Перевірити пропускну здатність жиклерів можна і з допомогою приладу НПАТ-362; вона визначається кількістю води в кубічних сантиметрах, що протікає через дозувальний отвір жиклера за одну хвилину під напором водяного стовпа висотою  $(1 \pm 0,002)$  м при температурі води  $(20 \pm 1)$  °С,

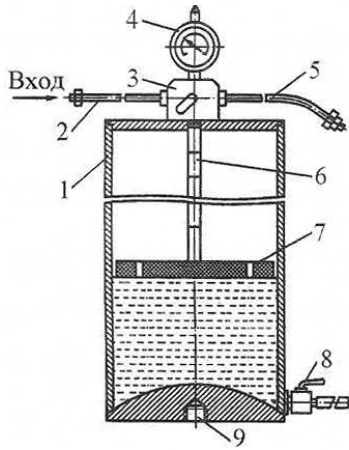
Діагностування систем живлення карбюраторних двигунів може виконуватися з високим ступенем точності і достатньою продуктивністю методом пневмоконтролю. З цією метою в НПАТ розроблено пневматичний прилад (рис. 1.32), методика і режими діагностування. Прилад складається із стабілізатора тиску 1 та двох камер, з яких А – робоча, Б – вимірювальна. Стабілізатор тиску зв'язаний з робочою камерою з допомогою вхідного б, а робоча камера з вимірювальною – за допомогою вимірювального 5 жиклерів. Випробовуваний жиклер 4 (або інший елемент карбюратора або насоса) встановлюють на виході з вимірювальної камери. Тиск у камерах контролюють за допомогою контрольного 2 і вимірювального 3 манометрів.

Дія приладу (рис. 1.32) ґрунтується на тому, що при постійному тиску в камері А величина тиску в камері Б залежить від пропускну здатності (або ступеня герметичності) контрольованого елемента карбюратора. Пропускна здатність (або герметичність) контрольованого елемента оцінюється за показаннями вимірювального манометра 3. Шкала цього манометра тарується в одиницях контрольованої величини.

В умовах АТП прилади пневматичного контролю дозволяють виконувати всі діагностичні роботи, пов'язані з вимірюванням пропускну здатності жиклерів і каналів, перевіркою герметичності посадки клапанів, регулювальних гвинтів тощо.

Для вимірювання продуктивності, щільності прилягання клапанів і максимального тиску, що розвиває бензонасос, без зняття його з двигуна застосовують прилад КИ-436 (див. рис. 1.33), який з допомогою шлангів 2 і 5 включають між бензонасосом і карбюратором. Триходовим краном встановлюють такі режими роботи приладу: пальне від насоса одночасно надходить на манометр і в карбюратор, при цьому вимірюють робочий тиск у паливній системі; пальне надходить в циліндр приладу, і за висуванням мірної лінійки визначають продуктивність бензонасоса; підключивши манометр на вихід бензонасоса, вимірюють максимальний тиск.

У разі непрацюючого двигуна за часом падіння тиску в першому положенні крана оцінюється сумарна герметичність клапана насоса та запірної голки карбюратора, а в третьому – герметичність клапана насоса. За різницею цих показників визначають герметичність запірної голки карбюратора.



**Рис. 1.33. Прилад для перевірки бензонасосів КИ-436**

На рис. 1.33 цифрами позначені: 1 – закритий циліндр; 2, 5 – шланг; 3 – триходовий кран; 4 – манометр; 6 – мірна лінійка; 7 – поплавков; 8 – кран; 9 – різьбовий отвір.

**Щоб визначити зниження тиску** використовують також вакуумметр, який приєднують до впускного отвору насосу штуцером.

Стартером прокручують колінчастий вал двигуна на кілька обертів, вимірюють тиск, який у справного насоса повинен дорівнювати 50-45 МПа. Якщо зниження тиску виявиться меншим, то це свідчить або про негерметичність випускного клапану, або про пошкодження мембрани чи прокладки. Для усунення не-

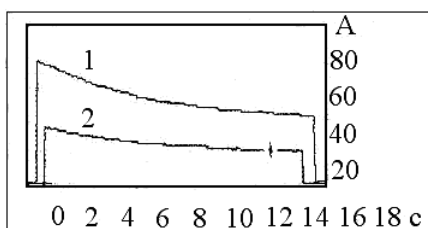
справностей паливний насос знімають з двигуна і ремонтують.

Оцінювання стану системи живлення карбюраторного двигуна за вмістом оксиду вуглецю у відпрацьованих газах виконують за допомогою газоаналізаторів.

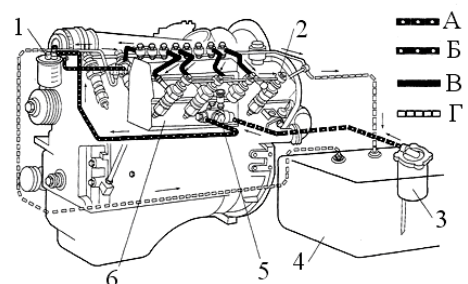
## 1.8.2. Діагностування систем пуску і живлення дизельних двигунів

### 1.8.2.1. Контроль пристрою полегшення пуску двигуна

У разі труднощів з холодним пуском дизеля свічки розжарювання перевіряють омметром на обрив. Перевірка виконується швидше, якщо силу струму розжарювання виміряти індуктивними затискачами, які дають можливість виміряти силу струму, не розриваючи кола. Індуктивні затискачі накладають на провід живлення свічок розжарювання і вмикають вимикач стартера та свічок розжарювання. Свічки розжарювання – це нагрівачі з додатним температурним коефіцієнтом, тобто їх опір збільшується з температурою. Сила струму стабілізується в діапазоні від 10 до 12 А на свічку приблизно через 15 с. Свічки розжарювання у сучасних системах впорскування палива з'єднані паралельно, отримані значення сили струму додаються. Якщо свічки розжарювання справні, типові значення сили струму для чотирициліндрового двигуна знаходяться в межах 40-48 А через 10 с після увімкнення вимикача стартера і свічок розжарювання. Якщо, наприклад, дві свічки розжарювання з чотирьох несправні, величина сили струму буде знаходитися у межах 20-24 А (рис. 1.34).



**Рис. 1.34. Залежності сили струму (А) від часу (с): 1 – при справних свічках розжарювання сила струму складає 48 А після 15 с; 2 – при несправних свічках сила струму складає 24 А після 15 с**



**Рис. 1.35. Схема живлення двигуна паливом**



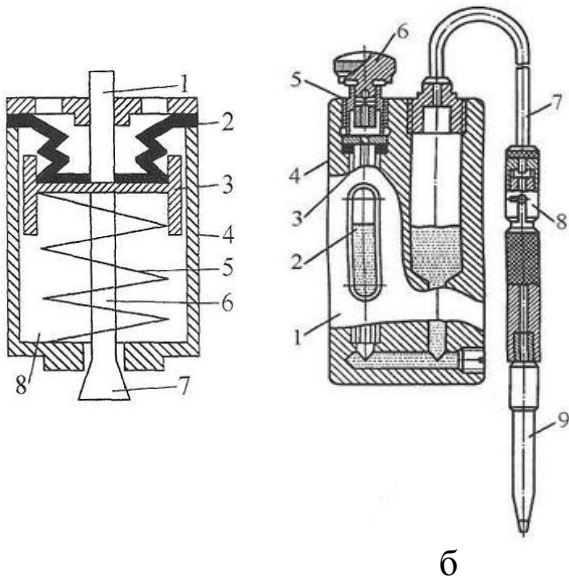
На двигуні, прогрітому до робочого стану, від'єднується штекер датчика температури. Імітацією низьких температур досягаються умови, за яких реле свічок розжарювання не відключає струм під час вимірювання. Якщо після увімкнення вимикача стартера і свічок розжарювання струм не тече, це значить, що або можуть бути несправними всі свічки розжарювання, або в колі живлення свічок розжарювання є обрив. Для того щоб можна було розрізнити ці два припущення, несправність перевіряють вольтметром або контрольною лампою, з'ясовуючи, чи є при увімкненому вимикачі стартера і свічок розжарювання напруга на свічках розжарювання. Якщо напруга є, усі свічки розжарювання несправні і їх потрібно замінити. Якщо напруга відсутня, необхідно перевірити електроживлення свічок розжарювання, починаючи з перевірки запобіжників, які у деяких автомобілів часто перегорять. Якщо напруга відсутня на контактах реле з боку свічок розжарювання, а реле електроживлення не порушене, потрібно замінити реле.

**Діагностування систем живлення дизельних двигунів** включає в себе перевірку герметичності системи та стану паливних і повітряних фільтрів, перевірку паливопідкачувального насосу, а також насосу високого тиску і форсунок.

Схема живлення двигунів ЯМЗ-238 наведена на рис. 1.35. На ньому прийняті наступні позначення: 1 – фільтр тонкого очищення; 2 – форсунка; 3 – фільтр грубого очищення палива; 4 – паливний бак; 5 – паливопідкачувальний насос; 6 – паливний насос високого тиску; А – всмоктувальна магістраль; Б – низький тиск; В – високий тиск; Г – зливання надлишків палива в бак.

#### **1.8.2.2. Діагностування фільтрів і герметичності системи живлення**

**Оцінюючи повітроподачу**, вимірюють засміченість повітроочисника і герметичність впускного тракту. Засміченість повітроочисника визначають візуально і за розрідженням у всмоктувальному колекторі за допомогою спеціального сигналізатора **ОР-9928** або стандартного вакуумметра. Сигналізатор засміченості (рис. 1.36) складається з циліндричного корпусу з прозорим вікном. Всередині корпусу переміщується поршень, прикріплений до еластичної підпружиненої діафрагми, на яку з одного боку діє атмосферний тиск, а з іншого – розрідження у всмоктувальному колекторі. Сигналізатор встановлюють у спеціально зроблений різьбовий отвір у всмоктувальному колекторі. Для увімкнення сигналізатора натискають на стрижень 1, при цьому діафрагма 2 через клапан 7 з'єднується з порожниною всмоктувального колектора і поршень 3 під дією розрідження переміщується вниз. Червона смуга, що з'явилася на поршні, сигналізує про недопустиме розрідження. По мірі засмічення повітряного фільтру збільшується ступінь розрідження у впускних трубопроводах двигуна і при досягненні тиску в 7 кПа індикатор спрацьовує (червоний барабан закриває вікно індикатору й не повертається у вихідне положення після зупинки двигуна), що свідчить про необхідність технічного обслуговування повітряного фільтру.



**Рис. 1.36. Схема сигналізатора засміченості повітроочисника ОР-9928 (а) та індикатора герметичності повітряного тракту КИ-4870 (б):**

- а: 1 – стрижень; 2 – діафрагма; 3 – поршень; 4 – корпус; 5 – пружина; 6 – шток; 7 – зворотний клапан; 8 – камера;  
 б: 1 – корпус; 2 – контрольне вікно; 3 – водомірна трубка; 4 – прокладка; 5 – отвір; 6 – гвинт; 7 – гумова трубка; 8 – вилка; 9 – знімний наконечник

розрідження не менше 50 кПа, тиск не менше 400 кПа і подачу палива не менше 0,025 мл на 100 робочих ходів (для восьмициліндрових двигунів марок «МАЗ» і «КамАЗ»). Стан сухих повітряних фільтрів, що встановлюються на останніх моделях автомобілів, перевіряють за розрідженням за фільтром за допомогою водяного п'єзометра (не більше 700 мм вод. ст.).

Стан паливних фільтрів перевіряють на режимі холостому ходу двигуна за тиском за фільтром (не менше 150 кПа), а точніше – за перепадом тисків перед фільтром і за ним (не більше 20 кПа).

Нижчий тиск свідчить про несправну роботу паливопідкачувального насосу.

**Герметичність системи живлення дизельного двигуна** має особливе значення. Так, підсмоктування повітря у впускній частині системи (від бака до паливопідкачувального насосу) призводить до порушення роботи паливоподавальної апаратури, а негерметичність частини системи, яка знаходиться під тиском (від паливопідкачувального насосу до форсунок), викликає підтікання і перевитрату палива.

Негерметичність частини системи живлення, яка знаходиться під високим тиском, перевіряється візуально за підтіканням палива при працюючому двигуні.

Герметичність повітряного тракту визначають за наявністю розрідження у місцях з'єднання трубопроводів. Індикатор КИ-4870 (рис. 1.36), який використовують для цього, – це рідинний U-подібний вакуумметр,

Індикатор з'єднують з контрольним отвором на впускному колекторі з допомогою гумового наконечника. Ступінь засміченості повітряного фільтру визначають при роботі двигуна на максимальній частоті обертання колінчастого валу на режимі холостого ходу.

Індикатор вмикають натисканням на стрижень 1, який відкриває клапан 7 і з'єднує камеру 8 з впускним трубопроводом. Камера 8 сполучається з навколишнім середовищем, тому положення поршня 3 щодо оглядового вікна корпуса 4 визначає опір повітряного фільтру. Повне перекриття вікна поршнем відбувається при тиску у впускному трубопроводі більше 70 кПа, що сигналізує про граничну засміченість повітряного фільтру.

Після ремонту паливопідкачувального насосу при випробуваннях на спеціальному стенді він повинен забезпечувати при частоті обертання колінчастого валу  $1050 \text{ хв}^{-1}$

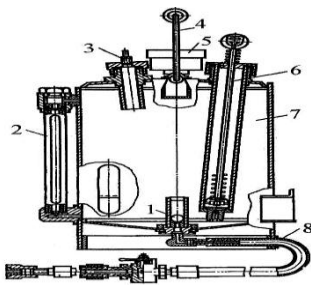


одна порожнина якого з'єднана з атмосферою, а інша через гумову трубку 7 і знімний наконечник 9 – з місцями можливого підсмоктування повітря. Корпус індикатора утримується вертикально і, якщо є розрідження, рівень рідини у вікні 2 знижується.

Герметичність системи живлення двигуна автомобілів КамАЗ-5410, КамАЗ-4310 і КамАЗ-5511 виконують повітрям. Пристрої і порядок перевірки герметичності з'єднань на автомобілях КамАЗ-5320 описані в роботі [4].

Впускну частину паливної магістралі перевіряють на герметичність за допомогою спеціального приладу-бачка. Для цього від'єднують від паливного бака паливопровід, що відводить надлишок палива, герметизують його заглушкою, потім від'єднують від бака подавальний паливопровід і приєднують до нього шланг бачка (рис. 1.37). Пальне з частково заповненого бачка подають в систему під тиском 0,3 МПа, що попередньо створюється наявним у бачку повітряним насосом. Негерметичність паливопроводів виявляють за появою в місцях з'єднань бульбашок повітря і підтіканням палива.

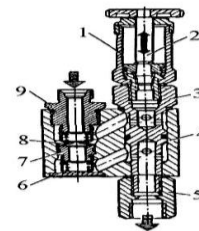
Частина магістралі, що знаходиться під низьким тиском, можна перевіряти розпресуванням ручним паливопідкачувальним насосом (рис. 1.38) або візуально при роботі двигуна на частоті обертання холостого ходу.



**Рис. 1.37. Бачок для перевірки герметичності паливної системи**

**дизеля:**

1 – клапан; 2 – паливомірна трубка; 3 – кран для випуску повітря; 4 – рукоятка; 5 – манометр; 6 – повітряний насос; 7 – бачок; 8 – шланг



**Рис. 1.38. Ручний паливопідкачувальний насос:**

1 – циліндр; 2 – рукоятка насосу з поршнем; 3, 5 – штуцери; 4 – корпус; 6 – пружина; 7 – нагнітальний клапан; 8 – пластинчаста пружина; 9 – всмоктувальний клапан

### 1.8.2.3. Регулювальні роботи в системах живлення карбюраторного і дизельного двигунів

Перед початком регулювальних робіт необхідно усунути виявлені під час перевірки систем несправності. Найхарактернішими і для карбюраторного, і для дизельного двигунів є усунення негерметичності в паливопроводах і агрегатах, промивання й очищення паливних і повітряних фільтрів.

У карбюраторному двигуні регулюють рівень палива в поплавковій камері, для чого змінюють кількість прокладок під гніздом голчастого клапану або згинають важілець поплавка, що спирається на голку. Жиклери, які не відповідають за пропускною здатністю, замінюють. Регулювання карбюраторів проводять на мінімальній частоті обертання холостого ходу з прогрітим двигуном. До його початку необхідно переконатися, що у впускному

трубопроводі відсутні підсмоктування. Мінімальної частоти досягають по-черговим викручуванням і вкручуванням гвинта якості суміші та упорного гвинта дроселя, підбираючи найвигідніше їх положення, що відповідає найменшій стійкій частоті. У разі правильного регулювання карбюраторний двигун повинен усталено працювати при  $400-600 \text{ хв}^{-1}$  колінчастого валу.

У дизельного двигуна проводять регулювання паливного насосу високого тиску і форсунок. Кількість палива, що подається секцією, регулюють, обертаючи плунжер разом з поворотною втулкою відносно зубчастого вінця і змінюючи тим самим активний хід плунжера. Момент початку подачі палива секцією регулюють, вкручуючи або закручуючи регулювальні болти штовхача. Тиск впорскування форсунки регулюють шляхом заміни товщини регулювальних шайб, установлених під пружину (у двигунів КамАЗ-740), або з допомогою регулювальної гайки (у двигунів ЯМЗ-236 і ЯМЗ-238).

### **Контрольні запитання**

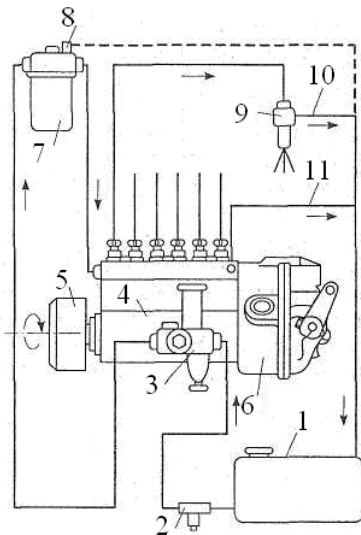
1. Які основні діагностичні ознаки несправностей системи живлення карбюраторних двигунів?
2. Навести методи і засоби контролю паливного насосу двигуна.
3. Які системи й елементи необхідно перевіряти при діагностуванні карбюраторів?
4. Як контролюють технічний стан системи пуску реального двигуна?
5. Як діагностують фільтри і герметичність системи живлення дизельного двигуна?

## **1.9. Діагностування паливної апаратури**

### **1.9.1. Паливна система з механічним управлінням подачею палива**

Паливна апаратура повинна забезпечувати мінімальну витрату палива при допустимих значеннях викиду токсичних компонентів з відпрацьованими газами та рівнем шуму. Це завдання вирішується оптимізацією початку впорскування, циклової подачі та якістю розпилення палива в залежності від завантаження двигуна й умов його роботи.

Основними параметрами, що характеризують технічний стан паливної апаратури (рис. 1.39), є: тиск впорскування і якість розпилення палива форсунками, продуктивність підкачувального насосу й елементів паливного насосу високого тиску, спрацювання плунжерних пар і клапанів, кут випередження подачі палива, стан фільтрів грубого та тонкого очищення. Перевірці в першу чергу підлягає фільтр тонкого очищення, перепускний клапан і підкачувальний насос. Тиск перед фільтром повинен бути не менше  $0,09 \text{ МПа}$ , а після фільтру – в межах  $0,06-0,08 \text{ МПа}$ .



**Рис. 1.39. Паливна система з механічним управлінням подачею палива**

На рис. 1.39 цифрами позначені: 1 – паливний бак; 2 – фільтр грубого очищення; 3 – паливopідкачувальний насос; 4 – паливний насос високого тиску; 5 – муфта випередження кута впорскування; 6 – регулятор; 7 – фільтр тонкого очищення; 8 – перепускний клапан; 9 – форсунка; 10 – лінія повернення палива; 11 – лінія надлишкового потоку палива.

Однією з головних причин відмов паливної системи є несправність форсунок. При діагностуванні двигуна застосовують два варіанти перевірки технічного стану форсунок: зі зняттям з двигуна і без зняття з використання пристосування, яке дає можливість визначати тиск і якість розпилення палива форсункою. Для різних двигунів тиск спрацьову-

вання дорівнює 13-21 МПа. Якість розпилення визначається стетоскопом при нагнітанні палива у форсунку пристосуванням. Впорскування супроводжується чітким характерним звуком удару голки форсунки в сидлі. Перевіряють також герметичність форсунки. Зниження тиску з 28 до 23 МПа повинно продовжуватися не менше 5 с. Для перевірки роботоздатності форсунок застосовують також максиметри. При перевірці роботоздатності паливного насосу тиск, який розвиває кожна плунжерна пара, повинен бути не менше 30 МПа. Якщо він менший, то насос відправляють в ремонт. Герметичність нагнітального клапана перевіряється при тиску 15 МПа, по досягненні якого відключають подачу палива. Якщо час падіння тиску до 10 МПа не більше 10 с, то насос відправляють в ремонт.

При діагностуванні паливної системи перевіряють кут випередження подачі палива, який впливає на повноту та якість згоряння палива.

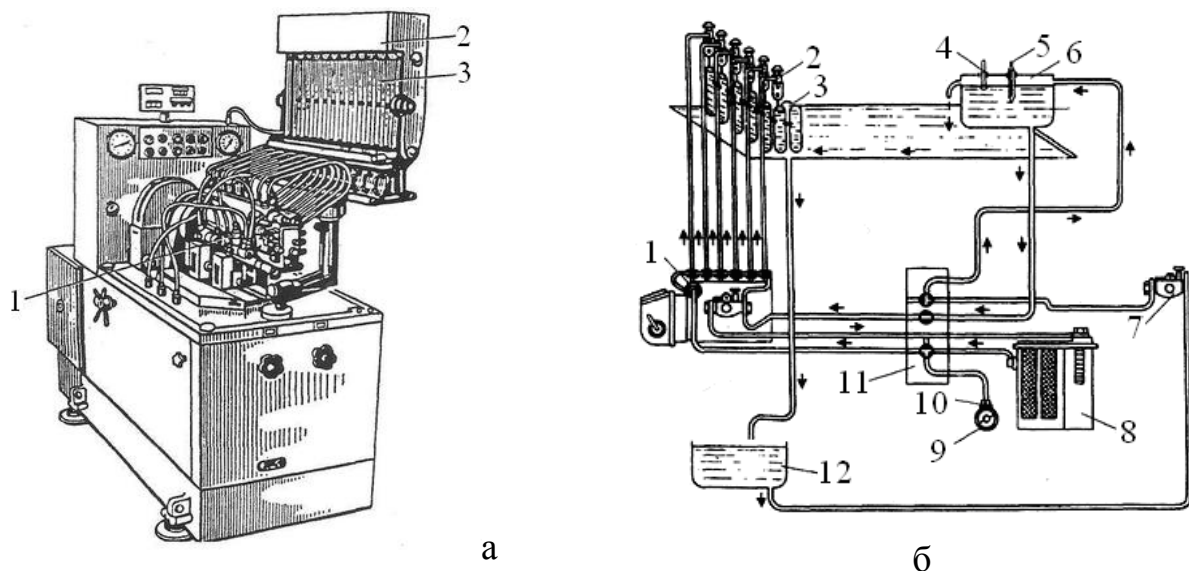
Рівень диму у відпрацьованих газах визначають приладом. На процес займання суміші поряд з системою паливopодачі дуже впливає система подачі повітря. Основним елементом подачі повітря є повітроочисник, характеристики якого по мірі забруднення погіршуються. Ступінь засміченості повітроочисника характеризується розрідженням у впускному повітряному тракті.

Паливopідкачувальний насос і насос високого тиску дизельної паливної апаратури перевіряють на стендах СТДА-1 (рис. 1.40) КИ-15711 і комп'ютеризованих ДД10-04А і ДД10-05Э. Ці стенди складаються з приводу насосу, вимірювального блока з мензурками для визначення подачі кожної секції, пристрою для вимірювання кута випередження впорскування і системи подачі палива. Стенди розрізняються способом зміни частоти обертання валу приводу насосу (електричний, механічний, гідравлічний), кількістю секцій, які можна випробувати, конструкцією пристрою для вимірювання кута випередження впорскування палива та електричними або електронними системами автоматизації контролю технічного стану.

Стенд СТДА-1 працює за принципом кількісного вимірювання із застосуванням мірних мензурок. Виконується подача палива у мірні мензур-

ки, причому по одній на кожну секцію ПНВТ. Потік палива переривається після кількох тактів нагнітання. З допомогою градування на мензурках оператор стенда візуально вимірює кількість палива, що подають випробовувані форсунки з точно налаштованим тиском відкриття. [4]

При випробуваннях і регулюванні на стенді СТДА-1 справний паливопідкачувальний насос повинен мати певну продуктивність при заданому протитиску та тиску із повністю перекритим паливним каналом (для двигуна ЯМЗ-236 при  $1050 \text{ хв}^{-1}$  валика стенда продуктивність повинна бути не менше  $2,2 \text{ л/хв}$  при протитиску  $150\text{-}170 \text{ кПа}$  і тиску із повністю перекритим каналом  $380 \text{ кПа}$ ). Паливний насос високого тиску перевіряють на початок, рівномірність і величину подачі палива в циліндри двигуна. Для визначення початку подачі палива застосовують моментоскопи – скляні трубки з внутрішнім діаметром  $1,5\text{-}2,0 \text{ мм}$ , які встановлюють на вихідному штуцері насоса, і градуйований диск (лімб), що кріпиться до валу насоса. При прокручуванні валу секції насоса подають пальне в трубки моментоскопів. Момент початку руху палива в трубці першого циліндра фіксують за градуйованим диском. Це положення приймають за  $0^\circ$  - початок відліку. Подача палива до решти циліндрів повинна відбуватися через певні кути повороту валу згідно з порядком роботи циліндрів двигуна. Для двигуна 740 автомобіля КамАЗ порядок роботи циліндрів 1-5-4-2-6-3-7-8, подача палива до п'ятого циліндра (секцією насосу 8) повинна відбуватися через  $45^\circ$ , в четвертий (секцією 4) – через  $90^\circ$ , до другого (секцією 5) -  $135^\circ$ , до шостого (секцією 7) -  $180^\circ$ , до третього (секцією 3) -  $225^\circ$ , до сьомого (секцією 6) -  $270^\circ$  і до восьмого (секцією 2) -  $315^\circ$ . При цьому допускається неточність інтервалу між початком подачі палива кожною секцією відносно першої не більше  $0,5^\circ$ .



**Рис. 1.40. Загальний вигляд стенда СТДА-1 для контролю дизельної паливної апаратури (а) і його гідравлічна схема (б):**

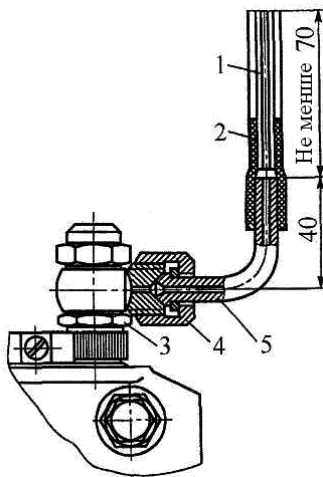
а: 1 – ПНВТ, закріплений на стенді; 2 – місце для установки форсунок; 3 – контрольні колби (мензурки); б: 1 – ПНВТ; 2 – форсунка; 3 – мірні циліндри; 4 – показчик рівня палива; 5 – термометр; 6 – верхній паливний бак; 7 – паливопідкачувальний насос; 8 – паливний фільтр; 9 – манометр; 10 – демпфер; 11 – розподільник палива; 12 – нижній паливний бак

Момент початку подачі палива секціями ПНВТ залежить від правильності установки муфти випередження впорскування (МОВ) відносно приводу, тобто збігу контрольних міток з відповідними поділками на шкалах, градуйованих у градусах за кутом повороту колінчастого валу (КВ). У двигунах автомобілів КамАЗ є додатковий пристрій у вигляді фіксатора маховика для установки колінчастого валу двигуна (а отже, і приводу МОВ) у положення, яке відповідає початку подачі палива першою секцією ПНВТ у перший циліндр двигуна.

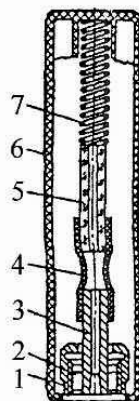
В момент початку нагнітання палива першою секцією мітки на муфті випередження впорскування палива і корпусі насоса повинні зійтися.

Якщо кут повороту кулачкового валу насоса прийняти за  $0^\circ$ , то решта секцій повинні починати подачу палива в такому порядку: друга секція – кут повороту  $45^\circ$ ; восьма –  $90^\circ$ ; четверта –  $135^\circ$ ; третя –  $180^\circ$ ; шоста –  $225^\circ$ ; п'ята –  $270^\circ$ ; сьома –  $315^\circ$ . Гранична величина допуску не більше  $\pm 30'$ .

Кут початку подачі палива в дизелях (за кутом повороту колінчастого валу (КВ) в градусах) має ще більше значення, ніж кут випередження запалювання в карбюраторних двигунах, тому що у разі надто ранньої подачі та якщо дуже пізня, впорскування палива форсункою в камеру згоряння буде відбуватися із зниженою компресією, що порушить процес нормального сумішоутворення.



**Рис. 1.41. Моментоскоп:**  
1 – скляна трубка; 2 – гума-  
ва трубка; 3 – паливопро-  
від; 4 – накидна гайка; 5 –  
штуцер секції паливного  
насосу



**Рис. 1.42. Моментоскоп моделі КИ-4941:**  
1 – штуцер; 2 – ущіль-  
нення; 3 – паливопода-  
вальна трубка; 4 –  
з'єднувальна трубка; 5 –  
контрольна скляна труб-  
ка; 6 – жорсткий корпус;  
7 – пружина

Для перевірки прави-  
льності установки моменту  
початку подачі палива та  
кута випередження впор-  
скування і приєднання  
ПНВТ з муфтою випере-  
дження впорскування  
(МОВ) до приводу, крім  
контролю збігу різних мі-  
ток і покажчиків з потріб-  
ним градусом на шкалах,  
необхідно замість трубоп-  
роводу високого тиску  
приєднати до першої секції  
ПНВТ моментоскоп (рис.  
1.41, 1.42) і повільно доти  
прокручувати важелем  
спеціального пристрою КВ  
разом з приводом ПНВТ,  
що звичайно з допомогою

болтів приєднаний до МОВ, доки пальне не почне підніматися у скляній трубці моментоскопа, що й буде означати момент початку подачі палива першою секцією. Якщо він буде надто раннім чи пізнім – необхідно викрутити болти кріплення або, повертаючи корпус МОВ, змінити її положення у відповідний бік відносно приводу. Після цього слід закрутити болти і виконати перевірку ще раз. У більшості моделей дизелів кут моменту початку подачі палива складає  $17-20^\circ$  (до ВМТ, за кутом повороту КВ). При низьких



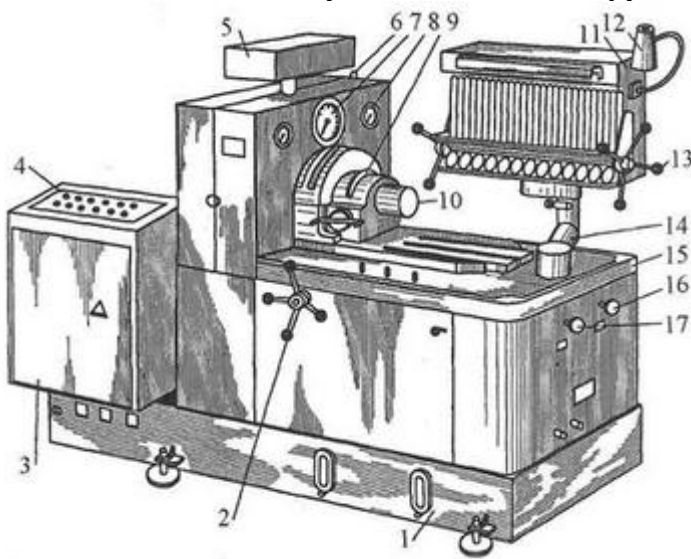
температурах кут випередження збільшують на 3-5°. При використанні **моментоскопа КИ-4941** не потрібна підтримка рукою під час перевірки; він також попереджує розбризкування палива по поверхні двигуна.

Показані моментоскопи дозволяють визначати кут випередження впорскування палива без зняття з дизеля (автомобіля).

**Більш досконалим методом** визначення кута випередження впорскування палива є фіксація пульсації тиску в паливопроводі високого тиску. Цей метод положено в основу роботи дизель-тестера К296, що призначений для перевірки паливної апаратури й електрообладнання дизелів.

Прилад забезпечує перевірку та регулювання установочного кута випередження впорскування палива, а також мінімальної і максимальної частоти обертання колінчастого валу дизеля. Перевірка електрообладнання включає контроль напруги акумуляторної батареї, струму заряджання і струму стартера.

Для визначення кута випередження впорскування палива на паливопроводі першого циліндра у 30-50 мм від накидної гайки штуцера ПНВТ установлюють накладний п'єзодатчик, що перетворює збільшення тиску палива при впорскуванні в електричний сигнал. Освітлюючи стробоскопом дизель-тестера контрольні мітки на частинах двигуна, що обертаються (шків колінчастого валу, маховик тощо), установлюють момент його запуску, який відповідає ВМТ у першому циліндрі. При цьому різниця кутів повороту між сигналами впорскування і ВМТ, що відповідає куту випередження впорскування палива, відображається на цифровій шкалі приладу.



**Рис. 1.43. Стенд для випробування дизельної паливної апаратури КИ-15711:**

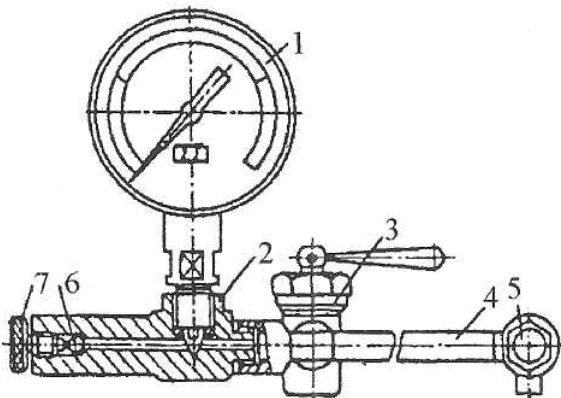
1 – основа; 2 – штурвал; 3 – електрошафа; 4 – пульт управління; 5 – блок електроніки; 6, 8 – манометр; 7 – термометр; 9 – маховичок; 10 – з'єднувальна муфта; 11 – мірний блок; 12 – світильник; 13 – рукоятка; 14 – поворотний кронштейн; 15 – плита; 16, 17 – дросель

**Контроль технічного стану насосів на вітчизняних стендах.** Стенд КИ-15711 (рис. 1.43) призначений для випробування ПНВТ з кількістю секцій до 12, дозволяє виміряти такі параметри: кількість і рівномірність подачі палива, тиск відкриття нагнітальних клапанів, кути початку та кінця впорскування палива, характеристики автоматичної муфти випередження впорскування. Стенд містить в собі електродвигун і систему гідроприводу, який складається з гідронасосу та гідромотора із змінними робочими об'ємами, що дає можливість в широких межах змінювати швидкість обертання його валу з допомогою штурвалу 2. Частота обертання контролюється блоком електроніки 5,

який також установлює кількість циклів для вимірювання подачі насосу. Пальне з секцій ПНВТ надходить у мірний блок 11, де через форсунки впорску-

ється у відстійники, а потім подається у вимірювальні мензурки. Для вимірювання кутів початку й кінця впорскування палива освітлювачем стробоскопа, що входить у комплект стенда, освітлюють скляний відстійник, у якому встановлена форсунка. Змінюючи момент запалювання стробоскопа з допомогою маховичка 9, добиваються появи зображення факела палива з розпилювача форсунки. Потім освітлювачем стробоскопа освітлюють маховик привідного валу, на якому нанесені кутові позначки, і визначають кут початку впорскування палива.

Для діагностування підкачувального насосу ПНВТ, фільтра тонкого очищення (ФТО) і перепускного клапана використовують **прилад моделі КИ-4801** (рис. 1.44). Один з наконечників приладу приєднують до нагнітальної магістралі підкачувального насосу перед ФТО, а другий – між ФТО і ПНВТ. Запускають двигун і при максимальній подачі палива вимірюють тиск до і після ФТО – якщо тиск за фільтром нижче  $0,6 \text{ кгс/см}^2$  (при нормальному тиску перед фільтром, який розвиває підкачувальний насос –  $1,4\text{--}1,6 \text{ кгс/см}^2$ ), – це свідчить про засмічення ФТО. Якщо тиск, який розвиває підкачувальний насос (перед ФТО), нижчий  $0,8 \text{ кгс/см}^2$  – насос потрібно замінити.



**Рис. 1.44. Прилад КИ-4801 для вимірювання тиску в системі паливоподачі низького тиску перед ПНВТ**

На рис. 1.44. цифрами позначені: 1 – манометр; 2 – перехідник; 3 – кран; 4 – паливопровід; 5 – з'єднувальний штуцер; 6 – кулька; 7 – гвинт.

Оцінити стан системи низького тиску (паливопідкачувальний насос, перепускний клапан і фільтр тонкого очищення палива) можна з допомогою пристосування **КИ-13943**. Це пристосування являє собою манометр, вхід якого через демпфер, гумотканинний шланг і спеціальні наконечники з'єднується з входом фільтра тонкого очищення. При відключеній подачі

палива, повертаючи колінчастий вал двигуна, спостерігають за показаннями манометра. Якщо стрілка манометра здійснює періодичні коливання і максимальне показання не перевищує  $0,4 \text{ МПа}$ , замінюють або регулюють перепускний клапан. Якщо тиск постійний, але не більший за  $0,07 \text{ МПа}$ , замінюють паливопідкачувальний насос.

Для перевірки фільтра тонкого очищення відкривають кран для випуску повітря і нагнітають пальне ручним підкачувальним насосом. Якщо при цьому його тиск більший за  $0,08 \text{ МПа}$ , фільтр вважається забрудненим.

**Стенди КИ-22205 і КИ-921МТ** (табл. 1.8) призначені для перевірки 8-секційних паливних насосів, модифікації КИ-22205-01 (КИ-22205-02, КИ-22205-06, КИ-22205-07) – для 12-секційних паливних насосів. Для регулювання ПНВТ автомобілів КраЗ і КамАЗ призначений стенд КИ-921МТ.

## Технічні характеристики стендів для перевірки ПНВТ

Характеристики	КИ-22205-06	КИ-921МТ
Кількість випробовуваних секцій, шт	12	8
Діапазон регулювання частоти обертання, хв <sup>-1</sup>	50-1700	120-1600
Установлена потужність, кВт	5,6	3
Габаритні розміри, мм	1250×950×1850	1250×950×1850
Маса, кг	750	470

Кількість палива, що подається в циліндр кожної з секцій насосу при випробуваннях на стенді, визначають з допомогою мірних мензурок. Для цього насос установлюють на стенд і валу насосу надається обертання електродвигуном стенда. Випробування проводиться разом з комплектом справних і відрегульованих форсунок, які з'єднуються з секціями насосу трубопроводами високого тиску однакової довжини (600±2 мм). Кількість палива, що подається, перевіряють на еталонних форсунках. Величина циклової подачі (кількість палива, що подає секція за один хід плунжера) для двигуна КамАЗ-740 повинна складати 72,5-75,0 мм<sup>3</sup>/цикл.

Нерівномірність  $\delta$  подачі палива секціями насосу не повинна перевищувати 5%. Визначають  $\delta$  за формулою

$$\delta = \frac{(v_{\max} - v_{\min})^2}{v_{\max} + v_{\min}} \cdot 100\%, \quad (1.8)$$

де  $v_{\max}$  – циклова подача секції з максимальною продуктивністю, мм<sup>3</sup>;  $v_{\min}$  – циклова подача секції з мінімальною продуктивністю, мм<sup>3</sup>.

Від якості палива залежить повнота його згоряння, коефіцієнт корисної дії двигуна. У разі неповного згоряння палива відбувається забруднення всієї паливної системи і, як наслідок, збільшення витрати палива, детонація, погіршення динаміки автомобіля, провали при прискоренні, утруднений пуск двигуна, підвищений рівень СО, СН у відпрацьованих газах, передчасний вихід з ладу агрегатів і деталей паливної системи.

У паливній системі найбільше можуть забруднюватися такі елементи:

- форсунки, клапани і камера згоряння;
- пристрої розподілення палива;
- регулятор тиску, паливопроводи, повітряний колектор;
- паливні та повітряні канали, регулювальні гвинти;
- паливні жиклери.

Найбільшого забруднення зазнають форсунки. Це пояснюється тим, що вони розташовані в зоні дії високих температур. Це призводить до їх закоксування смолами, що містяться у пальному, утворення на форсунках твердих відкладень, які перебивають (частково або повністю) розпилювальні отвори й порушують герметичність голчастого клапана. Крім того, загальне забруднення паливної системи (бака, трубопроводів, фільтра і т. д.) призводить до засмічення часточками шламу каналів і фільтра форсунки.



## 1.9.2. Контроль стану форсунок двигунів

Виробники створили безліч форсунок різних типів: електромагнітні, механічні, високого і низького тиску. Різноманітність форсунок визначається наявністю різних вимог до параметрів упорскування.

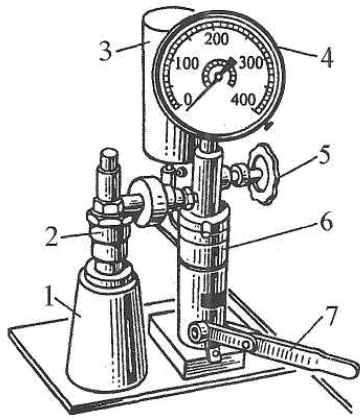
Форсунки перевіряють на якість розпилення палива, герметичність, а також контролюють тиск початку впорскування (підйому голки розпилювача). Для цього припиняють подачу палива до форсунки, послаблюючи затягнення накидної гайки, що з'єднує штуцер секції насосу з паливопроводом високого тиску. Якщо після цього частота обертання колінчастого валу зменшиться, а димність не зміниться, то форсунка, яку перевіряють, справна; форсунку можна перевірити також з допомогою максиметра.

Попередньо форсунки перевіряють безпосередньо на працюючому двигуні послідовним виключенням циліндрів. Для цього послабляють накидну гайку біля штуцера форсунки, яку перевіряють, з тим, щоб пальне витікало зовні, не надходячи у форсунку, і циліндр таким чином виключається. Якщо виключена форсунка справна, перебої у роботі двигуна збільшаться, частота обертання колінчастого валу зменшиться, а димлення випуску не стане меншим. Навпаки, якщо форсунка несправна, характер роботи двигуна не зміниться, а димність випуску зменшиться. В цьому разі форсунку знімають.

Кількість палива, що подається секцією, регулюють, обертаючи плунжер разом з поворотною втулкою відносно зубчастого вінця й змінюючи тим самим активний хід плунжера. Момент початку подачі палива секцією регулюють, вкручуючи або закручуючи регулювальні болти штовхача. Тиск впорскування форсунки регулюють шляхом зміни товщини регулювальних шайб, установлених під пружину (у двигунів КамАЗ-740), або з допомогою регулювальної гайки (у двигунів ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238).

Перевірку форсунок без зняття з дизеля виконують пристосуванням **КИ-16301А**. Тиск початку впорскування і герметичність розпилювача визначають за описаною раніше методикою. Якість розпилення палива оцінюють за звуком, нагнітаючи насосом пальне у форсунку зі швидкістю 70-80 підкачувань за хвилину. Нормальна робота форсунки під час впорскування палива супроводжується чітким переривчастим звуком.

Форсунки, зняті з дизеля, перевіряють на стенді **М-106** або приладом **КИ-15706**, який складається з корпусу, що також слугує баком для палива, ручного паливного насосу на базі плунжерної пари, манометра і камери впорскування з вентилятором. Форсунка встановлюється в камеру і підключається до виходу насосу. Переміщуючи рукоятку насосу зі швидкістю 35-40 підкачувань за хвилину, за максимальними показаннями манометра визначають тиск початку впорскування палива. При цьому якість розпилення палива оцінюють візуально. Після зниження тиску на 2 МПа включають секундомір. Якщо за 20 с тиск падає більше, ніж на 1,5 МПа, герметичність розпилювача не відповідає нормі. Герметичність, тиск початку підняття голки і якість розпилення палива контролюють на стенді КИ-1609 (рис. 1.45). Стенд складається з паливного бачка, секції паливного насосу високого тиску і манометра з межами вимірювання до 40 МПа.



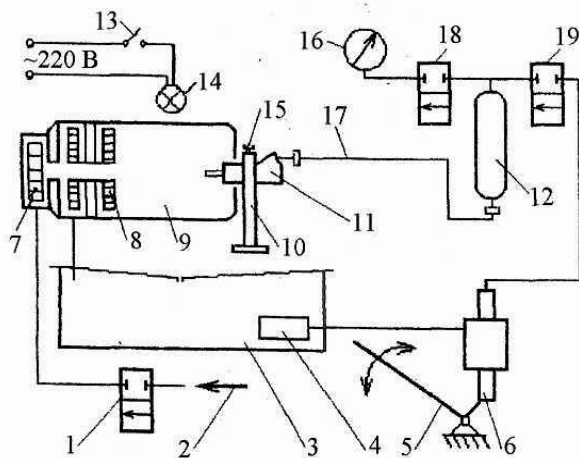
**Рис. 1.45. Прилад для перевірки і регулювання форсунок:**

1 – захисний прозорий ковпак-збірник палива; 2 – форсунка, яку перевіряють; 3 – бачок для палива; 4 – манометр; 5 – запірний вентиль; 6 – корпус приладу; 7 – важіль

За аналогічним принципом працюють прилади КИ-3333А, КИ-562, КИ-1404.

**Стенд КИ-3333** призначений для перевірки та регулювання усіх типів гідрокерованих форсунок автотракторних дизелів. Схема стенда КИ-3333 представлена на рис. 1.46.

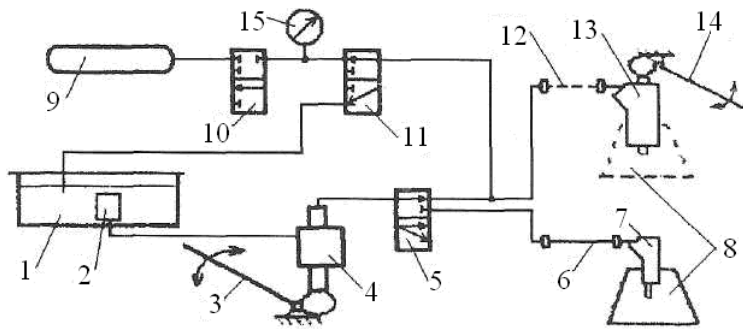
Пальне з бака 3 через фільтр тонкого очищення 4 надходить в насос плунжера 6 з ручним приводом 5. Насос нагнітає пальне через витратний кран 19, гідроаккумулятор 12 та через подавальний паливопровід 17 у форсунку 11, яку випробовують. Кран 19 служить для регулювання витрати палива, а гідроаккумулятор 12 – для згладжування пульсацій тиску, які створюються насосом. У закритому положенні (як показано на рис. 1.46) кран 19 припиняє вихід палива з насосу.



**Рис. 1.46. Схема стенда КИ-3333 для перевірки гідрокерованих форсунок дизельних двигунів**

Для вимірювання тиску призначений манометр 16, який підключається до гідросистеми стенда з допомогою крана 18. Форсунка 11, яку випробовують, розміщується у кронштейні 10 таким чином, щоб розпилувач форсунки розміщувався у камері впорскування 9, і закріплюється гвинтом 15. Камера впорскування 9 зроблена з прозорої пластмаси, має підсвічування від електричної лампи 14, яка вмикається з допомогою вимикача 13. Пари палива з камери впорскування відсмоктуються вентилятором 8, конденсуються і повертаються в бак 3.

Вентилятор приводиться в дію повітряною турбінкою 7, стиснуте повітря до якої подається через витратний кран 1.



**Рис. 1.47. Схема станда В-13м для перевірки насосних форсунок**

**Стенд В-13м** призначений для перевірки і регулювання усіх типів гідрокерованих форсунок, а також насосних форсунок автотракторних дизелів. Схема станда В-13м наведена на рис. 1.47.

Пальне з бака 1 через фільтр тонкого очищення 2 надходить в насос плунже-

ра 4 з ручним приводом 3. Насос нагнітає пальне в розподільний кран 5. Кран у відкритому положенні пропускає пальне, подає його через паливопровід 6 до форсунки 7, яку випробовують, або через паливопровід 12 до насосної форсунки 13, яку випробовують, і до крана 11. Під час перевірки форсунок один з паливопроводів повинен бути заглушений (як показано на рис. 1.47), наприклад, паливопровід 12. У закритому положенні кран 5 перекриває вихід палива з насоса. Кран 11 у закритому положенні роз'єднує гідросистему станда з дренажним виходом у паливний бак. У відкритому положенні кран 11 скидає надлишковий тиск у гідросистемі в атмосферу. Для вимірювання тиску палива призначений манометр 15. Кран 10 призначений для підключення або відключення гідроаккумулятора 9. Для тестового впливу на насос-форсунку стенд оснащений ручним приводом 14.

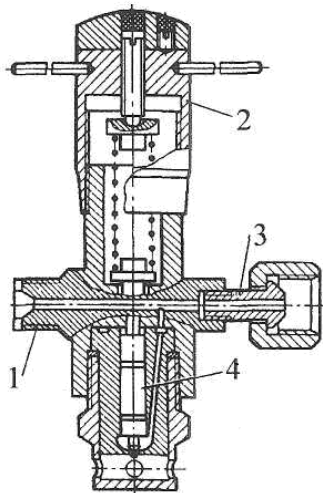
З допомогою цих приладів перевіряють якість розпилення палива форсункою. Пальне, що виходить із сопел розпилювача, повинне розпилюватися до туманоподібного стану і рівномірно розподілятися по всьому конусу розпилення.

Ще одним важливим фактором, що впливає на якість сумішоутворення в камері згоряння дизеля, а, значить, і на процес згоряння, є тиск впорскування (тиск початку підйому запірної голки) форсунок. Він повинен складати для двигунів ЯМЗ 16,5-17 МПа (165-170 кгс/см<sup>2</sup>); для двигунів КамАЗ і ЗИЛ-4331 – 18,5 МПа (185 кгс/см<sup>2</sup>). У процесі експлуатації жорсткість робочої пружини форсунки знижується, отже, знижується і тиск впорскування. Крім того, момент впорскування палива буде відбуватися при цьому трохи раніше, що також порушить нормальну роботу двигуна. Тому в ході діагностичних робіт перевірка тиску впорскування форсунок обов'язкова.

Тиск впорскування або початку підйому голки форсунки перевіряють за його значенням у момент впорскування палива. Для цього вкручують до кінця запірний вентиль 5 і важелем насоса повільно підвищують тиск до 12,5 МПа (див. рис. 1.45), після чого підвищують його зі швидкістю 0,5 МПа за секунду та спостерігають за початком впорскування палива. У двигунів ЯМЗ-236 і ЯМЗ-238 початок впорскування палива форсункою повинен відбуватися, коли тиск дорівнює  $15 \pm 0,5$  МПа. Регулюють форсунку регулювальним гвинтом, змінюючи натягнення пружини, яка притискає голку до отвору розпилювача.

Якість розпилення палива форсункою перевіряють із закритим запірним вентилям 5 манометра 4, користуючись важелем 7 насоса (рис. 1.45) виконують кілька різких хитань і спостерігають за характером впорскування. Пальне, що виходить із сопел розпилювача, повинне розбризкуватися до туманоподібного стану. Кут конуса розпилення контролюють за лініями на захисному ковпаку. Зниження тиску під час впорскування палива повинно бути у межах 0,8-1,7 МПа, при цьому підтікання палива не допускається. Початок і кінець впорскування характеризуються різким звуком (тріском).

На працюючому двигуні тиск початку підйому голки можна визначити з допомогою максиметра (рис. 1.48), який за принципом дії аналогічний до форсунки, але регульовальна гайка має мікрометричний пристрій з ноніусною шкалою, що дає можливість точно фіксувати тиск початку підйому голки. Цей прилад установлюють між секцією паливного насоса високого тиску і форсункою, яку перевіряють.



**Рис. 1.48. Максиметр:**

1, 3 – штуцери; 2 – мікрометрична головка; 4 – голка розпилювача

Штуцер 3 максиметра приєднують до штуцера секції ПНВТ, а штуцер 1 приєднують через короткий паливопровід до форсунки. Мікрометричною головкою 2 встановлюють на шкалі максиметра потрібний тиск підйому голки 4 розпилювача (для двигуна ЗИЛ-645 – 18,5 МПа). Потім послаблюють затягнення накладних гайок усіх паливопроводів високого тиску та прокручують колінчастий вал двигуна стартером. Добившись одночасності впорскування палива форсункою і максиметром, за положенням мікрометричного пристрою визначають, при якому тиску воно відбувається.

Якщо моменти початку впорскування палива через максиметр і форсунки збігається, форсунка справна. Якщо впорскування палива через форсунку починається раніше, ніж через максиметр, то тиск початку підйому голки розпилювача форсунки нижчий, ніж максиметра, і навпаки.

Знята форсунка перевіряється:

- на герметичність з тиском 30 МПа (час падіння тиску від 28 до 23 МПа повинен бути не менше 8 с);
- на початок підйому тиску (тиск впорскування), який повинен складати  $16,5+0,5$  МПа для двигунів марки «КамАЗ» і  $14,7+0,5$  МПа для двигунів марки «ЯМЗ»;
- на якість розпилення, яке повинно бути чітким, туманоподібним і рівним за поперечним перерізом конуса; при цьому повинен прослуховуватися характерний металевий звук.

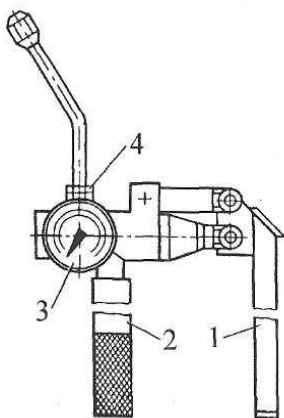
Виконання вказаних робіт забезпечує (у разі правильного регулювання клапанів та хорошої компресії в циліндрах двигуна) мінімальну димність і максимальну економічність роботи дизеля.

**Тестер для перевірки форсунок фірми «Keldan Technology Ltd»** (Австралія) призначений для експрес-контролю технічного стану і роботи форсунок на працюючому двигуні легкових і вантажних автомобілів, автобусів та інших транспортних засобів. Тестер дає можливість виявити засмі-

чення голки або сідла форсунки, послаблення або розрив внутрішньої пружини, просочування палива через корпус форсунки тощо.

Прилад складається з компактного мікропроцесорного блока із вбудованими знімними елементами живлення, датчика з живильним проводом і магнітною затискною головкою. На передній панелі приладу знаходиться 10 індикаторних світлодіодів штрихового коду, поворотний перемикач тиску в форсунках, кнопка увімкнення і вимкнення приладу, перемикач швидкої та повільної перевірки. Прилад і датчик мають достатньо міцний корпус. Результати перевірок видаються у вигляді закодованої інформації (відповідна цифра на шкалі світлодіодів).

Для перевірки форсунок і прецизійних пар паливного насосу використовують пристрій **КИ-16301А** (рис. 1.49).



**Рис. 1.49. Пристрій КИ-16301А для перевірки форсунок і прецизійних пар паливного насосу:**

1 – привідна ручка; 2 – ручка-резервуар; 3 – манометр; 4 – перехідник

Перехідник 4 приєднують до штуцера форсунки. Привідною ручкою 1 нагнітають пальне у форсунку, здійснюючи 30-40 хитань за 1 хв. Тиск початку впорскування палива визначають за манометром 3. Герметичність форсунки перевіряють із тиском на 0,1-0,15 МПа меншим тиску початку підйому голки. Протягом 15 с пальне не повинне проходити через запірний конус розпилювача та місця ущільнень. Допускається зволоження носка розпилювача без краплепадіння.

Для перевірки прецизійних пар паливного насосу ручку-резервуар 2 з'єднують з паливопроводом високого тиску, що йде від секції насосу, яку перевіряють. При повній подачі палива прокручують стартером колінчастий вал двигуна і за манометром визначають тиск, створюваний плунжерною парою паливного насосу. Герметичність нагнітальних клапанів перевіряють із непрацюючим насосом і включеній подачі палива. Під тиском 0,15-0,20 МПа клапани протягом 30 с не повинні пропускати пальне.

Тиск впорскування форсунки регулюють шляхом зміни товщини регулювальних шайб, установлених під пружину, або з допомогою регулювальної гайки.

Останнім часом з'явилися прилади, які дозволяють здійснювати діагностування без від'єднання паливопроводів від агрегатів.

**Пристрій КАД-304.40.000** для діагностування дизелів з допомогою накладних датчиків австрійської фірми «AVL» для паливопроводів діаметром 4, 5, 6 і 7 мм, дозволяє здійснювати перевірку і регулювання мінімальної і максимальної частоти обертання колінчастого валу, кута випередження впорскування палива, перевірку роботи регулятора частоти обертання, автоматичної муфти випередження впорскування палива, визначати стан нагнітального клапана, плунжерної пари, розпилювача форсунки.

### 1.9.3. Діагностування паливної системи віброакустичними методами



Аналіз осцилограм вібрацій корпусу форсунки і паливного насосу, осцилограм тиску палива показує, що з допомогою діагностичної апаратури можна реєструвати прямий і зворотний хід голки розпилювача форсунки й удар клапана паливного насосу, а також зміну тиску впорскування. У разі зависання голки розпилювача імпульси вібрацій зникають взагалі, а при дефектах клапана суттєво змінюється частота вібрацій.

Вимірювання вібрацій паливної апаратури при установці датчика на корпусі форсунки дозволяє встановити зв'язок між показниками роботи паливної апаратури та її віброакустичними характеристиками. Процес нагнітання палива в системі подачі супроводжується створенням гідравлічного імпульсу тиску з великою швидкістю наростання і малою тривалістю, тобто гідравлічним ударом. Вібраційні процеси, що виникають при нагнітанні палива на корпусі форсунки під час впорскування, виділені на резонансній частоті віброперетворювача (35 кГц) поза зоною власних коливань каналів (вище 20 кГц), достатньо точно відображають характер гідравлічних і ударних явищ.

Внаслідок високої частоти заповнення вібраційні імпульси характеризуються крутим фронтом наростання амплітуди, при цьому відсутні перешкоди від сполучень, які не перевіряються, спостерігається чітка відповідність фази вібраційних імпульсів початку гідравлічних імпульсів, а структура вібраційних процесів тісно пов'язана з характером перебігу гідравлічних процесів. Для діагностування застосовується найзручніший спосіб кріплення віброперетворювачів на грані гайок паливопроводу на насосі та на форсунці за допомогою струбцини.

**Зв'язок параметрів вібраційних процесів насосу і форсунки з параметрами стану паливної системи.** В першу чергу до таких параметрів належать фазові кут випередження початку нагнітання палива і кут впорскування при допустимій похибці вимірювань. Щоб розкрити можливості методу, важливо також встановити відповідність структури вібраційних процесів характеру процесів, що супроводжують впорскування палива, тому що, крім гідравлічних явищ при цьому відбуваються ударні взаємодії голки з корпусом розпилювача та верхньою частиною корпусу форсунки.

При діагностуванні двигуна найзручніший режим холостого ходу, тому діагностування паливної системи проводять на випробувальному стенді в режимі зняття регуляторної характеристики насосу. Пружна хвиля, що розповсюджується паливопроводом, передує гідравлічній хвилі, тому що має більшу швидкість розповсюдження. Слід зауважити, що рівень цього вібраційного процесу в кілька разів менший рівня вібраційного відгуку на зміну тиску у штуцера форсунки. У структурі вібраційного процесу у форсунки завдяки нетривалому часу встановлення віброударного відгуку відображаються усі зміни гідравлічного процесу та відповідні йому ударні процеси взаємодії голки з корпусом розпилювача при малих циклових подачах і з верхньою частиною корпусу форсунки при великих циклових подачах. В залежності від швидкісного режиму і циклової подачі віброударний процес видозмінюється, що дає підставу для отримання необхідної інформації про циклову подачу та якісні параметри розпилення палива.

Використання віброударного методу при визначенні циклової подачі за параметрами складових віброударного процесу секції паливного насосу полягає у виділенні з нього чітко вираженого імпульсу, що відповідає моменту удару нагнітального клапана об сідло.

До найцінніших результатів належить знаходження принципової можливості визначення кутів початку нагнітання палива для усіх секцій при одноразовій установці віброперетворювача.

**Оцінювання параметрів впорскування палива.** Кількість палива, що впорскується за один робочий цикл, – найважливіша характеристика паливної апаратури дизеля. Подачу насосної секції для різних швидкісних і навантажувальних режимів слід дозувати з точністю 1,5% номінальної. Подача повинна бути стабільною у всіх циклах. Звичайно подачу за цикл у паливних насосів з імпульсною подачею розраховують на підставі сумарних вимірювань як середнє значення, для чого визначають об'єм або масу впорскуваного палива при заданій кількості циклів. Нерівномірність окремих циклів при таких вимірюваннях не завжди можна визначити.

Труднощі вимірювання одиничних циклів подачі палива зумовлені тим, що номінальна циклова подача автотракторних дизелів мала (50-200 мм<sup>3</sup>), також мала тривалість впорскування (1-4 мс), а подача імпульсна з інтервалами від 1 с до 50 мс. Очевидно, що в даному разі точні вимірювання можливі лише з допомогою електронних вимірювальних засобів. У зв'язку з тим, що впорскування палива в дизелі має імпульсний гідроударний характер, можна в такому разі використовувати вібраційний метод для вимірювання параметрів впорскування палива. Він полягає в наступному.

Струмінь палива на виході з розпилювача форсунки діє на п'єзоакселерометр, установлений на мембрані. Зв'язок сигналу п'єзоакселерометра з цикловою подачею палива встановлюється на підставі закону збереження імпульсу під час удару струменя. Напівперіод власних коливань мембрани більше за можливу максимальну тривалість впорскування. Максимальна амплітуда коливань п'єзоакселерометра на частоті коливань мембрани (120-125 Гц) буде пропорційна ударному імпульсу струменя палива незалежно від форми імпульсу дії. Ударний імпульс струмені пропорційний цикловій подачі палива. При використанні каліброваної форсунки та стабілізації частоти обертання валу насосу високого тиску дизеля, виділяючи з допомогою смугового фільтра частоту власних коливань мембрани кріплення п'єзоакселерометра, можна за максимальною амплітудою сигналу на виході фільтра оцінити циклову подачу палива.

П'єзоакселерометр – практично безінерційна система с малим демпфуванням. За переднім фронтом сигналу п'єзоакселерометра відносно опорної точки можна визначити кут початку впорскування палива. Використання високочастотної фільтрації сигналу дозволяє виміряти фазові параметри процесу з високою точністю при мінімальному рівні перешкод.

Інтенсивність короткохвильових збурень у струмені палива визначає якість розпилення. Вимірюючи амплітуду сигналу п'єзоакселерометра на виході смугового фільтра в ультразвуковій області частот, можна оцінити якість розпилення струменя палива. На підставі методу можна створити автоматизовану систему вимірювання параметрів впорскування палива, що

підвищить точність і продуктивність праці при випробуваннях і регулюванні дизельної паливної апаратури.

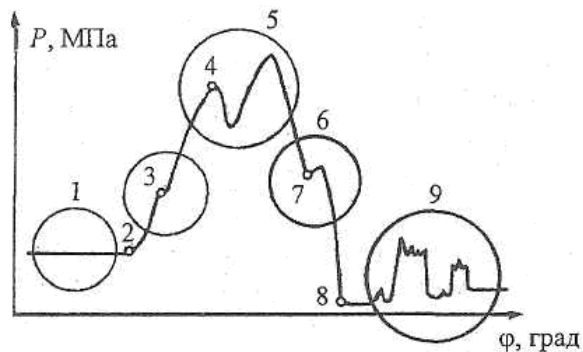
Аналіз осцилограм характеристик впорскування показує, що інтенсивність і тривалість імпульсу вібрації форсунки змінюються пропорційно цикловій подачі й добре узгоджуються з характеристиками паливоподачі. Вібрації форсунки формуються наступним чином:

- перший імпульс – від удару штанги форсунки в момент початку подачі палива в камеру згоряння;

- останній імпульс – від удару конуса голки розпилювача під час посадки в гніздо.

Відстань від мітки ВМТ до першого імпульсу характеризує кут випередження початку подачі палива. Відстань між першим і останнім імпульсами визначає тривалість впорскування. Порівняння характеристик процесів упорскування та часових показників цих процесів при різних подачах показує, що обвідна імпульсу вібрації форсунки добре узгоджується з осцилограмами підйому голки, тиску в нагнітальному трубопроводі і тиску під голкою розпилювача. Аналіз вібрацій форсунки показує, що енергія вібрації у діапазоні частот 12-18 кГц найбільш активно та закономірно змінюється при різних регулюваннях паливного насосу.

Зміна регульовальних параметрів паливної апаратури є причиною деякої зміни віброакустичних показників дефектаційних зон блока двигуна. Зменшення кута випередження подачі палива призводить до зниження загального рівня вібрацій в області циліндрів. У разі пізньої подачі загальний рівень вібрацій знижується на 6-7%. Значна зміна тиску початку впорскування палива сприяє зміні рівня вібрацій в області циліндрів до 9%.



**Рис. 1.50. Осцилограма зміни тиску впорскування**

При діагностуванні паливної апаратури за параметрами робочих процесів аналіз її роботоздатності проводиться за осцилограмами процесів упорскування шляхом виділення характерних ділянок (рис. 1.50).

Ділянка 1 характеризує тиск у лінії нагнітання перед початком подачі палива. Постійність даного тиску на усталених режимах роботи

дизеля свідчить про те, що нагнітальний клапан і голка розпилювача працюють правильно. Ділянка 2 показує початок подачі палива насосом, а ділянка 3 – момент відкриття нагнітального клапана й початок формування хвилі подачі палива від насосу до форсунки. На ділянці 4 відбувається падіння тиску в форсунці через підйом голки розпилювача. На ділянці 5 дещо збільшується тиск палива в результаті нагнітального ходу плунжера, що продовжується, а на ділянці 6 він падає через припинення подачі палива насосом. Ділянка 7 показує, що голка розпилювача закривається і тиск дещо зростає. Ділянка 8 – момент закриття клапана насоса, що супроводжується видаленням деякої кількості палива з паливопроводу, що призводить до різкого зниження тиску. На ділянці 9 відбувається затухання коливаний тиску під впливом відбитих хвиль від кінців нагнітального паливопроводу.



За осцилограмами зміни тиску впорскування палива та за їх розташуванням відносно відмітки ВМТ можна виявити більшість несправностей паливної апаратури. Зокрема, зсув максимуму осцилограми відносно ВМТ і нахил ділянки 2 визначають стан плунжерних пар, штовхача приводу паливного насосу. Ордината ділянки 4 визначає стан переміщення голки. Величина максимального тиску палива свідчить про стан отворів розпилювача. За характером зміни тиску на ділянці 8 визначається справність роботи нагнітального клапана. За осцилограмами зміни тиску палива визначається низка інших несправностей насосу і форсунок таких, як щільність у запірному конусі розпилювачів, прихоплення голок, тріщини втулок плунжера та корпусів форсунок, поломки пружин тощо.

#### **1.9.4. Комплексний контроль паливної апаратури на стендах**

Умови випробування ПНВТ жорстко регламентовані стандартами ISO, так само, як і характеристики випробувального стенда. Особливо високі вимоги ставляться до жорсткості та рівномірності приводу, потужності та стабільності обертів випробувальних стендів. Для діагностування паливної апаратури і, перш за все, ПНВТ і форсунок застосовують стенди фірми Bosch EPS 815 [9], фірм Denso, Siemens.

Найважливішим кроком при тестуванні ПНВТ є визначення величини циклової подачі палива. Насос установлюють на стенд і з'єднують з його приводом. Вимірювання величини подачі відбувається з допомогою випробувальної рідини, що має фізичні властивості дизельного палива, але практично не горючої. При випробуваннях її температура вимірюється і регулюється. До кожної секції ПНВТ під'єднується спеціальна тестова форсунка. Циклова подача визначається з допомогою мензурок або електронної безмензурочної системи вимірювання.

При регулюванні на стенді рядних ПНВТ установлюється початок подачі першої плунжерної секції й кутова рівномірність нагнітання між секціями, величина циклової подачі по секціям, налаштування регулятора і турбокоректора ПНВТ, а також узгодження параметрів ПНВТ і регулятора.

Якщо діагностують старі класичні насоси з механічним регулятором і форсунками, то їх найчастіше доставляють прямо в майстерню, і після регулювань завдання полягає тільки в тому, щоб паливну апаратуру правильно встановити на двигун.

Що стосується систем впорскування, якими керує електроніка, рядних, одноплунжерних і роторних ПНВТ з ECD-регуляторами, систем с насос-форсунками, систем Common Rail, то їх ремонт неможливий без приладів електронної діагностики, спеціальних тестерів, а також сучасних стендів, оснащених відповідними адаптерами, контролерами, модуляторами сигналів, тестовими форсунками і т. п. Наприклад, для ремонту систем Common Rail на спеціалізованому дизельному сервісі потрібно, щоб був увесь автомобіль. Для правильного визначення несправності спочатку проводиться електронна діагностика та зчитування кодів помилок, потім гідравлічні тести на двигуні без демонтажу насосу і форсунок. Потім насос і форсунки демонтують і перевіряють з допомогою спеціальних стендів, а у разі необхід-

ності ремонтують або замінюють. За цим слідує чистка гнізд форсунок, монтаж насосу і форсунок, введення в систему управління двигуном індивідуальних кодів форсунок, обнулення кодів помилок і корекційних параметрів насосу. Після цього необхідно провести тест-драйв і знову виконати електронну діагностику. Це потрібно для виявлення можливих несправностей, не пов'язаних з самими форсунками і насосом, наприклад, неправильна робота датчиків положення колінчастого і розподільного валів, клапанів управління турбіною і рециркуляцією відпрацьованих газів і т. п., що може позначатися на роботі двигуна.

Тому двигун з якісно відремонтованими або новими системами Common Rail, насосом і форсунками може взагалі не запуститись або працювати з неповною потужністю, якщо їх установлювали спеціалісти сервісу, що не мають достатньої кваліфікації, обладнання і приладів.

Далі наводиться перелік діагностичних операцій, які необхідно проводити під час діагностування і ремонту систем впорскування палива на випробувальних стендах.

1. При випробуваннях на стенді насосів систем Common Rail фірми Denso NR-2 визначають параметри роботи насосу низького тиску інтегрованого в цей насос, температуру на виході, роботу керуючих електроклапанів насосу і високий тиск на виході, а також продуктивність насосу. На стенді перевіряють також здатність насосу створювати на даних оборотах заданий оператором тиск, згідно з тестовими параметрами, а також кількість палива, яку подає насос, щоб обслуговувати форсунки. Тестову рідину підігрівають до робочої температури.

2. Стенд Pump Tester для випробування традиційних паливних насосів оснащений електронним блоком. Оператор вибирає різні режими перевірки, імітує різні режими роботи двигуна, тиску в паливному акумуляторі, насосів і форсунок систем Common Rail. Для цього на форсунки подаються різні тестові імпульси. Проводяться вимірювання кількості палива, що впорскує розпилювач форсунки в камеру згоряння, і кількості палива, яке відводиться назад у бак. На кожному форсунку потрібно по дві вимірювальні ємності.

3. При тестуванні систем Common Rail насосів і форсунок класичних ПНВТ цифрове табло показує вибраний оператором режим: тиск в акумуляторі палива, тривалість роботи кожної форсунки в мілісекундах, кількість циклів роботи і кількість підключених до стенда форсунок.

4. Універсальний стапель для розбирання Common Rail насосів дозволяє встановлювати насос у будь-яке зручне для роботи положення, а чотири змінні адаптери дають можливість працювати з усіма популярними насосами Bosch CP1.S, CP1.K, CP1.H, CP3.2, CP3.3, CP3.4; Denso HP-2, HP-3, HP-4; Delphi; Siemens.

5. Під час діагностування форсунок систем Common Rail з допомогою модулятора сигналів і звичайного форсункового стенда перевіряють якість розпилення і гідравлічні витоки форсунки, що дає можливість не витратити час на установку явно несправної форсунки на спеціальні стенди.

6. При складанні насосу Common Rail Denso системи HP-2 можна спостерігати датчики тиску, запобіжні клапани самих акумуляторів тиску палива. Насос використовується для легкових автомобілів і позашляховиків.

## Контрольні запитання

1. Які застосовують методи контролю технічного стану форсунок?
2. За яким принципом працює стенд СТДА-1 контролю стану насосів?
3. Як контролюють момент початку подачі палива секціями ПНВТ?
4. Як контролюють стан форсунок двигунів на стенді КИ-1609 і стенді КИ-3333?
5. Пояснити зв'язок параметрів вібраційних процесів насосу і форсунок з параметрами стану паливної системи.
6. Розказати, як можна оцінити параметри впорскування палива за параметрами вібрації.

## 1.10. Способи та засоби промивання форсунок

### 1.10.1. Способи промивання

Засмічення форсунок проявляється, як правило, нерівною роботою двигуна, вібрацією на режимах холостого ходу, шумом, зростанням у ВГ кількості шкідливих речовин, порушенням меж адаптації.

Основним способом повернення форсунок і паливної системи до нормальної роботоздатності є їх промивка через кожні 30-40 тис. км пробігу автомобіля (за умови використання якісного палива).

В умовах експлуатації систем впорскування на вітчизняному пальному, що має підвищений вміст полімерних, сірчистих та інших складових, автомобілісти зіштовхнулися з тим, що електромагнітні форсунки засмічуються у 2-3 рази швидше встановленого нормативу пробігу в 30-40 тис. км. Вітчизняний бензин змушує часто чистити форсунки вже через 10-15 тис. км пробігу.

Способи промивання форсунок:

- спеціальними присадками до палива;
- без демонтажу форсунок з двигуна з допомогою спеціальної установки;
- на ультразвуковому стенді з демонтажем форсунок з двигуна.

**Перший**, найпростіший спосіб очищення форсунок – використання присадок до палива, які розм'якшують і розщеплюють відкладення, що накопичилися у паливній системі. Припускається, що після розм'якшення відкладення пройдуть увесь шлях до циліндра і там згорять. Але такий метод – скоріше профілактика, ніж лікування.

Промивання з допомогою присадок відрізняється простотою і полягає у періодичному додаванні у пальне спеціальних препаратів. Це дозволяє промивати не тільки самі форсунки, але і всю паливну систему. Даний спосіб ефективний у разі регулярного видалення невеликих забруднень і має профілактичний характер. Для профілактичного промивання заливають у бензобак очисну присадку (рідину) кількістю приблизно 300 мл на 60-80 л палива. Під час руху автомобіля смолянисті відкладення розчиняються й осаджуються на паливному фільтрі або згоряють у циліндрах двигуна. Періодичність такого очищення складає 3-4 тис. км. Воно придатне для підтримання чистоти форсунок і паливної системи нового автомобіля.

Однак видалення застарілих відкладень таким способом може призвести до прямо протилежного результату.

Якщо в системі накопичилися серйозні відкладення, то після такої процедури, відірвавшись від свого місця, вони підуть по магістралі й будуть засмічувати трубопровід, паливний фільтр і тонкі отвори, тобто форсунки.

**Другий**, дуже популярний метод. У паливну систему включається ємність з промивальною рідиною за допомогою спеціальних перехідників. Ідея полягає в тому, щоб очищувати форсунки промивальною рідиною без їх демонтажу з двигуна автомобіля, при цьому сам двигун повинен працювати на цій же рідині. Від попереднього методу цей відрізняється тим, що промивальна рідина не проходить паливний бак, фільтр і паливний насос з магістраллю, роз'їдаючи їх відкладення. У складі промивальної рідини міститься значно більша кількість розчинних речовин, ніж у пальному, які утворюються у баку після додавання присадок.

У результаті промиваються саме форсунки, гідравлічний акумулятор; також мийний склад розчиняє відкладення на впускних клапанах і в камері згоряння. Відбувається часткове розкоксування поршневих кілець. Цей метод пасує як для бензинових, так і для дизельних двигунів. Особливо кращі результати можна досягти, якщо проводити цю процедуру регулярно, не очікуючи серйозного забруднення паливної системи.

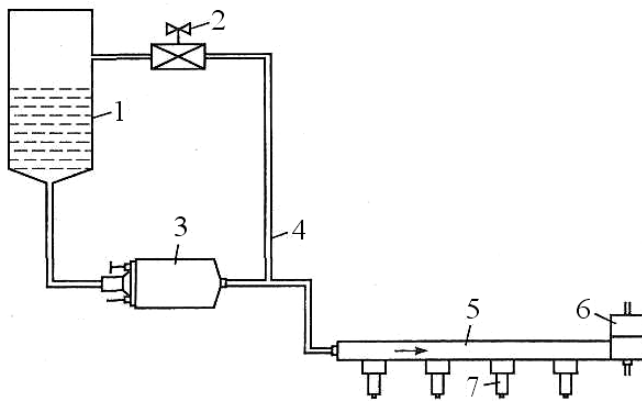
Цей спосіб промивання форсунок простий і значно ефективніший, ніж попередній, але має і свої недоліки. Основний недолік методу полягає в тому, що оцінити якість виконання процедури можна тільки за непрямыми даними, наприклад, за збільшенням потужності двигуна, він став працювати тихіше, зникли провали на перехідних режимах. Але наскільки рівномірно пройшло очищення, який факел розпилювання виходить під час роботи – визначити неможливо (рис. 1.51).

Істотний недолік пов'язаний з тим, що сольвент не проходить через регулятор тиску, не очищується його запірний клапан і неефективно промивається паливний гідроакумулятор. Крім того, неможливо оцінити результати промивання з допомогою діагностики, бо вона відсутня на установках такого класу. Можливе також застосування дешевих неефективних сольвентів сумнівної якості з низькими мийними властивостями.

А якщо форсунка забита настільки, що вже ніщо не проходить її каналом або запірну голку заклинило, то прочистити таким методом її вже не вдасться. Головний недолік цього методу полягає саме в тому, що попередньо не можна знати, чи потрібна ця операція взагалі.

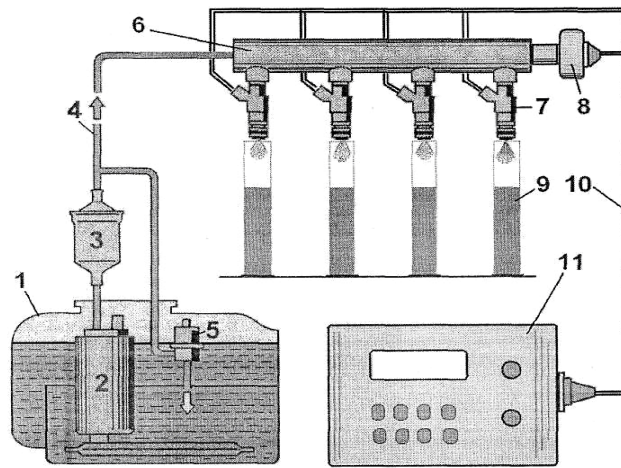
Ще одним мінусом цього методу є потрапляння залишків очищувальної рідини в масло працюючого двигуна, що призводить до зміни його властивостей (розчинення масла на стінках циліндрів). Зміна властивостей масла призводить до швидкого спрацювання циліндропоршневої групи; і це особливо швидкоплинно, якщо на стінках циліндрів уже є задирки або значна еліпсність. У результаті може знадобитися вартісний ремонт двигуна. Залишки коксу, змитого очищувальною речовиною, також потрапляють в робочу зону свічок запалювання, що призводить до погіршення їх роботи. Тому рекомендується після очищення форсунок замінити свічки запалювання.

Схема лабораторної установки для перевірки якості промивки форсунок представлена на рис. 1.52 [10].



**Рис. 1.51. Принципова схема установки для промивки системи живлення:**

1 – мірний бачок; 2 – клапан; 3 – електробензонасос; 4 – магістраль повернення палива; 5 – паливний гідроаккумулятор; 6 – регулятор холостого ходу; 7 – електромагнітна форсунка



**Рис. 1.52. Схема установки для контролю якості очистки форсунок:**

1 – ємність з технологічною рідиною; 2 – насос з електроприводом; 3 – фільтр; 4 – трубопровід; 5 – стабілізатор тиску; 6 – гідравлічний акумулятор; 8 – ультразвуковий випромінювач; 9 – мірні мензурки (колби); 10 – з'єднувальні проводи; 11 – електронний блок управління

Час очищення залежить від рекомендацій виробника очищувальної рідини (звичайно це два цикли по 15 хв плюс час просочування).

Після очистки треба роз'єднати шланги і дати попрацювати двигуну автомобіля із підвищеною частотою обертання колінчастого валу.

Хімічні препарати для очищення форсунок представлені в табл. 1.9.

Склад багатьох очищувальних рідин може бути агресивним до деяких деталей пристрою. Тому рекомендується промивати пристрої бензином (1 л) після кожної очистки або при зміні очищувальної рідини при технічному обслуговуванні установки (час промивки 15-20 хв). Це подовжує термін служби паливного насоса установки в декілька раз. Крім того, необхідно періодично міняти паливний фільтр.

**Третій**, найоб'єктивніший, метод оцінювання стану форсунок дає спосіб промивання зі зняттям форсунок з автомобіля. Але інколи це зовсім не дешевий спосіб, на деяких моделях автомобілів для зняття форсунок треба демонтувати двигун. Головне достоїнство цього методу – об'єктивність. Знявши форсунки з двигуна і встановивши їх на стенд, можна оцінити всі параметри їх роботи – продуктивність, форму струменя, якість розпилення і герметичність. Принцип дії даних стендів ґрунтується на руйнуванні відкладень поміщеної у спеціальну мийну рідину форсунки з допомогою ультразвуку. Крім того, стенди дають можливість точно оцінити продуктивність і якість розпилення палива форсункою.

Таблиця 1.9

### Хімічні препарати для очищення форсунок

Препарат	Фірма-виробник, країна	Призначення
----------	------------------------	-------------

Очисники циліндропоршневої групи від нагару (антикокс)		
Очисник дизельних форсунок	НВП «Астрохим», Росія	Очищення і змащування паливної системи, розпилювачів форсунок, впускних клапанів, насосу і паливопроводів
Fenom Diesel Injector	ТОВ «Лаборатория трибо-технологии», Росія	Очищення розпилювачів форсунок, камери згоряння от нагару і вуглецевих відкладень, паливної апаратури
Diesel Jet Clean	Hi-Gear Products Inc.	Очищення розпилювачів форсунок, відновлення струменя розпилення, попередження утворенню нагару
Diesel Russ Stop	Liqui Moly GmbH, Німеччина	Зниження димності відпрацьованих газів за рахунок повного згоряння палива, доспалювання сірки та перешкоджання прогоряння голок форсунок
Комплексні очисники паливної системи		
«Дизель-Люкс»	Хімічний концерн «ХА-ДО» (торгова марка Verylube), Україна	Комплексне очищення усієї паливної системи, покращення експлуатаційних характеристик дизеля
Diesel Spooling	Liqui Moly GmbH, Німеччина	Очищення форсунок, камери згоряння і поршнів від нагару
Комплексний очисник паливної системи	НВО «Поликом» (торгова марка LAVR next), Росія	М'яке очищення і підвищення ресурсу всієї паливної системи, покращення повноти згоряння та заощадження палива

Протестувавши на стенді всі форсунки двигуна, можна з упевненістю сказати, чи є причина поганої роботи двигуна результатом несправності форсунок. Зняті форсунки встановлюють на стенд і промивають спеціальною рідиною з високим вмістом розчинювальних присадок. Результати промивання звичайно значно переважають ефект промивання попередніми методами, особливо якщо це роблять в ультразвуковій ванні.

Ультразвук набагато підвищує ефективність дії розчинників, скорочуючи час процедури і підвищуючи якість очищення. Після процедури необхідно провести контроль продуктивності та форми струменя. Потрібно добитися однакових характеристик у всіх форсунок, різниця у продуктивності яких не повинна бути більше 2%.

У бензинових двигунах із безпосереднім впорскуванням, що працюють на збіднених сумішах, вимоги до форсунок ще вищі, ніж до форсунок звичайних двигунів. Зважаючи на високу швидкодію і роботу з великим тиском палива, а також на необхідність подавати імпульси високої напруги (до 100 В) спеціальної форми, звичайні стенди для них не підходять, а спеціалізовані дуже дорого коштують. У результаті діагностувати такі форсунки важко, до того ж розпилювач цих форсунок має менший діаметр отворів і повинен створювати факел розпилювання спеціальної форми. Тому ймовірність «забити» форсунку під час промивання висока, а ефект від цієї процедури вельми сумнівний. Недаром багато дилерських СТО категорично відмовляються промивати форсунки таких типів, наполягаючи на їх заміні.

Жоден метод очищення не відновлює механічно спрацьовані форсунки. Навіть якісно промиті форсунки ніколи не стануть новими, а ресурс їх роботи не буде тривалим. Агресивна промивальна рідина може зруйнувати спеціальне напилення голки, а ультразвук здатен пошкодити ізоляцію витків котушки електромагніта, в результаті чого відбувається міжвиткове за-

микання і вихід форсунки з ладу. Ультразвук небезпечний для керамічних частин форсунки, його вплив може спричинити утворення мікротріщин у структурі кераміки. Ефект від очищення форсунок високого тиску незначний, так як їх спрацювання настає раніше.

Деякі СТО гарантують роботоздатність форсунки до півроку, і це максимально розумний термін гарантії.

Промивка форсунок – це вимушений захід, який заощаджує кошти, але не гарантує результат. Заміна старих форсунок новими означає більшу надійність роботи двигуна.

Таким чином, промивання паливної системи ДВЗ має описані далі переваги і недоліки.

**Переваги промивання:**

- процес простий і дешевий;
- можна здійснити об'єктивний контроль стану форсунок;
- високий процент успішних випадків очищення форсунок, особливо якщо промивати їх регулярно;
- промивання – єдина можливість відновити роботоздатність рідкісної або дуже дорогої форсунки.

**Недоліки промивання:**

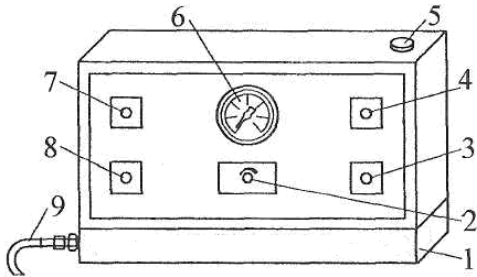
- не гарантує повного відновлення роботоздатності та ресурсу форсунки;
- висока вартість якісного обладнання ультразвукової промивки і контролю, особливо для чистки високотехнологічних форсунок;
- форсунки деяких типів не піддаються очищенню або ефект вкрай незначний;
- існує ймовірність виходу форсунки з ладу, навіть у разі повного дотримання рекомендованої технології очищення і високої кваліфікації майстра.

### **1.10.2. Засоби промивання форсунок і паливних систем**

На сьогодні розроблено багато засобів для промивання паливних систем ДВЗ. Як приклад можна навести установку SMC-2001 (System mobile cleaning) для промивання систем живлення (рис. 1.53).

**Установка SMC-2001** – це система для очищення різних паливних систем ДВЗ легкових і вантажних автомобілів. Ця установка створює тиск промивальної рідини від 0 до 700 кПа. Контроль тиску здійснюють за манометром з ціною поділок 20 кПа. Подача насосу, вбудованого в установку, складає 127-210 л/год, що є достатнім для очищення будь-яких паливних систем. Електроживлення установки здійснюється від бортової мережі автомобіля з напругою 12 В або іншого джерела живлення з указаною напругою.





**Рис. 1.53. Установка SMC-2001 для промивки системи живлення автомобілів:**

1 – ящик для перехідників і шлангів; 2 – регулятор тиску; 3 – зворотна гілка швидкорознімного з'єднання «Return»; 4 – пряма гілка швидкорознімного з'єднання «Pressure»; 5 – горловина бачка; 6 – манометр; 7 – лампочка; 8 – кнопка ввімкнення; 9 – шнур з рознімачами

виробників: Wynn's, Liqui Moly, Carbon Clean, Auto Plus та ін.

Звичайно спеціальні очищувальні рідини складаються з сольвенту, що чистить і речовини, що підтримує горіння. Під час роботи двигуна відбувається очищення системи.

Дана установка проектувалася і створювалася з урахуванням того, що очищувальна рідина проходить по всій системі (крім насоса та бака) й повністю очищує її, а не окремі частини.

Можливі два варіанти підключення системи: перший – насос відключений від електричного кола, другий – працюючий насос замкнений на себе.

Для проведення очистки паливної системи автомобіля необхідно:

- від'єднати паливні шланги, що ведуть від фільтра до паливного акумулятора з форсунками, та за допомогою перехідників і шланга з'єднати їх з гніздом «Pressure» установки;

- від'єднати паливні шланги, що ведуть від паливної магістралі (паливного акумулятора) з форсунками до паливного бака, за допомогою перехідників і шланга з'єднати з гніздом «Return» установки;

- за допомогою спеціального шланга замкнути систему «бак-насос-фільтр»;

- в бачок установки залити очищувальну рідину;

- на виводи акумуляторної батареї автомобіля надіти рознімачі проводів установки (прослідкувати за полярністю!), внаслідок чого на панелі спалахує лампочка – установка готова до роботи;

- установити необхідний тиск у системі за допомогою регулятора тиску і манометра, натиснути кнопку «ВКЛ/ВИКЛ» («On/Off»);

- запустити двигун автомобіля.

Час очищення залежить від рекомендацій виробника очищувальної рідини (звичайно це два цикли по 15 хв. плюс час просочування).

Після очистки треба роз'єднати шланги й дати попрацювати двигуну автомобіля з підвищеною частотою обертання колінчастого валу.

Паливну систему автомобіля для промивки не треба ні знімати, ні розбирати. Під час проведення очистки систему живлення автомобіля замикають, тобто з'єднують напірний і зворотний шланги та відключають запобіжник або реле бензонасоса. Під час промивання з допомогою даної установки через паливну систему автомобіля проганяють очищувальну рідину.

Принцип підключення установки до паливної системи автомобіля у всіх випадках однаковий – двигун працює не на бензині, а на спеціальній очищувальній рідині.

Установка розрахована для застосування очищувальних рідин різних ви-





**Комплекс «Плазма» фірми ERC ECologic** для діагностики й очищення форсунок бензинових двигунів (рис. 1.54) оснащений комп'ютером, який керує численними режимами діагностування, очищення та контролю роботи комплексу:

- вимірювання опору електромагнітної котушки форсунки впорскування;
- зворотний пролив – для вилучення всяких забруднень з внутрішніх порожнин форсунок;
- автоматичне тестування у п'яти

**Рис. 1.54. Комплекс «Плазма» фірми ERC ECologic** разових режимах, що імітують роботу двигуна; - здійснення режиму «швидкий тест» дозволяє за лічені секунди визначити характер несправності форсунки;

- ультразвукове чищення форсунок;
- перевірка форсунок на герметичність;
- промивка форсунок без демонтажу (хімічне промивання).

**Стенд LAUNCH CNC-602A** (рис. 1.55, а) для діагностики й очищення ультразвуковим способом форсунок, очищення випускних клапанів автомобіля, їх паливних систем (з верхнім та боковим підведенням палива), а також очищення камер згоряння. Установка LAUNCH CNC-602A дозволяє проводити на двигуні діагностику одночасно до шести форсунок.

Стенд LAUNCH CNC-602A обладнаний мікрокомп'ютером і цифровим дисплеєм, потужною ультразвуковою установкою. Стенд дає можливість виконувати наступні функції з діагностики й очищення форсунок:

- моделювання показників (параметрів) двигуна під час його випробування в реальному режимі, згідно з особливостями конкретної системи управління двигуном;
- ультразвукове очищення.

**Стенд Триумф-4М** (рис. 1.55, б) призначений для діагностики й очищення каналу подачі палива, перевірки опору обмоток форсунок, продуктивності форсунок і механічних властивостей «включення-виключення». В основу застосовуваної технології очищення форсунок прийнята гідродинамічна кавітація.



а



б

**Рис. 1.55. Стенди моделей LAUNCH CNC-602A (а) і Триумф-4М (б) для контролю технічного стану й очищення форсунок**

**Дизельні форсунки** працюють в умовах великих тисків палива і знаходяться під безпосереднім впливом високих температур камери згоряння, що призводить до їх значного спрацювання та закоксування. Крім закоксування розпилювача та внутрішніх каналів, слабшає пружина, спрацьовується запірні голки, деформується розпилювач, тобто основна проблема дизельних форсунок не стільки забруднення, скільки механічне спрацювання.

Без зняття форсунок і тестування їх характеристик на спеціалізованому стенді очищення каналів не принесе значного ефекту. Без подальшого регулювання тиску відкрита очищена форсунка скоріше за все буде мати підвищену продуктивність.

Розбірну форсунку дизельного двигуна можна чистити розчинником, але найкращий ефект дає ультразвукове промивання. При роботі з дизельною форсункою необхідно дотримуватися якнайсуворішої чистоти, навіть найдрібніші часточки можуть призвести до нероботоздатності форсунки або її швидкого спрацювання. Після складання форсунки потрібно обов'язково захистити поверхню маслом або дизельним пальним і провести контроль на стенді.

### **Контрольні запитання**

1. Які існують способи промивання форсунок?
2. Як здійснюють промивання знятих форсунок?
3. Які переваги та недоліки різних методів промивання форсунок?

## **1.11. Діагностування систем охолодження двигунів**

### **1.11.1. Контроль системи охолодження двигуна традиційної конструкції**

На автомобілях застосовується рідинна система охолодження закритого типу, тобто вона не зв'язана безпосередньо з довкіллям. Тому під час роботи тиск у системі охолодження збільшується і підвищується температура кипіння охолоджувальної рідини. У закритій системі охолодження витрата рідини на випаровування незначна. Циркуляція рідини у системі охолодження примусова, за допомогою рідинного насоса. Система охолодження сполучається з довкіллям через клапани, які розташовані у пробці наливної горловини радіатора або пробці розширювального бачка, які відкриваються у разі певного зниження тиску або надлишкового тиску в системі. Система охолодження двигуна забезпечує його роботу в оптимальному температурному режимі, що дорівнює 80-90 °С, при різних умовах експлуатації. При вказаних режимах двигун розвиває максимальну потужність, має мінімальну витрату палива та найменші спрацювання. Рівень охолоджувальної рідини слід перевіряти не рідше одного разу на шість місяців або через 15 000 км пробігу. Обов'язково перевіряти рівень перед кожною тривалою поїздкою.

**Характерними несправностями системи охолодження** є підтікання та недостатня ефективність охолодження двигуна. Перше відбувається через пошкодження шлангів і їх з'єднань, сальника водяного насоса, тріщин,

псування прокладок, а друге – внаслідок утворення накипу, внутрішнього або зовнішнього забруднення радіатора, пошкодження його трубок, поломок водяного насосу, несправності термостата, пробуксовування паса вентилятора або його обриву (табл. 1.10).

Таблиця 1.10

**Несправності системи охолодження й ознаки їх зовнішнього виявлення**

Причина несправності	Зовнішні ознаки несправності													
	Негерметичність системи, витік антифризу	Термостат не відкривається	Термостат постійно відкритий	Несправний вентилятор, муфта або датчик температури	Прокручування крильчатки помпи на валу, корозія крильчатки та корпусу	Забруднення радіатора зовні	Забруднення радіатора всередині	Негерметичність клапана пробки радіатора	Негерметичність охолоджувача масла	Незначна негерметичність прокладки ГБЦ, мікротріщина у стінці камери згоряння	Прогар прокладки ГБЦ, мікротріщина у камері згоряння	Тріщина в оболонці охолодження ГБЦ	Тріщина у стінці циліндра	Негерметичність прокладки впускного колектора
Білий дим з вихлопної труби											@	+	+	@
Двигун «троїть», системи паливоподачі та запалювання в нормі										+	@		@	@
Емульсія в маслі або на пробці маслосалівної горловини								@		+	@	@	@	@
Плівка масла або емульсія в розширювальному бачку								@		@	@	@	@	
Запах бензину і вихлопних газів у розширювальному бачку										@	@		@	
Кипіння під час руху під навантаженням		@		+	@	@	@			+	@		@	
Кипіння при роботі на місці на високих оборотах		@		@	@	+	@			+	@		@	
Кипіння при роботі на холостому ходу	+	@		@	@		+	+			@		@	
Температура в системі вища за норму	+	@		@	@	@	@		+	+	@	+	@	
Температура в системі нижча за норму			@											

Причина несправності	Зовнішні ознаки несправності													
	Негерметичність системи, витік антифризу	Термостат не відкривається	Термостат постійно відкритий	Несправний вентилятор, муфта або датчик температури	Прокручування крильчатки помпи на валу, корозія крильчатки і корпусу	Забруднення радіатора зовні	Забруднення радіатора всередині	Негерметичність клапана пробки радіатора	Негерметичність охолоджувача мастила	Незначна негерметичність прокладки ГБЦ, мікротріщина у стінці камери згоряння	Прогар прокладки ГБЦ, мікротріщина у камері згоряння	Тріщина в оболонці охолодження ГБЦ	Тріщина у стінці циліндра	Негерметичність прокладки впускного колектора
Температура в системі під час руху зростає	+	@				+	+			+	+			
Температура в системі під час руху падає				@										
Двигун довго прогрівається			@											
Тиск у верхньому патрубку радіатора збільшується з підвищенням обертів КВ							@							
Тиск зразу збільшується і швидко падає після вимкнення двигуна									+	+	@		+	
Тиск у системі відсутній	@							@				@		@
Кипіння і викид рідини в розширювальний бачок, але тільки після вимкнення двигуна								@						
Кипіння і викид рідини в розширювальний бачок		@		@	@	+	+	+		+	@		@	
Не працює опалювач	+		+		+					+	@		+	
Не вмикається вентилятор		@		@	+	+								
Повітря після вентилятора недостатньо гаряче			+		@									

Причина несправності	Зовнішні ознаки несправності													
	Негерметичність системи, витік антифризу	Термостат не відкривається	Термостат постійно відкритий	Несправний вентилятор, муфта або датчик температури	Прокручування крильчатки помпи на валу, корозія крильчатки і корпусу	Забруднення радіатора зовні	Забруднення радіатора всередині	Негерметичність клапана пробки радіатора	Негерметичність охолоджувача мастила	Незначна негерметичність прокладки ГБЦ, мікротріщина у стінці камери згоряння	Прогар прокладки ГБЦ, мікротріщина у камері згоряння	Тріщина в оболонці охолодження ГБЦ	Тріщина у стінці циліндра	Негерметичність прокладки впускного колектора
Малий напір повітря від вентилятора				@										
Нижній патрубок радіатора холодний		@			@		+							
Витрата антифризу	@	@		+	+	+	+	@	@	+	@	@	@	@

**Примітка:**

+ - можливе відхилення від норми; @ - явно виражене відхилення від норми.

Температура охолоджувальної рідини в системах охолодження більшості двигунів складає  $80 \pm 5$  °С, що зумовлює випаровування охолоджувальної рідини у разі збільшення температури в системі охолодження або зниження атмосферного тиску. Наприклад, при експлуатації автомобіля у гірських умовах на висоті 2000 м над рівнем моря атмосферний тиск може досягати 0,078 МПа, а при такому тиску температура кипіння охолоджувальної рідини 91 °С. В таких випадках здійснюють герметизацію системи охолодження і збільшують тиск.

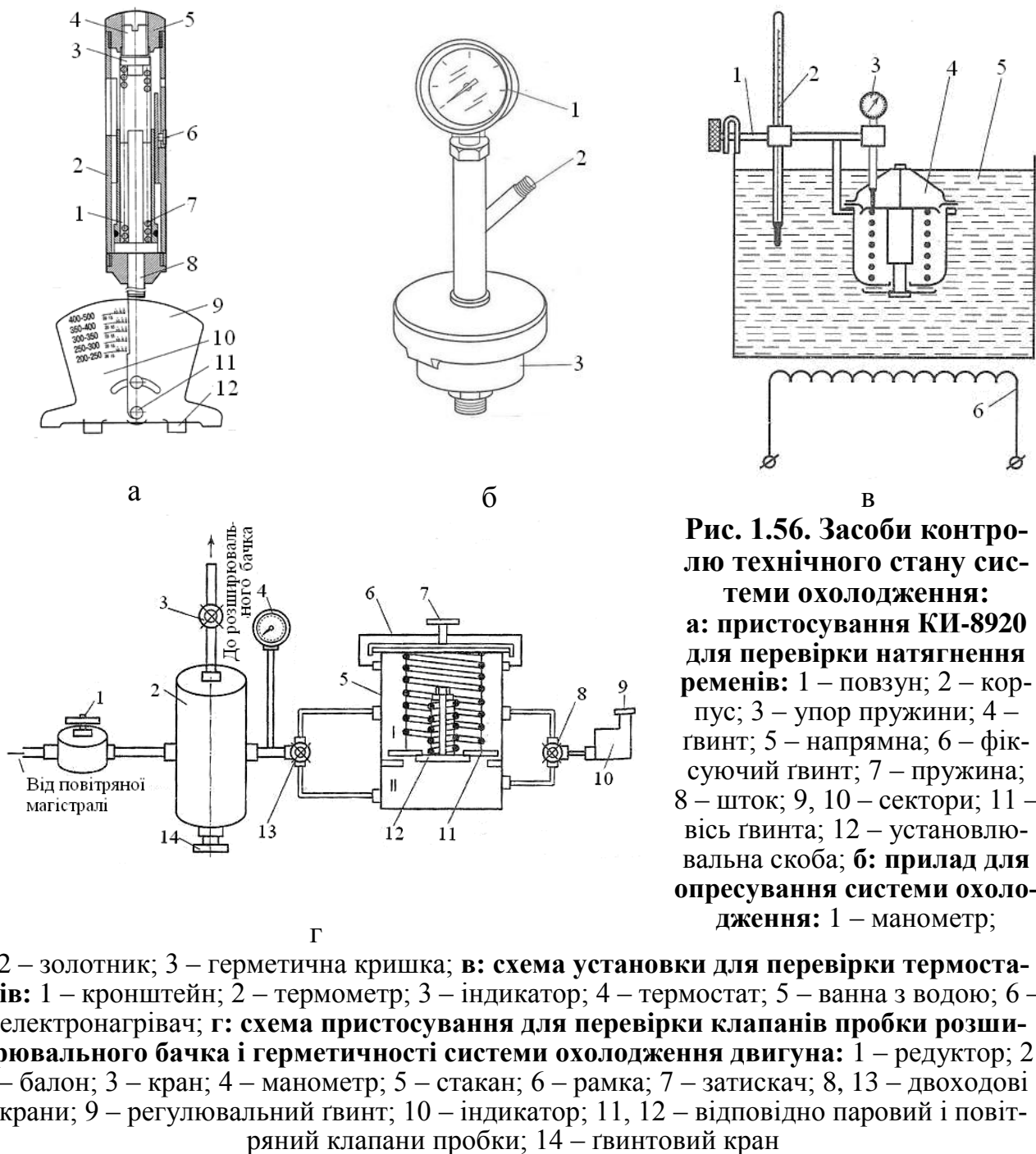
У разі підвищення тиску в системі охолодження до 0,2 МПа температура кипіння охолоджувальної рідини 119 °С. Використання герметичних систем охолодження з підвищеною температурою охолоджувальної рідини дозволяє збільшити температурний перепад у системі охолодження і завдяки цьому підвищити ефективність теплообмінних процесів. Це приводить до зниження кількості охолоджувальної рідини, зменшенню потрібної поверхні радіатора та скороченню тепловтрат в охолоджувальну рідину.

Об'єктами діагностування системи охолодження є: оболонки охолодження, головка блока циліндрів і впускний трубопровід, радіатор, патрубки, шланги, рідинний насос, вентилятор, термостат, жалюзі, зливні краники.

**При діагностуванні системи охолодження основними параметрами є її герметичність, температура, охолодна здатність радіатора, ступінь натягнення ремня вентилятора, різниця температур верхнього та нижнього бачків.**

Зменшення температурного перепаду порівняно з нормою (8-12 °С) свідчить про наявність накипу або забруднення радіатора.

Герметичність системи охолодження і роботоздатність випускного та впускного клапанів пробки розширювального бачка контролюють приладом **К-437** (рис. 1.56, г). Прилад установлюють на горловину замість знятої пробки і створюють в системі охолодження надлишковий тиск 0,06-0,07 МПа, не допускаючи просочування рідини з системи. Потім запускають двигун і встановлюють мінімальну частоту обертання колінчастого валу на холостому ході. З працюючим двигуном стрілка манометра не повинна коливатися, тобто тиск у системі охолодження повинен бути постійним. Тиск початку відкриття випускного клапана повинен бути в межах 100-120 кПа, впускного – 3-13 кПа.



**Рис. 1.56. Засоби контролю технічного стану системи охолодження:**  
**а:** пристосування КИ-8920 для перевірки натягнення ременів: 1 – повзун; 2 – корпус; 3 – упор пружини; 4 – гвинт; 5 – напрямна; 6 – фіксує гвинт; 7 – пружина; 8 – шток; 9, 10 – сектори; 11 – вісь гвинта; 12 – установлювальна скоба; **б:** прилад для опресування системи охолодження: 1 – манометр;

2 – золотник; 3 – герметична кришка; **в:** схема установки для перевірки термостатів: 1 – кронштейн; 2 – термометр; 3 – індикатор; 4 – термостат; 5 – ванна з водою; 6 – електронагрівач; **г:** схема пристосування для перевірки клапанів пробки розширювального бачка і герметичності системи охолодження двигуна: 1 – редуктор; 2 – балон; 3 – кран; 4 – манометр; 5 – стакан; 6 – рамка; 7 – затискач; 8, 13 – двоходові крани; 9 – регулювальний гвинт; 10 – індикатор; 11, 12 – відповідно паровий і повітряний клапани пробки; 14 – гвинтовий кран

Потім необхідно перевірити рівень і густину охолоджувальної рідини. Рівень рідини в автомобілях ВАЗ-2108 повинен бути на 25-30 мм, на автомобілях ЗАЗ-1102 на 15-25 мм вище мітки «min», а на автомобілі «Москвич-2141» - на 5-10 мм вище з'єднувального шва розширювального бачка. Корпус розширювального бачка, як правило, виготовляють з напівпрозорого матеріалу, який дозволяє візуально контролювати рівень рідини. Рівень рідини перевіряють тільки на холодному двигуні.

Густина охолоджувальної рідини, виміряна денсиметром, повинна складати 1,075-1,085 г/см<sup>3</sup> для рідини Тосол-А40 або 1,085-1,095 г/см<sup>3</sup> для рідини Тосол-А65. У разі невідповідності густини доливати слід відповідно або концентрат антифризу, або дистильовану воду. Потрібно відзначити, що температура кристалізації охолоджувальної рідини зростає не тільки при недостатній, але й при надмірній кількості концентрату антифризу в розчині.

Про тепловий стан системи судять за схильністю двигуна до перегрівання (перевищенню температури охолоджувальної рідини +85 °С) у разі його нормального навантаження. Ефективність роботи радіатора можна перевірити за різницею температур охолоджувальної рідини у його верхній і нижній частинах (вона повинна бути в межах 8-12 °С).

Для контролю герметичності системи охолодження і перевірки клапанів пробки радіатора використовують **прилад ДСО-2**. Він складається з ресивера, в якому за допомогою вбудованого редуктора задається певний тиск, манометра і герметичного стакана для установки пробки радіатора, яку перевіряють.

Під час перевірки герметичності системи охолодження на горловину радіатора встановлюють спеціальний перехідник, через який від приладу ДСО-2 подається тиск 60-70 кПа, при цьому манометром фіксують зміну тиску в системі охолодження. Перевіряючи герметичність прокладки головки блока циліндрів, запускають двигун і встановлюють мінімальну частоту обертання. Коливання стрілки манометра вказує на порушення герметичності прокладки або головки блока циліндрів. Для уточнення зони негерметичності по черговому знімають форсунки (або свічки), добиваючись зникнення пульсації тиску в системі охолодження.

У разі відсутності джерела стиснутого повітря і **приладу ДСО-2** герметичність прокладки и головки блока циліндрів перевіряють, прокручуючи колінчастий вал двигуна із знятими пасами приводу водяного насосу. Наявність бульбашок повітря у верхньому бачку радіатора свідчить про негерметичність системи.

Охолодну здатність радіатора оцінюють за різницею температур на його вході та виході. Для цього на прогрітому до 80-90 °С двигуні один термометр опускають у верхній бачок радіатора, а другий – за допомогою невеликої гумової трубки надівають на зливний краник його нижнього бачка. При відкритому кранику різниця температур повинна бути не менше 10 °С.

Герметичність системи охолодження перевіряють (після візуальної перевірки підтікань) опресуванням, створюючи у верхній незаповненій частині радіатора тиск приблизно 60 кПа. Для цього використовують прилад, що складається з повітряного насосу, манометра та пристрою для з'єднання

із заливною горловиною радіатора. Якщо підтіканих немає, показання манометра стабільні, якщо ж циліндри двигуна сполучаються з системою охолодження (є тріщини у блоці циліндрів або пошкоджена прокладка), стрілка манометра буде коливатися.

**Регулювальні роботи** щодо системи охолодження включають: натягнення до норми ременя вентилятора (пристроєм рис. 1.56, а), усунення витікань у з'єднаннях зі шлангами і через сальник водяного насосу, а також промивання системи охолодження від осаду та видалення з неї накипу. Систему промивають струменем води під тиском 20-30 кПа із знятим термостатом. Напрямок промивання повинен бути протилежним циркуляції охолоджувальної рідини під час роботи двигуна.

Накип суттєво погіршує теплообмін стінок системи охолодження. За даними дослідників НИИАТ при товщині накипу в 1 мм інтенсивність охолодження знижується на 25%, потужність на 6%, а витрата палива збільшується на 5%. Видаляють накип з допомогою хімічних розчинів. Хороші результати дає промивання системи охолодження розчином соляної кислоти з інгібітором, змочувачем і піногасником. Розчин заливають у систему охолодження, після чого запускають двигун і прогрівають розчин до 60 °С. Через 10-15 хв. розчин зливають, а систему промивають гарячою водою, попередньо знявши термостат. Для нейтралізації залишків кислоти у промивальну воду додають нейтралізатор (соду, двохромокислий калій).

Натягнення ременя вентилятора перевіряють пристосуванням КИ-8920, КИ-13918) натисканням на ремінь у центрі між шківками з силою 30-40 Н), необхідною для його прогину, та вимірюванням прогину, який не повинен перевищувати 10-20 мм.

На рис. 1.56, б показано прилад для опресування системи охолодження через отвір пробки радіатора для контролю герметичності системи. Тиск стиснутого повітря, що передається, повинен бути 0,15 МПа, і він протягом 10 с не повинен знизитися більше, ніж на 0,01 МПа.

**Термостат перевіряють** у разі уповільненого прогрівання двигуна після запуску або навпаки швидкого його перегрівання. Термостат занурюють у ванну з водою (рис. 1.56, в), після чого воду підігрівають, контролюючи температуру термометром. За температуру початку відкриття клапана приймають ту, за якої хід основного клапана складе 0,1 мм. Момент початку та кінця відкриття клапана більшості двигунів повинен відбуватися відповідно при температурах 65-70 і 80-85 °С. Несправний термостат замінюють.

Перевіряючи термостат двигуна КамАЗ-740 (рис. 1.56, в), його слід занурити у ванну 5, що підігрівається, ємністю 3 л з водою з таким розрахунком, щоб рівень води був вищим за фланець термостата. Коли температура води досягне 70 °С, нагрівати її слід повільніше, перемішуючи воду, швидкість нагрівання не більше 3 град./хв. Для вимірювання температури води використовують термометр 2 (ціна поділок 1 °С). За індикатором 3 перевіряють початок відкриття клапана термостата, що відповідає температурі, при якій хід клапана складе 0,1 мм.

У деяких двигунах клапан термостата повинен починати відкриватися при температурі 78-82 °С, а повне відкриття відбувається при температурі 91-95 °С. Величина повного ходу клапана термостата повинна бути не менше 8,5 мм.



Для порошкового термостата, наприклад, автомобіля АЗЛК-2141, температура початку відкриття клапана – 77-81 °С. Початком відкриття клапана вважається його переміщення на 0,1 мм. Повністю термостат повинен відкриватися при температурі 94 °С (хід клапана не менше 6 мм).

Справність термостата можна перевірити безпосередньо на автомобілі. Якщо термостат справний, під час прогрівання двигуна верхній резервуар радіатора повинен бути холодним. Нагрівання резервуара повинно починатися після показання стрілки покажчика температури охолоджувальної рідини на щитку приладів для двигуна КамАЗ-740 – 80 °С, для двигунів марок «ЯМЗ», «ЗИЛ», «ЗМЗ» - 70 °С.

На несправність муфти відключення вентилятора вказує підтікання охолоджувальної рідини. З непрацюючим двигуном вентилятор зі справною муфтою повинен прокручуватися рукою без заїдання і шуму, але з деяким зусиллям. На двигуні, що працює, роботу вентилятора перевіряють за температурою його включення і відключення. Закривши жалюзі, доводять температуру охолоджувальної рідини до 88-97 °С. При такій температурі вентилятор повинен увімкнутися. Відкривши жалюзі, знижують температуру до 80 °С, при цьому вентилятор повинен відімкнутися. Поява шуму під час роботи муфти або збою роботи вентилятора вказують на необхідність заміни муфти.

### 1.11.2. Контроль системи охолодження двигуна з мікропроцесорною системою управління

**Контроль температури охолоджувальної рідини** здійснює водій за стрілочним покажчиком, який розташований на щитку приладів. Положення стрілки на триколірному циферблаті показує температуру рідини:

- **чорний сектор**: нормальна робоча температура;
- **червоний сектор**: небезпечне підвищення температури. Слід негайно зупинитися і з'ясувати причину підвищення температури. Це може бути через:

- недостатній рівень охолоджувальної рідини;
- від'єднання проводу електровентилятора;
- засмічення ребер охолодження радіатора;
- **голубий сектор**: двигун ще не досяг нормальної робочої температури.

Перед перевіркою датчика температури охолоджувальної рідини слід переконатися у справності системи охолодження двигуна. Система охолодження повинна бути правильно заправлена охолоджувачем. Радіатор і резервуар розширювача повинні бути заповнені за нормою. Кришку радіатора знімають тільки на холодному двигуні, інакше охолоджувач з робочою температурою більше 100 °С може спричинити опіки. Для нормального функціонування датчика його робоча частина повинна постійно знаходитись у потоці охолоджувальної рідини.

Кришка радіатора повинна бути герметичною, інакше в системі охолодження можуть утворюватися повітряні «кармани» і показання датчика температури будуть неправильними.

Склад охолоджувача повинен відповідати рекомендаціям виробника. Звичайно використовується суміш 50% води і 50% антифризу. Така суміш оптимальна за теплопровідністю.

Вентилятор повинен нормально працювати, щоб двигун не перегрівався.

Якщо в системі охолодження установлені термостат або електроконтактний термовимикач, то необхідно переконатися у їх роботоздатності.

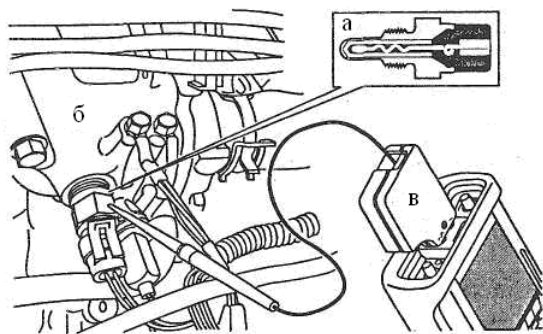
**При діагностуванні системи охолодження двигуна** приладами визначають герметичність системи, тиск відкриття клапанів, пробки розширювального бачка та дію термостата.

Установка датчика температури охолоджувальної рідини на двигуні автомобіля «Ford» показана на рис. 1.57.

Замикання у колі або несправність датчика температури охолоджувальної рідини інтерпретується в ЕБУ як перегрівання двигуна. Система впорскування палива буде формувати Perezбіднену паливоповітряну суміш, і робота двигуна стане нестійкою. У пам'яті реєстратора ЕБУ запишеться код несправності «Робота двигуна на бідній паливоповітряній суміші».

Датчик температури охолоджувальної рідини слід перевіряти в такому разі:

- виявлення в реєстраторі несправностей відповідних кодів;
- утруднений пуск, нестійка робота або зупинки двигуна на холостому ході;
- підвищена витрата палива, детонації або підвищена концентрація СО у відпрацьованих газах;
- контрольна лампа «перегрівання двигуна» не гасне (якщо така є в наявності).



**Рис. 1.57. Датчик температури охолоджувальної рідини на двигуні автомобіля «Ford»:**

а – конструктивна модель датчика; б – розташування датчика на проточному патрубку; в – контактний пірометр для вимірювання температури двигуна

проконтрольована з допомогою контактного пірометра.

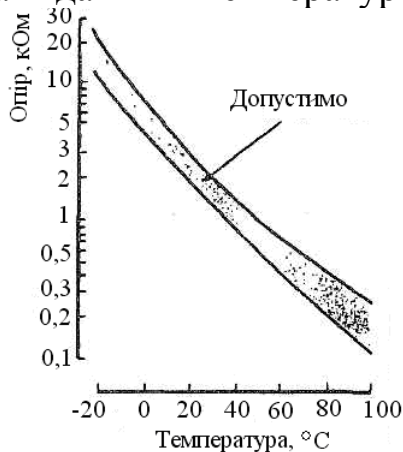
Якщо датчик температури справний, а відповідний код несправності зберігається в пам'яті ЕБУ, то швидше за все проблема із з'єднувальним джгутом. Для датчиків температури охолоджувальної рідини: при температурі 20 °С – 2100-2900 Ом, при 90 °С – 236-260 Ом.

Параметри датчиків температури охолоджувальної рідини наведені в [9, 12, 13].

З допомогою мультиметра перевіряють опір терморезистора у відключеному від джгута датчику. Вихідну напругу датчика перевіряють з підключеним джгутом. Обидва цих параметри повинні відповідати специфікації. Для деяких моделей американських автомобілів стандартні значення вказаних параметрів датчиків температури наводяться в експлуатаційній документації на конкретну модель автомобіля.

Безпосередньо на працюючому двигуні автомобіля температура датчика, який перевіряють, може бути

**Термістори** – це резистори, які змінюють опір залежно від температури та виробляють відповідну сигнальну напругу. До такого типу елементів належать датчики температури охолоджувальної рідини двигуна (ЕСТ) та



**Рис. 1.58. Графік залежності опору датчиків ЕСТ і ІАТ від температури**

температури всмоктуваного повітря (ІАТ). Слід відзначити, що опір даних датчиків змінюється зворотно-пропорційно зміні температури, тобто зменшується із зростанням останньої і навпаки (рис. 1.58). Для перевірки термісторних датчиків слід переключити мультиметр на вимірювання опору, від'єднати від датчика електропроводку та виміряти опір між клеммами складання. Виміряти температуру. Потім прогріти датчик до певної температури і знову виміряти його опір. Порівняти отримані результати з приписаними.

Далі слід перевірити правильність опорної напруги, яку видає на датчик процесор. Номінальне значення опорної напруги повинно складати приблизно 5,0 В. Перевірку виконують з вимкненим запалюванням, двигун не запускають. Якщо є порушення справності подачі на датчик опорної напруги, слід перевірити стан з'єднувальної електропроводки та власне ЕСМ.

### Контрольні запитання

1. Які основні параметри діагностування системи охолодження?
2. Навести перелік регулювальних робіт щодо системи охолодження.
3. Як контролюють натягнення ремня вентилятора?
4. Коли і як перевіряють роботоздатність термостата?

## 1.12. Діагностування дизелів за димністю та температурою відпрацьованих газів

### 1.12.1. Обґрунтування експрес-методу діагностування

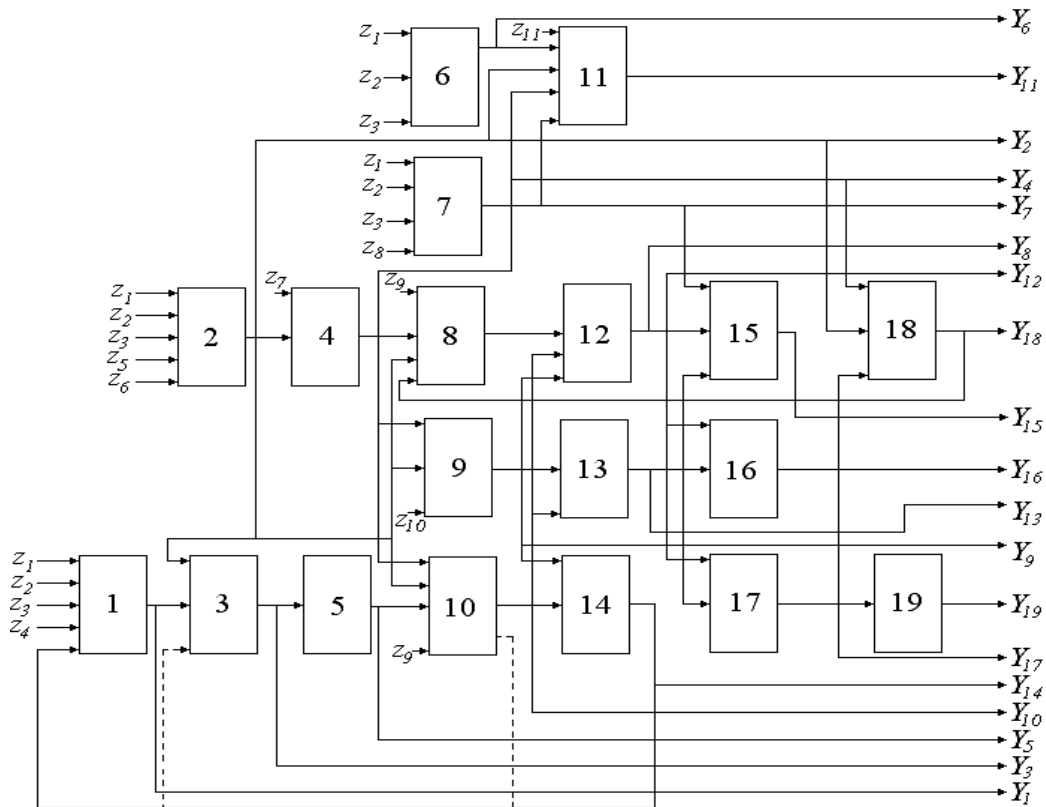
Дизелі транспортних машин можна представити у вигляді складних аналогових об'єктів, діагностування яких раціонально здійснювати під час функціонування (тільки на робочих режимах). У цьому розділі використані матеріали роботи [14].

Для визначення, в якому з множини можливих помітних станів знаходиться дизель, необхідно знати загальну кількість можливих станів його функціональних елементів (ФЕ). Аналіз конструкції та функціонування дизеля як складного аналогового об'єкта дозволяє представити його у вигляді функціональної схеми, а потім – у вигляді схеми функціонально-логічної моделі (ФЛМ) шляхом розбивки його систем і механізмів на функціональні блоки та елементи з указанням характеру зв'язків між ними (рис. 1.59). Так

на схемі ФЛМ знаком  $z$  позначені зовнішні впливи, а знаком  $Y$  – вхідні сигнали.

У технічній діагностиці реально використовуються тільки два протилежних стани – роботоздатний і відмова. У такому разі можлива кількість станів системи, що складається з  $N$  елементів, буде дорівнювати  $2^N$ , з яких розпізнають один роботоздатний стан  $S_0$  і  $2^N - 1$  станів відмов  $S_i$ . Але розпізнати таку кількість станів під час діагностування складних систем практично неможливо.

Для зменшення кількості станів, що розпізнаються, а також щоб математична модель якнайповніше відповідала реальному стану дизеля в експлуатації й окрім функціональних та логічних зв'язків урахувались імовірності станів його систем і механізмів, необхідно здійснити в експлуатації емпіричні дослідження об'єкта діагностування з аналізом розподілення ймовірностей можливих станів і закономірності виявлення відмов окремих елементів системи. Тільки за умови, що потоки відмов елементів виявляються ординарними можна припустити, що кількість нероботоздатних станів визначається тільки кількістю елементів системи –  $N$ .



**Рис. 1.59. Схема функціонально-логічної моделі дизеля:**

1 – паливний бак; 2 – пусковий пристрій; 3 – паливopідкачувальний насос; 4 – система змащування; 5 – паливний фільтр; 6 – повітряний фільтр; 7 – система охолодження; 8, 9, 10 – ФЕ ПНВТ; 11 – ГРМ; 12, 13, 14 – форсунки; 15, 16, 17 – ЦПГ; 18, 19 – КШМ;  $z_1, z_2, z_3$  – величина тиску; температури та вологості доквілля;  $z_4$  – кількість палива;  $z_5, z_6$  – величина напруги та струму акумулятора;  $z_7, z_8$  – рівень масла й охолоджувальної рідини;  $z_9$  – положення педалі акселератора;  $z_{10}$  – кут випередження впорскування;  $z_{11}$  – зазор в ГРМ

Аналіз результатів підконтрольної експлуатації показав [14] розподілення відмов механізмів і систем дизелів і встановив, що протягом усієї підконтрольної експлуатації надійність КШМ і системи живлення паливом безперервно знижується, а надійність ЦПГ підтримується на одному рівні, причому інтенсивність відмов залишається практично постійною протягом усього терміну експлуатації.

Враховуючи ординарність потоку відмов дизелів, можна припустити, що кількість нероботоздатних станів визначається кількістю систем і механізмів –  $N$ , тобто кожен ФЕ може знаходитися в одному з двох несумісних видів технічного стану – роботоздатному і нероботоздатному. А вихідні сигнали кожного ФЕ – це можлива кількість перевірок (діагностичних параметрів).

Найменування ФЕ, їх вихідні сигнали ( $Y$ ) та ймовірності безвідмовної роботи ( $P$ ), отримані в результаті обробки статистичної інформації, наведені в табл. 1.11.

Таблиця 1.11

**Найменування функціональних елементів, їх вихідних сигналів та ймовірності безвідмовної роботи**

Найменування функціональних елементів	Вихідні сигнали	Ймовірність безвідмовної роботи
Паливний бак	Розрідження на вході в паливопідкачувальний насос	0,87
Пусковий пристрій	Пускова частота обертання	0,96
Паливопідкачувальний насос	Тиск палива за паливопідкачувальним насосом	0,97
Система змащування	Тиск масла в головній масляній магістралі	0,96
Фільтр очищення палива	Тиск палива після фільтра тонкого очищення	0,97
Повітряний фільтр	Тиск повітря на вході в дизель	0,87
Система охолодження	Температура охолоджувальної рідини	0,96
ПНВТ	Циклова подача палива	0,98
ПНВТ	Кут випередження впорскування палива	0,94
Регулятор частоти обертання	Частота обертання, що регулюється регулятором	0,92
Газорозподільний механізм	Кути фаз розподілення	0,92
Форсунки	Тиск впорскування палива	0,96
Форсунки	Кут розпилення палива при впорскуванні	0,95
Форсунки	Величина потоків палива з форсунки в лінію зливання	0,97
ЦПГ	Димність відпрацьованих газів	0,92
ЦПГ	Температура відпрацьованих газів	0,92
ЦПГ	Тиск повітря в кінці такту стискування	0,93
КШМ	Частота обертання колінчастого валу дизеля	0,93
КШМ	Ефективна потужність дизеля	0,89

ФЕ, їх вихідні сигнали та ймовірності безвідмовної роботи є основою складання логіко-ймовірнісної математичної моделі дизеля у вигляді матри-

ці станів, що встановлює зв'язок між множиною станів ФЕ ( $S$ ) з урахуванням їх імовірностей ( $P$ ), множиною можливих перевірок (діагностичних параметрів) ( $Y$ ) і множиною наслідків цих перевірок.

Побудована матриця (табл. 1.12) складається з 19 рядків (за кількістю ФЕ), які означають нероботоздатний стан ( $S_i=0$ ) і один (верхній), що відповідає роботоздатному стану функціональних елементів ( $S_0$ ), коли всі діагностичні параметри ( $Y_j$ ) мають допустимі значення – «1», при допустимих значеннях усіх зовнішніх вхідних впливів.

Стовпці матриці станів означають результати перевірок ( $Y_j$ ), кількість яких дорівнює кількості вихідних сигналів ФЕ. А останній стовпець містить вираховані ймовірності  $i$ -го стану моделі  $P(S_i)$ .

$$P(S_i) = \frac{[1 - P(S_0)] \cdot (1 - P_i)}{\sum_{j=1}^n (1 - P_j)}, \quad (1.9)$$

де  $P(S_0)$  - імовірність безвідмовної роботи,

$$P(S_0) = \prod_{i=1}^n P_i \quad (1.10)$$

$$P_i - \text{імовірність безвідмовної роботи всіх ФЕ, причому } \sum_{i=0}^n P(S_i) = 1 \quad (1.11)$$

Визначення мінімальної (необхідної і достатньої) сукупності діагностичних параметрів ґрунтується на аналізі основної властивості матриці станів, яка свідчить: якщо у разі відмови  $i$ -го ФЕ діагностичний параметр ( $Y_j$ ) набуває недопустимого значення, то на перетині  $i$ -го рядка та  $j$ -го стовпця в таблиці ставиться «0», тобто відмова  $i$ -го ФЕ впливає на діагностичний параметр  $j$ -го ФЕ, або «1», якщо не впливає.

Таблиця 1.12

### Матриця станів дизеля з вирахованими ймовірностями

	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$	$Y_8$	$Y_9$	$Y_{10}$	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$	$Y_{14}$	$Y_{15}$	$Y_{16}$	$Y_{17}$	$Y_{18}$	$Y_{19}$	$P(S_i)$	
$S_0$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,352
$S_1$	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0,019
$S_2$	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0,026
$S_3$	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0,019
$S_4$	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0,026
$S_5$	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0,019
$S_6$	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0,019
$S_7$	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0,26
$S_8$	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0,013
$S_9$	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0,039
$S_{10}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0,052
$S_{11}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0,052
$S_{12}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0,026
$S_{13}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0,032
$S_{14}$	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0,019
$S_{15}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0,052
$S_{16}$	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0,052
$S_{17}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0,045
$S_{18}$	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0,045
$S_{19}$	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,071

Для перевірки роботоздатності дизеля необхідно отримати інформацію про стан усіх ФЕ, тому визначення мінімальної кількості діагностичних параметрів полягає у відшуканні мінімальної кількості стовпців матриці станів, які заповнюють нулями усі рядки (крім  $S_0$ ), що відповідає роботоздатному стану.

Відбір мінімальної сукупності діагностичних параметрів для перевірки роботоздатності дизеля здійснюється з урахуванням найбільших значень ймовірності  $i$ -го стану моделі  $P(S_i)$ .

Виконаний таким чином аналіз матриці станів дизеля дозволив установити мінімальну (необхідну і достатню) сукупність перевірок, яка складається з контролю всього двох сукупностей трьох діагностичних параметрів:  $Y_{19}$  і  $Y_{15}$ , тобто перевірки потужності та димності відпрацьованих газів, або  $Y_{19}$  і  $Y_{16}$  (перевірки потужності та температури відпрацьованих газів) [14].

Перша сукупність дає загальну оцінку роботоздатності дизеля, друга може бути основою алгоритму діагностування не тільки під час контролю роботоздатності, але й пошуку відмов окремо в циліндрах дизелів.

Контроль потужності двигуна потребує використання складних навантажувальних стендів, що тягне за собою збільшення вартості й часу діагностування. Відомо, що температура відпрацьованих газів прямо пропорційна потужності, значить, мінімальна необхідна і достатня обґрунтована кількість перевірок може складатися з двох діагностичних параметрів: димності ( $Y_{15}$ ) і температури ( $Y_{16}$ ) відпрацьованих газів. Якщо ці два параметри відповідають нормативним значенням, то дизель знаходиться у роботоздатному стані. А якщо хоча б один з двох контрольованих параметрів не відповідає нормативу, то дизель – у нероботоздатному стані. Це підтверджує необхідність контролю димності відпрацьованих газів у режимі вільного прискорення за чинним ДСТУ 4276.2004 і температури відпрацьованих газів. У разі використання швидкодійного пристрою для вимірювання температури відпрацьованих газів додатково з'являється можливість виконувати діагностування окремих циліндрів дизеля.

### **1.12.2. Пошук несправностей двигуна з використанням димоміра**

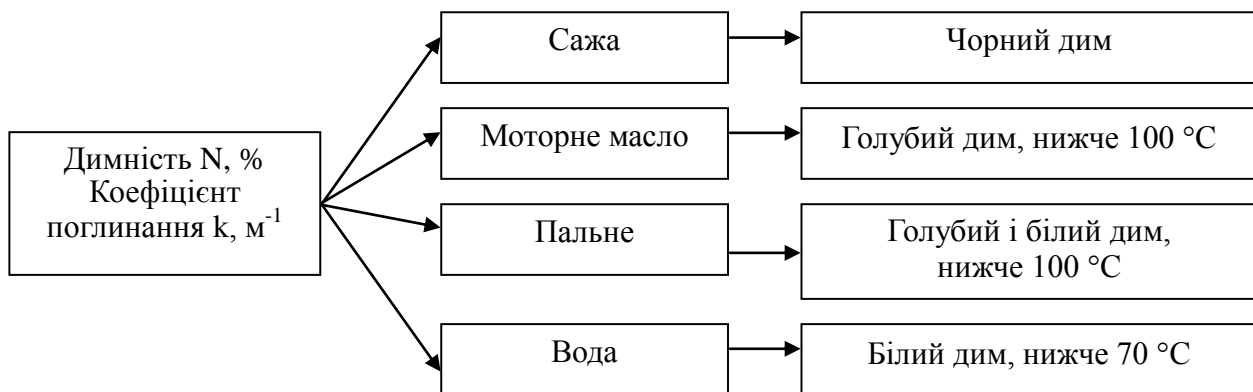
Димоміри працюють за принципом поглинання світлового потоку, що проходить через відпрацьовані гази (ВГ). Димність ВГ оцінюється через їх оптичну щільність, що реєструється при просвічуванні фотоелементом, який передає сигнал на мікроамперметр, проградуєований у відсотках димності.

Димність відпрацьованих газів у двигунів автомобілів МАЗ, КамАЗ, ЗИЛ-4331 не повинна перевищувати 40% на режимі вільного прискорення і 15% при максимальній частоті обертання колінчастого валу. Перевищення вказаних значень свідчить про несправну роботу паливної системи і потребує вживання відповідних заходів (проведення регулювальних робіт або точного ремонту), так як подібна несправність може знизити потужність двигуна, призвести до перевитрати палива, а високий вміст аерозолів, що визначають відсоток димності та складаються з часток сажі, палива, що не згоріло, масла тощо, шкодить екології та здоров'ю людини.



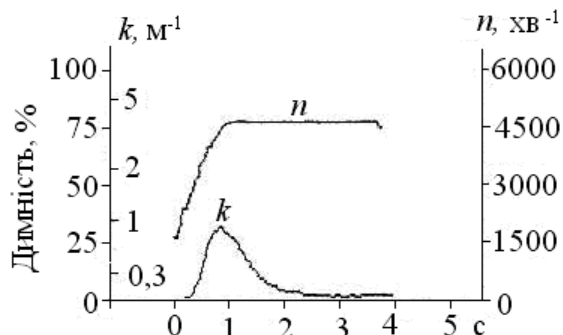
**Режими вимірювання.** Для більшості приладів з вимірювання димності ВГ існують спеціальні програми з пошуку несправності, які включають постійні вимірювання дійсних значень димності ВГ, які проводяться під час запуску двигуна та на режимі холостого ходу. Таким приладом, наприклад, є димоміри типу «Хартридж». Для визначення димності ВГ при повному навантаженні та максимальній (обмежуваній регулятором) частоті обертання колінчастого валу реєструються показання димоміра на режимах вільного прискорення. У цьому підрозділі використані матеріали роботи [7].

Прилад для вимірювання димності ВГ типу «Хартридж» оцінює відпрацьовані гази на провіт так само, як це визначає своїм зором людина. Непрозорість ВГ визначається наявністю часток сажі, палива, що не згоріло, моторного масла та водяної пари (рис. 1.60).



**Рис. 1.60. Фактори димності ВГ і склад твердих часток**

У німецькому тесті ВГ контролеру задається вимірювальний режим А або Б визначення непрозорості ВГ. В залежності від вибраного режиму відгук вимірювального приладу встановлюється на більш або менш швидкі зміни величини коефіцієнта поглинання. У вимірювальному режимі В показання приладу надто задемпфовані. У вимірювальному режимі А величина димності ВГ записується без демпфування, тому цей режим найкраще пасує для діагностики. При пробному вимірюванні для майбутнього тесту димності ВГ повинен вибиратися режим, який пропонує виробник транспортного засобу для даного тесту. В подальшому показники димності ВГ даються за вимірюванням у режимі А.

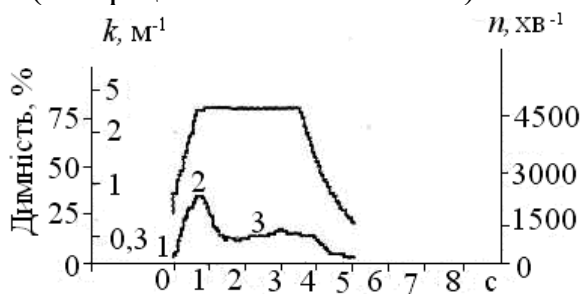


**Рис. 1.61. Криві димності ВГ ( $k$ ) та частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) справного двигуна Audi V6 TDI:  $k_{\max}=0,87 \text{ м}^{-1}$ ;  $t_p=0,7 \text{ с}$ ; максимальна частота обертання колінчастого валу  $n=4690 \text{ хв}^{-1}$ ; режим вимірювання А**

Вимірювання димності ВГ (коефіцієнта поглинання  $k$ ) (рис. 1.61) на режимах вільного прискорення слід проводити завжди, коли проявляються ознаки недостатньої потужності або занадто велика кількість диму, що йде з випускної труби. Переваги використання димоміра полягають у швидкості та доступності цього методу, а також у тому, що задана величина  $k$  значення димності ВГ указується для кожного транспортного засобу.



**Характеристики димлення дизельного двигуна.** Викид сажі збільшується із зростанням навантаження на двигун, що супроводжується збагаченням паливоповітряної суміші. Межа припинення димлення відповідає складу суміші з коефіцієнтом надлишку повітря  $\lambda=1,2$ . Справний дизельний двигун на холостому ходу часток сажі (твердих часток) майже не викидає. Посилений викид твердих часток або палива, що не згоріло, вказує на порушення процесу згоряння, викликане поганою підготовкою паливоповітряної суміші, наприклад, через несправні розпилювачі форсунок, помилково встановленого початку подачі палива або високої витрати масла у разі спрацювання деталей ЦПГ. Порушення процесу згоряння можуть призводити до підвищеного димлення на всіх робочих режимах. Більшість димомірів дозволяють реєструвати зміну непрозорості ВГ в залежності від частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ), забезпечуючи можливість пошуку несправності на режимах вільного прискорення (рис. 1.62). Крива димності ВГ (коефіцієнт поглинання  $k$ ) визначена на всіх робочих режимах двигуна.



**Рис. 1.62. Типові криві димності ВГ ( $k$ ) і частоти обертання ( $n$ ) КВ при вільному прискоренні:**  
 $k_{\max}=1,05 \text{ м}^{-1}$ ;  $t_p=0,7 \text{ с}$

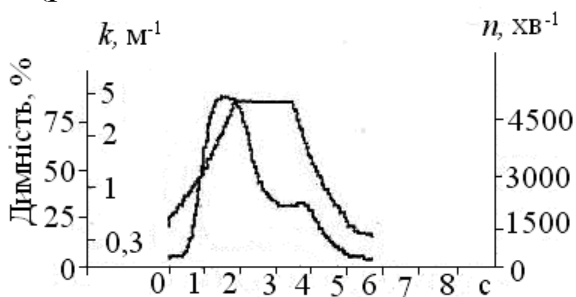
кілець також викликає підвищене димлення, що можна пояснити, з одного боку, низьким тиском у кінці такту стиснення, з іншого боку, підвищеною витратою масла.

Точка 2 (рис. 1.62) характеризує максимальне димлення у разі повного навантаження. Так як дизельний двигун на режимах вільного прискорення працює з повним навантаженням тільки протягом нетривалого часу, найбільша подача палива відбувається також дуже недовго. У справному двигуні зміна непрозорості ВГ приблизно відповідає зміні подачі палива. У німецькому тесті ВГ точка 2 (рис. 1.62) береться як значення максимального димлення. У сучасних дизельних двигунів максимальне димлення приблизно відповідає  $k=1,0 \text{ м}^{-1}$ . Більш точні відомості про значення димлення двигуна на повному навантаженні вказуються на таблиці автомобіля, в якій приводиться значення  $k$ , встановлене на режимі повного навантаження при затвердженні типу транспортного засобу. Навіть якщо б це значення  $k$  встановлювалось за інших умов, воно б відповідало у більшості випадків димленню двигуна на режимах вільного прискорення.

Той факт, що контрольне значення  $k$  можна знайти під капотом кожного автомобіля, значно полегшує застосування цього методу випробування. Якщо виміряне значення в точці 2 (рис. 1.62) знаходиться вище контрольної величини, двигун отримує при повному навантаженні занадто велику

Точка 1 (рис. 1.62) характеризує димність на холостому ходу – у справного дизельного двигуна з відключеною рециркуляцією ВГ вона повинна бути менше 5%, відповідно,  $k=0,12 \text{ м}^{-1}$ . Перевищення цього значення димності ВГ свідчить про порушення процесу згоряння. У цьому разі потрібно перевірити апаратуру впорскування, розпилювачі форсунок і момент початку подачі палива. Нещільність прилягання поршневих

кількість палива або занадто малу кількість повітря. Перш ніж вибрати між цими можливими несправностями, бажано запитати водія про потужність двигуна. Якщо він підтверджує високу потужність двигуна, слід шукати причину відхилення значення  $k$  у занадто великій дозі палива. Якщо двигун коли-небудь не піддавався тюнінгу, пов'язаному зі збільшенням потужності, слід точніше переглянути вимірні сигнали датчиків, які використовує блок управління для розрахунку подачі палива на повному навантаженні. Це сигнали датчиків температури всмоктуваного повітря, палива і в залежності від будови двигуна тиску наддування та витрати повітря. Якщо потужність двигуна знаходиться в допусках для серійної продукції, а значення димності ВГ при цьому занадто завищене, це означає, що двигун отримує при повному навантаженні занадто мало повітря. Тоді, шукаючи причину несправності, слід пройти шляхом усмоктуваного двигуном повітря, починаючи з перевірки зовнішнього вигляду повітряного фільтра. Потім вимірюванням тиску наддування при повному навантаженні перевіряють турбокомпресор. Часто причиною підвищеного димлення є несправності в системі рециркуляції ВГ. На режимі повного навантаження рециркуляція ВГ звичайно відключається. Якщо клапан рециркуляції ВГ через механічну або електричну несправність відкритий на режимі повного навантаження, двигун викидає густий чорний дим, тому що ВГ у системі рециркуляції витісняють із впускного трубопроводу свіже повітря. Дію клапана рециркуляції можна перевірити візуально або вимірюванням з допомогою димоміра при вільному прискоренні та постійно відкритому клапані системи рециркуляції ВГ (рис. 1.63).



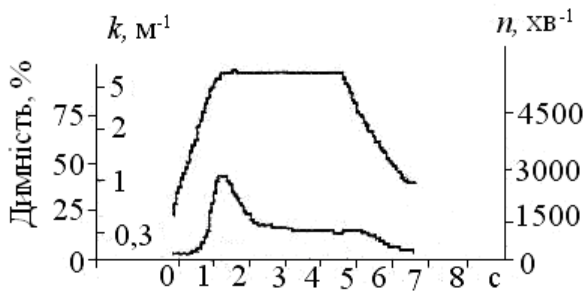
**Рис. 1.63. Криві димності ВГ ( $k$ ) і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) з постійно відкритим клапаном рециркуляції ВГ**

використовується блоком управління для розрахунку повної подачі палива. Такі двигуни на брак повітря, який створює відкритий клапан рециркуляції ВГ, реагують втратою потужності та чорним димом (рис. 1.64, 1.65). Також опір на виході впускної труби призведе до низького тиску наддування і зниженню потужності двигуна.

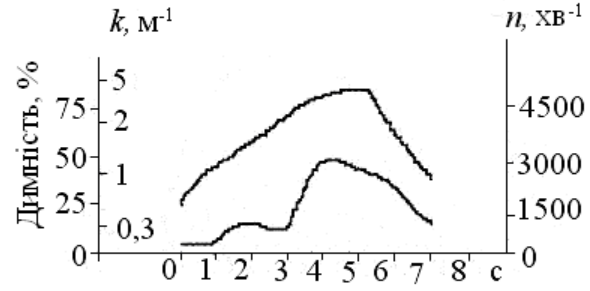
Криві димності ВГ ( $k$ ), представлені на рис. 1.64 і 1.65, отримані при вільному прискоренні (код несправності IZ) справного двигуна TDI (рис. 1.64) і Volkswagen 1.9 TDI з постійно відкритим клапаном рециркуляції ВГ (рис. 1.65).

Якщо димлення на режимі повного навантаження помітно нижче нормального значення, подача палива на цьому режимі є занадто низькою. Так

як блоки управління у разі будь-якої несправності (з міркувань безпеки) знижують подачу на повному навантаженні, кожного разу необхідно спочатку переглянути пам'ять несправностей. Якщо пам'ять несправностей не заповнена, перевіряють тиск підкачування, який створює насос низького тиску, а потім з допомогою таблиці даних або осцилографа перевіряють усі видані датчиками величини, необхідні блоку управління для розрахунку подачі на повному навантаженні. До них належать датчики витрати повітря, тиску наддування, температури всмоктуваного повітря і палива.

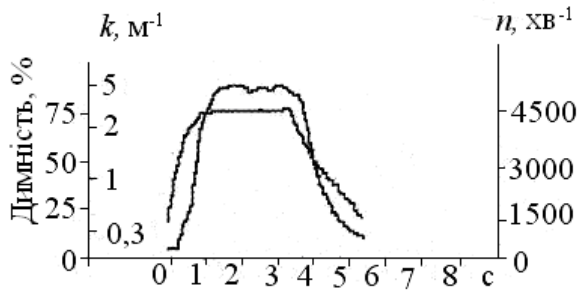


**Рис. 1.64. Криві димності ВГ ( $k$ ) і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) справного двигуна TDI**

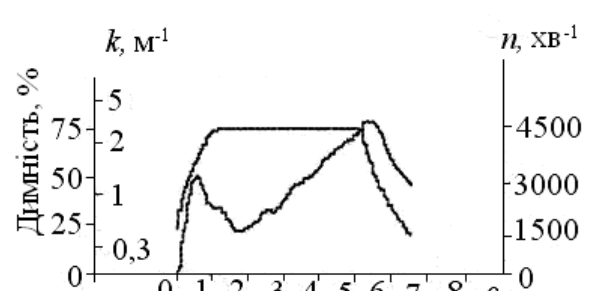


**Рис. 1.65. Криві димності ВГ ( $k$ ) і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) з постійно відкритим клапаном рециркуляції ВГ**

Якщо димність у точці 3 (рис. 1.62) занадто висока, якщо початок правдовати обмужувати обороти колінчастого валу ( $n$ ), несправності пов'язані не з величиною подачі, а з частотою обертання колінчастого валу. У разі допустимого димлення ( $k$ ) на холостому ходу і з повним навантаженням слід спочатку перевірити функціонування регулятора початку подачі палива (рис. 1.66, 1.67, 1.68). Криві димності ВГ ( $k$ ), наведені на рис. 1.68, отримані при вільному прискоренні із заблокованим механізмом початку подачі палива та постійно відкритим клапаном початку подачі.



**Рис. 1.66. Криві димності ВГ ( $k$ ) і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) безнаддувного двигуна**



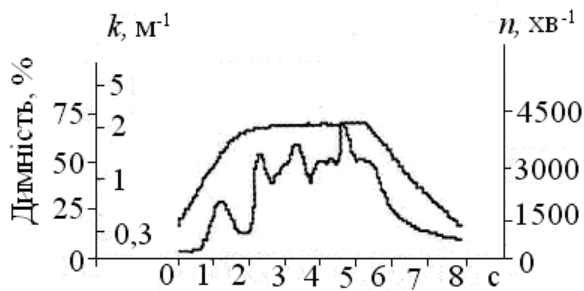
**Рис. 1.67. Криві димності ВГ ( $k$ ) і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) двигуна з турбонадуванням**

Ознаками несправності в цьому разі можуть бути такі: двигун не розвиває потужність і димить. Втрату потужності можна визначити за повільним досягненням максимальної частоти обертання та «зкругленою» кривою частоти обертання колінчастого валу. На дуже пізно встановлений початок подачі палива вказують високі значення димності ВГ на всіх режимах і нестача потужності (рис. 1.69). Криві димності ВГ ( $k$ ), наведені на рис. 1.69, отримані при занадто пізньому початку подачі палива ( $8^\circ$  після верхньої мертвої точки).

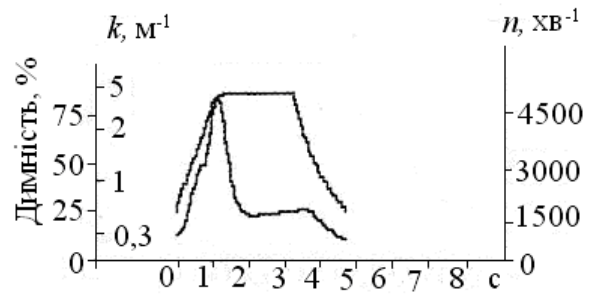
Однак видиму зміну значення димності ВГ можна встановити тільки у разі точно визначеної похибки початку подачі. Не всі двигуни реагують однаково на неправильно встановлений початок подачі. Якщо початок подачі занадто ранній, величина димності ВГ знижується на холостому ході, але збільшується на режимі повного навантаження (рис. 1.70).

Якщо величина димлення знаходиться занадто високо у всіх трьох точках (рис. 1.71), поряд з уже згаданими порушеннями згоряння, які спричиняють несправності в апаратурі впорскування, мова може йти про підвищен-

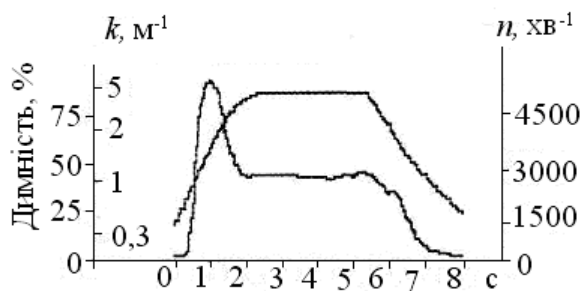
ну витрату масла або погану якість палива. У разі підвищеної витрати масла значення димності ВГ знаходяться високо на всіх режимах (рис. 1.71), двигун випускає синій дим.



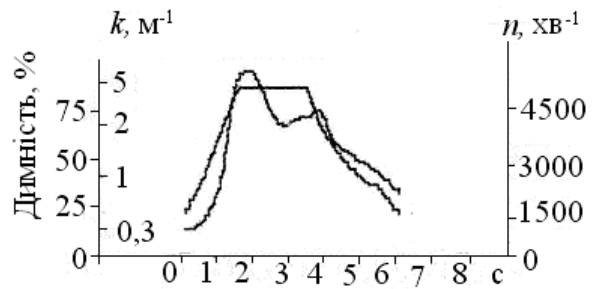
**Рис. 1.68.** Криві димності ВГ ( $k$ ) і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) двигуна BMW 318TDS з турбонадуванням



**Рис. 1.69.** Криві димності ВГ ( $k$ ) і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) двигуна



**Рис. 1.70.** Криві димності ВГ ( $k$ ) і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) двигуна із надто раннім початком подачі палива –  $10^\circ$  до ВМТ



**Рис. 1.71.** Криві димності ВГ ( $k$ ) і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) спрацьованого двигуна з високою витратою масла

Погана якість палива також є причиною високих значень димності ВГ у всіх трьох точках (рис. 1.71). Двигун викидає чорний дим із відчутно зниженою потужністю. Якщо є підозра на погану якість палива, проби на запах з горловини паливного бака недостатньо (хоча найпоширеніша причина – заправка автомобіля бензином, а не дизельним паливом). Для надійності необхідно запустити двигун, «живлячи» його з ємності з перевіреним паливом. Якщо всі симптоми підвищеної димності ВГ зникли, причина визначена. Визначити за запахом погану якість дизельного палива дуже важко: так можна, наприклад, намагатися протягом половини дня допомогти дизельному двигуну подолати пропуски займання, не підозрюючи, що в пальному наявна велика кількість засобу для очищення системи живлення.

Що стосується заправки автомобіля помилково бензином, то так як бензин не має мастильних властивостей дизельного палива, сучасні системи впорскування високого тиску реагують на це частковими відмовами або припиненням роботи. В цьому разі слід завчасно попередити водія про можливі витрати на ремонт. Особливо піддаються переходу на бензин розподільні паливні насоси високого тиску і насоси високого тиску акумуляторної системи впорскування. Рядний паливний насос високого тиску і насос-форсунки у цьому випадку не постраждають, завдяки тому, що в цих системах кулачковий вал змащується моторним маслом.

Пошук несправності з димоміром типу «Хартридж», як і перегляд пам'яті несправностей, добре підходять для попереднього визначення несправності, так як протягом нетривалого часу дають напрямок для подальших перевірок. Порівняно з пам'яттю несправностей пошук з димоміром має перевагу в тому, що дає можливість оцінювати кінцевий продукт процесу згоряння і, таким чином, показує результат як механічних несправностей, так і несправностей у системі паливоподачі. Пошук несправностей за вимірюванням димності ВГ наведено у табл. 1.13.

Таблиця 1.13

**Пошук несправностей за вимірюванням димності  
відпрацьованих газів**

Потужність двигуна	Величина димності при прискоренні			Можлива причина
	холостий хід	повне навантаження	оберти регулятора	
+	н	+	н	Тюнінг, занадто велика подача на повному навантаженні та частота обертання регулятора
-	н	-	н	Занадто низькі величина подачі та тиск наддування, блок управління в аварійному режимі, несправний вимірювач витрати повітря
н (-)	н	+	н	Несправність у системі рециркуляції, забруднений повітряний фільтр, несправний турбокомпресор
-	н	+	н	Екстремально ранній початок подачі, жорсткий шум згоряння
-	+	+	н	Занадто пізній початок подачі
-	н	н (+)	+	Несправний механізм випередження впорскування
-	+	+	+	Дефектний розпилювач
-	+	+	+	Заправка не тим паливом
н	+	+	+	Перевитрата масла (голубий дим). Несправність двигуна або турбокомпресора

**Примітка:** «н» – нормальна величина; «+» - високе значення; «-» - низьке значення.

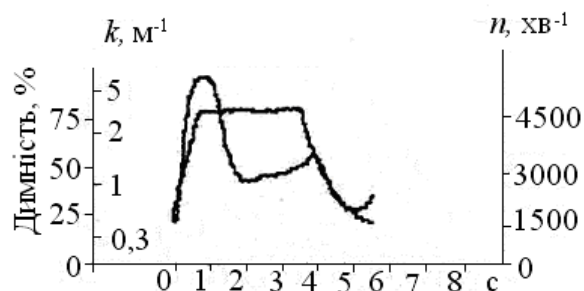
**Визначення джерела димлення.** Якщо димність ВГ на режимі холодного ходу перевищує 5% (або коефіцієнт поглинання  $k$  перевищує величину  $0,1 \text{ м}^{-1}$ ) і є ознаки, що несправність може бути пов'язана з одним із циліндрів двигуна, слід послідовно відключати циліндри від'єднанням трубопроводів високого тиску і при цьому фіксувати значення димності ВГ. Якщо після відключення одного з циліндрів після найпізніше 10 с значення димності ВГ явно знизиться, це означає, що знайдено несправний циліндр, який і призводить до підвищеної димності ВГ (табл. 1.14 і рис. 1.72).

При відключенні дефектного циліндра з нещільно встановленою форсункою димність знизилася в середньому з 17 до 3%.

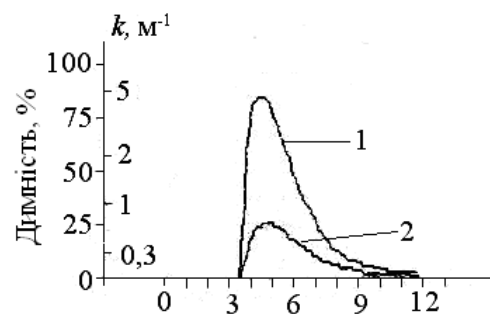


### Вимірювання відносної димності для визначення дефектного циліндра

	Циліндр 1	Циліндр 2	Циліндр 3	Циліндр 4
Димність, виміряна при відключенні одного з циліндрів, %	23	23	23	3



**Рис. 1.72.** Криві димності ВГ ( $k$ ) і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) двигуна з нещільно встановленою форсункою в одному з циліндрів



**Рис. 1.73.** Криві димності ВГ ( $k$ ) на режимі холодного пуску (1) при  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  і на робочому режимі прогрітого двигуна з електронним регулюванням (2)

Цей метод випробування особливо придатний для систем з насос-форсунками й акумуляторних систем впорскування, тому що елементи насос-форсунок і, відповідно, форсунки акумуляторної системи за своєю конструкцією можуть бути швидше перевірені таким способом. У двигунів з насос-форсунками для відключення циліндра потрібно від'єднати штекер від відповідного електромагнітного клапана. В акумуляторній системі впорскування знадобиться додаткова, електрично справна форсунка, яку під'єднують замість форсунки, яку перевіряють.

У деяких двигунів Mercedes-Benz, наприклад, восьмициліндрових з акумуляторною системою або призначених для вантажних автомобілів з системою насос-форсунок, циліндри можна відключати окремо спеціальним пробником з відповідною керуючою програмою. Тим, кому витрати на такий метод перевірки здадуться надто високими, слід урахувати, що запасні частини елементів насос-форсунок у форсунок акумуляторних систем впорскування мають трізначну ціну (в євро).

**Перевірка пускової подачі.** У разі виникнення проблем холодного пуску дизельного двигуна станції технічного обслуговування обмежуються перевіркою компресії, свічок розжарювання та подачі палива. При цьому працівники сервісу часто забувають, що для впевненого холодного пуску дизельному двигуну необхідна деяка пускова подача, яка при частоті обертання колінчастого валу, що надає стартер, може здійснюватися ПНВТ з механічним регулюванням. Системи з електронним регулюванням задають пускову подачу залежно від температури охолоджувальної рідини. До впровадження в практику автосервісів приладів для вимірювання димності ВГ пускову подачу можна було перевірити лише на стендах для випробування

паливних насосів. Прилад для вимірювання димності ВГ використовують таким чином: запускають двигун і спостерігають зміну димності ВГ після того, як двигун увійде на режим холостого ходу. В паливних насосах з механічним регулюванням гранична величина димності ВГ повинна складати мінімум 50% або  $k=2,0 \text{ м}^{-1}$ . У разі нижчих значень димності ВГ можуть з'явитися труднощі при холодному пуску. У разі занадто низької подачі на режимі повного навантаження знижується також пускова подача. У п'ятициліндрових вихрокамерних двигунів Audi (код двигуна CN) пускова подача регулюється з допомогою температурного датчика у вигляді сільфона. У таких двигунах, як і при використанні паливної апаратури з електронним управлінням, димлення пуску слід перевіряти при двох значеннях температури. У прогрітого двигуна димність під час пуску повинна знаходитися в межах від 20 до 35% або  $k= 0,6-1,0 \text{ м}^{-1}$  (рис. 1.73).

Під час перевірки пускової подачі дизелів, які оснащені ПНВТ з електронним регулюванням, імітується температура  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$  установкою в рознімач датчика температури резистора опором  $\approx 10 \text{ кОм}$  і запускають двигун. При цьому димність ВГ під час пуску повинна збільшитися мінімум до 50% (рис. 1.72). У разі нижчих значень димності ВГ у деяких блоках управління (наприклад, двигунів BMW) пускова подача регулюється спеціальним тестером (Modic III або DIS). Перед зміною пускової подачі необхідно за допомогою діагностичного приладу перевірити датчик температури.

У деяких розподільних ПНВТ фірми Bosch пускова подача регулюється гвинтом із внутрішнім шестигранником, який є упором для важеля, розташованого на боковій стороні насосу.

Пускову подачу зменшують поворотом гвинта за годинниковою стрілкою. Але цей важіль не можливо сплутати з важелем холостого ходу, який знаходиться на другій стороні насосу. Дію важеля пускової подачі можна відрізнити по тому, що він повністю припиняє роботу двигуна, тому його також називають важелем зупинки.

### Контрольні запитання

1. Яка мінімальна сукупність діагностичних параметрів достатня для контролю технічного стану двигуна?
2. Як за допомогою димоміра визначити несправності?
3. Які існують характеристики димлення дизельного двигуна?

## 1.13. Контроль технічного стану двигуна за зміною потужності та тиску наддування

### 1.13.1. Контроль тиску наддування

Більшість сучасних дизельних двигунів обладнують турбокомпресорами, які постачають двигуну, особливо при повному навантаженні, достатню кількість повітря. Більша кількість повітря у камері згоряння дає можливість впорскувати більшу кількість палива та збільшити потужність, а у разі меншої подачі палива – знизити викид сажі. [7]

Тому тиск наддування, будучи параметром, що визначає величину повного навантаження, повинен перевірятися перш за все при ознаках пони-

ження потужності Для перевірки тиску наддування приєднують манометр до відповідного штуцера впускного трубопроводу і вимірюють тиск на відповідність даним виробника. Вимірювання без навантаження не може дати потрібного результату, тому що турбокомпресор забезпечує необхідний тиск наддування тільки при достатньо великій кількості ВГ. Короткий період повного навантаження на режимах вільного прискорення також не є достатнім для вимірювання тиску наддування, тому що зростання частоти обертання турбіни не встигає за збільшенням частоти обертання колінчастого валу. Тому виміряти тиск наддування можна під час поїздки з більш постійним повним навантаженням і з середньою частотою обертання колінчастого валу. Якщо випробувальний стенд з біговими барабанами відсутній, слід провести пробну поїздку на дорозі.

Термоплівковий вимірювач маси повітря (Heißfilm-Luftmassenmesser=НФМ) – це термічний вимірювач потоку, що надходить до двигуна. Чутливий елемент і корпус масового вимірювача – це два окремих елементи. Вони з'єднуються між собою через фланець з допомогою двох гвинтів. Якщо на автомобілі вийшов з ладу масовий вимірювач повітря, то його завжди замінюють комплектом. Ремонт масового вимірювача недопустимий. Перш за все не допускається заміна чутливого елемента. Гвинти кріплення заборонено відгвинчувати. При виготовленні масового вимірювача кожен чутливий елемент проходить індивідуальне калібрування зі своїм корпусом. Заміна чутливого елемента без калібрування погіршує якість вихлопу, знижує потужність двигуна та підвищує витрату палива. НФМ5 можна перевірити з допомогою KTS або осцилографа.

Не тільки занадто низький, але й занадто високий тиск наддування може призвести до зниження потужності, тому що блок управління при перевищенні граничного значення тиску наддування (з метою захисту турбокомпресора) знижує подачу палива. При значеннях тиску наддування, що не відповідають даним виробника, необхідно перевіряти увесь двигун. Тільки якщо встановлено, що всі вузли і механізми, які оточують турбокомпресор, справні, можна буде замінити дорогий агрегат. У табл. 1.15 ([7]) даються вказівки для пошуку несправності в умовах, коли тиск наддування не відповідає даним виробника.

Тиск наддування регулюється електропневматичним способом. При використанні турбокомпресора зі змінною геометрією турбіни регулювання геометрії турбіни відбувається створенням розрідження.

Якнайважливішими параметрами регулювання тиску наддування є частота обертання колінчастого валу, тиск наддування й атмосферний тиск (особливо для двигунів, що працюють на великій висоті над рівнем моря, де турбокомпресор може перевантажуватися). Датчик атмосферного тиску вбудований у блок управління і його можна замінити тільки разом з ним.

Перевірка системи регулювання тиску наддування можлива тільки при аналізі даних пам'яті несправностей. На непрацюючому двигуні датчики атмосферного тиску і тиску наддування повинні давати однакові показання з похибкою до 20 мбар. Якщо ці показання дуже відрізняються, слід замінити блок управління.

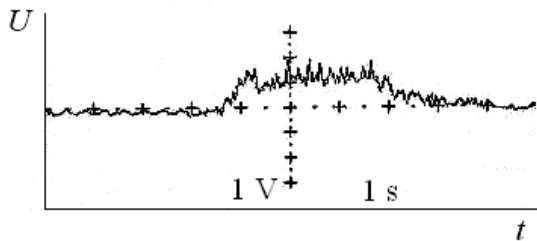


**Пошук несправностей у разі невідповідності тиску наддування даним виробника**

<b>Несправність</b>	<b>Можлива причина</b>	<b>Спосіб усунення</b>	
Занадто низький тиск наддування	Блок управління в аварійному режимі	Зчитування пам'яті несправностей та усунення несправності	
	Несправний LDA*	Ремонт LDA або заміна насосу високого тиску	
	Несправний датчик тиску	Перевірка датчика і заміна у разі необхідності	
	Несправний витратомір повітря	Перевірка датчика і заміна у разі необхідності	
	Несправність регулятора тиску		
	Байпасний клапан постійно відкритий або механізм VTG** турбонагнітача погано рухається	Відновлення рухомості або заміна	
	Дефект комірки байпасного клапана або приводу VTG	Заміна комірки тиску або турбокомпресора	
	Несправний електропневматичний перетворювач тиску регулятора тиску наддування	Перевірка тиску, що управляє, і скважності, заміна дефектних деталей	
	Несправний турбокомпресор (голубий дим і висока витрата масла)	Заміна турбонагнітача	
Занадто високий тиск наддування	Тюнінг двигуна (висока потужність двигуна)	Зчитування пам'яті несправностей і списку даних. У насосів з механічним регулюванням перевірка надійності обмеження повного навантаження та LDA	
	Клапан рециркуляції постійно відкритий (висока температура газів у впускному трубопроводі)	Перевірка і ремонт системи рециркуляції	
	Несправний регулятор тиску наддування		
	Дефектний датчик тиску наддування	Випробування датчика, у разі необхідності замінити	
	Заблокований механізм регулювання (байпасний клапан постійно закритий або заїло механізм VTG)	Відновлення рухомості або заміна турбокомпресора	
	Дефектна комірка тиску	Заміна	
	Несправність електропневматичного перетворювача тиску	Перевірка тиску, що управляє, і скважності, заміна дефектних деталей	

\*LDA – обмежувач повного навантаження, залежний від тиску наддування (тільки у ПНВТ з механічним регулюванням).

\*\*VTG – турбіна зі змінною геометрією (регулювання тиску повітря здійснюється поворотом лопаток напрямного апарата в корпусі турбіни).



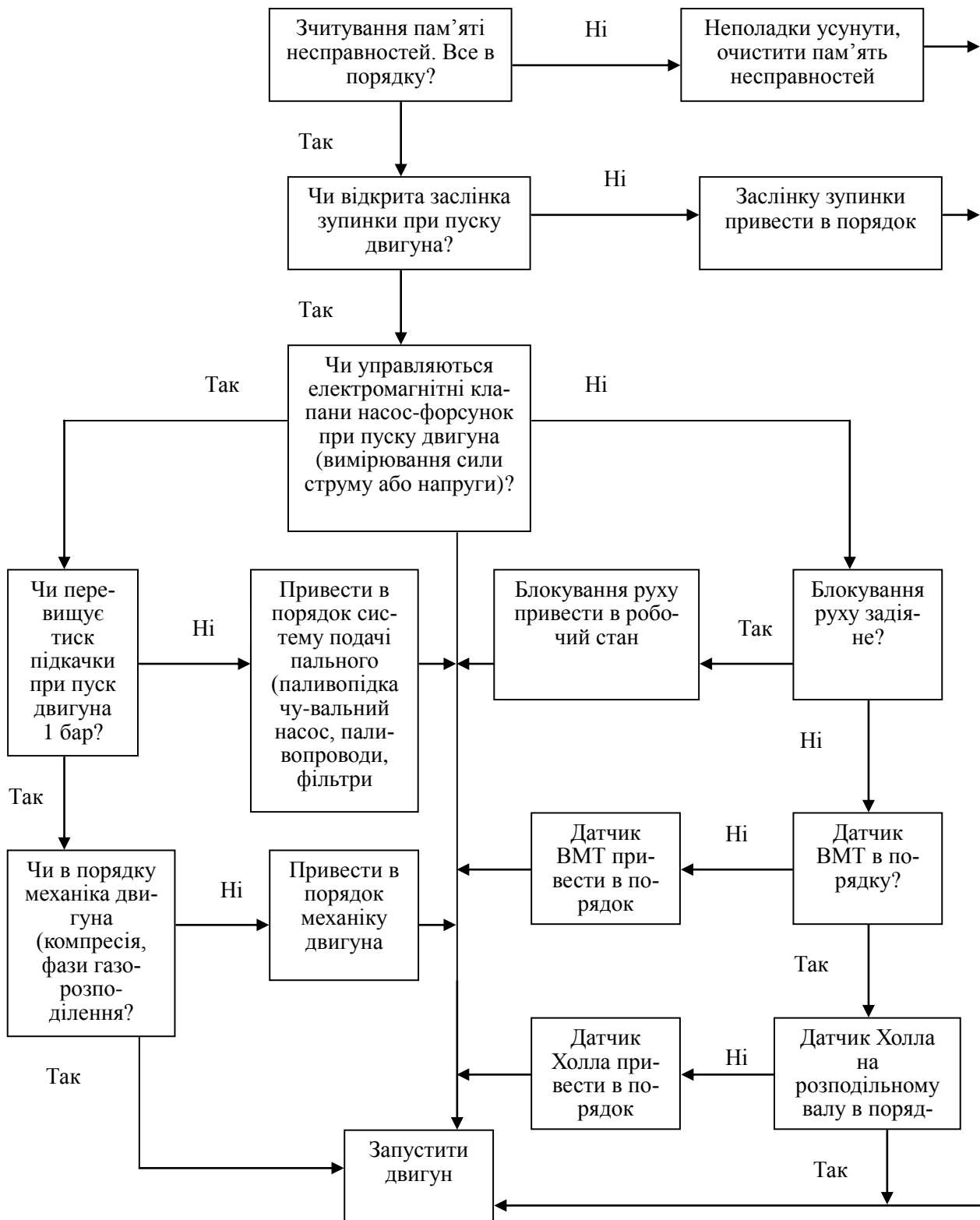
**Рис. 1.74. Перебіг сигналу напруги датчика тиску наддування при вільному прискоренні**

Якщо показання датчика тиску наддування неправдоподібні, датчик необхідно перевірити з допомогою манометра при відтворенні різних тисків наддування. Більш швидким тестом датчика є перевірка напруги сигналу на датчику при вільному прискоренні (рис. 1.74 [7]).

У разі відхилень від кривої перебігу сигналу напруги датчик слід замінити. Цей датчик змонтований на з'єднувальному трубопроводі між охолоджувачем наддувочного повітря і впускним трубопроводом. Установлення несправності датчика тиску наддування повинно бути зареєстроване в пам'яті несправностей. Перед демонтажем датчика слід перевірити, чи в порядку напруга живлення, що подається на нього, (номінальна – від 4,8 до 5,2 В) і сигнальний провід, який іде до блока управління. У разі виходу з ладу датчика тиск наддування обмежується, і, відповідно, знижується потужність двигуна. Якщо вимірювання показують, що датчик справний, при імітації тиску наддування необхідно провести перевірку турбокомпресора і перетворювача тиску. Тиск наддування при частоті обертання колінчастого валу  $3000 \text{ хв}^{-1}$  і на режимі повного навантаження двигуна з робочим об'ємом 1,9 л повинен складати від 1,0 до 1,2 бар, у двигуна з робочим об'ємом 1,4 л – від 0,8 до 1,1 бар і у двигуні з робочим об'ємом 1,2 л – від 0,7 до 1,1 бар. При відхиленні від цих номінальних значень у першу чергу слід перевірити перетворювач тиску. Існують два типи виконання цього пристрою:

- у металевому корпусі – перетворювач управляє турбокомпресором за допомогою надлишкового тиску (двигун з робочим об'ємом 1,4 л);
- у пластмасовому корпусі – перетворювач управляє турбокомпресором зі змінною геометрією турбіни шляхом створення розрідження (двигуни з робочим об'ємом 1,2 і 1,9 л).

При випробуваннях обох типів перетворювачів тиску вони повинні демонструвати однакову скважність керуючого сигналу. При підвищенні тиску наддування перетворювач управляється з високою скважністю. Щоб обмежити тиск наддування, блок управління цю скважність знижує. У разі відхилення від цих керуючих дій слід перевірити котушку індуктивності перетворювача на обрив та коротке замикання. Номінальні значення опору вказуються в експлуатаційній документації: для перетворювача в пластмасовому корпусі – від 14 до 18 Ом, для перетворювача в металевому корпусі – від 25 до 45 Ом). Якщо величина опору відповідає заданим значенням, слід вольтметром виміряти напругу живлення на клеммах перетворювача (повинна відповідати номінальній напрузі акумуляторної батареї). Якщо напруга живлення і провід, що йде до блока управління, в нормі, блок управління треба замінити. Якщо коло електричного підключення перетворювача двигун не запускається або важко запускається в порядку, слід з допомогою манометра перевірити, чи перетворюються електричні імпульси в пневматичні, що означає, чи відбувається зміна тиску в залежності від зміни скважності керуючого сигналу.



**Рис. 1.75. План пошуку несправностей:**

Якщо це не відбувається, слід замінити перетворювач тиску. Тільки якщо є впевненість, що решта конструктивних елементів вузла управління тиском наддування справні, доведеться замінити турбокомпресор. Часто несправність турбокомпресора проявляється в тому, що з'являється дим сизоватого відтінку.

В останніх моделях три- та чотирициліндрових дизельних двигунів Volkswagen з турбонаддуванням і безпосереднім впорскуванням палива

встановлена так звана заслінка зупинки двигуна. Ця заслінка закривається протягом 3 с після зупинки двигуна. Завдяки цьому у впускний трубопровід під час вибігу турбіни нагнітача не потрапляє свіже повітря, через це зменшується тиск стиснення і тим самим попереджуються коливання і ривки значень частот обертання колінчастого валу під час вибігу автомобіля. У разі несправності заслінки, що знаходиться постійно у закритому положенні, двигун не запускається. У пам'яті несправностей ніяких посилок на цю несправність немає. Якщо при прокручуванні з високою частотою колінчастого валу стартером двигун не запускається, потрібно оглянути стан згаданої заслінки. Електромагнітний клапан заслінки після відключення двигуна повинен знаходитися під напругою, що відповідає напрузі акумуляторної батареї, протягом 3 с. Опір котушки індуктивності повинен складати від 25 до 45 Ом. План пошуку несправностей у разі, якщо двигун з насос-форсунками не запускається або важко запускається, наведено на рис. 1.75.

### 1.13.2. Контроль потужності двигуна

**На зміну потужності двигуна** внутрішнього згорання впливають такі фактори: спрацювання деталей циліндропоршневої групи, кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів; спрацювання й обгорання клапанів і сідел; несправності систем живлення, охолодження і змащування; зміна кута випередження запалювання, падіння потужності іскри запалювання, продуктивності жиклерів і т. д. Тому в разі відхилення потужності від норми проводять поелементне діагностування систем і механізмів двигуна. Кількісним показником несправності двигуна є зниження його потужності на 6-8%. Якщо неправильно відрегульовані системи та механізми, потужність ДВЗ може знизитися на 20-30% від номінальної.

**Ефективну потужність** можна визначити за допомогою гальмівного або безгальмівного методів.

З допомогою стенда тягових якостей (СТЯ) потужність двигуна визначають одночасно з діагностуванням автомобіля за потужнісними й економічними показниками. Для цього, вимірявши колісну потужність автомобіля  $N_k$  з максимальним крутильним моментом валу двигуна або з максимальною потужністю, вираховують відповідну потужність двигуна з урахуванням механічних втрат в трансмісії автомобіля та стенді за такою формулою:

$$N_d = \frac{N_k}{\eta_{mp} \eta_{cm}}, \quad (1.12)$$

де  $\eta_{mp}$  і  $\eta_{cm}$  – відповідно ККД трансмісії та стенда.

**Гальмівний метод** ґрунтується на поглинанні потужності, що розвиває ДВЗ, гальмом з відомим гальмівним моментом. При цьому ефективну потужність ДВЗ (кВт) знаходять за формулою

$$N_e = M \cdot n / 9550, \quad (1.13)$$

де  $M$  – гальмівний момент, Н·м;  $n$  – частота обертання колінчастого валу,  $\text{хв}^{-1}$ .

Для реалізації даного методу використовуються електрогальмівні стени, виконані на основі електродвигуна з фазним ротором. При зменшенні опору в колі ротора частота обертання валу електродвигуна змінюється від мінімальної до синхронної  $n_c$ . В залежності від конструкції електродвигуна  $n_c$  може дорівнювати 1500, 1000 або 750  $\text{хв}^{-1}$ . При роботі ДВЗ з частотою обертання вище  $n_c$  електродвигун переходить в генераторний режим і здійснює гальмування. Опори статора електрогальма встановлені у підшипниках, що дає йому можливість повертатися на кут  $10-20^\circ$ . Гальмівний момент зрівноважується і визначається силою  $P$ , яка прикладена до статора на плече  $L$  (рис. 1.76).

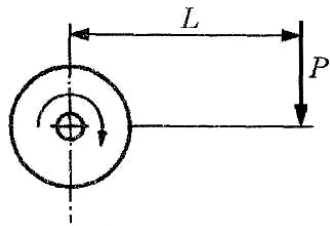


Рис. 1.76. Схема гальма

Причому в залежності від тягового зусилля і маси машини застосовують стени з фрикційними, гідравлічними або електричними гальмівними установками.

**Безгальмівні методи** (безстендові, для визначення потужності двигуна). Сутність їх полягає в тому, що як навантаження використовують сили, які виникають при виключенні циліндрів і створенні додаткових опорів. Так, у чотирициліндровому двигуні кожен працюючий циліндр навантажується силами, що виникають у разі виключення решти трьох. У такому режимі двигун працює достатньо стійко з повною подачею палива при частотах дещо нижчих за номінальне значення. Як навантаження використовується опір частини виключених з роботи циліндрів випробовуваного двигуна або ж сили інерції його маси під час розгону.

**Метод виключення** з роботи циліндрів полягає у вимірюванні зниження швидкості обертання колінчастого валу двигуна під навантаженням, що створюється почерговим виключенням з роботи його циліндрів. З цією метою (після прогрівання до нормальної температури) у дизелів припиняють подачу палива в черговий циліндр, а у карбюраторних – вимикають напругу, що спрямована до свічки запалювання. Виключені циліндри навантажують двигун за рахунок компресії. Кутова швидкість обертання колінчастого валу двигуна знижується тим більше, чим нижча потужність відключеного циліндра.

Порівнюючи зниження частоти обертання валу з нормативом, виявляють циліндри двигуна, що не розвивають установленної потужності, та знаходять її втрати у відсотках. Потім складають отримані результати і таким чином визначають потужнісні показники двигуна в цілому.

Спосіб не відрізняється високою точністю, оскільки вимірювання частоти обертання КВ виконується в умовах, відмінних від робочих, внаслідок чого змінюються умови тертя сполучених деталей ДВЗ.

В експлуатаційних умовах вимірюють максимальну частоту обертання КВ при роботі на кожному циліндрі. За максимальною частотою обертання визначається потужність кожного циліндра.

Максимальна ефективна потужність працюючого циліндра в цьому разі визначається за формулою

$$N_{ei\ max}=0,25[N_{e\ ном}-A(n_{ip\ max}-n_{if\ max})], \quad (1.14)$$

де  $N_{e\ ном}$  – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт;  $A$  – коефіцієнт, постійний для одноступінних дизелів;  $n_{ip\ max}$  – розрахункова максимальна частота обертання КВ двигуна при роботі одного циліндра,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $n_{if\ max}$  – фактична максимальна частота обертання КВ при роботі одного циліндра,  $\text{хв}^{-1}$ .

Знаючи потужність кожного з циліндрів, визначають нерівномірність їх навантаження у відсотках

$$H_N = \frac{N_{ei\ max} - N_{ei\ min}}{N_{ei\ max} + N_{ei\ min}} \cdot 200, \quad (1.15)$$

де  $N_{ei\ max}$  – максимальна потужність циліндра, кВт;  $N_{ei\ min}$  – мінімальна потужність циліндра, кВт.

Допустима нерівномірність навантаження не повинна перевищувати 12%. Ефективна потужність двигуна визначається додаванням окремих циліндрів.

Контроль двигунів викладеним методом показав, що більшість з них розвивали потужність на 10-15% нижче номінальної, а в окремих випадках зниження потужності досягало 25%. У 60% двигунів виявлене неправильне регулювання зазору між коромислами і стрижнями клапанів, 30% двигунів не розвивали номінальну потужність через погану роботу насос-форсунок.

Подальшим розвитком методу відключення циліндрів є парціальний і диференціальний методи, які можна застосовувати для діагностування двигунів з кількістю циліндрів більше чотирьох.

**При парціальному методі** двигун випробовують частинами, але з повною цикловою подачею палива до працюючих циліндрів, причому навантажуються робочі циліндри за рахунок прокручування виключених циліндрів і частково гальмівними пристроями (підйомний механізм самоскида, дросель на випуску тощо). Потужність двигуна в парціальних режимах визначають за групами циліндрів, що дає можливість отримати більший обсяг інформації, ніж при контролі гальмівним методом.

**Диференціальний метод** відрізняється від парціального тим, що замість часткового довантаження застосовується підкрутка двигуна до номінального швидкісного режиму. Підкрутку здійснюють від стороннього джерела енергії з динамометричним пристроєм. Зокрема, для двигуна ЯМЗ-236, що працює на двох циліндрах, номінальний ступінь додаткової потужності дорівнює 15%.

Однак використання розглянутих методів не дає можливості виконати необхідні вимірювання у двигунах, що працюють нестійко при виключенні циліндрів, крім одного. Не можна також урахувати дійсну потужність механічних втрат двигуна.

Більш досконалі є методи безгальмівного визначення потужнісних показників двигунів, що використовують динамічні режими.

**Безгальмівний динамічний метод** визначення потужності дизеля у режимі, що не встановився, ґрунтується на вимірюванні кутового прискоро-

рення колінчастого валу в режимі вільного розгону від мінімальної до максимальної частоти обертання. При різкому збільшенні подачі палива дизель певний проміжок часу працює з повним навантаженням, долаючи момент інерції частин, що обертаються. Між кутовим прискоренням і ефективною потужністю існує така залежність:

$$N_r = 0,001 J(\omega) \frac{d\omega}{dt}, \quad (1.16)$$

де  $J$  – зведений момент інерції,  $\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$ ;  $\omega$  – кутова швидкість,  $\text{рад/с}$ ;  $\frac{d\omega}{dt}$  – кутове прискорення,  $\text{рад/с}^2$ .

Для реалізації даного методу була розроблена низка приладів, наприклад, ИМД-2М. Потужність двигуна визначається методом повного або часткового вибігу при одночасному відключенні всіх циліндрів або всіх циліндрів, крім одного, потужність якого вимірюють.

При вказаному методі

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9500} = \frac{I \cdot n}{9500} \cdot \frac{d\omega}{dt}, \quad (1.17)$$

де  $N$  – потужність двигуна, кВт;  $I$  – зведений момент інерції всіх частин двигуна, що рухаються, до вісі КВ;  $\frac{d\omega}{dt}$  – кутове прискорення КВ двигуна;  $n$  – частота обертання КВ двигуна.

Кутове прискорення й обороти валу двигуна вимірюють спеціальним транзисторним пристроєм. Момент інерції для даного двигуна – величина постійна. Потужність визначається миттєво і фіксується на стрілочному приладі, шкала якого відградуєвана в кіловатах.

До безгальмівних методів належить визначення потужності дизеля **за ефективною витратою палива**.

Як показали дослідження, технічний стан дизеля на характер цієї залежності практично не впливає. Ефективна витрата палива визначається різницею між витратами при максимальній потужності та на режимі холостого ходу. При цьому максимальна ефективна потужність, яку розвиває двигун, дорівнює

$$N_{e \max} = \left( \frac{Q_{m \max} - Q_{m \text{ хх}}}{b} \right) \frac{1}{a}, \quad (1.18)$$

де  $Q_{m \max}$ ,  $Q_{m \text{ хх}}$  – відповідно витрата палива при максимальній потужності і на режимі холостого ходу,  $\text{кг/год}$ ;  $a$ ,  $b$  – коефіцієнти, постійні для однотипних двигунів.

Для реалізації цього методу необхідно навантажити двигун, що роблять з допомогою робочого обладнання або імітатора навантаження, наприклад, КИ-5633.

Витрата палива помітно зростає при збільшенні пропускної здатності жиклерів, заїданні механізму економайзера, порушенні герметичності голчастого клапана або поплавка, підвищенні рівня палива в поплавковій камері, прориві діафрагми паливного насосу, засміченні повітряних фільтрів, не-

правильній установці кута випередження запалювання, несправності автоматів випередження, спрацюванні поршневих кілець, поршнів; на витрату впливає стан приладів запалювання, ступінь стиснення і т. д. Тому при визначенні потужності двигуна необхідно провести ТО і регулювальні роботи.

**Метод визначення потужнісних параметрів циліндрів двигуна за його розгінною характеристикою** без навантаження полягає у вимірюванні інтенсивності прискорення колінчастого валу при повній подачі палива від мінімально стійкої частоти його обертання на холостому ході до максимальної. При цьому навантаження двигуна здійснюється за рахунок сил інерції його рухомих мас, що є для даного двигуна постійною величиною.

Ефективні показники роботи окремих циліндрів при вільному розгоні ДВЗ з мінімальних обертів КВ еа режимі холостого ходу, що здійснюється різким натисканням на педаль управління подачею палива, визначаються параметрами прискорення  $\frac{d\omega}{dt}$  і кутової швидкості колінчастого валу за кутом повороту  $\varphi$  за час  $d\tau$ , які відповідають періоду зведеного моменту інерції в межах робочого ходу кожного циліндра. Так, потужність двигуна при робочому ході в  $i$ -му циліндрі дорівнює

$$N_{ei} = J \cdot \omega_i \cdot \left( \frac{d^2\varphi}{d\tau^2} \right)_i, \quad (1.19)$$

де  $\omega_i$  – середня кутова швидкість колінчастого валу при робочому ході  $i$ -го циліндра.

Значення прискорення  $\left( \frac{d^2\varphi}{d\tau^2} \right)$  знаходиться з відношення зміни кутової швидкості колінчастого валу двигуна в інтервалі кута повороту, що відповідає робочому ходу  $i$ -го циліндра, до його тривалості  $\tau_i$  [13].

$$\left( \frac{d^2\varphi}{d\tau^2} \right)_i = \frac{\omega_{ki} - \omega_{ni}}{\tau_i} = \varepsilon_i. \quad (1.20)$$

За результатами порівняння значень прискорень колінчастого валу в межах кутів повороту, що відповідають робочим тактам кожного циліндра, роблять висновок про рівномірність потужнісних параметрів циліндрів, ефективну потужність ДВЗ в цілому і конкретизують наявність несправності за циліндрами.

### Контрольні запитання

1. Як регулюють тиск наддування?
2. Як перевіряють систему регулювання тиску наддування?
3. Які фактори впливають на зміну потужності двигуна?
4. Які показники зниження потужності (у відсотках) вважаються несправністю?
5. Як визначити ефективну потужність двигуна?
6. Порівняти гальмівний і безгальмівний методи визначення потужності двигуна.
7. Чим відрізняється диференціальний метод випробувань двигуна від парціального?
8. Як за зміною кутового прискорення можна оцінити потужність двигуна?
9. У чому полягає метод визначення потужнісних параметрів циліндрів за розгінною характеристикою двигуна?



## 1.14. Методи діагностування за ККД двигуна

### 1.14.1. Діагностування за індикаторним ККД двигуна

Діагностування двигунів можна здійснювати за індикаторним показниками (індикаторний ККД  $\eta_i$ , індикаторна потужність  $N_i$ , індикаторна витрата палива  $g_i$ , г/(кВт·год) та ін.), які характеризують дійсний робочий цикл.

Перетворення підведеної теплоти в корисну індикаторну роботу газів в циліндрі двигуна оцінюється індикаторним ККД  $\eta_i$ , який характеризує досконалість організації процесів сумішоутворення та згоряння, економічність дійсного робочого циклу і враховує всі складові втрат теплоти. Індикаторний ККД визначається відношенням індикаторної роботи  $L_i$  до кількості теплоти  $Q_{п}$ , яка виділилася в результаті згоряння циклової подачі палива  $G_{п.цил}$  з нижчою теплою згоряння  $Q_n$  безпосередньо в циліндрі двигуна [11]:

$$\eta_i = \frac{L_i}{Q_{п}} = \frac{L_i}{G_{п.цил} \cdot Q_n}. \quad (1.21)$$

У ДВЗ з внутрішнім сумішоутворенням (чотиритактні і двотактні дизельні двигуни, а також двигуни з іскровим запалюванням та безпосереднім впорскуванням палива) практично все паливо, що надійшло у двигун, згоряє в робочому циліндрі та здійснює корисну індикаторну роботу.

У двотактних ДВЗ з іскровим запалюванням та зовнішнім сумішоутворенням (карбюраторна система живлення, системи впорскування палива у впускний колектор) при газообміні паливноповітряна суміш, що надходить в циліндр двигуна, частково втрачається при продувці. Тому, циклова подача палива  $G_{п}$ , кг/цикл, що надійшла в двигун, може бути визначена як сума циклової подачі палива  $G_{п.цил}$ , кг/цикл, яка залишилася в циліндрі і брала участь у згорянні, і циклової подачі палива  $G_{п.втр}$ , кг/цикл, яка втрачена при продувці циліндра:

$$G_{п} = G_{п.цил} + G_{п.втр}. \quad (1.22)$$

При цьому, циклова подача палива  $G_{п.цил}$ , яка залишилася в циліндрі двигуна може бути визначена як різниця між сумарною цикловою подачею палива  $G_{п}$ , яка надійшла в двигун і частиною циклової подачі палива  $G_{п.втр}$ , яка втрачена при продувці циліндра:

$$G_{п.цил} = G_{п} - G_{п.втр}. \quad (1.23)$$

Кількісні значення втрат палива  $G_{п.втр}$  при продувці циліндра двотактного двигуна з зовнішнім сумішоутворенням можна визначити шляхом газового аналізу відпрацьованих газів (ВГ). З цією метою карбюратор двигуна або система впорскування палива регулюється для створення збагаченої па-

ливоповітряної суміші ( $\alpha < 1$ ). При цьому допускається, що кисень  $O_2$  в продуктах згоряння відсутній, та його кількість у ВГ в випускній системі буде визначатися витоком паливоповітряної суміші і палива при продувці циліндра. Таким чином, визначивши газовим аналізатором концентрацію кисню  $O_2$  у ВГ можна встановити значення втрат палива при продувці циліндра у двигуні з зовнішнім сумішоутворенням.

З урахуванням втрат палива і виразів (1.21) і (1.23) індикаторний ККД визначається відповідно щодо залежності:

$$\eta_i = \frac{L_i}{(G_{\text{п}} - G_{\text{п.втр}}) \cdot Q_{\text{н}}} = \frac{L_i}{G_{\text{п}} \cdot (1 - \Psi_{\text{втр}}) \cdot Q_{\text{н}}}, \quad (1.24)$$

де  $L_i$  – індикаторна робота, МДж;

$$\Psi_{\text{втр}} = \frac{G_{\text{п.втр}}}{G_{\text{п}}} - \text{коефіцієнт втрат палива}, \quad (1.25)$$

де  $G_{\text{п.втр}}$  – втрати палива, кг/цикл, наприклад, при продувці циліндра у двотактному двигуні паливоповітряною сумішшю;

$G_{\text{п}}$  – сумарна циклова подача палива, кг/цикл, що надійшла у двигун;

$Q_{\text{н}}$  – нижча питома теплота згоряння робочої маси палива, МДж/кг.

Економічність дійсних циклів також можна оцінити питомою індикаторною витратою палива, під якою розуміють годинну витрату палива на одиницю індикаторної потужності за одиницю часу, кг/(кВт · год):

$$g_i = \frac{G_{\text{п.год}} \cdot (1 - \Psi_{\text{втр}})}{N_i}, \quad (1.26)$$

де  $G_{\text{п.год}} = \frac{120 \cdot G_{\text{п}} \cdot (1 - \Psi_{\text{втр}}) \cdot n \cdot z}{i}$  – годинна витрата палива, кг/год; (1.27)

$G_{\text{п}}$  – сумарна циклова подача палива, яка надійшла у двигун, кг/цикл;

$n$  – частота обертання колінчастого валу,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$z$  – кількість циліндрів;

$i$  – тактність ДВЗ.

Індикаторна потужність, кВт – потужність двигуна, відповідна індикаторній роботі  $L_i$ , МДж, за одиницю часу:

$$N_i = \frac{L_i}{\tau_{\text{цикл}}} = \frac{p_i \cdot V_h \cdot n \cdot z}{30 \cdot i}, \quad (1.28)$$

де  $p_i$  – середній індикаторний тиск у циліндрі двигуна за цикл, МПа;

$V_h$  – робочий об'єм циліндра, л.

Час одного робочого циклу ДВЗ в секундах можна визначити зворотнім від часу частотою обертання колінчастого валу двигуна  $n$ ,  $\text{хв}^{-1}$ :

$$\tau_{\text{цикл}} = \frac{30 \cdot i}{n}, \quad (1.29)$$

де  $i$  – тактність ДВЗ.

Для чотиритактних ДВЗ  $i = 4$ , а для двотактних ДВЗ –  $i = 2$ .

Визначення індикаторної потужності при втратах палива, кВт:

$$N_i = \frac{G_{\text{п.год}} \cdot (1 - \Psi_{\text{втр}})}{g_i}. \quad (1.30)$$

Виходячи з того, що добуток  $g_i \cdot Q_{\text{н}} \cdot \eta_i$  визначає енергію, яка дорівнює 1 кВт·год, або 3,6 МДж:

$$g_i = \frac{3,6}{\eta_i \cdot Q_{\text{н}}} \quad (1.31)$$

та 
$$\eta_i = \frac{3,6}{g_i \cdot Q_{\text{н}}}. \quad (1.32)$$

Також значення індикаторного ККД визначають за формулою

$$\eta_i = \frac{p_i \cdot R \cdot L_0 \cdot \alpha \cdot T}{p_0 \cdot \eta_v \cdot Q_{\text{н}}}, \quad (1.33)$$

де  $p_i$  – середній індикаторний тиск, що визначається за індикаторною діаграмою, МПа;  $R$  – універсальна газова стала, що дорівнює 8314 Дж/(моль·К);  $L_0$  – стехіометрична кількість повітря в суміші на 1 кг палива (для бензину – 0,512 кмоль, для дизельного палива – 0,495 кмоль);  $T$  – температура довікля, К;  $p_0$  – тиск довікля, МПа;  $\eta_v$  – коефіцієнт наповнення;  $Q_{\text{н}}$  – нижча питома теплота згоряння палива, кДж/кг;  $\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря.

Індикаторні показники для різних двигунів наведені в табл. 1.16.

Таблиця 1.16

### Індикаторні показники двигунів

Двигуни	$p_i$ , МПа	$\eta_i$	$g_i$ , г/(кВт·год)
Бензинові:			
- без наддування	0,40-1,20	0,26-0,38	240-300
- з наддуванням	0,90-1,90	-	-
Дизелі чотиритактні:			
- без наддування	0,75-1,20	0,43-0,52	160-200
- з наддуванням	1,40-3,00	-	-
Газові:			11-13
- без наддування	0,60-0,80	0,27-0,34	МДж/(кВт·год)
- з наддуванням	0,90-1,40	-	-

Знаючи годинну індикаторну роботу, кДж, і годинну витрату палива, кг/год, індикаторний ККД визначається за наступною формулою [10, 15]:

$$\eta_i = \frac{N_i \cdot 3600}{Q_n \cdot G_n \cdot 1000} = \frac{3600}{Q_n \cdot G_n \cdot 1000 / N_i} \quad (1.34)$$

На індикаторний ККД впливають різні конструктивні, регулювальні й експлуатаційні фактори. ККД зростає при збільшенні ступеня стискання, однак при дуже великих ступенях стискання за рахунок збільшення механічних втрат та відведення теплоти в стінки надпоршневого об'єму він дещо знижується. При збільшенні діаметра циліндра  $D_c$  в дизелях з оптимальним відношенням  $S_n/D_c$  ( $S_n$  – хід поршня) за рахунок зменшення відносної поверхні індикаторний ККД підвищується.

Застосування легких теплопровідних сплавів для поршнів і головок циліндрів двигунів замість чавуну в карбюраторних двигунах знижує температуру поверхонь, що зменшує ймовірність виникнення детонації. Це сприяє можливості збільшити ступінь стиснення та підвищити рівень індикаторного ККД.

У дизельних двигунах застосування чавуну та сталі зменшує період затримки спалахування, що сприяє покращенню згоряння та збільшенню  $\eta_i$ .

Індикаторний ККД підвищується в дизелях при вдосконаленні процесу ворскування палива (збільшення інтенсивності паливоподачі, тонкості розпилення палива), а в бензинових двигунах збільшується за рахунок використання компактних камер згоряння, так як вони дають можливість збільшити ступінь стиснення і зменшити тепловідведення при перетину процесів згоряння та розширення.

Важливу роль у підвищенні індикаторного ККД відіграє вибір раціональних кутів випередження запалювання і впорскування палива. Величина цих кутів знижується в залежності від режимів роботи двигунів. Так, найбільш приємні кути зменшуються зі збільшенням навантаження (скорочується період затримки спалахування паливоповітряної суміші, зростає швидкість розповсюдження фронту полум'я) та збільшуються при підвищенні частоти обертання колінчастого валу.

У бензинових двигунах  $\eta_i$  зростає зі збільшенням навантаження приблизно до 80% використання потужності ( $\alpha = 1,05-1,15$ ). Це пояснюється тим, що при деякому збідненні паливоповітряної суміші дещо поліпшується процес сумішоутворення. При подальшому збільшенні коефіцієнту надлишку повітря  $\alpha$  зменшується швидкість згоряння, збільшується відведення теплоти в стінки й індикаторний ККД знижується. Коли двигун розвиває максимальну потужність коефіцієнт надлишку повітря зменшується до 0,85-0,90, а  $\eta_i$  знижується до 0,27-0,29.

В дизелях, на відміну від двигунів з іскровим запалюванням,  $\eta_i$  збільшується зі зменшенням навантаження, що пов'язано зі зростанням  $\alpha$ . При максимальних навантаженнях  $\alpha \approx 1,5$   $\eta_i$  коливається у межах 0,42-0,43. По мірі зниження навантаження індикаторний ККД зростає і приблизно при 40-50% використання потужності досягає максимального значення 0,50-0,52.

При малих навантаженнях і великих значеннях  $\alpha$  (більше 4)  $\eta_i$  помітно зменшується у зв'язку зі зростанням втрат на згоряння палива.

У двигунах з іскровим запалюванням індикаторний ККД зростає зі збільшенням частоти обертання колінчастого валу до  $n \approx 0,6-0,8 \cdot n_{ном}$  при повністю відкритій дросельній заслінці внаслідок покращення сумішоутворення, збільшення коефіцієнту надлишку повітря і зменшення втрат теплоти у стінки. В подальшому процес згоряння погіршується і значення  $\eta_i$  починає знижуватися. Аналогічно змінюється  $\eta_i$  і в дизельних двигунах.

Збільшення температури  $T$  і тиску  $p_0$  довкілля сприяє зростанню  $\eta_i$  до початку детонації в бензинових двигунах. В дизелях також підвищується  $\eta_i$ . Якщо при цьому не зменшується коефіцієнт надлишку повітря  $\alpha$ .

### 1.14.2. Діагностування за ефективним ККД двигуна

Загальний технічний стан ДВЗ визначається за ефективними показниками роботи двигуна (ефективний ККД  $\eta_e$ , ефективна потужність  $N_e$ , механічні втрати  $p_m$ , питома ефективна витрата палива  $g_e$ , г/(кВт·год)) [11].

Перетворення підведеної теплоти в ефективну роботу на колінчастому валу двигуна оцінюється ефективним ККД ( $\eta_e$ ), який характеризує досконалість теплової машини в цілому як джерела механічної енергії.

Ефективний ККД визначається відношенням теплоти, еквівалентної ефективній роботі  $L_e$ , яка отримана при згорянні палива, до витраченої теплоти  $Q_{п}$  у вигляді циклової подачі палива  $G_{п}$  з нижчою теплою згоряння  $Q_{н}$ :

$$\eta_e = \frac{L_e}{Q_{п}} = \frac{L_e}{G_{п} \cdot Q_{н}}. \quad (1.35)$$

На підставі відомих залежностей визначається питома ефективна витрата палива, що характеризує кількість витраченої годинної витраті палива  $G_{п.год}$  на отримання ефективної потужності  $N_e$ , кг/(кВт·год),

$$g_e = \frac{G_{п.год}}{N_e}, \quad (1.36)$$

де ефективна потужність  $N_e$  на валу двигуна визначається з індикаторної потужності  $N_i$ , кВт, і механічного ККД ( $\eta_m$ ), кВт:

$$N_e = N_i \cdot \eta_m. \quad (1.37)$$

Механічний ККД – відношення роботи або потужності на валу двигуна до роботи або потужності газів у циліндрі двигуна:

$$\eta_m = \frac{L_e}{L_i} = \frac{N_e}{N_i}. \quad (1.38)$$

Частина індикаторної потужності витрачається на тертя між деталями двигуна, на приведення в дію різних пристроїв двигуна та на насосні втрати. Якщо позначити цю потужність потужністю механічних втрат  $N_m$ , то ефективна потужність визначається за формулою [10]:

$$N_e = N_i - N_m, \quad (1.39)$$

а середній ефективний тиск

$$p_e = p_i - p_m. \quad (1.40)$$

Середній тиск механічних втрат  $p_m$  в залежності від середньої швидкості поршня  $C_n$  визначається за загальноприйнятою емпіричною формулою

$$p_m = a + b \cdot C_n, \quad (1.41)$$

де  $a$  і  $b$  – постійні експериментальні коефіцієнти. Наближено можна прийняти:  $a$  для бензинового двигуна – 45 і для дизельного – 48 кПа,  $b$  для бензинового – 13 і для дизельного – 16 кПа·с/м.

Механічний ККД також визначається відношенням середнього ефективного тиску  $p_e$  до середнього індикаторного тиску  $p_i$ , тобто

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = 1 - \frac{P_m}{P_i}. \quad (1.42)$$

Найбільше значення  $\eta_m$  буде тоді, коли втрати на тертя у двигуні  $p_{тр}$  будуть наближатися до нуля. Зі збільшенням частоти обертання колінчастого валу двигуна (швидкості автомобіля) ці втрати зростають і механічний ККД зменшується.

Так як індикаторний ККД і механічні втрати змінюються зі збільшенням навантаження і частоти обертання колінчастого валу, то існують такі режими, при яких ефективний ККД буде максимальним, а витрата палива мінімальною.

У двотактних ДВЗ з іскровим запалюванням та зовнішнім сумішоутворенням частина палива проходить транзитом через циліндр при продувці і не бере участі в згорянні, проте враховується в загальній витраті палива. У чотиритактних ДВЗ з іскровим запалюванням, і в дизельних двигунах також існує подібна ситуація. Наприклад, у деяких дизелях у систему охолодження включають рідинний автономний передпусковий підігрівач, який працює на тому ж паливі, що й двигун. Також частина палива може бути використана на підігрів повітряного заряду, самого палива при запуску і роботі дизеля, і т.п. Тому для коректного визначення і порівняння ефективних показників ДВЗ необхідно враховувати все витрачене паливо, яке згоріло в циліндрі, і яке було витрачено, але не брало участі при згорянні в циліндрі двигуна.

Ефективна потужність  $N_e$  двигуна з урахуванням частини витраченого палива, що не бере участі при згорянні в циліндрі двигуна визначається за залежністю, кВт [11]:

$$N_e = \frac{G_{n.\text{год}} \cdot (1 - \Psi_{\text{втр}})}{g_i} \cdot \eta_m, \quad (1.43)$$

$$\text{де } G_{n.\text{год}} = \frac{120 \cdot G_n \cdot n \cdot z}{i} - \text{годинна витрата палива, кг/год.} \quad (1.44)$$

Також ефективну потужність двигуна можна визначити, використовуючи співвідношення, кВт:

$$N_e = \frac{L_e}{\tau_{\text{цикл}}} = \frac{p_e \cdot V_h \cdot n \cdot z}{30 \cdot i}, \quad (1.45)$$

де  $L_e$  – ефективна робота, МДж;

$p_e$  – середній ефективний тиск за цикл, МПа.

Ефективність потужність – номінальна потужність, яку гарантує підприємство-виробник при роботі на номінальному швидкісному режимі з повною подачею палива і при стандартних атмосферних умовах, температурі та густини палива.

За аналогією з індикаторними показниками добуток  $g_e \cdot Q_H \cdot \eta_e$  визначає енергію, яка дорівнює 1 кВт · год, або 3,6 МДж,

$$g_e = \frac{3,6}{\eta_e \cdot Q_H}$$

$$\text{та } \eta_e = \frac{3,6}{g_e \cdot Q_H},$$

залежність визначення ефективного ККД з урахуванням частини палива, яка не бере участі при згорянні в циліндрі двигуна виводиться і визначається наступним чином:

$$\eta_e = \frac{3,6}{g_e \cdot Q_H} = \frac{3,6 \cdot N_e}{G_{n.\text{год}} \cdot Q_H^p} = \frac{3,6 \cdot G_{n.\text{год}} \cdot (1 - \Psi_{\text{втр}})}{g_i \cdot G_{n.\text{год}} \cdot Q_H^p} \cdot \eta_m = \frac{3,6 \cdot (1 - \Psi_{\text{втр}})}{g_i \cdot Q_H^p} \cdot \eta_m = \quad (1.46)$$

$$\eta_i \cdot \eta_m \cdot (1 - \Psi_{\text{втр}}).$$

Залежності для визначення індикаторних ( $\eta_i$ ,  $g_i$ ,  $N_i$ ) (1.24, 1.26, 1.30) та ефективних ( $\eta_e$ ,  $g_e$ ,  $N_e$ ) (1.38, 1.43) показників ДВЗ не суперечать теорії ДВЗ, дозволяють об'єктивно й коректно порівнювати їх значення при зовнішньому і внутрішньому сумішоутвореннях, а також з урахуванням витраченого палива, яке не бере участі при згорянні в циліндрі двигуна.

Середній ефективний тиск, ефективний ККД, механічний ККД та питома ефективна витрата палива, на номінальному режимі різних двигунів наведені в табл. 1.17 [10, 15, 16].

Таблиця 1.17

### Ефективні показники двигунів

Двигуни	$p_e$ , МПа	$\eta_e$	$\eta_m$	$g_e$ , г/(кВт·год)
Бензинові	0,6-1,0	0,22-0,30	0,70-0,85	280-330
Дизелі чотиритактні:				
- без наддування	0,6-0,8	0,35-0,43	0,75-0,80	200-250
- з наддуванням	1,2-1,8	-	до 0,92	
Газові	0,5-0,6	0,22-0,28	0,75-0,80	13-16 МДж/(кВт·год)

Зі збільшенням навантаження і частоти обертання колінчастого валу збільшуються значення  $\eta_i$ ,  $\eta_m$  та  $\eta_e$ . На режимі холостого ходу  $\eta_m=0$  і  $\eta_e=0$ . Механічний ККД зі збільшенням швидкості поршня  $C_n=S_n \cdot n/30$  зменшується. При певній частоті та тиску  $\eta_e$  може мати максимум.

Для визначення індикаторного ККД двигунів звичайно застосовують складні вартісні прилади, які не завжди забезпечують достатню точність вимірювань. Якщо індикатор відсутній або його неможливо підключити, може бути рекомендований простий і достатньо точний метод визначення  $\eta_i$  і  $\eta_e$ .

Індикаторну витрату палива можна визначити за годинною витратою палива  $Q_f$  та індикаторною потужністю  $N_i$ , яка є сумою ефективної потужності  $N_e$  і потужності тертя  $N_{mp}$ . Так як  $q_i = \frac{Q_f}{N_i}$ , а  $N_i=N_{mp}+N_e$ , то

$$\eta_i = \frac{3600 \cdot (N_{mp} + N_e)}{Q_f \cdot Q_c} \quad (1.47)$$

Ефективна потужність двигуна і годинна витрата палива в лабораторних умовах можуть бути виміряні достатньо точно. Невідомою величиною в останньому рівнянні є потужність тертя, яка дорівнює

$$N_{mp} = \frac{V_h \cdot p_{mp} \cdot n}{120 \cdot 10^3} \text{ кПа} \quad (1.48)$$

Втрати на тертя, як відмічено раніше, визначаються за формулою

$$p_{mp} = a + 0,033b \cdot S_n \cdot n \text{ кПа} \quad (1.49)$$

Потужність тертя дорівнює

$$N_{mp} = \frac{V_h \cdot n}{120 \cdot 10^3} (a + 0,033b \cdot S_n \cdot n) = A_{mp} \cdot n + B_{mp} \cdot n^2 \text{ кВт},$$

$$\text{де } N_{mp} = \frac{V_h \cdot n}{120 \cdot 10^3}; \quad B_{mp} = \frac{0,033b \cdot V_h \cdot S_n}{120 \cdot 10^3}.$$



Так як  $N_{mp}$  у кілька разів менше  $N_e$ , то деяка приблизність у його визначенні суттєво на величину  $\eta_i$  не вплине. При зміні коефіцієнтів  $A_{mp}$  і  $B_{mp}$  на  $\pm 10\%$   $\eta_i$  змінюється в середньому на  $\pm 1-1,5\%$ .

Остаточно формулу для визначення індикаторного ККД можна представити у такому вигляді:

$$\eta_i = \frac{3600}{Q_u \cdot Q_2} (A_{mp} \cdot n + B_{mp} \cdot n^2 + N_e). \quad (1.50)$$

Наприклад, для ЗИЛ-431410 при  $a=45$  кПа і  $b=13$  кПа·с/м<sup>-1</sup>;  $A_{mp}=2,25 \cdot 10^{-3}$ , а  $B_{mp}=2 \cdot 10^{-6}$ . За експериментальними даними при  $n=2000$  хв<sup>-1</sup> і  $N_e=80$  кВт;  $Q_2=24$  кг/год. Підставивши ці значення у формулу 1.50, отримаємо для ЗИЛ-431410:

$$\eta_i = \frac{3600}{44000 \cdot 24} (2,25 \cdot 10^{-3} \cdot 2000 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot 20000^3 + 80) = \frac{3600(12,5 + 80)}{44000 \cdot 24} = 0,315.$$

$$\text{Механічний ККД } \eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{80}{12,5 + 80} = 0,865.$$

$$\text{Ефективний ККД } \eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,315 \cdot 0,86 = 0,27.$$

Таким чином, узагальнюючим критерієм технічного стану двигуна може бути ефективний ККД, а частинними – індикаторний і механічний ККД.

При виникненні різних несправностей у двигуні ефективний ККД знижується на 20-40%. Основні причини, що викликають збільшення витрати палива і зниження ефективного ККД, наведені в табл. 1.18.

Індикаторний ККД в умовах експлуатації можливо підвищити на 5-10% за рахунок збіднення паливоповітряної суміші (підвищення значення коефіцієнта надлишку повітря) і покращення якості приготування суміші (гомогенізації).

Турбулізація горючої суміші позитивно впливає на процес згоряння. Для створення турбулентних надзвукових потоків і покращення розпилення рідин особливо перспективне застосування різних газоструминних ультразвукових випромінювачів.

Таблиця 1.18

### Причини зниження ефективного ККД

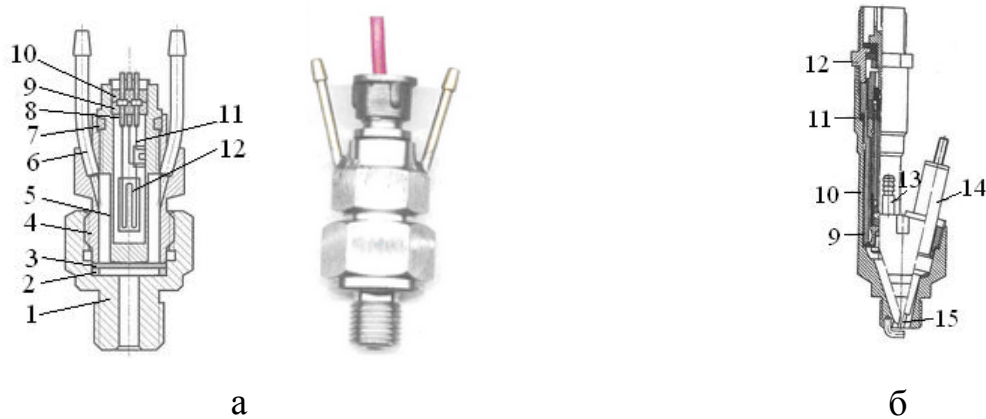
Параметр	Значення, %
Збільшення пропускної здатності головного жиклера карбюратора	3-5
Несправність однієї форсунки дизельного двигуна	20-25
Вихід з ладу однієї свічки запалювання в шестициліндровому двигуні	15-20
Вихід з ладу двох свічок запалювання в шестициліндровому двигуні	30-40
Неправильна установка запалювання	5-7
Втрата компресії в циліндрі двигуна	4-6
Неправильне регулювання зазорів у газорозподільному механізмі	5-7
Недотримання теплового режиму двигуна	8-10

Механічний ККД в умовах експлуатації можна збільшити за рахунок деякого зниження частоти обертання колінчастого валу двигуна. Обмеження частоти обертання КВ дає можливість збільшення ККД на 3-5%. Для кожної передачі повинні бути встановлені верхні межі швидкостей.

Останнім часом багато фірм (VDO, Rienzle, DAF та ін.) стали встановлювати на автомобілях різні пристрої, які дозволяють вибирати оптимальну частоту обертання колінчастого валу і сприяють ощадливому водінню автомобіля.

### 1.14.3. Експериментальні методи визначення індикаторних показників

**Експериментальне визначення** індикаторних показників автомобільного двигуна можливе через використання системи збирання інформації за допомогою аналого-цифрового перетворювача параметрів двигуна та запису в програмі «Power Graph». Для цього через узгоджувальний пристрій до виходів АЦП підключають датчики кута повороту КВ або ВМТ, датчик тиску в циліндрі, об'єднаний зі свічкою запалювання (рис. 1.77).



**Рис. 1.77. Індикаторний тензодатчик тиску (а) і п'єзодатчик датчик тиску – свічказапалювання (б)**

На рис. 1.77 (а) показаний корпус датчика 1, в якому розміщена шайба 2 і мембрана 3, затиснута по зовнішньому колу штуцером 4. У штуцер угвинчений п'єзометричний стакан 5 з наклеєними по внутрішній поверхні тензорезисторами 12 (ПКБ-10-100). Один з тензорезисторів наклеєний по довжині осі симетрії, а другий – під кутом 90°.

На рис. 1.77 (б) п'єзокерамічний датчик 9 встановлений у спеціальний корпус 10. Ущільнення датчика забезпечується прокладкою 11. Вода для охолодження підводиться через трубку 13. У корпусі під кутом до вісі датчика розміщений ізолятор свічки запалювання 14 з центральним електродом.

Програма «Power Graph» містить інформацію про зміни тиску в циліндрі як функцію часу  $P=f(\tau)$  (індикаторну діаграму) й оцінку верхньої мертвої точки.

Для проведення цифрової обробки сигналів у програмі «Power Graph» використовується низка функцій в меню «Обработка». Вікно функцій дає можливість створювати математичні формули і проводити розрахунки за цими формулами, фільтрацію сигналів від перешкод, масштабування даних,

обробку поточного об'єму циліндра синхронно з переміщенням поршня, визначення похідного об'єму, розрахунок інтеграла  $Pdv$ , розрахунок середнього індикаторного тиску  $p_i$  [10].

#### 1.14.4. Визначення потужності механічних втрат

**Механічні втрати** – комплексний показник величини сил тертя в рухомих зчленуваннях ЦПГ, кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів, а також насосних втрат у двигуні. Потужність механічних втрат двигуна визначається як різниця індикаторної та ефективної потужності. У сучасних ДВЗ на подолання механічних втрат витрачається 15-20% індикаторної потужності. Зниження цих втрат дає можливість покращити показники експлуатаційної надійності та паливної економічності ДВЗ.

За інтенсивністю зміни потужності механічних втрат і величині їх стабілізації управляють процесом припрацювання й узагальнено роблять висновки про стан поверхонь тертя сполучень КШМ і ЦПГ двигуна. Однак існуючі методи визначення потужності механічних втрат шляхом виключення циліндрів, прокручування колінчастого валу електробалансирною установкою (ГОСТ 14846-81), одиночного або подвійного вибігу мають низьку точність (відносна похибка).

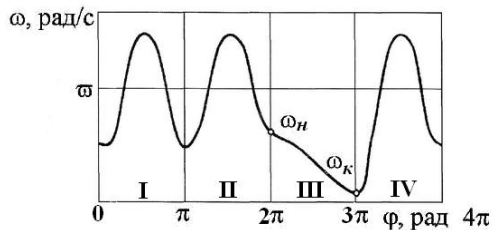
Це зумовлено тим, що механічні втрати, які визначаються на непрацюючому двигуні або на режимах, що значно відрізняються від робочих, є умовними через суттєві зміни умов тертя в ЦПГ (відсутність «газової» складової тиску кільця на стінку циліндра, понижена температура робочого тіла, деталей, сполучень, збільшені зазори між поршнем і циліндром, в'язкість і величина масляного шару) та збільшену на 15-20 % потужність насосних втрат.

Розроблений у [8] спосіб визначення потужності механічних втрат за зміною кутової швидкості колінчастого валу за один цикл роботи ДВЗ виключає недоліки відомих методів і зменшує відносну похибку в 1,5-3 рази. Підвищення точності досягається тим, що при роботі на усталеному режимі одночасно з початком вимірювання внутрішньоциклових змін кутової швидкості колінчастого валу відключають подачу палива (запалювання) в один з циліндрів на період, що дорівнює одному такту. В момент здійснення поршнем цього циліндра уявного робочого ходу відбувається уповільнення обертання колінчастого валу. Кінетична енергія інерційних мас ДВЗ, що рухаються, при цьому витрачається на подолання механічних втрат, потужність (Вт) яких при відключеному  $i$ -му циліндрі і рештою, що працюють, дорівнює

$$N_{mi} = J \cdot \varpi \cdot \frac{\omega_{ki} - \omega_{ni}}{\tau_i}, \quad (1.51)$$

де  $\varpi$  – середня кутова швидкість вибігу колінчастого валу в інтервалі кута повороту, що відповідає робочому такту в  $i$ -му циліндрі;  $\omega_{ni}$ ,  $\omega_{ki}$  – миттєві значення кутової швидкості, виміряні відповідно на початку і в кінці вибігу колінчастого валу при здійсненні робочого такту в  $i$ -му циліндрі;  $\tau$  – час вибігу колінчастого валу від  $\omega_{ni}$  до  $\omega_{ki}$ .

Для чотирициліндрових двигунів, як було зазначено раніше,  $\tau_i$  – відповідає часу здійснення робочого ходу в  $i$ -му циліндрі; кутові швидкості  $\omega_{ni}$  і  $\omega_{ki}$  визначаються відповідно в моменти досягнення поршнем ВМТ і НМТ (рис. 1.78 [8]). У 6- і 8-циліндрових ДВЗ ці інтервали знижуються до  $\varphi_6=3\pi/2$  і  $\varphi_8=\pi/2$ .



**Рис. 1.78.** Зміна кутової швидкості за кутом повороту  $\varphi$  колінчастого валу чотирициліндрового ДВЗ з непрацюючим IV циліндром

Після відновлення попереднього режиму роботи двигуна з усіма працюючими циліндрами операції визначення потужності механічних втрат ДВЗ повторюють з відключеним з роботи на  $i$ -й цикл іншим циліндром, а потім по чергово з рештою.

На рис. 1.78: I, II, III, IV – періоди, що відповідають робочим тактам відповідно в першому, другому, третьому і четвертому циліндрах.

Таким чином, виміряна потужність механічних втрат ДВЗ за результатами усереднення отриманих значень при послідовному відключенні циліндрів з роботи дорівнює

$$N_{\text{мДВС}} = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^z N_{mi}, \quad (1.52)$$

де  $z$  – кількість циліндрів у двигуні, і найточніше відповідає дійсній, тому що внаслідок теплової інерції сполучених деталей у виключеному циліндрі зберігаються умови роботи, близькі до умов при здійсненні робочих процесів, а у решти циліндрів режим роботи практично не порушується, так як двигун працює на усталеному режимі.

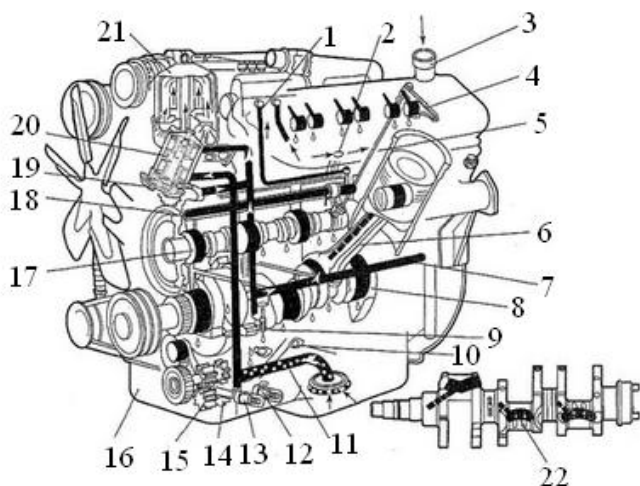
### Контрольні запитання

1. Як визначають індикаторну потужність двигуна?
2. Як визначається ефективна потужність двигуна?
3. Як визначають механічний ККД двигуна?
4. Як впливають частота обертання колінчастого валу і навантаження на ККД двигуна?
5. Які існують експериментальні методи визначення індикаторного ККД?

## 1.15. Діагностування системи змащування двигунів ЯМЗ

### 1.15.1. Об'єкти і методи контролю

Система змащування двигунів ЯМЗ змішана, з мокрим картером (рис. 1.79). Під тиском змащуються корінні та шатунні підшипники, поршневі пальці.



На рис. 1.79 цифрами позначені: 1 – трубка підведення масла до паливного насосу високого тиску; 2 – злив масла в піддон; 3 – маслозаливна горловина; 4 – коромисло клапана; 5 – штанга штоухача; 6, 7 – центральний масляний канал; 8 – колінчастий вал; 9 – диференціальний клапан; 10 – до масляного радіатора; 11 – з радіатора в піддон; 12 – запобіжний клапан; 13 – редукційний клапан; 14 – радіаторна секція масляного

**Рис. 1.79. Схема системи змащування дизеля**

насосу; 15 – основна секція масляного насосу; 16 – масляний піддон; 17 – розподільний вал; 18 – вісь штоухачів; 19 – перепускний клапан масляного фільтра; 20 – масляний фільтр; 21 – фільтр відцентрового очищення масла; 22 – масляні канали колінчастого валу.

Погіршення якості масла під час роботи двигуна відбувається через його розрідження пальним, забруднення механічними домішками та окиснення, а також через спрацювання масла і присадок, які надають маслу кращих властивостей.

Розрідження пальним масла призводить до підвищеного спрацювання деталей двигуна. В картер двигуна пальне потрапляє через значне спрацювання циліндропоршневої групи, непрацюючу свічку або форсунку, розрив діафрагми паливного насосу. Потрапляння охолоджувальної рідини в систему змащування можливе в результаті порушення герметичності прокладки головки циліндрів.

**Діагностування системи змащування** зводиться до перевірки рівня масла в картері двигуна і його тиску в масляній магістралі. Правильність показань штатного приладу тиску масла перевіряють контрольним манометром, що підключається до масляної магістралі паралельно через штуцер. Допустимий тиск масла в системі двигунів наведений у табл. 1.19.

*Таблиця 1.19*

**Тиск масла, допустимий у системі змащування двигуна**

Двигун	Тиск, МПа	Умови перевірки
MeM3-968, MeM3-968A	Не менше 0,12	При частоті обертання колінчастого валу 3000 хв <sup>-1</sup> і температурі масла 80 °С
MeM3-245	0,3-0,5; 0,07	При частоті обертання колінчастого валу 4000 хв <sup>-1</sup> ; при частоті обертання колінчастого валу 1000 хв <sup>-1</sup>
BA3-2101, BA3-2103, BA3-21011, BA3-2105 BA3-2106	0,35-0,45; 0,04-0,08	При максимальній частоті обертання колінчастого валу і двигуні, прогрітому до 90 °С; при мінімальній частоті обертання колінчастого валу

ВАЗ-2108	0,45; 0,08	При частоті обертання колінчастого валу $5600 \text{ хв}^{-1}$ ; при мінімальній частоті обертання колінчастого валу
УЗАМ	0,4-0,6	При частоті обертання колінчастого валу $5400 \text{ хв}^{-1}$
УАЗ-451, УАЗ-451М, ЗМЗ-24	0,2-0,4; 0,05	При швидкості автомобіля 50 км/год; при частоті обертання колінчастого валу на холостому ходу двигуна
ЗМЗ-4022.10	0,15-0,35; 0,05	При швидкості автомобіля 50 км/год; при частоті обертання колінчастого валу на холостому ходу двигуна
ЗМЗ-4062.10	0,1	При частоті обертання колінчастого валу на холостому ходу двигуна $750 \pm 50 \text{ хв}^{-1}$

Причинами падіння тиску масла можуть бути пониження рівня і розрідження масла, нещільність у з'єднаннях, значне спрацювання корінних і шатунних підшипників, несправність масляного насосу або редуційного клапана. У разі раптового падіння тиску під час руху автомобіля потрібно негайно зупинити двигун і перевірити рівень масла. Якщо він нормальний, треба викрутити датчик тиску масла і короткочасно прокрутити колінчастий вал двигуна. Вибивання сильного струменя масла при цьому є зовнішньою ознакою несправності датчика. Відсутність струменя свідчить про повне припинення подачі масла й необхідність проведення ремонту системи маслопостачання.

Підвищений тиск масла може виникнути в результаті надлишкової в'язкості масла, забруднення маслопроводів і заїдання редуційного клапана.

**При діагностуванні системи змащування** визначають технічний стан масляного насосу і фільтра тонкого очищення.

Роботоздатність масляного насосу оцінюється за тиском у системі змащування, для вимірювання якого застосовують пристрій **КІ-13936**. Це контрольний манометр, який за допомогою перехідників приєднують до масляної магістралі (при цьому також перевіряють правильність показань манометра, встановленого на щитку приладів).

Для визначення ступеня забрудненості ротора центрифуги використовують пристрій **КІ-13956**, що являє собою спеціальний пружинний динамометр, оснащений індикатором часового типу. Для визначення маси осаду в роторі необхідно зняти його захисний ковпак і на вісь прикріпити динамометр. Зусилля, необхідне для підйому ротора з осадом, фіксується індикатором часового типу. Необхідність очищення ротора визначається за сумарною масою ротора з осадом. Для визначення роботоздатності центрифуги вимірюють час вибігу ротора після зупинки двигуна (визначають за звуком обертання ротора), він повинен складати не менше 35 с.

**Причинами зниження тиску масла** в головній масляній магістралі можуть стати: недостатній рівень масла в картері двигуна, його розрідження, спрацювання підшипників колінчастого і розподільного валів, теча масла, спрацювання деталей масляного насосу, неправильне регулювання редуційного клапана або його зависання у відкритому стані.

**Підвищений тиск масла** в головній магістралі може бути через такі причини: використання масел з більшою в'язкістю, ніж передбачено заводом-виготовлювачем; заїдання редуційного клапана в закритому положенні; засмічення масляної магістралі.

**Витрата масла** на 100 км пробігу автомобіля визначається за формулою

$$g = \frac{100(Q_1 - Q_2 + Q_3)}{S}, \quad (1.53)$$

де  $Q_1$  – кількість залитого у двигун свіжого масла;  $Q_2$  – кількість масла, що доливається у двигун між черговими замінами масла;  $Q_3$  – кількість злитого з двигуна відпрацьованого масла;  $S$  – пробіг автомобіля.

При цьому температура масла, що зливається з картера повинна бути не менше 60 °С, а тривалість зливання – не менше 10 хв. У разі необхідності швидкого визначення експлуатаційної витрати масла можна обмежитися пробігом у 200 км за умови рівномірного руху зі швидкістю 50-60 км/год.

Якщо експлуатаційна витрата масла перевищує 200 г на 100 км пробігу, необхідний ремонт циліндропоршневої групи двигуна (наприклад, заміна поршневих кілець).

### **1.15.2. Стандартні засоби оцінювання якості масла, що працює**

Інтенсивність процесів старіння масел тісно пов'язана з якістю очищення повітря, повнотою згоряння палива, умовами його розпилення в дизелях, утворенням горючої суміші в карбюраторних двигунах, тепловим режимом роботи тощо. Тому за зміною фізико-хімічних показників якості моторного масла можна зробити висновок про технічний стан двигуна.

На сьогодні для визначення якості масла у більшості випадків застосовують стандартні методи і засоби вимірювань. Разом з тим спостерігається використання різних приладів для визначення якості масла.

Для підвищення достовірності та зниження трудомісткості діагностування при визначенні стану моторного масла необхідні чіткі вимоги до вибору методів і засобів вимірювання якості (роботоздатності) масла конкретного механізму (двигуна, трансмісії, колісного редуктора і т. д.).

На підставі того, що в маслі при його роботі у двигуні найбільших змін зазнають в'язкісно-температурні, протизносні, протикорозійні, проти-нагарні показники властивостей, моторне масло слід діагностувати технічними засобами, які класифіковані за схемою, показаною в табл. 1.20 і на рис. 1.80.

Вибираючи засоби вимірювання і показники для оцінки стану моторного масла, користувались рівнем рівноточності засобів вимірювання та вимірюваного показника (рис. 1.80).

Пробу масла в кількості приблизно 300 мл відбирають через отвір для вимірювання рівня масла зразу ж після зупинки двигуна. Перевірку проводять при ТО-1, але не раніше, ніж через 120 годин після заміни масла. Всі аналізи роблять після ретельного (не менше 10 хв) інтенсивного перемішування проби струшуванням.



**Рис. 1.80. Класифікація технічних засобів діагностики стану масла**

Таблиця 1.20

### Показники оцінки стану масла

Найменування властивості	Найменування показника	Метод випробування
В'язкісно-температурні властивості	Кінематична в'язкість 100 °С, 50 °С, мм <sup>2</sup> /с	ДСТУ ГОСТ 33-2003
	Термоокислювальна стабільність, хв	ГОСТ 9352-60
	Температура спалаху, °С	ДСТУ ISO 2592-2000
Протизносні властивості	Вміст нерозчинного осаду, %	Центрифугування/ЦЛН2
	Вміст заліза, %	Спектральний аналіз/ИСП 28
	Вміст води, %	ГОСТ 2477-65
	Світлопроникність, умов. од.	Експериментальний
Протикорозійні властивості	Лужність, мгКОН/г	ДСТУ 5094:2008 ДСТУ ISO 3771-2011
	Кислотність, мгКОН/г	ГОСТ 11362-76
	Корозійність за Пінкевичем, г/м <sup>2</sup>	ГОСТ 20502-75
	Корозійна агресивність, умов. од.	Експериментальний
Протианагарні властивості	Водневий показник, г-ион/л	РН-340
	Коксівність за Пінкевичем, г/м <sup>2</sup>	ГОСТ 20502-75
	Диспергувальна здатність	«Метод плями»
	Попільність, %	Прожарювання ДСТУ ГОСТ 12417:2006
Показники використання	Витрата масла на угар, г·кВт/год, %	Ваговий
	Довговічність, n-год	Проведений час, витрата палива

### 1.15.3. Діагностування технічного стану двигуна за продуктами спрацювання в картерному маслі

Діагностування за параметрами картерного масла дає можливість визначити темп спрацювання деталей двигуна, якість роботи повітряних і масляних фільтрів, герметичність системи охолодження, а також придатність самого масла. Для цього необхідно періодично відбирати з картера



проби масла, вимірювати концентрацію в ньому кремнію і продуктів спрацювання, визначати в'язкість і вміст води. Перевищення допустимих норм концентрації в маслі металів – це ознака несправної роботи сполучених деталей; перевищення норми вмісту кремнію – несправності фільтрів, наявність води – несправності системи охолодження, а понижена в'язкість дозволяє оцінити придатність масла. Цей метод широко застосовують при діагностуванні двигунів кар'єрних самоскидів та позашляхових автомобілів. Останнім часом контроль допустимих норм концентрації металів у маслі виконується для багатьох автомобілів [17, 18].

Можливість діагностування двигуна за концентрацією продуктів спрацювання (свинцю, хрому, заліза, алюмінію та ін.) у картерному маслі зумовлена залежністю її рівня тільки від інтенсивності спрацювання відповідних деталей двигуна (підшипників, кілець, циліндрів). Це означає, що після деякого часу роботи масла у двигуні (при практичній постійності об'єму масла, інтенсивності очищення та угару) концентрація кожного з продуктів спрацювання в маслі досягає певного рівня і стабілізується. Зменшення і поповнення завислих у маслі часток зрівноважуються. Цей рівень буде тим вищий, чим більше швидкість спрацювання деталей двигуна. Так як швидкість спрацювання при справних системах фільтрації й охолодження характеризує стан сполучень пар механізму, що труться, то за рівнем концентрації можна виявити відмови приховані та ті, що назрівають.

Рівень концентрації продуктів спрацювання в маслі після його стабілізації визначається таким виразом:

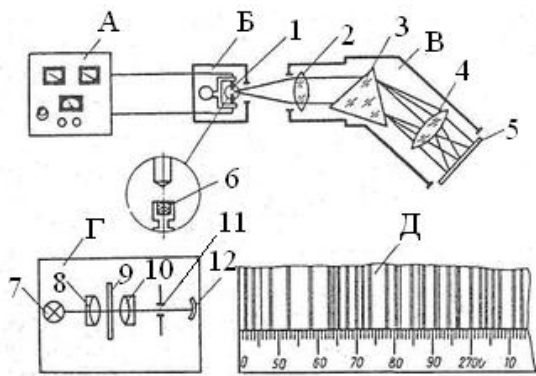
$$k = \frac{g_u}{q_\phi + q_y}, \quad (1.54)$$

де  $g_u$  – інтенсивність надходження в масло продуктів спрацювання, г;  $q_\phi$  – інтенсивність видалення продуктів спрацювання фільтрами, г;  $q_y$  – інтенсивність зменшення продуктів спрацювання за рахунок угару масла.

Оскільки  $q_\phi$  і  $q_y = \text{const}$ , то  $k = f(g_u)$ . З цього випливає, що  $k$  пропорційний інтенсивності спрацювання двигуна.

Для діагностування двигуна за концентрацією продуктів спрацювання в картерному маслі (кожного металу окремо) застосовують спектральний аналіз, який має досить високу чутливість.

Спектральний аналіз полягає в наступному. Пробу картерного масла спалюють у високотемпературному полум'ї вольтової дуги і реєструють спектр з допомогою спектрографа або автоматизованої фотоелектричної установки. Пари продуктів спрацювання дають лінійчатий спектр, який піддають якісному та кількісному аналізу (рис. 1.81).



**Рис. 1.81. Схема спектрального приладу**

На рис. 1.81 прийняті такі позначення: А – генератор; Б – штатив; В – спектрограф; Г – мікрофотометр; Д – зразок ділянки спектра заліза; 1 – кути для створення електричної дуги; 2 – коліматорний об’єктив; 3 – призма; 4 – камерний об’єктив; 5 – фотопластинка; 6 – проба масла; 7 – електролампа; 8, 10 – мікроконденсаторні лінзи; 9 – фотопластинка; 11 – щілина; 12 – фотоелемент.

Якісний аналіз полягає у виявленні спектральних ліній, які свідчать про наявність у картерному маслі металів від деталей, що спрацьовуються, а кількісний — у визначенні інтенсивності почорніння спектральних ліній. Густина почорніння ліній вимірюють з допомогою мікрофотометра. Отриманий результат перетворюють в абсолютні одиниці концентрації, використовуючи тарувальні графіки, які будують для кожного елемента за результатами аналізу еталонів (проб масла з відомим вмістом елемента). У сучасних спектральних установках усі ці процеси автоматизовані. У процесі експлуатації на кожен автомобіль ведуть графік зміни рівня концентрації продуктів спрацювання металів найвідповідальніших деталей двигуна (наприклад, циліндрів – Fe, поршнів – Al, кілець – Cr, підшипників колінчастого валу – Pb), а також слідкують за концентрацією кремнію, в’язкістю та іншими параметрами масла. Таким чином, спостерігаючи за темпом спрацювання основних деталей, за появою в маслі кремнію та придатністю масла, заздалегідь виявляють відмови механізмів і систем та прогнозують ресурс роботи двигуна. За швидкістю наростання концентрацій продуктів спрацювання металів можна судити про високу чутливість цього методу і можливість завчасно (за 2 тис. км пробігу) передбачити можливість аварійної відмови.

#### 1.15.4. Заміна моторного масла

Заміну моторного масла згідно з експлуатаційною документацією більшості автомобілів необхідно проводити кожні 15000 км, але не рідше одного разу на рік. При цьому одночасно замінюють комплекс фільтрувальних елементів.

В умовах експлуатації на території колишнього СРСР (запиленість доріг, частий холодний запуск тощо) заміну масла і фільтра необхідно проводити частіше [18].

##### **Порядок проведення робіт:**

- розігріти двигун до робочої температури (відповідає температурі масла +60 °С);
- поставити автомобіль горизонтально на естакаду;
- поставити посудину для збирання відпрацьованого масла;
- відкрутити зливну пробку з піддона картера і повністю злити масло. Зливна трубка знаходиться у найнижчій точці піддона картера;
- закрутити зливну пробку, встановивши нову прокладку. Зусилля закручування дорівнює 45 Нм;

- зняти автомобіль з естакади;
- зняти масляний фільтр. У майстернях для цього використовують спеціальний інструмент. Якщо його немає, можна використати шкіряний ремінь. Щоб полегшити зняття фільтра, можна використати гостру викрутку, якою проткнути фільтр. При зніманні фільтра витікає масло, тому необхідно підставити посудину;
- встановлюючи новий фільтр, необхідно дотримуватися порад щодо його установки;
- промити фланець фільтра пальним;
- гумове ущільнення фільтра злегка змастити маслом;
- закріпити фільтр від руки зусиллям 15 Нм.

Після зливання відпрацьованого масла рекомендується промити систему з використанням спеціальної установки та промивального масла. Промивати можна також малов'язким пальним або промивальною рідиною, яка складається з 90% уайт-спіриту та 10% ацетону. Для цього в картер заливають промивальну рідину об'ємом, що дорівнює половині ємності системи змащування, двигун запускають і дають йому попрацювати 4-5 хвилин на підвищеній частоті обертання колінчастого валу (800-1000 хв<sup>-1</sup>) холостого ходу, потім промивальну рідину зливають і заливають свіже масло.

### Контрольні запитання

1. Навести діагностичні показники системи змащування двигуна.
2. Які можуть бути причини падіння тиску масла в системі змащування?
3. Які можуть бути причини підвищення тиску масла в системі змащування?
4. Які існують стандартні методи оцінювання якості працюючого масла?
5. Розказати про метод діагностування стану двигуна за продуктами спрацювання в картерному маслі.

### 1.16. Діагностування несправностей систем двигуна за складом відпрацьованих газів

Повністю справний автомобіль витрачає менше палива і менше забруднює довкілля. На токсичність ВГ сильно впливає стан системи живлення, запалювання та їх регулювання. Токсичність дизелів визначається головним чином наявністю у ВГ оксидів азоту, а для бензинових двигунів залежить від концентрації оксиду вуглецю та оксидів азоту. Токсичність ВГ дизелів нижча (окрім викиду сажі, оксидів азоту), ніж бензинових двигунів. Токсичність ВГ суттєво залежить від режиму руху автомобіля, конструктивних та експлуатаційних чинників, технічного стану двигуна й автомобіля в цілому. Навіть у разі хорошого технічного стану двигуна і правильно відрегульованих його механізмів і систем кількість токсичних речовин у ВГ може досягати таких значень: [6]

	Бензиновий двигун	Дизель
Оксид вуглецю, % .....	6,0 .....	0,2
Оксиди азоту, % .....	0,46 .....	0,35
Вуглеводні, % .....	0,4 .....	0,04
Сажа, мг/л .....	0,05 .....	0,3

При усталеному русі автомобіля відбувається найменше забруднення повітря, але в цьому разі при роботі двигуна з постійним навантаженням у його ВГ утворюється найбільша кількість оксидів азоту, об'єм яких порівняно з режимом холостого ходу зростає у 30-35 разів. Гальмування двигуном призводить до підвищення вмісту альдегідів у ВГ у десять разів.

### **1.16.1. Засоби і способи перевірки токсичності відпрацьованих газів**

Для визначення токсичності ВГ використовуються спеціальні газоаналізатори для бензинових двигунів і димоміри для дизельних.

Газоаналізатори – це як автономні, так і вбудовані в деякі моделі мотор-тестерів прилади. На сьогодні використовують два типи газоаналізаторів – інфрачервоні та каталітичні.

Принцип дії перших оснований на поглинанні газовими компонентами інфрачервоних променів з різною довжиною хвилі. Принцип дії других оснований на каталітичному допалюванні оксиду вуглецю CO, що міститься у вихлопних газах и, внаслідок цього, фіксації підвищення температури з допомогою електричного моста.

При цьому газоаналізатори класифікують за кількістю компонентів, які вони аналізують (3-5-компонентні).

Газоаналізатори виміряють і відображають вміст CO, CH, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> у ВГ (або тільки деяких компонентів), а також можуть автоматично розраховувати на підставі цих даних коефіцієнт (лямбда), який показує відхилення складу паливно-повітряної суміші від стехіометричної.

Типи та опис газоаналізаторів ВГ описані в підрозділі 1.2.

Діагностування несправностей систем двигуна за складом ВГ розглядається в роботах [19, 20, 21, 22], а результати описуються далі.

Найважливішими характеристиками п'ятикомпонентного тестера є:

- висока точність вимірювань, яка позначається показником «клас 0» згідно з OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale);
- порівняння результатів випробувань з потрібними показниками з бази даних;
- усталена робота при довготривалому використанні (калібрування не обхідне тільки один раз на рік);
- функція бортової діагностики(OBD);
- кольоровий дисплей, виготовлений за тонкоплівковою технологією (TFT);
- простота управління оператором;
- наявність різних датчиків для контролю частоти обертання колінчастого валу;
- вимірювання напруги лямбда-зонда і визначення моменту запалювання;
- можливість додаткового оснащення для отримання повнокомплектної станції контролю токсичності ВГ (бензиновий і дизельний двигуни);
- можливість додаткового оснащення для вимірювання NO;
- можливість додаткового оснащення для під'єднання до мережі A/WN.

Прилади для вимірювання складу ВГ використовуються для проведення вимірювань у дорожніх умовах, наприклад, перевірка токсичності ВГ для того, щоб можна було контролювати дотримання регламентованих граничних значень токсичної емісії ВГ. Ці прилади також є важливим обладнанням станцій автосервісу, забезпечуючи отримання даних, необхідних для оптимального регулювання систем впуску та впорскування палива і діагностики двигуна.

**Перевірка вихлопу бензинового автомобіля без каталітичного нейтралізатора або з каталітичним нейтралізатором без зворотного зв'язку:**

1. Прогріти працюючий двигун до робочої температури. Під'єднати до кінця вихлопної труби газоаналізатор.

2. Установити режим холостого ходу двигуна. Виміряти вміст CO % і рівень HC.

3. Якщо рівень CO, HC або обидва не вкладаються у допустимі межі, значить автомобіль не пройшов перевірку складу ВГ. Вимоги до складу вихлопних газів див. у книгах «Посібник з експлуатації та ремонту» для відповідного автомобіля.

Оскільки звичайно рівень CO автомобіля нижче встановленого рівня, під час пошуку несправностей за результатами перевірки складу вихлопу слід приймати за основу не встановлений рівень CO, а рівень, досягнутий на даному автомобілі. Те саме стосується й перевірки вмісту HC.

4. Наступний аналіз виконують після порівняння отриманих результатів з допустимими межами.

5. Аналіз результатів вимірювань:

- вміст CO і HC вищий за допустимі межі – ознака багатой суміші;
- CO нижче допустимого, а HC – вище – ознака забруднення свічок, збоїв запалювання або бідної суміші;
- низький вміст CO і HC – ознака забруднення форсунок або витоків з випускної системи.

**Перевірка вихлопу бензинового автомобіля з каталітичним нейтралізатором:**

1. Прогріти працюючий двигун до робочої температури. Під'єднати до кінця вихлопної труби газоаналізатор.

2. Розкрутити КВ двигуна до 2500-3000 хв<sup>-1</sup> на 3 хвилини, щоб прогріти кисневий датчик і каталізатор.

3. Установити режим холостого ходу і виміряти вміст CO %.

4. Якщо рівень CO вищий допустимої межі, значить автомобіль не пройшов перевірку.

5. Ще раз розігнати двигун до 2500-3000 хв<sup>-1</sup> на 3 хвилини, щоб прогріти кисневий датчик і каталізатор.

6. Знову виміряти вміст CO.

7. Якщо рівень CO вищий допустимої межі, значить автомобіль не пройшов перевірку.

8. Виміряти вміст HC на прискореному режимі холостого ходу.

9. Якщо рівень HC вищий за допустиму межу, значить автомобіль не пройшов перевірку.

10. Виміряти склад робочої суміші на прискореному режимі холостого ходу.

11. Якщо співвідношення повітря/пальне не вкладається в межі, встановлені виготовлювачем, або вище, ніж 1,03, значить автомобіль перевірку не пройшов.

**Аналіз результатів перевірки:**

12. Діагностика автомобіля, обладнаного каталітичним нейтралізатором і кисневим датчиком, що працює в режимі зворотного зв'язку, порівняно з автомобілями без каталізатора, складніше через те, що кисневий датчик разом з ЕБУ регулює склад суміші. Якщо двигун працює без збоїв, ситуація досить зрозуміла. Разом з тим, якщо є неполадки із згорянням, несправність датчиків, витік вакууму або вихлопних газів, несправність системи запалювання або механічного характеру, кисневий датчик буде намагатися компенсувати несправності, що може призвести до помилок.

Витоки вихлопних газів, а також несправності механічної частини двигуна і системи запалювання потрібно усунути перед тим, як робити спроби скоригувати склад робочої суміші.

13. Якщо каталітичний нейтралізатор треба замінити:

- переконатися, що несправності механічного характеру, а також в системах запалювання та подачі палива усунені, інакше вони можуть завчасно вивести з ладу новий каталізатор;

- переконатися, що пальне для двигуна не містить свинцю. Всі автомобілі, оснащені каталітичним нейтралізатором, повинні працювати на пальному без свинцю. Хоча в паливній горловині таких автомобілів і вставлений фільтр, що не пропускає пальне зі свинцем, на заправній станції може знайтися грамотний оператор, який зуміє налити в бак етильований бензин.

14. Є багато різних причин порушення складу вихлопних газів. Наступні причини несправностей оснований на результатах перевірок. Щоб отримати повну картину, треба підключити до кисневого датчика вольтметр або осцилоскоп. Підняти оберти КВ двигуна до  $8500-3000 \text{ хв}^{-1}$  на 3 хвилини для прогрівання датчика кисню і каталізатора. Встановити прискорену частоту обертів КВ двигуна на режимі холостого ходу та записати такі дані:

- склад робочої суміші;
- верхню і нижню напругу перемикачів кисневого датчика;
- вміст CO %;
- вміст HC;
- вміст O<sub>2</sub>;
- вміст CO<sub>2</sub>.

15. Несправний каталізатор можна виявити за такими ознаками:

- вміст CO вище межі, встановленої виготовлювачем;
- вміст HC вище межі, встановленої виготовлювачем;
- відношення повітря/пальне вище межі, встановленої виготовлювачем, або більше 0,97;
- вміст O<sub>2</sub> у межах 0,5-1,5;
- кисневий датчик перемикається з заданою частотою.

16. Якщо в процесі випробувань каталітичний нейтралізатор всередині загорівся, то, швидше за все, він несправний. Слід підтвердити цей діагноз вимірюваннями. Наприклад, якщо у вихлопній системі є вікно для відби-

рання газів перед каталізатором, треба виміряти в ньому вміст СО і НС. Значення цих величин на кінці вихлопної труби повинні бути нижчими, ніж у вікні для відбирання. Однакові значення вказують на те, що каталізатор більше не нейтралізує шкідливі гази.

Із введенням бортової діагностики (OBD) здійснюється постійний контроль усіх елементів і систем, що мають відношення до зниження токсичності ВГ. Періодична перевірка токсичності ВГ (AU) встановлює, чи правильно працює система OBD і чи відповідає вона вимогам, що ставляться до неї, протягом усього терміну служби автомобіля.

Процес перевірки кожного автомобіля, оснащеного системою OBD, виглядає таким чином:

- вводяться ідентифікаційні дані автомобіля (номерний знак, виготовлювач автомобіля, показання лічильника пробігу і т. д.); параметри випробування для даного автомобіля беруться з бази даних (така база даних є лише в Німеччині) або вводяться вручну;

- проводиться візуальний контроль системи випуску – перевірка наявності всіх потрібних елементів, їх пошкоджень і герметичності;

- проводиться візуальний контроль лампи-індикатора несправностей при увімкненому запалюванні та з працюючим двигуном; зчитування статусу цієї лампи з блока управління здійснюється через інтерфейс OBD;

- потім оцінюються коди запам'ятовуючого пристрою; якщо автомобіль не зміг пройти випробування на встановлену токсичність ВГ, то в пам'ять несправностей вводиться відповідний код;

- якщо не проведені один або кілька тестів готовності до випробування, то на додачу до вимірювання СО на режимах холостого ходу перевіряється напруга лямбда-зонда (вимірювання напруги двоточкового зонда і напруги, струму або концентрації кисню в ширококутовому зонді); якщо отримані дані виходять за межі встановленого діапазону значень, то вважається, що автомобіль не витримав випробувань.

### **1.16.2. Зв'язок несправностей двигуна зі складом відпрацьованих газів**

При діагностуванні паливної апаратури за параметрами відпрацьованих газів потрібно враховувати, що хімічний склад, температура і колір відпрацьованих газів є функцією повноти згоряння палива і залежать як від справності систем повітропостачання та газообміну, так і від технічного стану циліндропоршневої групи. У зв'язку з цим за параметрами відпрацьованих газів можна лише непрямо оцінювати якість роботи паливної апаратури.

**Вуглеводні (СН)** – це компоненти палива, що не згоріло. Якщо двигун працює нормально, він спалює в циліндрах практично все пальне, допустимий вміст СН повинен бути менше 50 р.р.м. Бензин – це канцероген. Підвищений вміст СН може пояснюватися, наприклад, великим споживанням масла через слабкі ущільнювальні кільця поршнів. Частіш за все збільшений вміст СН буває через несправності в системі запалювання. При цьому слід перевірити:

- свічки запалювання;

- високовольтні проводи;
- кришку і ротор розподільника (якщо вони є);
- синхронізацію запалювання;
- катушки запалювання.

**Оксид вуглецю (СО)** – нестійка хімічна сполука, що легко вступає в реакцію з киснем і дає двооксид вуглецю  $\text{CO}_2$ . СО – отруйний газ без кольору, смаку і запаху. Вступаючи в легенях людини в реакцію з повітрям, позбавляє мозок кисню. Рівень СО у вихлопних газах для сучасних автомобілів із впорскуванням палива не повинен перевищувати 0,5%. Можливі причини підвищення вмісту СО такі:

- несправність системи вентиляції картера;
- засмічення повітряного фільтра;
- порушення обертів двигуна на холостому ходу;
- підвищений тиск палива;
- будь-які інші несправності, що призводять до роботи двигуна на збагачених паливоповітряних сумішах.

**Двооксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ )** – результат сполучення вуглецю з палива з киснем повітря. Допустимий вміст 12-45%. Високі значення свідчать про хорошу роботу двигуна. Низький рівень  $\text{CO}_2$  означає, що паливоповітряна суміш збагачена або збіднена. Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері сприяє розвитку парникового ефекту. Вміст  $\text{CO}_2$  залежить від режиму роботи дизеля і пропорційний витраті палива.

**Кисень ( $\text{O}_2$ )** – у повітрі його 21% і в циліндрах двигуна більша частина вступає в реакцію з паливом. Рівень кисню у відпрацьованих газах повинен бути низьким, не більше 0,5%. Більш високі значення, особливо на режимах холостого ходу, означають витіки у впускному тракті.

### 1.16.3. Причини підвищеного виділення вуглеводнів, що не згоріли

Кількість вуглеводнів СН у вихлопних газах характеризує повноту згорання паливоповітряної суміші.

Після усунення основних несправностей, пов'язаних з підвищеним вмістом СН, досягається максимальне заощадження палива та кращі експлуатаційні якості двигуна.

Зменшення кількості вуглеводнів можливе з допомогою:

- правильного згорання палива в камері згорання, що залежить також і від форми самої камери;
- правильного регулювання запалювання;
- догорання під час вихлопу (з допомогою каталітичного нейтралізатора).

Велику кількість вуглеводнів двигун автомобіля викидає через:

- вентиляційне відведення паливного бака;
- витік з поплавкової камери карбюратора;
- системи фільтрації повітря;
- картер двигуна.

При підтриманні постійного контролю над даними механізмами гарантується зниження шкідливих речовин у відпрацьованих газах. Крім того, за



допомогою екологічних пристроїв пари вуглеводнів, що виходять з паливного бака та поплавкової камери карбюратора, збирають у допоміжному бачку з активованим вугіллям (адсорбері) і разом з парами з картера двигуна знову спрямовуються в систему живлення.

**Аналіз СН під час діагностики.** Для вимірювання кількості вуглеводнів, що не згоріли, використовують одиницю в «частинах на мільйон» (р.р.м.), яка дає можливість ясніше уявити процент концентрації речовини. Приблизним співвідношенням між р.р.м. СН і процентним вмістом СН є наступне:

- якщо не згоряє 0,1% суміші, утворюється приблизно 20 р.р.м. СН;
- якщо не згоряє 1% суміші, утворюється приблизно 200 р.р.м. СН.

Концентрація вуглеводнів у реальних умовах дорівнює від 5 р.р.м. до 500 р.р.м.

Типові значення СН:

- карбюраторний двигун старої конструкції – 300 р.р.м.;
- карбюраторний двигун нової конструкції – 200 р.р.м.;
- двигун з системою впорскування старої конструкції – 200 р.р.м.;
- двигун з системою впорскування нової конструкції – 100 р.р.м.;
- двигун з системою впорскування нової конструкції з нейтралізатором – 60-100 р.р.м.

Конкретні дані наводяться виготовлювачем автомобіля. Високий вміст СН часто буває через несправності в системі запалювання: через який-небудь «дефект» запалювання виробляється слабка іскра, не збігається з тактом у часі та є занадто короткою за тривалістю. В результаті з'являється велика кількість речовин (СН), що не згоріли і потрапляють у вихлопну трубу. А також неправильно відрегульована суміш, занадто «багата» або «бідна», може викликати збільшення кількості виділених вуглеводнів. Основними типовими несправностями, які призводять до збільшення кількості вуглеводнів у відпрацьованих газах, є описані далі.

#### **Несправності в системі запалювання:**

- неправильна напруга на виході вторинної обмотки котушки запалювання, висока напруга на розподільнику або дефект кабелів системи запалювання;
- не відрегульований зазор між електродами свічок, свічки забруднені, спрацьовані;
- занадто великий кут випередження запалювання.

#### **Несправності в системі підготовки складу робочої суміші:**

- нестехіометричне співвідношення горючої суміші. Якщо суміш занадто «багата», то для повного окиснення буде недостатньо вільного кисню  $O_2$  і вуглеводні, що не беруть участі в реакції, потраплять у відпрацьовані гази. Якщо ж суміш занадто «бідна» будуть виникати пропуски спалахування суміші і пальне, що не згоріло, буде причиною підвищеного вмісту СН;
- потрапляння додаткового повітря у впускний колектор; несправність системи вловлювання парів палива;
- несправність у форсунках, що викликає «крапання» (а не розпилення суміші);

- низька якість розпилення палива форсунками і внаслідок цього неоднорідність паливоповітряної суміші в циліндрах;
- суттєві відмінності поточної пропускної здатності форсунок окремих циліндрів (більше 20% від середньої між ними), через що система управління не може підібрати час впорскування, який би забезпечував прийнятну точність дозування для всіх циліндрів;
- занадто великий час впорскування;
- негерметичність пускової або робочих форсунок;
- несправності в роботі термочасового реле, датчиків температури охолоджувальної рідини або температури всмоктуваного повітря;
- неправильний тиск палива.

#### **Несправності у двигуні:**

- неправильно відрегульовані клапани або фази газорозподілення;
- двигун споживає занадто багато масла через спрацювання маслосніжних кілець або ущільнень клапанів;
- низька компресія двигуна, проблеми в поршневій або негерметичність клапанів.

Переважною причиною виділення вуглеводнів, що не згоріли, є проблеми у системі запалювання.

Рівень емісії шкідливих речовин бензинових двигунів легкових автомобілів при коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha=1$  може бути знижений на 99%.

### **1.16.4. Оцінювання несправностей електронних систем за концентрацією CO у ВГ**

Досвід експлуатації транспортних засобів показує, що на 10-15% несправних або не відрегульованих автомобілів припадає до 40% усіх забруднюючих викидів у навколишнє середовище (повітря, вода, ґрунт). Тому оптимально вибрані та дотримувані періодичності й регулювання елементів і систем електрообладнання визначають економічність, токсичність і ресурси агрегатів та автомобілів.

Для бензинових двигунів характерне таке розподілення несправностей електрообладнання: свічки запалювання – 38%, механізм переривання розподільника – 21%, проводи високої напруги – 7,5%, котушки запалювання – 3,4%, датчики комп'ютерних систем – 7-16%. Узагальнені дані про вплив технічного стану елементів електрообладнання на витрату палива і токсичність ВГ наведені в табл. 1.21 (дані НПО «Экосистема» та підприємств, що експлуатують автобуси).

Вимірювання концентрації токсичних компонентів у відпрацьованих газах, наприклад, концентрації CO, виконують методом інфрачервоного випромінювання, що ґрунтується на різній поглинальності окремих газів у відповідності з їх спектром поглинання (довжини хвилі). Інфрачервоне випромінювання створює елемент, нитка якого має температуру приблизно 700 °С. Інфрачервоні промені пропускають через вимірювальний елемент перед входом у приймальну камеру. Оксид вуглецю, що є у відпрацьованих газах, поглинає частину випромінювання, яке супроводжується збільшенням температури газу, що призводить до виникнення потоку газу. Потік газу перетворюється датчиком потоку у змінний електричний імпульс (сиг-

нал). Зміна концентрації CO викликає зміну енергії поглинання інфрачервоним випромінюванням пропорційно об'ємному вмісту CO у газі.

Таблиця 1.21

**Вплив технічного стану елементів  
електрообладнання на токсичність ВГ**

Зміна параметра системи або елемента	Збільшення відносно норми, %		
	Витрата палива	Викид CO	Викид C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>
Нещільність посадки клапана ЕПХХ	20	100-500	20
Передчасне включення клапана ЕПХХ	15-17	200	25
Збільшення або зменшення зазору між контактами переривача на 0,2 мм	7-8	0	200-300
Збільшення зазору свічки запалювання	3-5	0	300
Відмова однієї свічки запалювання	20-30	0	500-900
Відхилення кута випередження запалювання на 1° п.к.в.	До 1	0	10
Відмова датчика детонації	5-6	0	20
Порушення програми регулювання паливом і запалюванням	10-17	100	200-400
Порушення програми регулювання дизеля	5-25	До 50	До 25

Концентрацію вуглеводнів у відпрацьованих газах виміряють плазменно-іонізаційним методом, а концентрацію оксиду азоту – хемілюмінесцентним методом. Сутність плазменно-іонізаційного методу полягає в іонізації вуглеводними атомами полум'я водню при температурі 2000 °С. Чутливість цього методу пропорційна кількості вуглеводнів.

**1.16.5. Оцінювання складу паливоповітряної суміші в циліндрі двигуна за концентрацією CO<sub>2</sub>, CO і C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> у відпрацьованих газах**

За вмістом CO<sub>2</sub>, CO і C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> у відпрацьованих газах оцінюють справність або несправність системи запалювання і системи впорскування палива, а також їх компонентів. У табл. 1.22, 1.23 представлені виміряні концентрації оксиду вуглецю, двооксиду вуглецю, вуглеводнів відповідно для несправних станів елементів електронних систем управління.

Під час аналізу оксидів азоту NO і NO<sub>2</sub> їх озонують і роблять колориметрію з визначенням інтенсивності люмінесценції NO<sub>2</sub>, атоми якого знаходяться у збудженому стані. Як детектор сили світла люмінесценції оксидів азоту застосовують фотоелектричний підсилювач, причому шкала вимірювального приладу проградуєвана в одиницях р.р.т.

Характеристики газоаналізаторів, що використовуються для аналізу концентрації у відпрацьованих газах шкідливих компонентів при діагностуванні бензинових і дизельних двигунів, наведені у табл. 1.24.

Надлишок CO у відпрацьованих газах означає, що в циліндрах є надлишок палива або нестача кисню. При цьому утворюється багата суміш і пальне згоряє неповністю. Можливі причини:

- підвищений тиск палива (наприклад, засмітився зворотний паливопровід);

- несправний регулятор тиску палива (наприклад, витік через діафрагму);
- несправність у системі вловлювання парів палива в баку;
- засмітився повітряний фільтр або клапан у системі вентиляції картера.

Таблиця 1.22

**Несправності елементів електронних систем, які визначаються за концентрацією CO у ВГ**

Система електрообладнання	Високий вміст CO, більше 3%	Низький вміст CO, менше 0,5%
Системи ЕПХХ карбюраторних двигунів	Високий рівень палива у поплавковій камері карбюратора. Несправний електромагнітний клапан ЕПХХ	Низький рівень палива в поплавковій камері карбюратора. Несправний голчастий клапан поплавка
Апаратура впорскування палива	Неправильна програма регулювання подачі палива електромагнітною форсункою, несправний датчик температури охолоджувальної рідини, несправний датчик масової витрати повітря	Несправний електронний блок управління, відмова датчика температури охолоджувальної рідини

**Примітка.** Нормувальний вміст CO у режимі холостого ходу від 0,5 до 2,5-3,0%.

Таблиця 1.23

**Оцінювання складу суміші в циліндрі двигуна за концентрацією CO<sub>2</sub> CO і C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> у відпрацьованих газах**

Вміст CO <sub>2</sub>	Вміст CO	Вміст C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	Аналіз складу суміші
Дуже високий	Низький	Дуже низький	Оптимальне згоряння суміші, система випуску герметична
Низький	Низький	Низький	Оптимальне згоряння суміші, система випуску негерметична
Низький	Високий	Високий	Занадто багата суміш
Низький	Дуже низький	Високий	Занадто бідна суміш

Таблиця 1.24

**Характеристики газоаналізаторів, що використовуються для аналізу концентрації у відпрацьованих газах шкідливих компонентів**

Компонент відпрацьованих газів	Діапазон вимірювання	Похибка
CO	0-10%	±0,001%
CO <sub>2</sub>	0-18%	±0,001%
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	0-9999 р.р.м.	1 р.р.м.
O <sub>2</sub>	0-22%	±0,01%
Склад суміші α або λ (за матеріалами зарубіжної літератури)	0,5-1,80	±0,001

**Підвищене виділення оксиду вуглецю (СО)** створюється тоді, коли горюча суміш є «багатою», викликаючи тим самим надмірну витрату палива. Концентрація СО досягає свого апогею в циліндрі під час горіння; під час наступного за цим такту розширення частина цього газу окиснюється і перетворюється в СО<sub>2</sub> (вуглекислий газ). За наявності «бідної» суміші концентрація СО у відпрацьованих газах зумовлена, перш за все, неоднорідним розподіленням суміші та зміною її складу залежно від циклу згоряння. На відміну від СН, СО утворюється тільки в результаті згоряння. Наприклад, відсутність запалювання є причиною підвищення вмісту СН, але так як не було згоряння, СО у вихлопних газах не буде. Навпаки, багата суміш є причиною підвищеного вмісту СО і СН одночасно: високий вміст СО – через нестачу кисню під час згоряння, високий вміст СН – через неповне згоряння палива та його викид у вихлопну систему.

**Аналіз СО під час діагностики.** Концентрація СО вимірюється у відсотках від виділених газів. У автомобілях сучасного виробництва даний процентний склад, як правило, знаходиться у межах від 0,5% до 2,5%. Двигуни, оснащені каталітичним конвертером (каталізатором) мають досить низькі величини виділень, порядку 0,1% (проби взяті з вихлопної труби).

Високий рівень СО зумовлений, головним чином, занадто «багатим» співвідношенням повітря до бензину в горючій суміші. Цей недолік, пов'язаний зі складом горючої суміші, викликає часткове окиснення, утворюючи при цьому СО замість СО<sub>2</sub> (горіння у цьому разі це бурхливе окиснення, отже, визначним для даного процесу є кількість кисню).

Ще одним наслідком надлишку палива в робочій паливоповітряній суміші є надлишкове утворення вуглецевих залишків (відкладення), що осідають на клапанах, у робочій камері, на поршнях і на свічках. Ці відкладення спричиняють samozапалювання паливоповітряній суміші (детонацію) та руйнування двигуна.

Типовими несправностями, через які утворюється надмірна кількість СО є описані далі.

**Несправності в системі підготовки робочої суміші:**

- відрегульований низький режим холостих обертів КВ;
- несправний насос-прискорювач карбюратора;
- несправна пускова система або система збагачення при прогріванні;
- ослабли паливні жиклери карбюратора;
- занадто високий тиск палива – несправність регулятора системного тиску або непрохідність магістралі повернення палива в бак;
- занадто великий час впорскування або низький управляючий тиск внаслідок несправних датчиків витрати повітря, температури, абсолютного тиску, а також регулятора управляючого тиску та електрогідравлічного регулятора;
- зниження тиску початку відкриття механічних форсунок;
- несправність петлі зворотного зв'язку за сигналом лямбда-зонда;
- погано відрегульований рівень палива у поплавковій камері.

**Несправності, пов'язані з постачанням повітря:**

- забитий повітряний фільтр;
- забиті повітряні жиклери карбюратора.

## Несправності, пов'язані з двигуном:

- неправильне регулювання клапанів.

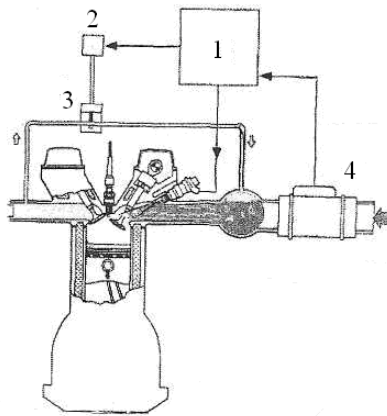
Переважною причиною підвищеного вмісту СО є занадто багата робоча суміш, як і для СН, вміст СО у вихлопних газах знижується каталітичним нейтралізатором.

### 1.16.6. Оцінювання несправності системи рециркуляції відпрацьованих газів

#### 1.16.6.1. Визначення несправності системи рециркуляції

Вид системи рециркуляції вихлопних газів сучасних автомобілів представлено на рис. 1.82.

На режимі холостого ходу і при часткових навантаженнях сигнали датчика масової витрати повітря використовуються блоком управління для розрахунку ступеня рециркуляції ВГ. Норми вмісту шкідливих речовин у ВГ, що стають все жорсткішими, вимагають від виробників для зниження викидів оксидів азоту забезпечувати все вищий ступінь рециркуляції ВГ, а цього можна досягти тільки у разі відрегульованої системи рециркуляції ВГ.



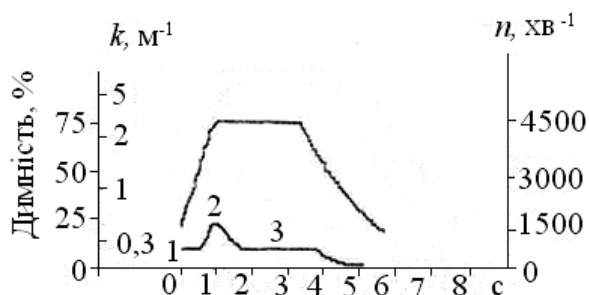
**Рис. 1.82. Система рециркуляції вихлопних газів:**

1 – блок управління; 2 – магнітний клапан; 3 – клапан рециркуляції вихлопних газів; 4 – витратомір повітря

Як контролюючий орган у цьому контурі служить датчик масової витрати повітря, з допомогою якого блок управління визначає, чи достатньо для низькотоксичного згоряння робочої суміші маси повітря, яка надходить до циліндрів. За зміною скважності керуючого сигналу електроживлення електропневматичного перетворювача тиску в системі управління тиском наддування блок управління визначає величину розрідження, що діє на мембрану клапана рециркуляції ВГ. Останній відкривається при збільшенні розрідження. На більшості автомобілів підведення рециркулюючих ВГ активно на режимі холостого ходу і при часткових навантаженнях до значення частоти обертання колінчастого валу приблизно  $3000 \text{ хв}^{-1}$ . У зоні повних та часткових навантажень при частоті обертання колінчастого валу більше  $3000 \text{ хв}^{-1}$  рециркуляція ВГ відключається, оскільки в цьому діапазоні навантажень уже відчувається дефіцит свіжого повітря. На неполадки в системі рециркуляції ВГ двигун реагує помітним підвищенням димності ВГ або втратою потужності. [7] Перевірку системи рециркуляції слід починати зі зчитування пам'яті несправностей, щоб установити, чи є у блока управління причини для відмови у роботі. Наприклад, у разі несправності датчика масової витрати повітря підведення рециркулюючих ВГ відключається.

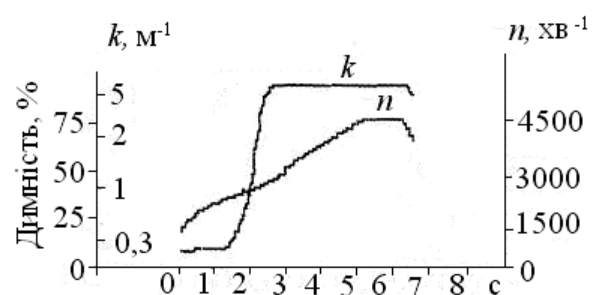
Найпростіша можливість перевірки системи рециркуляції – візуальна. Для цього необхідно зняти трубопровід, що з'єднує клапан рециркуляції з

охолоджувачем наддувочного повітря, під'єднати ручний насос і перевірити, чи відбувається відкриття і закриття клапана згідно з розрідженням, яке виробляє ручний насос. Якщо клапан не реагує або реагує ривками на зміну розрідження, його слід замінити. Також клапан рециркуляції ВГ можна випробувати з допомогою датчика масової витрати повітря. Для цього до клем сигналу напруги датчика масової витрати повітря під'єднують вольтметр і встановлюють величину частоти обертання колінчастого валу приблизно  $2000 \text{ хв}^{-1}$ . Якщо трубопровід розрідження від'єднати від клапана рециркуляції ВГ, напруга сигналу повинна помітно зрости. У протилежному разі клапан рециркуляції ВГ несправний. Замість вимірювання вольтметром напруги сигналу можна порівняти дійсну витрату повітря на впуску з величиною, яка записана в пам'яті блока управління, - у разі несправності клапана рециркуляції ВГ спостерігається суттєва різниця між цими значеннями.



**Рис. 1.83. Криві димності ВГ**

**і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) дизеля Volkswagen 1,4 TDI:**  
 1 – димність ВГ на режимі холостого ходу при активному клапані рециркуляції ВГ; 2 – димність ВГ на режимі повного навантаження, коефіцієнт поглинання  $k_{max}=0,6 \text{ м}^{-1}$ ; 3 – димність ВГ при  $n_{max}$ ; час розгону до  $n_{max}$  – 1 с



**Рис. 1.84. Криві димності ВГ і частоти обертання колінчастого валу ( $n$ ) дизеля Volkswagen 1,4 TDI:**  
 $k_{max}=9,5 \text{ м}^{-1}$ ; час розгону – 5,0 с при відкритому клапані рециркуляції ВГ

Ще однією можливістю перевірки рециркуляції ВГ є вимірювання димності ВГ на режимах вільного прискорення. Спочатку відтворюється крива димності ВГ з під'єднаною системою рециркуляції ОГ (рис. 1.83). Потім клапан рециркуляції ОГ від'єднують від вакуумного насосу та повторюють режими вільного прискорення. Якщо значення димності ВГ суттєво зростають, клапан рециркуляції ОГ справний (рис. 1.84). Різка зміна величини димності ВГ указує на підвищене підведення рециркулюючих ВГ. Тому блок управління за вимірюванням витрати повітря визначає нестачу свіжого повітря в заряді та зменшує циклову подачу палива. Наслідком цього є тривалий розгін на режимах вільного прискорення, який складає 5 с (рис. 1.84). Якщо димність ВГ у першому випадку розгону на режимах вільного прискорення (рис. 1.83) висока, а в другому не змінилась, клапан рециркуляції ВГ відкритий занадто тривалий час. Якщо значення димності ВГ при обох випробуваннях незначні, клапан рециркуляції ВГ закритий занадто тривалий час. Для того щоб перевірити, наскільки правильно блок управління регулює рециркуляцію ВГ, в якості манометра використовують вакуумний насос, під'єднаний до електропневматичного перетворювача тиску. Вакуум-

ний насос повинен сприймати розрідження тільки в діапазоні описаних раніше режимів навантаження і значень частоти обертання колінчастого валу. Інакше слід перевірити перетворювач тиску. Під'єднавши осцилограф до «маси» та проводу, що йде від блока управління до перетворювача тиску, перевіряють скважність керуючого сигналу включення перетворювача тиску. З непрацюючим двигуном і виключеним вимикачем стартера та свічок розжарювання перетворювачем тиску управляє сигнал зі скважністю 6%. Так блок управління перевіряє справність електричних функцій перетворювача тиску. З аналогічною скважністю перетворювач управляється і у випадку, коли рециркуляція ВГ відключається, наприклад, при повному навантаженні. У діапазоні навантажень, при яких здійснюється рециркуляція ВГ, скважність управляючого сигналу перетворювача тиску знаходиться у межах 20-85%. У разі відсутності скважності управляючого сигналу або при нульовій напрузі на виводі перетворювача тиску слід у першу чергу зчитати дані з пам'яті несправностей. Таким чином можна встановити, де треба шукати пошкодження: у блоці управління або датчиках. Додатково слід перевірити котушку індуктивності перетворювача тиску на обрив і коротке замикання (номінальний опір – від 14 до 18 Ом), а також перевірити наявність живлення на клеммах перетворювача тиску (номінальна напруга відповідає напрузі акумуляторної батареї). Якщо виміряні значення відповідають номінальним, перевіряють, чи не замкнутий на «масу» провід, що йде від перетворювача тиску до блока управління. Якщо на управляючому проводі реєструється незмінна напруга 12 В, це вказує або на обрив у проводі, або на несправність блока управління [7].

### 1.16.6.2. Визначення несправності системи EGR

Система EGR призначена для зменшення вмісту оксидів азоту  $\text{NO}_x$  у ВГ автомобіля. При несправності системи EGR можуть спостерігатися нестійкі оберти КВ на режимах холостого ходу і двигун часто глухне. Також може спостерігатися нестійка робота при повністю відкритій дросельній заслінці, перебої при зниженні обертів, детонація, пропуски спалахування. Азот  $\text{N}_2$  починає вступати в реакцію з киснем  $\text{O}_2$  у камері згоряння при температурі вище  $1370^\circ\text{C}$  і при високому тиску.

Усі несправності EGR зводяться до двох основних причин:

- через клапан EGR проходить недостатня кількість вихлопних газів;
- через клапан EGR проходить занадто багато вихлопних газів.

Складові компоненти системи EGR, у яких можуть виникати несправності, такі:

- зовнішні патрубки (або канали в литві) для підведення вихлопних газів;
- сам клапан EGR;
- термодатчик, що підключає джерело розрідження до клапана EGR в залежності від температури охолоджувальної рідини або повітря;
- соленоїди електричних або цифрових клапанів, якими управляє ЕБУ;
- інтегровані або окремі перетворювачі тиску вихлопних газів.

**Несправності каналів і клапана EGR.** При забрудненні каналів потік рециркуляції зменшується, зростає забруднення довкілля оксидами азоту



NO<sub>x</sub>. Так як при цьому їздові характеристики майже не змінюються, водії на таку несправність рідко звертають увагу. Іноді може виникати детонація і погіршується економічність двигуна (ЕБУ не входить в замкнутий режим).

Так само проявляє себе і клапан EGR, який не відкривається. Конструкція клапана передбачає його закривання у разі несправностей в системі EGR.

Тверді частки з вихлопних газів осідають нерівномірно у запиральному пристрої клапана EGR, і поступово клапан перестає щільно закриватися. При цьому рециркуляція вихлопних газів починає відбуватися постійно. Така ситуація буде зафіксована потоком параметрів, які сканер приймає від ЕБУ, але для остаточних висновків про стан клапана його слід розібрати. Після очистки й перед установкою клапана треба переконатися, що канали вільні від шматочків відкладень, які можуть повторно засмітити систему.

Клапан, що не закривається, звичайно проявляється таким чином:

- нестійкість холостих обертів, часта зупинка двигуна, пропуски спалахування;
- ривки автомобіля під час руху;
- зменшення розрідження у впускному колекторі та, як наслідок, робота бензинового двигуна на багатій паливоповітряній суміші.

Сам по собі клапан EGR – відносно простий пристрій, але система, яка ним управляє, достатньо складна. Перш ніж демонтувати клапан, слід переконатися у справності управляючої системи.

В інструкції з експлуатації автомобіля рекомендується проводити регулярний огляд і чистку клапана та каналів системи EGR. Але водії звичайно нехтують цим до повної відмови системи.

**Сигнал розрідження поза нормою.** Слабкий або відсутній сигнал розрідження не відкриє пневмоклапан, а постійне розрідження буде підтримувати клапан відкритим увесь час. У таких випадках слід перевірити правильність підключення вакуумних шлангів і розрідження на клапані.

У системах, які використовують розрідження, в індукційному дифузорі застосовується вакуумний підсилювач, несправність якого може призвести до відключення сигналу розрідження від клапана EGR або навпаки – до його постійної подачі.

Система EGR, яка правильно працює, відключається після прогріву двигуна блокуванням сигналу розрідження термодіафрагмою. Несправність термодіафрагми призведе до надмірного забруднення доквілля оксидами азоту (якщо термодіафрагма постійно закритий) або до нестійкої роботи двигуна на холостих оборотах і недостатньої прийомистості (якщо термодіафрагма постійно відкритий).

У деяких системах клапан EGR відкривається за сумісною дією сигналів розрідження та тиску вихлопних газів. У таких системах навіть у разі збільшення розрідження клапан EGR не відкриється, якщо деякі компоненти впускного каналу були замінені на нештатні з нижчим опором газовому потоку (упаде підпір відпрацьованих газів).

В електронних системах управління двигуном подача розрідження до діафрагми клапана EGR виконується через електроклапан. Електроклапан може працювати за принципом «відкритий-закритий» або з широтно-імпульсною модуляцією. В таких системах слід перевірити електричний си-

гнал від ЕБУ на соленоїд електроклапана, сам соленоїд, цілісність каналів подачі розрідження від джерела до клапана EGR.

Набор контрольованих параметрів системи EGR, які зчитує автомобільний діагностичний сканер, залежить від конкретної моделі автомобіля, як правило, це такі параметри:

- величина потоку рециркуляції у відсотках;
- коефіцієнт заповнення управляючого сигналу при роботі електроклапана за принципом широтно-імпульсної модуляції;
- комутаційний стан клапана EGR (включений-виключений).

### **1.16.7. Оцінювання несправностей системи запалювання за вмістом СН у відпрацьованих газах**

Можливою причиною підвищення вмісту СН є пропуски в системі запалювання, коли пальне, щ не згоріло, починає надходити у випускний грант. Несправності можуть бути такі:

- забруднення свічок запалювання;
- несправність високовольтних проводів;
- пошкодження котушки запалювання;
- несправність кришки або ротора розподільника;
- порушення установочного кута випередження запалювання (надто великий або малий);
- несправність датчика положення колінчастого валу;
- несправність електронного модуля запалювання.

Другою причиною може бути робота на Perezбідненій суміші, яка погано запалюється. При цьому можливі несправності:

- витік розрідження, наприклад, через тріщину у вакуумному шлангу;
- негерметичність впускного тракту;
- негерметичність дросельного патрубку або карбюратора;
- ослабла або зламана пружина випускного клапана.

У непрогрітому двигуні умови згорання суміші не оптимальні через конденсацію парів палива на стінках циліндрів, і вміст СН у відпрацьованих газах також може бути вищим за норму.

Підвищений вміст СН – це ознака неповного згорання палива, і тоді двигун працює не економічно. Після усунення несправностей, пов'язаних з підвищеним вмістом СН, економічність двигуна покращується.

У табл. 1.25 наведено склад ВГ для справних автомобілів різних років випуску.

*Таблиця 1.25*

#### **Склад відпрацьованих газів автомобілів**

	<b>Моделі без каталітичного нейтралізатора до 1975 року</b>	<b>Моделі з каталітичним нейтралізатором після 1975 року</b>
СН, р.р.м.	300 і менше	30-50 і менше
СО, %	3 і менше	0,3-0,5 і менше
О <sub>2</sub> , %	0-2	0-2
СО <sub>2</sub> , %	12-15 і більше	12-15 і більше

На рис. 1.85 представлені залежності вмісту  $\text{CH}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  у вихлопних газах від співвідношення повітря/пальне у суміші. При збагаченні суміші зростає вміст  $\text{CO}$ , тому цей газ називають іноді індикатором збагачення. З аналогічних міркувань підвищений вміст кисню – це індикатор збіднення.



**Рис. 1.85. Склад ВГ в залежності від співвідношення повітря/пальне в суміші**

Як переконатися, що система управління двигуном працює в замкненому режимі (зі зворотним зв'язком від датчика кисню)?

У системі управління впорскуванням палива датчик кисню виконує функцію визначника концентрації кисню у ВГ і входить до складу електронного порівнювального пристрою (компаратора). На одному вході компаратора – сигнал, який фіксує поточний (фактичний) склад робочої суміші, на другому – електронний сигнал, який відповідає стехіометричному складу суміші. Компаратор працює в режимі релейного регулювання.

Для контролю системи регулювання можна зробити наступне. Підключають стрілковий вольтметр до виходу датчика кисню, використовуючи булавку або break-out-box (якщо є). Запускають і прогрівають двигун. Сигнал на виході датчика кисню справного прогрітого двигуна на режимі холодного ходу (х/х) повинен переключатися між значеннями 0,2-0,8 В з частотою 4-10 Гц. Стрілка вольтметра в режимі вимірювання постійної напруги, що встановилася, повинна злегка коливатися у межах 0,45 В.

При таких показаннях вольтметра від'єднують від впускного колектора вакуумний шланг. Напруга на виході датчика при цьому нижче 0,3 В, це реакція на збіднення суміші через витік розрідження. ЕБУ в режимі зі зворотним зв'язком компенсує надлишок кисню подачею додаткового палива, суміш знову стане стехіометричною, стрілка вольтметра знову повернеться до напруги 0,45 В.

Спостерігаючи за стрілкою вольтметра, з балона з пропаном випускають небагато газу перед повітрязабірником двигуна. На деякий час вольтметр покаже 0,8 В, фіксуючи багату суміш. Потім ЕБУ виправить це, змен-

**Причини підвищення вмісту  $\text{CO}$  і  $\text{CH}$  у відпрацьованих газах.** Підвищення вмісту  $\text{CO}$  і  $\text{CH}$  у відпрацьованих газах проявляється, якщо система паливного живлення подає в циліндри двигуна багату суміш або при перезбагаченні суміші через несправності у системі запалювання. Наприклад, якщо свічка забруднена, іскроутворення може не здійснитися. Кисень, що не прореагував, надійде у випускний тракт, де буде сприйнятий датчиком кисню як ознака бідної суміші. ЕБУ видасть сигнал на збагачення суміші, іскроутворення може ще погіршитися, а у вихлопних газах буде ще більше  $\text{CO}$  і  $\text{CH}$ . У цьому разі слід шукати несправності в системі запалювання.

шивши подачу палива через форсунки. Режим знову стане стехіометричним, стрілка приладу буде коливатися у межах 0,45 В. [19]

### **1.16.8. Оцінювання ефективності згоряння палива за вмістом кисню $O_2$ та двооксиду вуглецю $CO_2$ у відпрацьованих газах**

**Вуглекислий газ  $CO_2$**  – це чудовий індикатор ефективності згоряння. Якщо вміст вуглекислого газу у вихлопі досягає максимальної величини, це значить, що двигун працює з найбільшою ефективністю, незалежно від того, чи обладнаний він каталізатором чи ні. Як правило, вміст  $CO_2$  у вихлопних газах повинен бути 12-15%. Причини низького вмісту  $CO_2$ :

- неправильне регулювання паливоповітряної суміші;
- неправильне регулювання кута випередження запалювання;
- забруднення повітряного фільтра;
- негерметичність вихлопної системи;
- порушення фаз газорозподілення;
- зниження компресії.

**Виділення кисню ( $O_2$ )** у відпрацьованих газах є головним елементом для будь-якої паливоповітряної суміші. Кисень присутній в атмосфері у концентрації приблизно 20,78%.

Вимірювання процентного вмісту кисню, що є в суміші вихлопних газів здійснюють з допомогою електрохімічного датчика. Вимірювання виконують також в об'ємному відсотку (% vol.). Датчик подає напругу, пропорційну вмісту кисню, що є в горючій суміші. За оптимальних умов роботи двигуна відсоток кисню, що є у вихлопних газах, повинен бути нижче 2%.

**Аналіз  $O_2$  під час діагностики.** Кількість кисню, виміряного у вихлопних газах, може вказувати на кількість робочої паливоповітряної суміші в камері згоряння у разі, якщо відбулося повне згоряння кисню. Причинами високого вмісту  $O_2$  у вихлопних газах є такі:

- дуже висока концентрація вуглеводнів (СН), що не згоріли, (при наявності палива, що не згоріло, у вихлопній трубі) означає наявність великої кількості окиснювача  $O_2$ ;

- витоки в системі подачі повітря;
- витоки в системі випуску газів;
- витоки в зонді для контролю вихлопних газів;
- витоки в корпусі повітряного фільтра;
- занадто «бідна» робоча суміш в одному або кількох циліндрах.

Високий вміст  $O_2$  зумовлений в основному дефектами в герметичності, які негативно впливають на параметри робочої суміші. Відсоток кисню, який є в суміші, збільшується у разі дефектів у системі запалювання якогонебудь з циліндрів (пропуски запалювання). Довідкове тлумачення показань газоаналізатора наведено в табл. 1.26.

Контроль каталітичного нейтралізатора з допомогою газоаналізатора виконують шляхом порівняння складу відпрацьованих газів до і після нейтралізатора.

У правильно відрегульованого двигуна з каталітичним нейтралізатором вихлопних газів вміст  $O_2$  приблизно дорівнює вмісту  $CO$ . Якщо вміст  $O_2$  перевищує вміст  $CO$  і вміст  $CO$  вище 0,5%, то каталітичний нейтралізатор несправний.

Таблиця 1.26

**Тлумачення показань газоаналізатора**

Гази	Холості оберти	1000 хв <sup>-1</sup>	2500 хв <sup>-1</sup>	Зауваження	Типові дефекти	Інші ознаки
1	2	3	4	5	6	7
$CO$	Підвищені	Підвищені	Підвищені	Підвищені на всіх обертах	Багата паливоповітряна суміш – ослабло кріплення кришки карбюратора, забитий повітряний фільтр, несправний стартер, несправний карбюратор, високий рівень палива в карбюраторі	Чорний дим з вихлопної труби; підвищена витрата палива
$CH$	Норма	Норма	Норма	Близько норми		
$CO_2$	Низький	Низький	Низький	Постійно низький		
$O_2$	Норма	Норма	Норма	Постійно норма		
$CO$	Підвищені	Підвищені	Норма	Підвищені на низьких обертах	Багата паливоповітряна суміш, погано відрегульований карбюратор, проблеми з жиклером холостих обертів	Чорний дим з вихлопної труби; підвищена витрата палива; нестійкі холості оберти
$CH$	Підвищені	Норма	Норма	Підвищені на низьких обертах		
$CO_2$	Низький	Норма	Норма	Низький на режимі холостих обертів		
$O_2$	Норма	Норма	Норма	Постійно норма		
$CO$	Підвищені	Норма	Норма	Підвищені на режимі х/х		
$CH$	Норма	Норма	Норма	Близько норми	Багата паливоповітряна суміш, погано відрегульовані холості оберти, ослаблений жиклер холостих обертів	Підвищена витрата палива; нестійкі оберти КВ на режимах х/х
$CO_2$	Низький	Норма	Норма	Низький на режимі х/х		
$O_2$	Норма	Норма	Норма	Близько норми		
$CO$	Підвищені	Норма	Норма	Підвищені на режимі холостого ходу		
$CH$	Підвищені	Норма	Норма	Підвищені на режимі х/х	Бідна паливоповітряна суміш, погано відрегульований карбюратор, потрапляння додаткового повітря	Нестійкі оберти КВ на режимах х/х; недостатня приємність; повертання полум'я
$CO_2$	Низький	Норма	Норма	Низький на режимі х/х		
$O_2$	Норма	Норма	Норма	Близько норми		

Гази	Холості оберти	1000 хв <sup>-1</sup>	2500 хв <sup>-1</sup>	Зауваження	Типові дефекти	Інші ознаки
СО	Норма	Норма	Норма	Близько норми	Дефект запалювання, дефект контактів (не відрегульовані), порвані кабелі, висока напруга, несправні контакти (не відрегульовані) свічки, несправний конденсатор, переплутані проводи свічок, тріщина в кришці трамблера, надто великий кут випередження	Підвищена витрата палива, нестійкі оберти КВ на режимах х/х, втрата потужності
СН	Підвищені	Підвищені	Підвищені	Постійно підвищені		
СО <sub>2</sub>	Низький	Низький	Низький	Низький на режимі х/х		
О <sub>2</sub>	Високий	Високий	Високий	Постійно високий		
СО	Норма	Норма	Норма	Близько норми		
СН	Підвищені	Підвищені	Норма	Підвищені на режимі х/х		
СО <sub>2</sub>	Низький	Низький	Норма	Низький на режимі холостого ходу		
О <sub>2</sub>	Високий	Високий	Норма	Високий на режимі х/х	Втрати компресії, підвищена витрата масла, несправні клапани, спрацювання поршневої групи, спрацювання циліндрів, підсмоктування повітря у впускному колекторі	Низька компресія
СО	Норма	Норма	Норма	Близько норми	Дефект запалювання, підвищений кут відцентрового регулятора випередження, підвищений кут вакуумного коректора випередження запалювання, несправності у запалюванні на високих обертах, малий зазор між контактами свічок, несправна катушка запалювання	Підвищена витрата палива, втрати потужності
СН	Норма	Норма	Підвищені	Підвищені на високих обертах КВ		
СО <sub>2</sub>	Норма	Норма	Низький	Низький на високих обертах КВ		
О <sub>2</sub>	Норма	Норма	Норма	Близько норми		

Інформації, отримуваної від двокомпонентного газоаналізатора за вмістом компонентів CO і CH, може бути недостатньо для діагностування стану двигуна, до того ж ці гази впливають один на одного в каталітичному нейтралізаторі. В той же час підвищений вміст кисню у вихлопних газах – це індикатор роботи на збідненій паливоповітряній суміші. Слід тільки мати на увазі, що негерметичність у випускному тракті також призводить до підвищеного вмісту кисню у ВГ і до неправдивого вказування на збіднення паливоповітряній суміші за рахунок підсмоктування повітря. Щоб бути впевненим у показаннях газоаналізатора за параметром O<sub>2</sub>, потрібно переконатися у справності випускного тракту.

Для цього слід порівняти показання газоаналізатора на холостих обертах і для режиму 2500 обертів за хвилину (табл. 1.26):

- якщо вміст кисню високий в обох випадках – паливоповітряна суміш бідна в обох випадках – випускний тракт справний;

- якщо вміст кисню малий на холостих обертах і великий на 2500 обертів – випускний тракт справний, але в ньому встановлений нейтралізатор з інжекцією (додатковою подачею) повітря;

- якщо на холостих обертах вміст кисню великий, а на 2500 обертах малий – скоріше за все є невеликий витік, непомітний при великих викидах ВГ у випускному тракті.

Вміст двооксиду вуглецю CO<sub>2</sub> – міра ефективності процесу згоряння палива у двигуні. Норма 1,2-1,7%, при стехіометричному складі суміші вміст CO<sub>2</sub> максимальний, в інших випадках вміст CO<sub>2</sub> знижується. Само по собі значення вмісту CO<sub>2</sub> не дає можливості зробити висновок, бідна паливоповітряна суміш чи багата, потрібно додатково враховувати показання щодо CO і CH.

### **1.16.9. Приклади діагностування двигуна за складом відпрацьованих газів**

#### **Діагностування за вмістом компонентів CO і CH.**

**Приклад 1.** Пробіг 32000 кілометрів, CH=0 р.р.м., CO=0,00%.  
Двигун працює ідеально.

**Приклад 2.** Пробіг 160000 кілометрів, CH=350 р.р.м., CO=0,3%.

Вміст CH вище норми для бензинових автомобілів. Низький вміст CO свідчить, що співвідношення повітря/пальне нормальне. Слід відзначити, що індикатором роботи двигуна на багатій паливоповітряній суміші є саме підвищений вміст CO, а не CH. При роботі на багатих сумішах був би підвищений вміст і CO, і CH.

Імовірна причина підвищеного вмісту CH:

- несправність термостата, що не дає двигуну можливості досягти робочої температури;

- несправність у системі запалювання (наприклад, пізні запалювання).

**Приклад 3.** Пробіг 240000 кілометрів, CH=488 р.р.м., CO=5,72%. Паливоповітряна суміш Perezбагачена, про що свідчать високі значення і CO, і CH. Для помірно багатой суміші таких великих значень концентрації CH не

було б, збільшився б тільки вміст CO. Дуже багата паливоповітряна суміш погано спалахує, що й призводить до підвищення вмісту CH і CO.

**Приклад 4.** Пробіг 88000 кілометрів, CH=35 р.р.м., CO= 3,86%.

Двигун працює на багатій паливоповітряній суміші, вміст CO підвищений. Вміст CH нормальний, це індикатор справності системи запалювання. Можлива несправність у системі подачі палива.

**Діагностування за вмістом компонентів CH, CO, CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub>.**

**Приклад 1.** Пробіг 45500 кілометрів, CH=0 р.р.м., CO=0%, O<sub>2</sub>=0%, CO<sub>2</sub>=17,5%.

Двигун в ідеальному стані й працює ефективно.

**Приклад 2.** Пробіг 184000 кілометрів, CH=52,84 р.р.м., CO=2,51%, O<sub>2</sub>=1,2%, CO<sub>2</sub>=11,8%.

Для двигуна з каталітичним нейтралізатором значення для компонентів CO і CH високі. Одночасне підвищення вмісту CH і CO означає роботу на багатій паливоповітряній суміші. Вміст кисню в межах допустимого, а CO<sub>2</sub> дещо понижений. Це показує, що коефіцієнт надлишку повітря незначно відрізняється від стехіометричного значення. Більш за все непрогрітий двигун працює на багатій паливоповітряній суміші, нейтралізатор також не прогрітий. Можливо несправний термостат.

**Приклад 3.** Пробіг 93500 кілометрів, CH=44 р.р.м., CO=4,51%, O<sub>2</sub>=0,1%, CO<sub>2</sub>=7,94%.

Двигун працює на багатій паливоповітряній суміші. Індикатор багатієї паливоповітряній суміші CO має високе значення, індикатор бідної паливоповітряній суміші O<sub>2</sub> – низьке. Низьке значення для CO<sub>2</sub> – це ознака неефективності процесу згоряння та відмінності складу паливоповітряній суміші від стехіометричного. Слід відмітити, що справний газонейтралізатор дещо понижує високі значення CO, доокиснюючи оксид вуглецю до двооксиду CO<sub>2</sub>. Несправності можуть бути в системі живлення і запалювання.

**Приклад 4.** Пробіг 169000 кілометрів, CH=786 р.р.м., CO=6,4%, O<sub>2</sub>=6,8%, CO<sub>2</sub>=7,4%.

Високий рівень CH – ознака того, що пальне згоряє не повністю. Значна концентрація кисню – ознака бідної паливоповітряній суміші. Через погане згоряння палива показання CO<sub>2</sub> також низькі. Можливі пропуски в системі запалювання. Потрібно перевірити герметичність впускного тракту, тиск палива і шукати несправності, що призводять до збіднення паливоповітряній суміші.

#### **1.16.10. Оцінювання перегріву двигуна і складу паливоповітряної суміші за вмістом NO<sub>x</sub> у відпрацьованих газах**

Утворенню NO<sub>x</sub> сприяє висока температура згоряння, а також надлишок і рух повітря на початку цього процесу. Оксиди азоту NO<sub>x</sub> формуються



у камері згоряння двигуна при температурі вище 1370 °C (2500 °F) або при великому тиску. При сполученні оксидів азоту з вуглецевими компонентами СН (залишки палива, що не згоріло) в атмосфері під впливом сонячних променів утворюється фотохімічний смог, шкідливий для органів дихання людини.

Оксид азоту NO – безколірний газ без смаку та запаху. Двооксид азоту NO<sub>2</sub> – рудуватий газ із кислим їдким запахом. З цих компонентів у камері згоряння двигуна утворюється група оксидів азоту, що стисло позначаються як NO<sub>x</sub>.

Вміст NO<sub>x</sub> у вихлопних газах визначають з допомогою п'ятикомпонентного газоаналізатора. Оксиди азоту NO<sub>x</sub> утворюються при роботі двигуна під навантаженням. Тому вимірювання доводиться проводити на динамометричному стенді або під час поїздки портативним газоаналізатором.

Ефективним заходом боротьби з утворенням NO<sub>x</sub> є застосування системи рециркуляції вихлопних газів. Справний автомобіль під навантаженням повинен мати вміст NO<sub>x</sub> у вихлопних газах менше 1000 р.р.т., на режимах холостого ходу – менше 100 р.р. т.

Підвищений вміст NO<sub>x</sub> у вихлопних газах звичайно буває, коли:

- двигун перегрітий;
- паливоповітряна суміш бідна.

Утворення NO<sub>x</sub> напряму пов'язане з температурою в камері згоряння. Горіння бідної суміші відбувається з підвищенням температури. У разі підвищеного вмісту NO<sub>x</sub> слід перевірити:

- роботу клапана й цілісність патрубків у системі рециркуляції вихлопних газів;
- систему охолодження двигуна;
- паливну систему на предмет збіднення паливоповітряної суміші.

З використанням накопичувальних нейтралізаторів NO<sub>x</sub> і фільтрів твердих часток рівень емісії NO<sub>x</sub> та твердих часток у ВГ дизельних двигунів може бути знижений більш, ніж на 90%.

Зниженню рівня емісії NO<sub>x</sub> сприяє рециркуляція ВГ, особливо охолоджених ВГ. Ступінь рециркуляції ВГ в легкових автомобілях складає приблизно 50%, у вантажних – 5-25%. Ступінь рециркуляції ВГ регулюється перерозподілом маси повітря з допомогою повітряної заслінки.

### **1.16.11. Методи і засоби контролю складу відпрацьованих газів автомобільних двигунів**

Газоаналізатор є необхідним компонентом діагностичного комплексу, оскільки тільки з його допомогою можна мати уявлення про відповідність вихідних параметрів роботи двигуна встановленим нормам.

Перед початком роботи необхідно переконатися, що система відведення ВГ автомобіля на всій протяжності герметична, інакше в показання приладу будуть внесені спотворення за рахунок підсмоктування повітря з атмосфери.

На деяких автомобілях установлені спеціальні забірники на вихлопному колекторі для відбирання проб ВГ. У такому разі доцільно підключати газоаналізатор до них, тому що тоді на показання приладу не впливатиме

робота каталітичного нейтралізатора. Якщо таких забірників немає, тоді відбір виконують з вихлопної труби.

Граничні значення складу ВГ контролюються бортовими засобами на режимах холостого ходу автомобіля, їздових (тестових) поїздках і на випробувальних стендах. Перевищення граничного значення бортова діагностика інформує сигналом контрольної лампи на панелі приладів автомобіля.

У найпростішому варіанті, коли немає випробувального стенда, зонд газоаналізатора вводять у вихлопну трубу автомобіля, двигун якого працює на мінімальних режимах холостого ходу, і виконують вимірювання на токсичність. Проводяться вимірювання і під час різних їздових циклів.

Їздовий цикл випробувань реалізують за таким графіком руху, який в максимальному наближенні моделює умови руху в місті. Згідно з європейським їздовим циклом (європейський Союз/Європейська економічна комісія) був установлений 1993 р.) режим замського руху зі швидкістю 120 км/год. Із введенням у дію директиви Євро 3 (2000 р.) виключено період очікування протягом 40 с до початку вимірювання емісії ВГ. Цей цикл дозволяє починати вимірювання емісії ВГ зразу після запуску двигуна [23, 24].

#### 1.16.11.1. Контроль складу відпрацьованих газів на випробувальних стендах

На стаціонарних умовах, щоб перевірити, чи задовольняє автомобіль нормам на токсичність, використовуються динамометричні стенди (рис. 1.86).

Динамометричний стенд – це складна комп'ютеризована установка, що забезпечує хорошу повторюваність умов тестування. Ведучим колесам автомобіля надає руху інерційний маховик, що імітує навантаження. Водій отримує необхідну інформацію з відеомонітора.

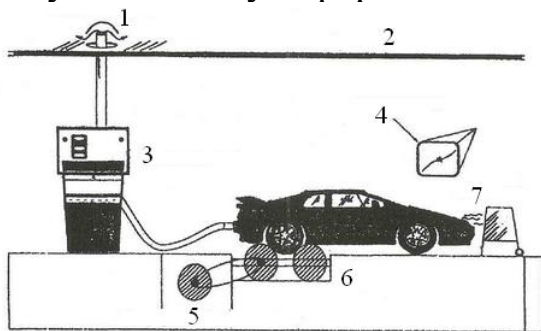


Рис. 1.86. Автомобіль на динамометричному стенді

На рис. 1.86 такі позначення: 1 – вихлопні гази; 2 – покрівля будівлі; 3 – газоаналізатор і комп'ютер; 4 – відеоекран для водія; 5 – інерційний маховик; 6 – динамометр; 7 – вентилятор.

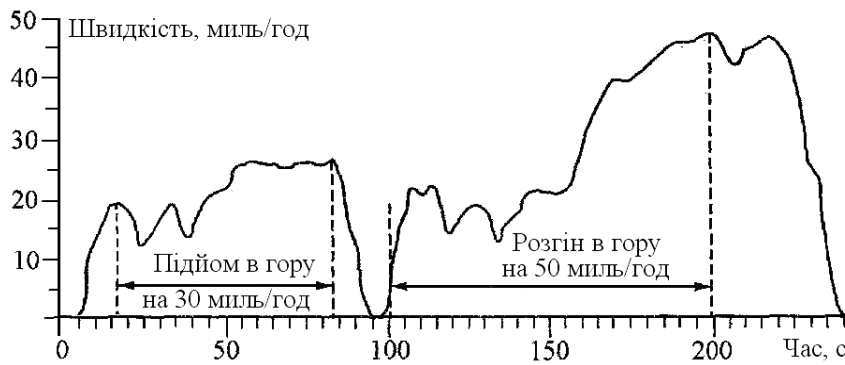
Слід відзначити, що проведення тестових випробувань автомобіля на динамометричному стенді включає в себе не тільки визначення процентного вмісту шкідливих речовин

у відпрацьованих газах, але й низку інших діагностичних процедур з контролю таких агрегатів автомобіля, як кермове управління, гальма, КПП, фари освітлення тощо.

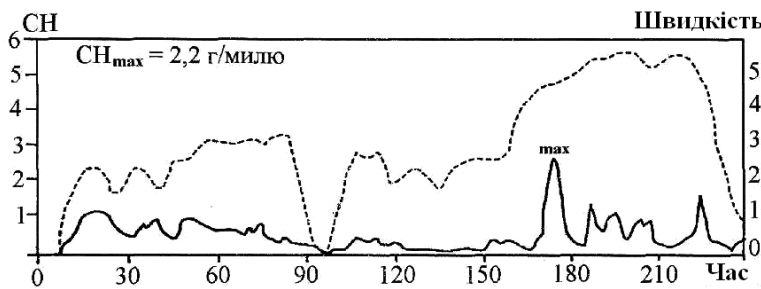
Стаціонарні діагностичні стенди є універсальним, складним і вартісним випробувальним обладнанням, робота на якому вимагає високої професійної підготовки контролера-оператора.

На стенді імітуються різні режими руху автомобіля і виконується визначення вмісту (токсичних) речовин у ВГ на одиницю пройденого шляху (г/км або г/миля) або на одиницю здійсненої роботи (г/кВт·год).

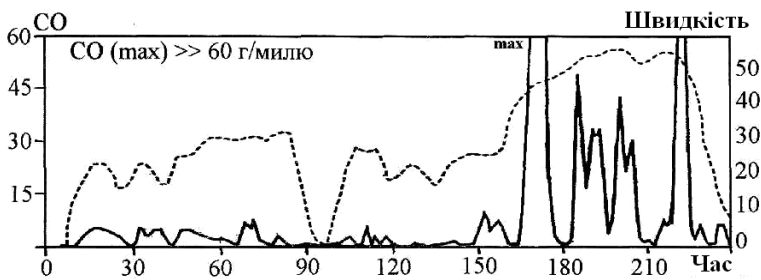
Наприклад, у США застосовують кілька видів тестів для контролю на токсичність, частіше за все тест IM240 (Inspection and Maintenance, 240 – тривалість тесту в секундах). Цей тест проводиться на динамометричному стенді. На рис. 1.87 показаний графік зміни швидкості автомобіля під час проведення тесту IM240. Графік є маршрутом тесту й імітує їзду умовного автомобіля в межах міста Лос-Анжелес (штат Каліфорнія): розгін до швидкості 20 миль на годину, підйом в гору на швидкості 30 миль на годину, зупинка на 94-й секунді, розгін в гору до швидкості 50 миль на годину, їзда з постійною швидкістю на рівній ділянці, зупинка на 240 с [23].



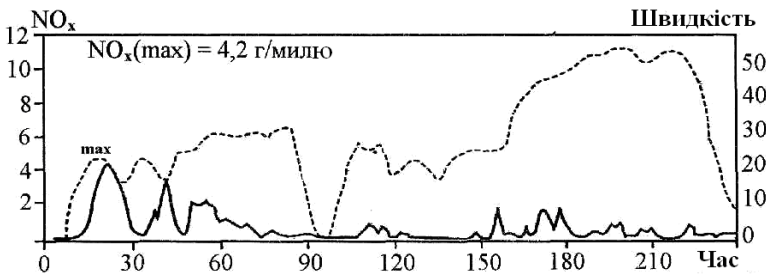
**Рис. 1.87. Маршрут тесту IM240 для випробовуваного автомобіля**



а



б



в

**Рис. 1.88. Залежності СН, СО, NO<sub>x</sub>, отримані під час проведення тесту IM240:**  
ваговий вміст компонента виражено в грамах на милю, швидкість у милях на годину, час в секундах

Вміст СН, СО і NO<sub>x</sub> у ВГ вимірюється кожену секунду і реєструється у пам'яті мотор-тестера. На рис. 1.88 (а, б, в) показані часові розгортки цих залежностей для кожного компонента окремо. За результатами тестування видаються максимальні вагові значення шкідливих компонентів.

З розгляду розгортки тестування для автомобіля № 1 очевидно, що в другій частині тесту (рис. 1.88, б) відмічено значне збільшення емісії СО, під час прискореного руху автомобіля в гору. Зміни компонентів СН і NO<sub>x</sub> близькі до норми (рис. 1.88, а, в). Висновок: у двигун подавалась паливно-повітряна суміш із збагаченням вище допустимого значення.

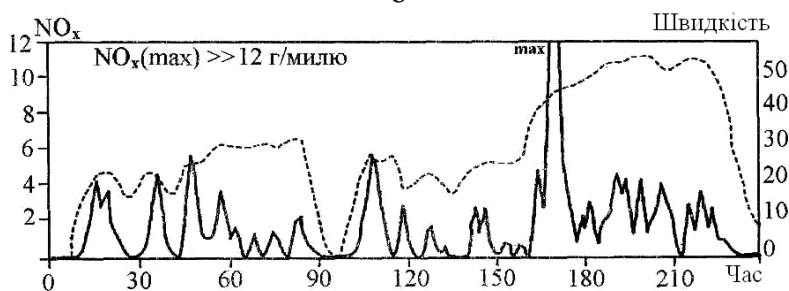
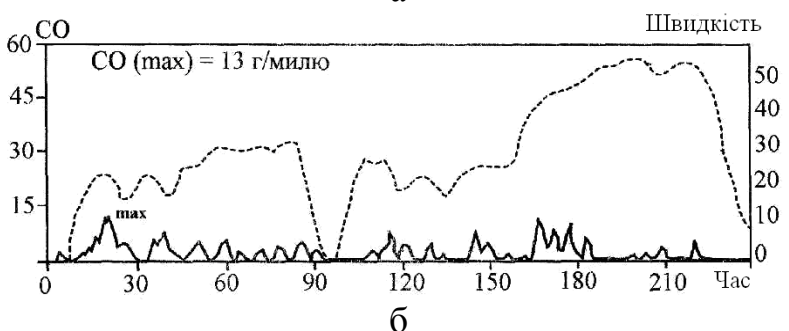
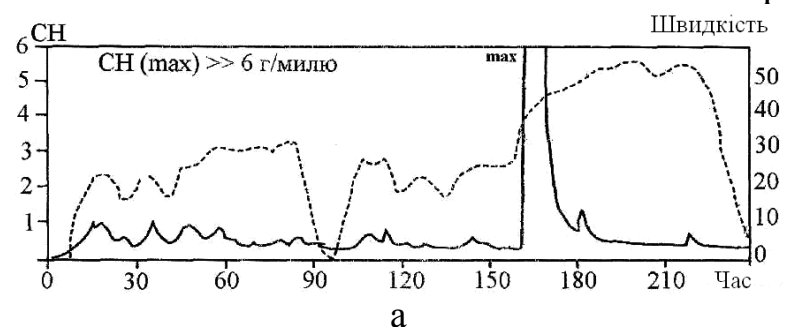
### 1.16.11.2. Контроль складу відпрацьованих газів на маршрутному тесті

На рис. 1.89 (а, б, в) наведені часові розгортки, що відображають залежність вагових значень компонентів СН, СО, NO<sub>x</sub> у відпрацьованих газах умовного автомобіля № 2 при його випробуванні за маршрутним тестом ІМ240 (рис. 1.87).

З вивчення розгортки для цього автомобіля випливає, що відбувається одночасне збільшення викиду компонентів СН і NO<sub>x</sub> при низькому рівні вмісту компонента СО. Таке співвідношення компонентів у відпрацьованих газах вказує на пропуски запалювання при розгоні автомобіля вгору, що може бути наслідком подачі в циліндри недопустимо бідної паливно-повітряної суміші.

На відміну від показників, отриманих на динамометричному стенді, газоаналізатор видає результати не в грамах на мілью, а в р.р.т. або в процентах.

Для порівняння в табл. 1.27 зведені результати тестування умовного вантажного автомобіля № 3, що має кілька несправностей. Тестування проведено двома способами: на динамометричному стенді та з допомогою портативного п'ятикомпонентного газоаналізатора під час їздових випробувань.



в

**Рис. 1.89.** Залежності, отримані під час проведення тесту ІМ240 на автомобілі № 2

У США використовуються й інші режими тестування:

- ASM 15/50 і ASM 25/25 – ці тести імітують рух з прискоренням і проводяться на динамометричному стенді. Перше число (15 або 25) – швидкість автомобіля в мільях на годину; друге число (50 або 25) – відсоток навантаження від потужності, необхідної для руху автомобіля з прискоренням 3,3 миль/год за секунду;

- BAR90 – тест стендового випробування, яке проводиться на холостих обертах без визначення вмісту NO<sub>x</sub> (застосовується лише в Каліфорнії);

- тест за запахом вихлопних газів, без підключення газоаналізатора.

## Компоненти відпрацьованих газів

Компонент ВГ	За показаннями на стенді		За показаннями газоаналізатора		Результат тестування
	Норма, г/міль	Виміряно, г/міль	Норма	Виміряно	
СН	2,40	15,13	100 р.р.м.	415 р.р.м.	Тест не пройде-но
СО	60,00	144,35	2%	8,36%	Тест не пройде-но
NO <sub>x</sub>	3,0	16,3	1000 р.р.м.	2273 р.р.м.	Тест не пройде-но

## Контрольні запитання

1. Вміст яких газів можна визначити, застосовуючи газоаналізатор?
2. Який зв'язок несправностей систем двигуна з відпрацьованими газами?
3. Які причини підвищеного виділення вуглеводнів, що не згоріли, у ВГ?
4. Який може бути зв'язок СО у ВГ з несправностями в електронній системі управління двигуном?
5. За складом яких газів у ВГ можна оцінити якість паливної суміші?
6. Як за складом ВГ можна визначити несправність системи рециркуляції?
7. Як за складом ВГ можна оцінити несправність EGR?
8. За вмістом якого газу у ВГ можна оцінити несправності системи запалювання?
9. За вмістом яких газів у ВГ можна оцінити ефективність згорання палива?
10. За вмістом якого газу у ВГ можна оцінити перегрівання двигуна?
11. Розказати про методи і засоби контролю складу ВГ двигунів автомобілів.

## 2. ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ДВИГУНІВ

### 2.1. Бортові діагностичні системи

#### 2.1.1. Загальні відомості

Будь-яка сучасна мікропроцесорна система управління, встановлена на борту автомобіля, має деякі діагностичні можливості. Ці можливості реалізуються бортовим комп'ютером згідно з програмою, закладеною в його постійному запам'ятовуючому пристрої (ПЗП), і в той час, коли мікропроцесор комп'ютера не повністю завантажений виконанням основних управлінських функцій (тобто у так званому фоновому режимі).

Під час звичайної експлуатації автомобіля бортовий комп'ютер періодично тестує електричні й електронні системи та їх компоненти. У разі виявлення несправності контролер комп'ютера переходить в аварійний режим роботи, підставляючи задовільне значення параметра замість того, яке дає несправний блок. Наприклад, якщо контролер виявить несправність у колі датчика температури охолоджувальної рідини, програма встановить резервне значення температури, розраховане для роботи двигуна у штатному режимі (звичайно для 80 °С), і буде використовувати це значення при реалізації управлінських алгоритмів, щоб автомобіль залишався на ходу. Резервне значення буде записане в пам'ять ЕБУ як аварійне.

Водій інформується про несправності з допомогою контрольної лампи «Check Engine» (перевірити двигун) або світлодіода, що розташовані на панелі приладів. Мікропроцесор ЕБУ заносить специфічний код несправності у КАМ-пам'ять. КАМ-пам'ять (Keep Alive Memory) здатна зберігати інформацію після відключення живлення ЕБУ. Це забезпечується підключенням мікросхем КАМ-пам'яті окремим кабелем до акумуляторної батареї або застосуванням малогабаритних підзаряджуваних акумуляторів, розміщених на друкованій платі ЕБУ. [25, 26]

#### 2.1.2. Нормативні вимоги OBD-I і OBD-II

**Стандарт OBD-I.** Перший автомобільний екологічний стандарт бортового діагностування «OBD-I» (Onboard diagnostic-I) став обов'язковим у Каліфорнії з 1989 р. Розробка OBD-I мала дві мети: раннє попередження водія про несправності, що призводять до збільшення забруднення довкілля, та спрощення для механіка виявлення причини таких несправностей. Глобальне завдання – зменшення токсичних відходів експлуатації автомобіля та покращення стану довкілля.

Вимоги стандарту OBD-I зводилися до чотирьох основних пунктів: [25, 26]

- наявність діагностичної системи на борту автомобіля обов'язкова;
- обов'язкова наявність світлового індикатора на панелі приладів автомобіля, який попереджує про появу несправностей в одній із систем управління двигуном;

- бортова діагностична система повинна записувати, зберігати в пам'яті та видавати коди помилок для всіх несправностей, що призводять до збільшення забруднення довкілля;

- бортова діагностична система повинна у першу чергу (пріоритетно) виявляти несправності клапана рециркуляції вихлопних газів і паливної системи, відмова яких пов'язана з неминучим забрудненням довкілля.

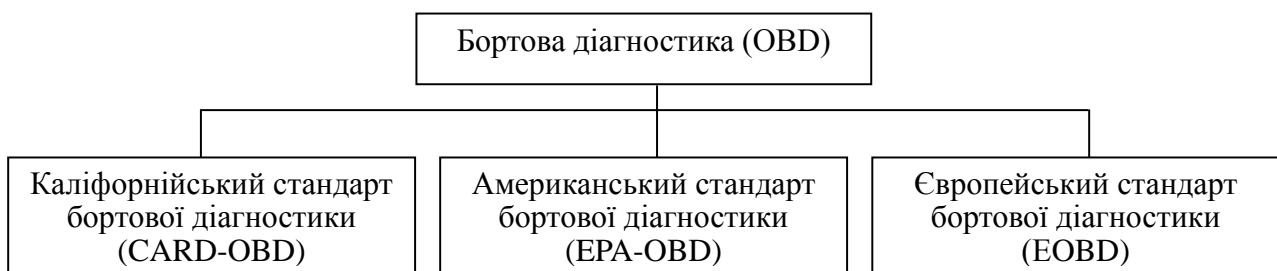
Застосування стандарту OBD-I на практиці не було ефективним. Це пов'язано з тим, що електронні системи автоматичного управління двигуном (ЕСАУ-Д) були у 80-х роках ще недостатньо досконалими: не здійснювався моніторинг каталітичного нейтралізатора, був відсутнім контроль витоків парів бензину, пропусків спалахування. Чутливість і швидкодія діагностичних систем OBD-I були недостатніми. Крім того, стандарт OBD-I не висував вимог до уніфікації діагностичних систем та однаковості їх компонентів, що призвело до розробки великої кількості варіантів бортових діагностичних систем для різних моделей автомобілів. Як наслідок, для проведення діагностики різних автомобілів треба було мати велику кількість різноманітного вартісного спеціалізованого обладнання, з'єднувальних кабелів, адаптерів, сканерів і т. д.

**Стандарт OBD-II.** Розробка вимог і рекомендацій щодо стандарту OBD-II велась під егідою EPA (Environmental Protection Agency – агентство із захисту довкілля при уряді США) з участю організацій CARB і SAE.

Стандарт OBD-II передбачає більш точне управління двигуном, трансмісією, каталітичним нейтралізатором і т. д. Доступ до системної інформації бортового ЕБУ можна здійснювати не тільки спеціалізованими, але й універсальними сканерами. З 1996 р. усі автомобілі, що продаються у США, стали відповідати вимогам OBD-II.

У Європі аналогічні документи були прийняті пізніше по відношенню до США. Аналогічні правила EOBD (European On Board Diagnostic) набули чинності у Європі з 1 січня 2000 р.

На сьогодні розроблено три стандарти бортової діагностики (рис. 2.1).



**Рис. 2.1. Стандарти бортової діагностики**

Згідно з нормативними вимогами OBD-II МПСУ повинна здійснювати діагностування не тільки системи управління, але й роботи низки систем двигуна. Додатково до функцій, що виконуються відповідно до вимог OBD-I, передбачається:

- контроль роботи системи паливоподачі;
- діагностування пропусків згоряння в циліндрах;
- контроль роботи системи рециркуляції відпрацьованих газів;
- перевірка ефективності роботи нейтралізатора;
- контроль системи уловлювання парів пального;



- перевірка системи подачі вторинного повітря у випускну систему.

При виконанні цих вимог забезпечується збереження заданого рівня економічних та екологічних показників автомобіля з пробігом у 160 тис. км. Очевидно, що в перспективі функції діагностування будуть розповсюджуватися й на інші вузли та системи двигуна.

Однією з особливостей бортового діагностування двигуна є намагання максимально використовувати для цих цілей інформацію, отримувану від датчиків системи управління, а у разі необхідності нових датчиків вибирають такі, інформація від яких може бути використана для вдосконалення управління двигуном або діагностування кількох несправностей. Це заставляє постійно шукати нові методи діагностування несправностей в роботі двигуна, встановлювати нові діагностичні ознаки й розвивати алгоритми діагностування.

Найважливіші додаткові функції діагностування, передбачені другим ступенем діагностування OBD-II, показані в табл. 2.1. [26].

Таблиця 2.1

### Найважливіші додаткові функції діагностування OBD-II

Процес, який діагностують	Деякі застосовувані й можливі способи діагностування
Робота системи паливоподачі у всіх циліндрах	Вимірювання вмісту O <sub>2</sub> у відпрацьованих газах. Вимірювання тиску в циліндрі. Вимірювання нерівномірності крутного моменту, який створює теплова ланка двигуна
Пропуски згоряння	Вимірювання нерівномірності обертання колінчастого валу. Вимірювання йонного струму на свічці запалювання. Вимірювання тиску в циліндрі. Вимірювання тиску у випускній системі. Контрольний розряд на свічці запалювання
Ефективність роботи нейтралізатора	За зміною вмісту кисню до і після нейтралізатора. За зміною температури нейтралізатора. Вимірювання концентрацій CO, CH і NO <sub>x</sub> після нейтралізатора
Правильність роботи системи рециркуляції ВГ	За перепадом тиску в магістралі. За зміною температури в магістралі. За сигналом λ-зонда
Правильність роботи системи уловлювання випарів пального	За перепадом тиску в магістралі
Робота системи подачі вторинного повітря (якщо воно використовується)	За перепадом тиску в магістралях

Із використанням стандартів EOBD й OBD-II процес діагностики електронних систем автомобіля уніфікується, тепер можна один і той самий сканер без спеціальних адаптерів використовувати для тестування автомобілів усіх марок. Вимоги стандарту OBD-II передбачають:

- стандартний діагностичний рознімач;
- стандартне розміщення діагностичного рознімача;
- стандартний протокол обміну даними між сканером та автомобільною бортовою системою діагностики;
- стандартний список кодів несправностей;



- збереження в пам'яті ЕБУ кадру значень параметрів у разі появи коду помилки («заморожений» кадр);
- моніторинг бортовими діагностичними засобами компонентів, відмова яких може призвести до збільшення токсичних викидів у довкілля;
- доступ як спеціалізованих, так і універсальних сканерів до кодів помилок, параметрів, «заморожених» кадрів, тестувальним процедурам і т. д.;
- єдиний перелік термінів, скорочень, визначень, що використовуються для елементів електронних систем автомобіля і кодів помилок.

Обмін інформацією між сканером і автомобілем відбувається згідно з міжнародним стандартом ISO 1941 і стандартом SAE J1850. Стандарт J1979 встановлює список кодів помилок і рекомендовану практику програмних режимів роботи для сканера.

Згідно з вимогами OBD-II бортова діагностична система повинна виявляти погіршення роботи засобів доочищення токсичних викидів. Наприклад, індикатор несправності Malfunction Indicator Lamp – MI (аналог колишньої лампи «Check Engine») включається при збільшенні вмісту CO або СН у токсичних викидах на виході каталітичного нейтралізатора більше, ніж у 1,5 рази порівняно з допустимими значеннями.

Такі самі процедури застосовуються й до іншого обладнання, несправність якого може призвести до збільшення токсичних викидів.

**Структура програмного забезпечення ЕБУ за стандартом OBD-II.** Програмне забезпечення ЕБУ двигуна сучасного автомобіля багаторівневе [26]. Перший рівень – програмне забезпечення функцій управління, наприклад, реалізація впорскування пального. Другий рівень – програмне забезпечення функцій електронного резервування основних сигналів управління у разі відмови управляючих систем. Третій рівень – бортовий самоконтроль і реєстрація несправностей в основних електричних та електронних вузлах і блоках автомобіля. Четвертий рівень – діагностика і самотестування у тих системах управління двигуном, несправність в роботі яких може призвести до збільшення викидів токсичних речовин у довкілля.

Діагностика та самотестування в системах OBD-II здійснюється підпрограмою четвертого рівня, яка називається Diagnostic Executive (Diagnostic Executive – виконавець діагностики, далі по тексту – підпрограма DE). Підпрограма DE з допомогою спеціальних моніторів (emission monitor EMM) контролює до семи різних систем автомобіля, несправність у роботі яких може призвести до збільшення токсичності викидів. Решту датчиків і виконавчих механізмів, що не увійшли до цих семи систем, контролює восьмий монітор (comprehensive component monitor – CM). Підпрограма DE виконується у фоновому режимі, тобто в той час, коли бортовий комп'ютер не зайнятий виконанням основних функцій, - функцій управління. Усі вісім згаданих мініпрограм-моніторів здійснюють постійний контроль обладнання без втручання людини.

Кожен монітор може здійснювати тестування під час поїздки тільки один раз, тобто під час циклу «ключ запалювання увімкнений-двигун працює-ключ вимкнений» при виконанні певних умов. Критерієм на початок тестування можуть бути: час після запуску двигуна, оберти двигуна, швидкість автомобіля, положення дросельної заслінки і т. д. Багато тестів виконуються на прогрітому двигуні. Виробники по-різному встановлюють цю

умову, наприклад, для автомобілів Ford це означає, що температура двигуна перевищує 70 °С і протягом поїздки вона підвищилась не менше, ніж на 20 °С.

З різних причин Executive – підпрограма DE може затримати виконання тесту, встановити черговість тестів:

- відмінені тести – Executive виконує деякі вторинні тести, тільки якщо пройшли первинні, інакше тест не виконується;

- конфліктуючі тести – інколи одні й ті самі датчики і компоненти повинні бути використані різними тестами. Executive не допускає цього, затримуючи один тест до кінця виконання другого;

- затримані тести – тести і монітори мають різний пріоритет, Executive затримає тест з нижчим пріоритетом доти, поки не виконається тест з вищим пріоритетом.

Executive здійснює три види тестів:

- пасивний тест означає просто спостереження (моніторинг) за значеннями параметрів системи або кола;

- активний тест реалізується, коли система не проходить пасивний тест. Припускається подача тест-сигналу і реєстрація реакції системи на нього. Тест-сигнал повинен мінімально впливати на поточну роботу досліджуваної системи;

- якщо не пройшли активний і пасивний тести, Executive виконає тест, під час якого режими двигуна і підсистем можуть змінюватися.

Результати виконання тестів передаються від моніторів Executive. Коди помилок виявленої несправності записуються в пам'ять ЕБУ і засвічується лампа MI, якщо несправність підтверджується у двох поїздках поспіль.

Монітор SM контролює вхідні та вихідні сигнали компонентів і підсистем поза діяльністю перших семи моніторів. Залежно від виду кола SM може встановити обрив, замикання або невідповідність сигналу нормі. Проводяться також тести на «раціональність» для вхідних і «функціональність» для вихідних сигналів, які перевіряють відповідність їх значень режиму. Наприклад, перевірка вихідного сигналу датчика положення дросельної заслінки у системі управління впорскуванням з визначенням маси повітря за його об'ємною витратою на раціональність передбачає порівняння сигналів з датчиків положення дросельної заслінки та абсолютного тиску у впускному колекторі. У разі великого відкриття дросельної заслінки розрідження у впускному колекторі зменшується, сигнал з датчика абсолютного тиску повинен це підтверджувати. При нормальній роботі сигнали цих двох датчиків відповідають один одному, що й перевіряє монітор SM.

Залежно від типу ЕБУ SM може контролювати такі пристрої:

- датчик масової витрати повітря;
- датчик температури охолоджувальної рідини;
- датчик температури повітря;
- датчик положення дросельної заслінки;
- датчик положення колінчастого валу;
- датчик положення розподільного валу;
- бензонасос і т. д.

Зазвичай Executive вмикає лампу MI після виявлення несправності у двох поїздках поспіль.

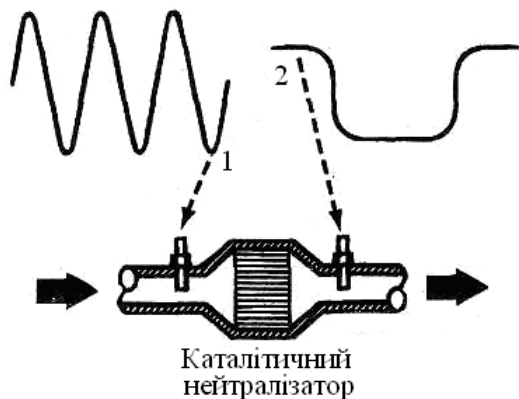
Executive контролює підсистеми автомобіля, несправність яких може збільшити кількість токсичних речовин, що викидаються у довкілля, з допомогою решти моніторів. Монітори здатні виявити погіршення характеристик обслуговуваних підсистем, що призводить до перевищення норм на токсичність у 1,5 рази. Монітори обслуговують:

- каталітичний нейтралізатор;
- датчики кисню;
- пропуски спалахування;
- паливну систему;
- систему уловлювання парів пального в баку;
- систему рециркуляції вихлопних газів;
- систему подачі повітря у випускний колектор.

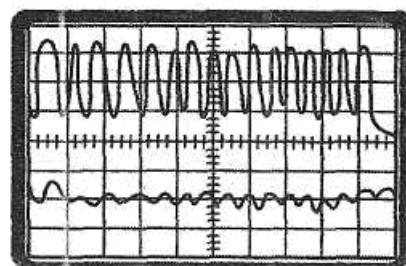
**Монітор каталітичного нейтралізатора.** Газоаналізатори на автомобілях не встановлюють з економічної точки зору. Для контролю справності каталітичного нейтралізатора на його виході встановлений другий датчик кисню (рис. 2.2). Система управління подачею пального у двигун є релейним стабілізатором стехіометричного складу паливно-повітряної суміші, який коливається біля стехіометричного значення з частотою 4-10 Гц, що відслідковується сигналом з вхідного по відношенню до каталітичного нейтралізатора датчика кисню (див. рис. 2.2). Цей сигнал коливається між рівнями 0,1-0,9 В на частоті 4-10 Гц згідно зі змінами концентрації кисню у вихлопному газі. У справному нейтралізаторі кисень бере участь у хімічних реакціях, його концентрація у вихлопному газі зменшується, тому у вихідному сигналі датчика кисню на виході нейтралізатора практично немає коливань (рис. 2.3). Чим більше несправний (отруєний) нейтралізатор, тим більше схожі сигнали вхідного і вихідного датчиків. Залежно від системи монітор каталітичного нейтралізатора або просто підраховує та порівнює частоти коливань цих сигналів, або виконує статистичну обробку. Монітор через Executive запише код помилки при виявленні несправності у трьох поїздах поспіль.

**Монітор датчиків кисню** проводить різні тести залежно від того, де розташований датчик, – на вході або на виході каталітичного нейтралізатора. Для обох датчиків перевіряється справність кіл нагрівачів. Для датчика кисню на вході нейтралізатора перевіряються напруги за високим і низьким рівнями сигналу та частотою перемикачів. Частота визначається за кількістю перетинань сигналом з датчика середнього рівня у 450 мВ за певний час; отримане значення порівнюється з отриманим у попередньому тесті. Крім того, монітор визначає тривалість фронтів сигналу, тобто переходів «збіднена суміш-збагачена суміш» та «збагачена суміш-збіднена суміш». Зазвичай фронт «збіднена суміш-збагачена суміш» коротший. Монітор визначає також середній час реакції датчика кисню на вході нейтралізатора.

Для датчика кисню на виході нейтралізатора, сигнал якого майже не флюктує, монітор проводить два тести. Для збагаченої паливо-повітряної суміші монітор слідкує за тим, щоб сигнал з вихідного датчика кисню мав фіксоване низьке значення, а при збідненої паливо-повітряної суміші – фіксоване високе значення.



**Рис. 2.2. Датчики кисню на вході (1) і виході (2) каталітичного нейтралізатора з відповідними вихідними сигналами**



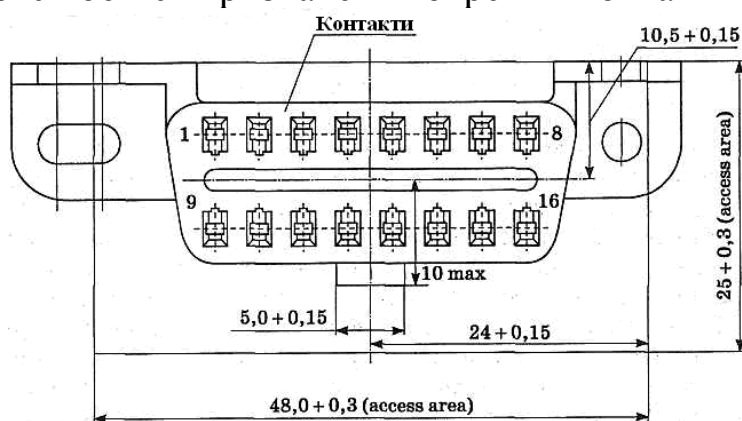
**Рис. 2.3. Осцилограми датчиків кисню каталітичного нейтралізатора: вхідного (вгорі) та вихідного (внизу)**

Для обох датчиків кисню монітор увімкне лампу МІ та запише код помилки при виявленні несправності у двох поїздках поспіль.

Монітор пропусків у системі запалювання. Причиною пропусків можуть бути недостатня компресія, невідповідна кількість пального, що подається в циліндри, погана іскра і т. д. Пропуски призводять до збільшення кількості вуглеводню (СН) у відпрацьованих газах з нейтралізатора. Зрозуміло, що Executive затримає виконання тесту монітора AIR доти, поки не виконається тест монітора датчиків кисню. Як і для решти моніторів, Executive вмикає лампу МІ та записує коди помилок у пам'ять ЕБУ при виявленні несправності у двох поїздках поспіль.

### 2.1.3. Діагностичний рознімач

На рис. 2.4 показаний діагностичний 16-контактний рознімач, який є стандартним на автомобілях, що відповідають вимогам OBD-II. У табл. 2.2 пояснюється призначення окремих контактів.



**Рис. 2.4. 16-контактний діагностичний рознімач OBD-II (призначення контактів за стандартом J1962):**

- 2 – J1850 Bus+; 4 – Chassis Ground; 5 – Signal Ground;
- 6 – CAN High (ISO 15765); 7 – ISO 9141-2 K-Line;
- 10 – J1850 Bus-; 14 – CAN Low (ISO 15765); 15 –
- ISO 9141-2 L-Line; 16 – Battery Power (напряга АКБ)

Рознімач розміщений у пасажирському салоні, звичайно під панеллю приладів, відкрито. Будь-який сканер можна підключити до рознімача й отримати доступ до системних даних. Сім з 16 контактів мають установлене стандартом призначення. Решта знаходяться у розпорядженні виробника. Контакти 7 і 15 використовуються в європейських системах діагностики для передачі даних за стандартом ISO 9141 (KWP 2000). Для передачі

даних за стандартом SAE J1850 (американські виробники) використовуються контакти 2 і 10.

Для стандартів OBD-II та EOBD на сьогодні діють такі способи передачі інформації:

1. За стандартом ISO 9141-2 – використовується європейськими автовиробниками – з низькою швидкістю (5 Бод).

2. За стандартом ISO 14230-4 (KWP 2000) – використовується європейськими автовиробниками – з високою і низькою швидкістю.

3. За стандартом SAE J1850 (американські автовиробники) зі швидкістю 10,4 кБод для виробників GM та 41,6 кБод для виробників Ford.

Таблиця 2.2

### Рознімач OBD-II

Контакт	Призначення
1	Визначається виробником
2	Лінія шини +, SAE J1850
3	Визначається виробником
4	Земля
5	Земля для сигналів
6	Визначається виробником
7	Лінія K, ISO 9141
8	Визначається виробником
9	Визначається виробником
10	Лінія шини - SAE J1850
11	Визначається виробником
12	Визначається виробником
13	Визначається виробником
14	Визначається виробником
15	Лінія L, ISO 9141
16	Плюс акумулятора

#### 2.1.4. Структура кодів помилок

Коди несправностей складаються з комбінації п'яти буквених і цифрових символів. Наприклад: P0283.

Перший символ коду повідомляє тип системи автомобіля. Другий символ коду повідомляє підгрупу. Третій – вузол або агрегат. Четвертий і п'ятий символи коду повідомляють про локалізований (несправний) вузол або агрегат.

На сьогодні використовуються чотири букви для визначення основних електронних систем автомобіля:

B – для корпусної електроніки (body);

C – для шасі (chassis);

P – для систем управління силовим агрегатом (powertrain);

U – не визначений (undefined).

Не всі комбінації кодів визначені, багато зарезервовано на майбутнє за SAE.

Другий символ набуває значень 0, 1, 2, 3. 0 означає, що код помилки введений SAE; 1 – виробником; 2 і 3 – зарезервовані для наступного використання за SAE.

Третя цифра вказує на підсистему, де виникла несправність, наприклад, для систем управління силовим агрегатом (P):

- 1, 2 – системи подачі пального і охолоджувальної рідини;
- 3 – система запалювання;
- 4 – система контролю за токсичними викидами;
- 5 – система контролю обертів КВ двигуна;
- 6 – ЕБУ;
- 7, 8 – трансмісія;
- 9, 0 – зарезервовано за SAE.

Дві цифри коду помилки, що залишились, вказують більш точно на причину несправності. Коди несправностей різних датчиків, виконавчих механізмів, електронних та електричних кіл організовані у блоки за значеннями лівої цифри з двох. Права цифра у блоці відповідає більш специфічній інформації, наприклад, низька або висока напруга, сигнал поза допустимим діапазоном значень і т. д.

Код P0113, наприклад, розшифровується з урахуванням викладеного так: P – несправність систем управління силовим агрегатом; 0 – код установлений SAE; 1 – системи подачі пального й охолоджувальної рідини; 13 – високий рівень сигналу датчика температури повітря у впускному колекторі.

У системі OBD-II використовується значна кількість кодів помилок, наприклад, на сучасних автомобілях General Motors їх більше 400. Далі наведені деякі коди помилок OBD-II:

- P0105 – несправність у колі датчика абсолютного або барометричного тиску у впускному колекторі;
- P0120 – несправність у колі датчика положення дросельної заслінки;
- P0306 – пропуск у циліндрі № 6.

Коди помилок різних несправностей установлюються при дотриманні відповідних різних умов і можуть бути поділені на категорії:

- коди помилок типу А показують наявність несправності, що призводить до збільшення кількості токсичних речовин, що викидає автомобіль у довкілля. Ці несправності можуть вивести з ладу каталітичний нейтралізатор, тому Executive записує коди помилок типу А в пам'ять ЕБУ і вмикає лампу MI у разі виявлення несправності в першій же поїздки. Приклади: пропуски в системі запалювання, перезбагачена або перезбіднена паливоповітряна суміш;

- коди типу В заносяться в пам'ять ЕБУ і вмикається лампа MI, якщо один з діагностичних тестів не виконаний у двох поїздках поспіль. Коди типів А і В пов'язані з несправностями, що призводять до збільшення кількості токсичних речовин, що викидає автомобіль. У разі їх занесення в пам'ять ЕБУ засвічується лампа MI, зазвичай маркована як «Check Engine» (перевірити двигун) або Service engine soon (двигуну потрібне обслуговування);

- коди типів С і D належать до несправностей, не пов'язаних зі збільшенням забруднення довкілля. Їх поява у пам'яті ЕБУ викликає вмикання індикатора Service, якщо такий є в автомобілі.

### 2.1.5. «Стоп-кадр» (Freeze frame record)

У разі увімкнення індикатора MI Executive заносить у пам'ять ЕБУ і значення параметрів на момент появи коду несправності. Зазвичай запам'ятовується така інформація:

- коди помилок, співвідношення повітря/пальне;
- масова витрата повітря;
- середнє і миттєве значення коефіцієнта коригування подачі пального;
- оберти КВ двигуна;
- навантаження;
- температура охолоджувальної рідини;
- швидкість автомобіля;
- абсолютний тиск у впускному колекторі;
- тривалість імпульсу відкривання форсунок;
- режим роботи системи управління двигуном – замкнутий або розімкнутий;
- інші параметри.

«Стоп-кадр» містить інформацію про параметри на момент запису тільки першого з усіх можливих кодів помилок. Однак виробники звичайно ускладнюють програмне забезпечення з метою запису більшої кількості кадрів для кількох кодів помилок. Але ці додаткові кадри даних доступні тільки для спеціалізованих дилерських сканерів і для прочитування в умовах експлуатації не відкриваються. При стиранні коду помилки стирається і відповідний «стоп-кадр» з параметрами.

Ефективність діагностування двигуна істотно підвищує використання для неї інформації, яку отримують при виконанні пошукової адаптації. З іншого боку, результати діагностування двигуна використовуються для адаптивного управління і так само, як і результати діагностування МПСУ, повідомляються водію та підрозділам електронного управляючого комплексу. Для водія може бути виведена не тільки інформація про виявлені несправності, але й рекомендації щодо необхідних дій.

У разі наявності катастрофічних несправностей включається аварійний захист двигуна.

Велика кількість використовуваних способів діагностування свідчить про те, що методи діагностування ще не повністю відпрацьовані й будуть удосконалюватися.

### 2.1.6. Протоколи обміну даними в OBD-II

Стандарт OBD-II є продовженням стандарту OBD-I. У ньому підвищені вимоги щодо самоконтролю й розширена сфера його контролю. Найважливіші доповнення стандарту OBD-II полягають у такому:

- додаткова блимаюча функція індикатора несправностей MI;
- контроль не тільки за несправностями функцій/компонентів, але й за дотриманням норм токсичності ВГ;
- разом з несправностями у так званому «стоп-кадрі» (фіксація стану системи) зберігаються дані із заводськими установками;

- прочитування інформації з пам'яті перевірним обладнанням (сканувальним приладом) замість блінк-коду.

Вимоги OBD-II у значній мірі визначаються такими стандартами:

- SAE J1850, ISO 9141-2 або ISO 15031-3 – зв'язок;
- SAE J1962 – з'єднання рознімачів, опис стандартного рознімача DLC (Data Link Connector) для підключення діагностичного обладнання;
- SAE J1978 – діагностична установка (сканувальний прилад для системи OBD-II);
- SAE J1979 – опис вмісту протоколів перевірки (режими 1-9);
- SAE J1930 – стандарт маркування систем та їх компонентів;
- SAE J2012 – структура і формат тексту, що виводиться разом зі змістом несправностей.

Стандарт OBD-II вимагає безперервного контролю за такими системами і пристроями:

- згоряння пального;
- каталітичний нейтралізатор;
- лямбда-зонд;
- система додаткової подачі повітря;
- система приготування горючої паливоповітряної суміші;
- система рециркуляції ОГ.

Несправність будь-якого вузла системи приводить до увімкнення індикатора MI, розташованого на панелі приладів.

У рамках OBD-II використовується п'ять протоколів обміну даними: ISO 9141, ISO 14230 (також називається KWP 2000), PWM, VPW і CAN. Кожен з протоколів має кілька різновидів, що відрізняються, наприклад, швидкістю обміну інформацією. В Інтернеті зустрічаються так звані «таблиці застосовуваності», в яких указуються переліки марок і моделей автомобілів та OBD-II-протоколи, які вони підтримують. Однак слід враховувати, що одна й та сама модель з одним і тим самим двигуном одного року випуску може бути випущена для різних ринків з підтримкою різних протоколів діагностики. Так само протоколи можуть відрізнятися і за моделями двигунів, і за роками випуску. Таким чином, відсутність автомобіля у списках не означає, що він не підтримує OBD-II, так само як і його присутність не означає, що підтримує і, тим більше, повністю підтримує (можливі неточності у списку, різні модифікації автомобіля тощо). Ще важче судити про підтримку конкретного різновиду OBD-II-стандарту.

Загальною передумовою для того, щоб припустити, що автомобіль підтримує OBD-II діагностику, є наявність 16-контактного діагностичного рознімача трапецієподібної форми (DLC – Diagnostic Link Connector) (рис. 2.4). На переважній більшості OBD-II-сумісних автомобілів він знаходиться під панеллю приладів з боку водія; рознімач може бути відкритий або закритий кришкою, що легко знімається, з написом «OBD-II», «Diagnose» тощо. Однак ця умова не є достатньою. Рознімач OBD-II інколи встановлюють на автомобілі, які взагалі не підтримують жоден з OBD-II-протоколів. У такому разі необхідно користуватися сканером, розрахованим на роботу із заводськими протоколами конкретної марки автомобіля (наприклад, це стосується автомобілів Opel Vectra для європейського ринку 1996-1997 рр.)



Щоб оцінити застосовуваність того чи іншого сканера при діагностуванні конкретного автомобіля, необхідно визначити, який з OBD-II-протоколів використовується на конкретному автомобілі. Для цього можна виконати описані далі дії.

1. Подивитися у технічній документації безпосередньо для даного автомобіля (але не в загальній інструкції з даної марки/моделі!). Також корисно оглянути всі ідентифікаційні таблички на автомобілі (рис. 2.5) – можлива наявність таблички «OBD-II compliant» (підтримує OBD-II) або «OBD-II certified» (сертифіковано на підтримку OBD-II).

2. Подивитися в інформаційній базі даних (наприклад, Mitchell-on-Demand). Однак, це також не абсолютний спосіб, тому що база може містити неточності, включати інформацію щодо автомобілів, випущених для іншого ринку і т. ін. Природно, використання спеціалізованих дилерських баз щодо окремої марки підвищує ступінь достовірності інформації.

3. Використовувати сканер, що дає можливість визначити, який з OBD-II-протоколів використовується на машині. Протокол можна поспробувати визначити вручну шляхом послідовної зміни використовуваних адаптерів і перевірки наявності зв'язку з ЕБУ автомобіля. Якщо ніяких припущень щодо використовуваного протоколу немає, то починати перебір варто з протоколу ISO як найрозповсюдженішого (або з протоколу, вказаного для діагностованої машини в інформаційній базі даних).

4. Оглянути діагностичний рознімач і визначити наявність виводів. Як правило, в рознімачі присутня тільки частина задіяних виводів, а кожен протокол використовує свої виводи рознімача. Призначення виводів («розпіновка») 16-контактного діагностичного рознімача OBD-II (стандарт J1962) наведено на рис. 2.4.

Пропущені виводи можуть використовуватися конкретним виробником для своїх потреб.

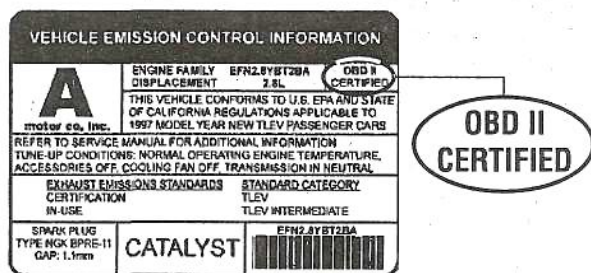


Рис. 2.5. Ідентифікаційна табличка

Отже, використовуються такі протоколи:

- ISO 9141-2 – ідентифікується наявністю контакту 7 (K-line) та відсутністю 2 і/або 10 контактів; виводи, що використовуються, 4, 5, 7, 15 (може не бути), 16;

- SAE J1850 VPW (Variable

Pulse Width Modulation) – виводи, що використовуються, 2, 4, 5, 16 (без 10);

- SAE J1850 PWM (Pulse Width Modulation) – виводи, що використовуються, 2, 4, 5, 10, 16.

Протоколи PWM, VPW ідентифікуються відсутністю контакту 7 (K-Line) діагностичного рознімача.

Переважна більшість автомобілів використовують протоколи ISO. Однак більша частина легкових автомобілів та легких вантажівок концерну GM використовують протокол SAE J1850 VPW, а більша частина автомобілів Ford – протокол J1850 PWM.

## 2.1.7. Міжнародні стандарти

### 2.1.7.1. Стандарт ISO 9141

Стандарт ISO 9141 установив правила здійснення зв'язку між блоками управління автомобілями та діагностичним обладнанням.

Різні виробники випускають автомобілі з різними ЕБУ, діагностичними програмами, рознімачами, протоколами обміну інформацією. Це ускладнює обслуговування автомобілів, діагностику.

З кінця 80-х років ХХ століття використовується міжнародний стандарт ISO 9141, що визначає протокол обміну інформацією через послідовний інтерфейс між ЕБУ та діагностичним тестером (сканером). Стандарт установлює єдину методику доступу до внутрішньосистемних даних, до кодів несправностей, регламентує випробувальне (інструктивне) управління системами автомобіля з допомогою сканера. Але при цьому не передбачається сумісність програмного забезпечення, діагностичних процедур, кодів несправностей і діагностичних рознімачів, тому що досягти такої сумісності для всіх моделей сучасних автомобілів поки не представляється можливим.

Після підключення сканера до діагностичного рознімача автомобіля електромеханік може бачити на дисплеї сканера у цифровому вигляді значення сигналів з датчиків на входах ЕБУ, вихідні сигнали з ЕБУ, що передаються виконавчим механізмам. Кожен сигнал, що спостерігається, називається діагностичним параметром або просто параметром. Параметри передаються сканеру послідовно один за одним доти, поки всі не будуть виведені на дисплей, потім процес повторюється. Увесь набір параметрів від початку до кінця називається кадром. Передача інформації від ЕБУ до сканера називається потоком цифрових параметрів у реальному часі. Крім параметрів, ЕБУ може передавати у сканер коди несправностей (помилки).

Розмір кадру або кількість параметрів залежить від виробника автомобіля, моделі, року випуску, двигуна, паливної системи, типу запалювання і т. д. Застарілі автомобілі з карбюраторними двигунами крім кодів несправностей можуть видавати 12-18 параметрів. Кадр на сучасному автомобілі із впорскуванням пального може містити більше 60 параметрів. За останні роки список кодів несправностей також значно виріс.

На сучасних автомобілях з допомогою сканера можна отримати доступ до великого (часто надлишкового) обсягу інформації. Тому під час роботи зі сканером важливо правильно вибрати масштаб дисплея й упорядкувати інформацію про параметри залежно від характеру зміни їздових якостей та характеру проблеми, яку діагностують. Як правило, є можливість розбивати параметри на групи і переглядати їх у такому вигляді.

Наступний крок (отримання кодів помилок і несправностей) може вказати на коло, що несправне або неправильно працює. На цьому етапі важливо записати всі коди, тому що потім у процесі усунення несправностей вони можуть бути стерті з пам'яті ЕБУ.

Упровадження стандарту ISO 9141 стало причиною розробки багатьох рознімачів для під'єднання діагностичного обладнання й отримання протоколів несправностей. Це є недоліком цього стандарту.

### **2.1.7.2. Стандарт DIN ISO 9141-2**

У 1991 році був розроблений стандарт DIN ISO 9141-2, який відповідав американським нормам. Опис рознімачів, діагностичного обладнання, зміст протоколів і розшифровка кодів несправностей були практично взяті з американського стандарту.

Лише тільки власну форму зв'язку було збережено і впроваджено в стандарт OBD-II. Таким чином було забезпечено незалежність від США у галузі обладнання для блоків управління.

Багато автовиробників сьогодні використовують цей стандарт для автомобілів, призначених для експорту в США.

### **2.1.7.3. Європейська система самоконтролю OBD**

У Європі впроваджена система самоконтролю OBD. З 2000 року отримують допуск тільки ті автомобілі, які задовольняють вимогам стандарту системи самоконтролю OBD. На цих автомобілях параметри системи випуску ВГ прочитуються через стандартний рознімач для підключення діагностичного обладнання. Для легкових автомобілів з дизельними двигунами ця система була впроваджена з 2003 року.

### **2.1.7.4. Ініціалізація**

Під час діагностики блоків управління використовуються різні варіанти ініціалізації діагностичного обладнання. Вони описані у відповідних стандартах.

Ініціалізація здійснюється через діагностичне обладнання, наприклад, через п'ятибодовий генератор адресації (стандарт ISO 9141-2).

Ініціалізація при встановленні зв'язку між діагностичним приладом і блоком управління систем, пов'язаних з утворенням ВГ (запалювання, сумішоутворення), здійснюється через передачу адреси 33H (де H – гексадецимальна система) зі швидкістю 5 біт/с.

Потім діагностичний прилад отримує від блока підтвердження на ініціалізацію. Воно складається зі зразка синхронізації зі швидкістю Бод та двох ключових слів.

Для перевірки коректності встановленого зв'язку діагностичний прилад відправляє друге закодоване слово, записане у зворотному порядку (замість логічного елемента «0» пишеться «1» і навпаки).

Після цього блок управління відправляє записану у зворотному порядку адресу 33H.

### **2.1.7.5. Індикатор несправностей (MI)**

Індикатор несправностей може позначатися такими способами:

- напис Check Engine;
- напис Service Engine Soon;
- напис Check Powertrain;
- напис Check Powertrain Soon;
- значок «двигун».

Стандартом OBD припускається три стани індикатора несправностей (MI) – він може світитися постійно, не світитися або блимати.

Після розпізнавання блоком управління несправності надходить відповідне повідомлення:

- зразу;
- після певної кількості циклів перевірки.

Це залежить від типу несправності та умов виводу інформації про неї. Якщо обсяг викиду ВГ в атмосферу перевищує встановлені законом норми більше, ніж у 1,5 рази, то індикатор світиться постійно. Якщо виявлена несправність, через яку може відбутися пошкодження каталітичного нейтралізатора, то індикатор починає блимати. Додатково існує список несправностей, інформація про які записується в пам'ять без сповіщення з допомогою індикатора MI.

Індикатор MI повинен блимати тоді, коли:

- будь-який елемент управління двигуном або коробкою передач, пов'язаний з блоком управління, розпізнається як несправний;
- будь-який вузол або агрегат може бути причиною підвищення токсичності ВГ по крайній мірі на 15%;
- існує перевищення певної межі;
- датчик відправляє неправильний сигнал;
- під час пробної поїздки обсяг викиду СН в результаті старіння каталітичного нейтралізатора перевищив межу, встановлену вимогами федеральної процедури перевірки транспортних засобів FTP (США);
- відбуваються пропуски запалювання, які можуть призвести до пошкодження каталітичного нейтралізатора або до перевищення встановленої законом межі обсягу викидів ВГ в атмосферу у 1,5 рази;
- збільшується витікання з системи приготування горючої суміші (діаметр отворів 0,5 або 1 мм) або неможливо встановити проходження повітряного потоку в системі;
- управління двигуном або коробкою передач здійснюється в аварійному режимі;
- лямбда-зонд не включився протягом певного часу після запуску двигуна;
- запалювання увімкнене, а двигун не запущений.

У загальному випадку індикатор несправностей блимає, коли обсяг викидів ВГ в атмосферу в двох послідовних один за одним циклів федеральної процедури перевірки транспортних засобів FTP 72/75 (США) перевищує встановлену межу у півтора рази.

У разі вимкнення двигуна та з увімкненим запалюванням індикатор несправностей засвічується. Це зроблено для того, щоб можна було виключити можливі маніпуляції з ним (від'єднання панелі).

Вимоги OBD у стандарті не завжди прописані. Представлені конструкції у більшості створені компанією Bosch або іншими автовиробниками і є прикладами реалізації різних можливостей.

## Контрольні запитання

1. Які існують стандарти бортової діагностики OBD-II?
2. Які додаткові функції OBD-I включені в OBD-II?
3. Які вимоги передбачає стандарт OBD-II?
4. Яка структура програмного забезпечення ЕБУ за стандартом OBD-II?
5. Що собою представляє діагностичний рознімач?
6. Навести структуру кодів помилок.
7. Що собою представляє протокол обміну даними в OBD-II?
8. Яке призначення міжнародного стандарту ISO 9141?
9. Назвати недоліки стандарту ISO 9141.

## 2.2. Діагностичні коди і карти несправностей двигунів та їх опис у системі автомобіля

### 2.2.1. Кодування несправностей і типи кодів помилок

Коди несправностей інколи умовно поділяють на «повільні» та «швидкі».

«Повільні» коди при виявленні несправності заносять її код у пам'ять і вмикають лампу «Check Engine» на панелі приладів. З'ясувати, який це код, можна одним з таких способів (залежно від конкретної реалізації ЕБУ):

- світлодіод на корпусі ЕБУ періодично засвічується і гасне, передаючи таким чином інформацію про код несправності;

- потрібно з'єднати провідником певні контакти діагностичного рознімача, і лампа «Check Engine» почне періодично блимати, передаючи таким чином інформацію про код несправності;

- потрібно підключити світлодіод або аналоговий вольтметр до певних контактів діагностичного рознімача і за спалахами світлодіода (або коливаннями стрілки вольтметра) отримати інформацію про код несправності.

Оскільки «повільні» коди призначені для візуального зчитування, частота їх передачі дуже низька (приблизно 1 Гц), обсяг інформації, що передається, невеликий. Коди звичайно видаються у вигляді послідовностей спалахів, що повторюються. Код містить дві цифри, смислове значення яких потім розшифровується за таблицею несправностей, що входить до складу експлуатаційних документів автомобіля. Довгими спалахами (1,5 с) передається старша (перша) цифра коду, короткими (0,5 с) – молодша (друга). Між цифрами – пауза в кілька секунд. Наприклад, два довгих спалахи, потім пауза в кілька секунд, чотири коротких спалахи відповідають коду несправності 24. У таблиці несправностей указано, що код 24 відповідає несправності датчика швидкості автомобіля – коротке замикання або обрив у колі датчика. Після виявлення несправності її необхідно локалізувати, тобто в'яснити, що конкретно відмовило: сам датчик, рознімач, проводка, кріплення і т. д.

«Повільні» коди прості, надійні, не вимагають вартісного діагностичного обладнання, але малоінформативні. На сучасних автомобілях такий спосіб діагностування уже не використовується. Хоча, наприклад, на деяких сучасних моделях Chrysler з бортовою діагностичною системою, що відповідає стандарту OBD-II, можна зчитувати частину кодів помилок з допомогою лампочки, що блимає.

«Швидкі» коди забезпечують вибірку з пам'яті ЕБУ великого обсягу інформації через послідовний інтерфейс. Цей інтерфейс і діагностичний рознімач використовуються під час перевірки та налаштуванні автомобіля на заводі-виробнику, вони ж використовуються і під час діагностування.

Наявність діагностичного рознімача дає можливість, не порушуючи цілісність електропроводки автомобіля, отримувати діагностичну інформацію від різних систем автомобіля (двигун, антиблокувальна система (АБС), трансмісія, підвіска і т. д.) з допомогою сканера або мотор-тестера.

Типи кодів помилок, як і коди несправностей, можуть бути класифіковані за ознакою їх належності до виду несправності на п'ять типів.

1. Код, що відповідає постійній несправності, тобто яка проявляється постійно, поки її не усунуть, називається активним кодом (hard code). Якщо яким-небудь способом зітерти з пам'яті ЕБУ все коди помилок, активні коди відновляться, тому що постійна несправність як і раніше існує і знову буде визначена комп'ютером. У першу чергу слід шукати саме постійні несправності. Більшість діагностичних карт, розроблених виробниками автомобілів, призначені для знаходження саме постійних несправностей за активними кодами.

2. Непостійні (нерегулярні) несправності проявляються за певних умов (швидкість автомобіля, температура двигуна, витрата пального і т. д.) і не існують постійно. Після стирання всіх кодів з пам'яті ЕБУ такі коди помилок можуть і не відновитися, тому що несправність у даний час не проявляється. Коди непостійних несправностей називаються історичними (historic, soft codes). Вони запам'ятовуються в ЕБУ на деяку кількість циклів «запуск-зупинка двигуна» (звичайно 10-60) і стираються, якщо не повторюються за цей час.

3. Специфічні коди помилок (circuit specific codes) відповідають несправностям, які є тільки в одному колі й не пов'язані з несправностями в інших колах (підсистемах).

4. Неспецифічні коди помилок (multiple circuit codes) записуються в пам'ять ЕБУ у разі ненормальної роботи системи, причиною чого може бути і несправність в іншій системі.

5. Симптоматичні коди помилок відображають скоріше ступінь механічної несправності двигуна, ніж порушення обміну електричними сигналами. Такі коди помилок звичайно є наслідком спроб автоматичної електронної системи управління компенсувати неконтрольовані з допомогою ЕБУ механічні несправності або несправності в неконтрольованих електричних колах. Ці несправності найважче діагностувати.

При діагностуванні несправностей за симптоматичними кодами важливо добре розуміти ситуацію в цілому, потрібно зуміти відрізнити причину від наслідку. Для всіх п'яти типів кодів помилок виробники автомобілів розробляють діагностичні карти. Для непостійних несправностей карти поки що не розроблені.

Повідомлення «Кількість помилок 0» не означає, що несправностей немає.

Коди несправностей показуються різними способами залежно від моделі та року випуску автомобіля, але це завжди цифрові коди. Найпростішими методами індикації кодів є блимання лампи «Check Engine» і переда-

ча двосимвольних кодів періодичними спалахами. Крім індикаторної лампи на автомобілях Cadillac для показу кодів використовується дисплей на панелі клімат-контролю. Якщо дисплей показує код 88, цей код висвічується зразу після входу системи в діагностичний режим і вказує на справність сегментів дисплея і на готовність бортової діагностичної системи до роботи.

Після перевірки на дисплей виводяться послідовно коди виявлених несправностей, починаючи з менших номерів. Використовуючи експлуатаційні документи, можна з'ясувати, якій несправності відповідає той чи інший код. У табл. 2.3 наведені коди несправностей.

Таблиця 2.3

### Коди несправностей

Код	Опис
12	Немає сигналу від розподільника
13	Датчик кисню не готовий
14	Замикання в колі датчика температури охолоджувальної рідини
15	Обрив у колі датчика температури охолоджувальної рідини
16	Недопустима напруга на виході генератора
17	Замикання у колі датчика положення колінчастого валу
18	Обрив у колі датчика положення колінчастого валу
19	Замикання у колі паливного насосу
20	Обрив у колі паливного насосу
21	Замикання у колі датчика положення дросельної заслінки
22	Обрив у колі датчика положення дросельної заслінки
24	Несправність у колі датчика обертів двигуна
26	Замикання у колі вимикача в датчику положення дросельної заслінки
27	Обрив у колі вимикача в датчику положення дросельної заслінки
30	Помилка регулятора холостого ходу
31	Замикання у колі датчика абсолютного тиску у впускному колекторі
32	Обрив у колі датчика абсолютного тиску у впускному колекторі
33	Порушення кореляції між сигналами датчика атмосферного тиску і датчика абсолютного тиску у впускному колекторі
34	Високий рівень сигналу датчика абсолютного тиску у впускному колекторі
35	Замикання у колі датчика атмосферного тиску
36	Обрив у колі датчика атмосферного тиску
37	Замикання у колі датчика температури повітря у впускному колекторі
38	Обрив у колі датчика температури повітря у впускному колекторі
44	Немає відгуку датчика кисню при збідненні
45	Немає відгуку датчика кисню при збагаченні
51	Помилка ППЗП (перепрограмованого постійного запам'ятовуючого пристрою)
60	Селектор автоматичної коробки передач не в положенні Drive (D)
61	Однчасне натиснення кнопок Set і Resume маршрутного комп'ютера
62	Швидкість автомобіля вища за допустиму
64	Прискорення автомобіля вище за допустиме
70	Система готова до подальшого тестування
71	Перевірка вимикача на гальмовій педалі
72	Перевірка вимикача в датчику положення дросельної заслінки
73	Перевірка кнопки Drive автоматичної коробки передач
74	Перевірка кнопки Reverse автоматичної коробки передач
75	Перевірка кнопки On/Off маршрутного комп'ютера

Код	Опис
76	Перевірка кнопки Set маршрутного комп'ютера
77	Перевірка кнопки Resume маршрутного комп'ютера
78	Перевірка кнопки Instant/Average маршрутного комп'ютера
79	Перевірка кнопки Reset маршрутного комп'ютера
80	Перевірка реле муфти увімкнення кондиціонера
88	Перевірка дисплея
90	Система готова вивести на дисплей параметри роботи двигуна
00	Діагностика завершена

Після виведення кодів усіх виявлених несправностей на дисплеї з'являється код 70 – контролер очікує подальших дій діагноста.

Звичайно лампа «Check Engine» на панелі приладів вмикається автоматично у разі будь-якого виявленого коду несправності. Коди несправностей 12-38 і 51 заносяться в КАМ-пам'ять ЕБУ і зберігаються там до видалення їх вручну діагностом. Код непостійної несправності може бути видалений автоматично, якщо несправність не підтвердилась протягом 20 циклів «запуск-зупинка двигуна». Коди 44-45 автоматично не видаляються. Для кодів 60-64 лампа «Check Engine» не вмикається.

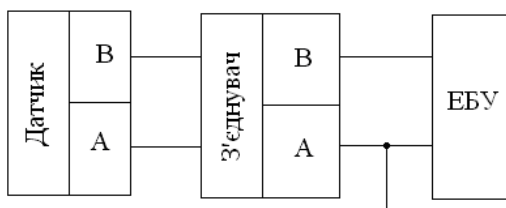
Після появи несправності, про що свідчить наявність відповідного коду, діагност повинен дотримуватися спеціальних процедур локалізації несправності. Ці процедури звичайно оформляються у вигляді алгоритмів і називаються картами пошуку несправностей.

**Приклад.** Розглянемо необхідну послідовність дій у разі виявлення коду несправності 13 (датчик кисню не готовий).

Зазвичай вихідний сигнал датчика перемикається між рівнями напруги приблизно 0 і 1 В згідно зі збагаченням і збідненням робочої паливоповітряної суміші після нагрівання до температури приблизно 300 °С. Можливі причини для появи коду 13:

- несправність датчика кисню;
- несправність електропроводки або з'єднувальних рознімачів;
- ЕБУ не реагує на сигнал датчика кисню.

Для локалізації несправності необхідна додаткова інформація. Потрібне середнє значення вихідної напруги датчика кисню, що може бути виміряне з допомогою ЕБУ двигуна і виведене на дисплей системи клімат-контролю. Код середнього значення напруги, виведений на дисплей, слід помножити на 0,01, щоб отримати значення напруги у вольтях (00 відповідає 0 В, а 99–0,99 В). Виміряне значення напруги використовується для вибору напрямку пошуку несправності за алгоритмом на діагностичній карті (рис. 2.6, 2.7).



**Рис. 2.6.** Схема підключення датчика кисню

Якщо виміряна напруга виявилась меншою 0,37 або більшою 0,57 В, слід перевірити цілісність провідників у колах А і В з'єднувального джгута.

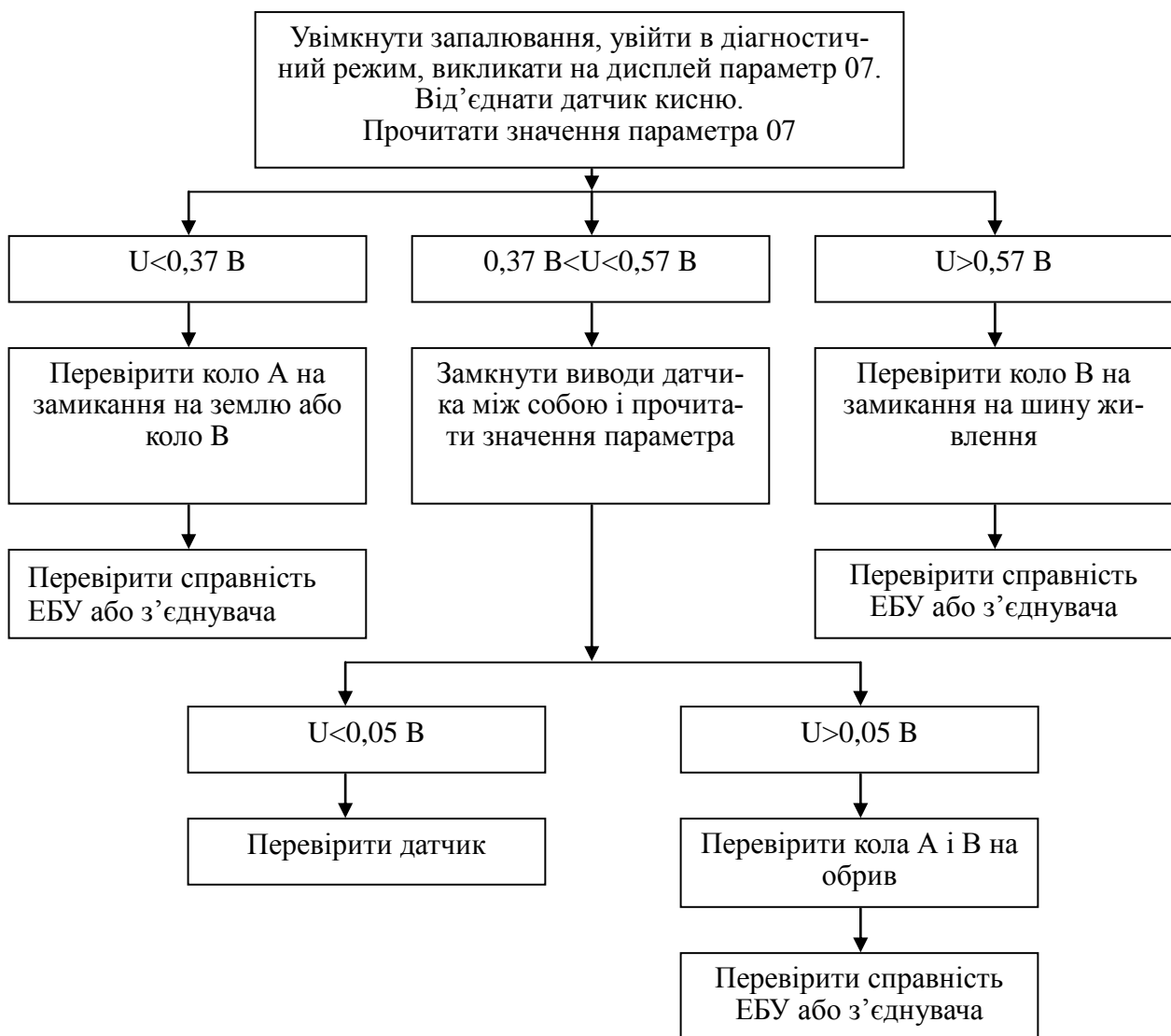
Якщо виміряна напруга датчика кисню знаходиться у межах 0,37-



0,57 В, слід перевірити, що несправне: датчик кисню чи ЕБУ. Для цього кінці з датчика кисню замикають на вході ЕБУ, імітуючи коротке замикання у колі датчика, і зчитують значення напруги з дисплея панелі управління кліматом. Якщо напруга менша 0,05 В, ЕБУ справний і слід перевірити датчик кисню. Якщо напруга короткого замикання більша 0,05 В – можливий обрив кіл А і В або несправний ЕБУ, тоді його слід замінити.

Для стирання з пам'яті кодів несправностей слід натиснути одночасно на кнопки Off і Ні на панелі системи клімат-контролю й утримувати їх до появи на дисплеї коду 00. Така процедура дає можливість визначити, які коди відповідають постійним несправностям, а які – нерегулярним, непостійним.

Коди, що відповідають постійним відмовам, зразу ж відновляться в пам'яті, а коди непостійних несправностей, скоріше за все, швидко не проявляться. Після стирання кодів несправностей на дисплеї з'явиться комбінація 70. Це відправна точка для проведення різних процедур діагностики.



**Рис. 2.7. Діагностична карта для коду 13 (датчик кисню не готовий)**

Після завершення діагностичних процедур з датчиками можна вибрати наступні режими подальших перевірок:

- тестування перемикачів;

- перегляд параметрів режиму двигуна;
- контроль виконавчих механізмів;
- вихід з режиму діагностики.

Кожен з чотирьох режимів є циклічним і має великі діагностичні можливості.

Після виявлення всіх кодів здійснюють більш точну локалізацію несправностей, використовуючи діагностичні карти з технічної документації на автомобіль. Без допомоги бортової діагностичної системи пошук несправностей в електронних пристроях займає багато часу, а інколи неможливий.

Сучасні електронні системи мають найбільш повний підбір модулів, що утворюють систему електронного управління роботою двигуна й автомобіля.

Призначення електронного управління полягає згідно зі спеціальною програмою в обробці всіх даних, що надходять в електронний блок від датчиків; формуванні кількісного і якісного складу робочої паливоповітряної суміші; визначенні моменту подачі пального в циліндри та іскри на свічки запалювання урахуванням режимів роботи двигуна та складу відпрацьованих газів. З допомогою датчиків електронної системи визначаються показники режимів роботи двигуна й автомобіля (кількість повітря, що надходить в циліндри, положення дросельної заслінки, температура повітря у впускному трубопроводі, температура охолоджувальної рідини двигуна, частота обертання колінчастого валу та ін.), які перетворюються в електричний сигнал і передаються в електронний блок управління. Згідно із закладеною програмою ЕБУ обробляє отримані сигнали і видає команди виконавчим пристроям (форсунки, регулятор режиму холостого ходу, реле увімкнення вентилятора, свічки запалювання та ін.).

Ускладнення конструкції двигуна, підвищення вимог до бензину (чистота, октанове число, складність взаємодії великої групи деталей та елементів, що формують паливну систему із впорскуванням, підвищені вимоги до регулювань) визначають до 1600-2000 ознак несправностей систем двигуна, які важко усувати. Фрагмент переліку несправностей представлений у табл. 2.4.

Таблиця 2.4

### Можливі несправності системи впорскування («K-Jetronic»)

Несправність	Прилади і системи, які контролюють (табл. 2.5)
Двигун не запускається (температура масла менше 20 °С)	1, 2, 3, 4, 8, 10, 15, 16, 17, 18, 23
Двигун не запускається (температура масла більше 60 °С)	1, 2, 3, 4, 10, 15, 16, 17, 18, 23
Утруднений запуск двигуна (температура масла менше 20 °С)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23
Утруднений запуск двигуна (температура масла більше 60 °С)	2, 3, 4, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23
Двигун запускається і глухне	1, 3, 4, 5, 7, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 22, 23
Двигун працює нестійко на режимах холостого ходу при прогріванні	3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 23

Несправність	Прилади і системи, які контролюють (табл. 2.5)
Частота обертання КВ двигуна на режимах холостого ходу не відповідає номінальному значенню	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23
Двигун працює з перебоями на режимах холостого ходу	5, 6, 10, 11, 15, 16, 17, 19, 21
Двигун «трясе» при розгоні	2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 24
Двигун «трясе» під час руху з постійною швидкістю	2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23
Двигун «трясе» на примусовому режимі холостого ходу	10, 11, 15, 16, 17, 18, 20
Стук у двигуні при збільшенні частоти обертання КВ	6, 15, 16, 17
Двигун не має достатньої приємності	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24
Підвищена витрата пального	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 24
Підвищений вміст CO і CH <sub>x</sub> у відпрацьованих газах на холостому ходу	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 24
Понижений вміст CO і CH <sub>x</sub> у відпрацьованих газах на холостому ходу	2, 3, 4, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 22, 23
Двигун не розвиває повної потужності	1, 3, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24

Таблиця 2.5

## Перелік приладів і систем, які перевіряють

№	Прилади і системи
1	Паливний насос
2	Фільтр очищення пального
3	Тиск впорскування форсунок
4	Тиск нагнітання паливного насосу
5	Продуктивність паливного насосу
6	Якість пального
7	Клапан додаткової подачі пального
8	Термореле
9	Пускова форсунка
10	Форсунки впорскування
11	Датчик температури охолоджувальної рідини
12	Вимикач дросельної заслінки
13	Корпус дросельної заслінки
14	Пневмопривід дросельної заслінки
15	Вимірювач витрати повітря
16	Електронний блок управління
17	Електроприводи та їх з'єднання
18	Реле вимкнення паливного насосу
19	Повітряний фільтр
20	Система охолодження двигуна
21	Герметичність з'єднань у впускному тракті двигуна
22	Відсутність підсмоктування повітря у двигун
23	Впускний тракт двигуна
24	Відсутність горючої суміші при частковому навантаженні двигуна

Елементами системи управління роботою бензинових двигунів, що найчастіше виходять з ладу, є: електричні кола – окиснення контактів та обрив проводів (35%), паливний насос (22%), клапан холостого ходу (10%), елементи системи запалювання (9%), форсунки (8%), датчик кисню (7%), датчики і реле (6%), електронний блок управління (3%).



Попередження відмов і несправностей досягається використанням функцій електронного забезпечення роботи двигуна, яке дає можливість не тільки оптимально управляти робочими процесами впорскування, а також і здійснювати діагностування технічного стану як підключенням зовнішнього діагностичного обладнання, так і використанням вбудованих функцій самоконтролю.

Характер блимання лампи «Check Engine» автомобілів Toyota наведено у табл. 2.6. Будь-який з наведених діагностичних кодів має правильний вихідний сигнал після попередньої перевірки двигунів 2S-E, 22R-E та 3Y-E. Додаткові дані про пошук несправності у системі, яку діагностують, містяться у розділі «Перевірка» експлуатаційної документації. Вони дають можливість правильно розшифрувати діагностичні коди, зчитувати коди і т. д. [27, 30].

Таблиця 2.6

**Діагностичні коди для двигунів 2S-E, 22R-E та 3Y-E  
автомобілів фірми Toyota**

Но- мер ко- ду	Характер блиман- ня лампи	Система	Діагноз	Ділянка несправності
1		Нормаль- ний режим	Це відбувається, якщо не відтворю- ється жоден з кодів 2-7	-
2		Сигнал ви- тратоміра повітря (Vc)	Обрив у колі Vc або коротке замикання у колі Vc-Vs Обрив у колі Vb	Коло витратоміра повітря (Vc-Vs). Витратомір повітря. ЕБУ
3		Сигнал ви- тратоміра повітря (Vs)	Обрив у колі Vs або коротке замикання у колі Vs-E2 Розімкнуте коло Vs	Коло витратоміра повітря (Vb, Vc, Vs) Витратомір повітря. ЕБУ
4		Сигнал дат- чика темпе- ратури охо- лоджуваль- ної рідини (THW)	Обрив у колі сигна- лу датчика темпера- тури охолоджува- льної рідини	Схема датчика тем- ператури охолоджу- вальної рідини. Датчик температури охолоджувальної рі- дини. ЕБУ
5*		Сигнал дат- чика кисню	Обрив або коротке замикання у колі сигналу датчика ки- сню	Схема датчика кис- ню. Датчик кисню. ЕБУ

Но- мер ко- ду	Характер бли- мання лампи	Система	Діагноз	Ділянка несправності
6		Сигнал за- палювання	Немає сигналу за- палювання	Схема системи запа- лювання. Розподільник. Котушка запалювання. ЕБУ
7		Сигнал да- тчика по- ложення дросельної заслінки	Коротке замикання у колі контактів на режимах холостого ходу та повного навантаження (IDL-PSW)	Схема датчика поло- ження дросельної за- слінки. Датчик положення дросельної заслінки. ЕБУ

**Примітка:**

\* - Тільки для двигунів з датчиком кисню.

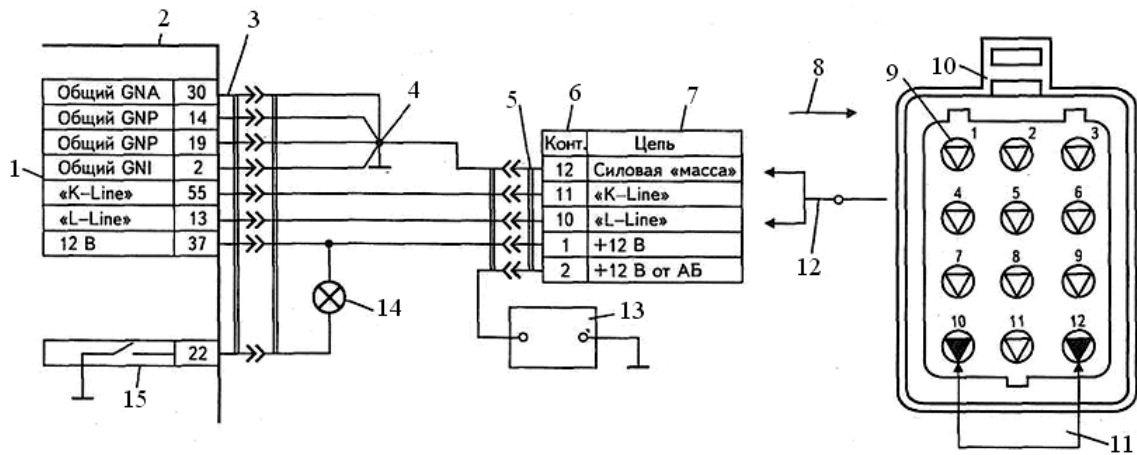
**2.2.2. Зчитування кодів несправностей двигунів**

Лампа діагностики «Check Engine» призначена для відображення інформації про наявність несправностей в системі управління. Управління лампою здійснює ЕБУ. Технічний стан датчиків системи управління визначають з допомогою вбудованої системи діагностики, індикатором якої є лампа в комбінації приладів. Код передається у вигляді спалахів лампочки визначеної тривалості з певними інтервалами і може бути прочитаний з допомогою блимаючої лампочки або світлодіода, включеного в рознімач. При увімкненні запалювання лампа світиться – перевіряється бортова діагностична система. Після запуску двигуна лампа тухне, якщо несправності не виявлені. Лампа «Check Engine» починає світитися, якщо з'явилися несправності в колах, які контролює ЕБУ. У цьому разі в пам'ять ЕБУ (в реєстратор несправностей) заноситься відповідний код помилки. Лампа «Check Engine» тухне, якщо несправність усунена і більше не з'являється або якщо коди помилок стирають. У разі виявлення пропусків спалахування, які можуть пошкодити каталітичний газонейтралізатор, лампа «Check Engine» блимає.

Контрольна лампа «Check Engine» на автомобілях «Лада-110, -112» знаходиться в комбінації приладів, а на автомобілях ВАЗ-2108 і «Лада Самара» розташована на панелі приладів. Контрольна лампа системи управління двигуна ЗМЗ-4062.10 розміщена на панелі приладів з лівого боку.

Бортова система діагностики автомобіля містить базову інформацію у вигляді різних кодів несправностей. Схема діагностичного кола наведена на рис. 2.8. Канал «K-Line» забезпечує обмін інформацією між ЕБУ та підключеним діагностичним пристроєм. Запит на реалізацію функції самодіагностики здійснюється по каналу «L-Line».

Коди, що зберігаються в пам'яті ЕБУ, можна зчитувати з допомогою діагностичних приладів (сканерів) ДСТ-2М, АСКАН-8 та ін., підключених до колодки діагностики, або за кількістю увімкнень лампи «Check Engine». Діагностичний рознімач колодки через електричні кола сполучений з ЕБУ.



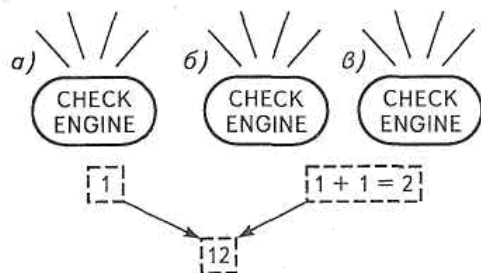
**Рис. 2.8. Схема діагностичного електричного кола:**

1 – параметри; 2 – блок управління; 3, 5 – рознімач; 4 – «маса»; 6 – контакти; 7 – діагностична колодка; 8, 12 – електричне коло; 9 – контакти; 10 – діагностичний рознімач; 11 – перемичка; 13 – акумуляторна батарея; 14 – діагностична лампа; 15 – вимикач

Спочатку видається код 12, який не є кодом несправності і свідчить тільки про справність діагностичного кола і підсистеми управління блоком управління.

Сканер кодів звичайно дає можливість не тільки отримувати та вилучати з пам'яті блока коди несправностей, але й активізувати виконавчі пристрої для їх перевірки, виконувати деякі регулювання та налаштування систем двигуна, отримувати поточну інформацію про роботу датчиків та виконавчих пристроїв при роботі двигуна.

У разі відсутності приладу зчитують коди несправності за блиманням сигнальної лампочки на панелі приладів. Режим самодіагностики активізується тільки при увімкненому запалюванні та із зупиненим двигуном. Потім для включення режиму виведення діагностичної інформації необхідно замкнути два електричних контакти («10» і «12») діагностичного рознімача (див. рис. 2.8), попередньо знявши кришку, що захищає контакти. Наприклад, в автомобілі «Волга» ГАЗ-3110 рознімач знаходиться у моторному відсіку з правого боку. Контрольна лампа видає код 12, указуючи на роботоздатність системи самоконтролю ЕБУ. Якщо цей код відсутній, то це ознака несправності системи діагностики, яку потрібно усунути. Для цього необхідно скористуватися описом проведення перевірки діагностичного кола. Режим діагностичного відображення представлений на рис. 2.9.



**Рис. 2.9. Схема роботи контрольної лампи в режимі перевірки:**

а – вихідний стан при першому сигналі; б, в – проміжний стан лампи (код несправності); 12 – код справності діагностичного кола

Ідентифікація несправностей зумовлена тим, що після виконання підготовчих операцій контрольна лампа «Check Engine» починає блимати у певній послідовності, пов'язаній з характером несправності.

Правила розшифрування та прочитування блимаючих кодів залежать від типу системи управління та року випуску ав-

томобіля. останнім часом виробники відмовляються від блимаючих кодів і переходять до більш досконалої системи діагностичної апаратури, яка орієнтована на використання спеціальних зчитувачів кодів

Якщо є коди несправностей, вони будуть видаватися після трикратної видачі коду 12. Після увімкнення запалювання лампа діагностики починає світитися на час 0,6 с і тухне, якщо поточні несправності відсутні. При першому підключенні блока до живлення лампа діагностики вмикається двічі. Під час роботи двигуна лампа не повинна світитися. Нетривале або постійне її світіння вказує на наявність несправностей в системі управління, але не означає, що потрібно заглушити двигун.

Якщо несправність зникає, то через кілька секунд лампа вимикається. Якщо лампа продовжує світитися з працюючим двигуном або у разі, якщо ознакою несправності є погіршення їздових якостей або токсичності ВГ, необхідно перевірити діагностичне коло.

Дана перевірка дає можливість виявити несправності, які не можуть бути визначені при виконанні інших операцій діагностування у неправильній послідовності.

Коди несправностей зберігаються в ОЗП блока управління, в подальшому їх можна подивитися з допомогою приладу. Після вимкнення запалювання лампа засвічується на 4 с. У разі непостійної несправності лампа «Check Engine» вмикається на час більше 10 с, а потім вимикається. При цьому код зберігається в пам'яті ЕБУ до відключення його від акумуляторної батареї.

У процесі зчитування кодів можуть з'явитися неочікувані коди, спричинені непостійною несправністю. Коди непостійної несправності можуть скидатися або зберігатися. У разі непостійного характеру несправності картою діагностичного коду користуватися не слід, для цього використовують діагностичні карти несправностей. Несправність виявляють під час огляду конкретної підсистеми.

При відображенні кодів несправності з допомогою лампи діагностики виводиться ознака справності діагностичного кола (код 12) і коди несправностей. Кожній несправності відповідає світловий код, що складається з певної кількості вмикань контрольної лампи «Check Engine». Кожен код виводиться тричі поспіль.

Порядок виклику коду несправності полягає в наступному. Перед початком робіт необхідно переконатися, що напруга акумуляторної батареї складає не менше 11 В, а дросельна заслінка повністю закрита. Важіль перемикачів передач механічної коробки знаходиться у нейтральному положенні. Двигун повинен бути прогрітий до робочої температури. Блок управління переводять у режим самоконтролю.

При виникненні несправностей у системі впорскування в процесі експлуатації автомобіля ЕБУ визначає їх наявність, попереджує про них водія лампою і зберігає в пам'яті коди, що означають характер несправності та полегшують діагностування системи впорскування пального. ЕБУ узгоджує роботу всіх датчиків і систем, що входять до складу системи впорскування пального. Він надійний, але боїться дуже великих кидків бортової напруги (несправність генератора, залипання стартера на працюючому ДВЗ, «прику-

рювання» від іншого автомобіля, використання для запуску пускового зарядного пристрою).

ЕБУ здійснює постійний самоконтроль більшості вхідних і вихідних сигналів і функцій системи управління. Вихід контрольованих параметрів за встановлені межі вказує на наявність несправності в роботі системи управління або 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 та запам'ятовуються в пам'яті ЕБУ.

Розрізняють поточну, одноразову та багаторазову несправності систем впорскування пального. Поточна несправність присутня в даний момент. Одноразова несправність – це дефект, який реєструє ЕБУ один раз за 2 хв. роботи системи управління. 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 хв. роботи системи управління. Інформація про багаторазову помилку зберігається в пам'яті ЕБУ постійно до відключення акумулятора або стирання кодів несправностей з допомогою діагностичного приладу ДСТ-2М.

Виникнення несправності у системі живлення супроводжується засвічуванням на панелі приладів автомобіля сигнальної лампи з індикацією «Перевірити двигун» («Check Engine»). Подібний стан не означає негайної зупинки двигуна. ЕБУ має дублюючу систему, яка дає можливість двигуну працювати у резервному режимі, забезпечуючи його практично нормальну роботу. При першій же можливості причина засвічування сигнальної лампи повинна бути встановлена на станції технічного обслуговування автомобілів. При несправності кола в ЕБУ заноситься відповідний код, що вказує на це. Правильний ремонт проводять шляхом усунення несправності або заміни датчика, використовуючи відповідну діагностичну карту.

Традиційні функції – зчитування і видалення кодів несправностей з реєстратора несправностей – дають можливість швидко знайти несправну деталь, а можливість тестування виконавчих ланок та знімання поточних даних дає можливість виявити ті несправності, які не вказуються у реєстраторі, наприклад, несправні температурний датчик або датчик тиску, похибки у показаннях яких не перевищують допустимих відхилень.

Якщо двигун працює нерівно, доцільно перевірити результати регулювання плавності холостого ходу. З допомогою даної функції блок управління підтримує у всіх циліндрах рівномірні оберти. Для цього з допомогою датчика ВМТ визначається характер частоти обертання в окремих циліндрах. Якщо оберти в одному з циліндрів занадто великі, то наступного разу кількість впорскуваного в цей циліндр пального зменшується, у разі повільніших обертів кількість впорскуваного пального збільшується. Несправний циліндр, як правило, «повільніший». Під час перевірки у цьому разі виявляється значне відхилення кількості впорскуваного пального у більший бік. Максимально допустиме відхилення складає 40%. Якщо при вимірюванні компресії було встановлено, що механічні деталі двигуна справні, скоріше за все, несправна форсунка. У цьому разі форсунки потрібно перевірити як електрично, так і гідравлічно, що дасть можливість запобігти їх передчасній заміні.



Блок управління (ЕСУД), намагаючись вирівняти роботу циліндрів, змінює величини циклових подач пального форсунками індивідуально для кожного циліндра, в комірки пам'яті записуються коефіцієнти зміщення, і тому частота обертання колінчастого валу двигуна буде більш рівномірно утримуватися на заданому рівні. Після проведеного ремонту форсунок старі коефіцієнти коригування, що запам'яталися, вже будуть викликати різнобій у роботі циліндрів. Потрібен тривалий час, щоб блок управління самостійно перевчився під нові умови. Тому однією з функцій діагностичного сканера повинна бути можливість обнулення комірок пам'яті коригування паливоподачі.

Для рівномірної роботи двигуна кожна форсунка узгоджується за спеціальним номером, що фактично означає коефіцієнт коригування паливоподачі у бік збільшення або зменшення величини впорскуваного пального. Також адаптація проводиться з метою зміни частоти обертання на режимі холодного ходу.

### **2.2.3. Діагностичні карти перевірки параметрів і пошуку несправностей**

Діагностичні карти – це формалізовані правила послідовної перевірки технічного стану елементів і вузлів систем впорскування. Вони призначені для виявлення несправності кола або елемента системи з допомогою логічних операцій, побудованих на методі виключення.

У системі вбудованої програми існують карти початкової перевірки кодів несправності та перевірки функціональних вузлів.

Діагностичні карти та опис порядку проведення робіт побудовані на основі використання конкретних засобів діагностування. Це діагностичні тестери ДСТ-2М, АСКАН-8 та інші прилади, що забезпечують інформацію про процеси, які відбуваються в системі управління двигуном. Відсутність сканера або тестера не дає можливості визначити несправність системи впорскування.

У процесі роботи ЕБУ здійснює постійну діагностику елементів і функцій управління ЕСУД. Інформація про наявність несправностей відображається вмиканням контрольної лампи. Застосовувані інструменти та засоби діагностики найефективніші, якщо наявні конкретні діагностичні карти та описи технологічних операцій проведення діагностики. Для швидкого й ефективного пошуку несправностей у всіх системах, якими управляє контролер, використовуються діагностичні карти.

**Найбільшого розповсюдження отримали узагальнені діагностичні карти типів А, В і С.** Діагностичні карти типу А – це процедура початкової перевірки системи управління двигуном. Діагностичні карти типу В – це карти несправностей. Діагностичні карти типу С містять карти перевірки вузлів та елементів системи управління двигуном.

Кожен тип діагностичної карти містить кілька розділів: «Загальні відомості», «Додаткова інформація» та «Діаграми пошуку несправностей». У розділі «Додаткова інформація» знаходиться опис умов перевірок, опис схеми занесення коду несправності, схеми з'єднань і різні пояснення до блока діаграми пошуку несправностей. Пошук і усунення несправностей

проводяться згідно з розділом «Діаграми пошуку несправностей». Під час діагностування будь-якої несправності необхідно починати з перевірки діагностичного кола.

Діагностичні карти дають можливість порівнювати діючі параметри автомобіля із середньостатистичними його параметрами, а також установлюють порядок (перелік кроків) пошуку несправностей. карти забезпечують швидкий і ефективний пошук несправностей системи управління двигуном.

Використання карти коду несправності без попереднього і точного аналізу може призвести до неправильного висновку й необґрунтованої заміни справних елементів системи впорскування пального. Після усунення несправності й очищення всіх кодів рекомендації слід перевірити. Повторну перевірку діагностичного кола проводять для того, щоб переконатися у правильності виконаного ремонту.

Діагностичні роботи слід починати з перевірки стану діагностичного кола. Перевірка діагностичного кола забезпечує початкову перевірку системи. Колодка діагностики використовується для контролю певних вхідних і вихідних сигналів ЕБУ. У процесі діагностування технічного стану системи впорскування необхідно дотримуватися прийнятої послідовності використання діагностичних карт. Порушення прийнятої послідовності може призвести до неправильних висновків оцінки технічного стану елементів системи живлення.

**Діагностичні карти типу А** – це процедура початкової перевірки систем впорскування пального, є вихідним документом перевірки системи впорскування пального і пов'язані з перевіркою діагностичного кола. Діагностичні карти типу А містять відомості про послідовність проведення перевірки діагностичного кола, оцінювання технічного стану контрольною лампою «Check Engine», проведення заходів у разі неможливості запустити двигун та інші карти загального характеру.

**Діагностична карта А-1** відповідає стану бортової системи при увімкненому запалюванні й супроводжується відсутністю світіння контрольної лампи «Check Engine», яка вказує на продовження подальших логічних дій. Якщо лампа не засвічується на короткий час при увімкненні запалювання, то необхідно за діагностичною картою перевірити подачу живлення на вимикач запалювання й ЕБУ, а також якість з'єднання ЕБУ з «масою».

При увімкненні запалювання і з непрацюючим двигуном лампа діагностики повинна засвітитися на короткий час і потухнути. Це ознака того, що вона справна, а ЕБУ готовий до функціонування. Напруга на перший контакт лампи надходить після того, як ЕБУ увімкне головне реле. Блок управління з'єднує другий контакт лампи з «масою».

Якщо лампа діагностики не засвічується або світить постійно, необхідно виконати такі дії:

- перевірити справність електричного проводу;
- перевірити наявність напруги на контакті розетки діагностики до увімкнення запалювання;
- перевірити наявність напруги на контактах розетки після увімкнення запалювання;

- перевірити кола заземлення між ЕБУ (контакт «14») і «масою» двигуна.

Якщо лампа діагностики світиться постійно, то можлива наявність поточної несправності управління або замикання проводу на «масу».

Опис перевірок включає послідовність операцій, пов'язаних перевіркою стану лампи діагностики, перевіркою функціонування кола управління лампою діагностики та перевіркою можливості передачі по каналу послідовних даних з блока управління на прилад ДСТ-2М.

**Діагностична карта А-2** характеризує відсутність даних з колодки діагностики, якщо постійно світить лампа «Check Engine».

Після установки перемички між контактами у розетці діагностики при увімкненому запалюванні та з непрацюючим двигуном лампа діагностики тричі видає код 12, після якого ідуть коди несправностей, що зберігаються в пам'яті. Код 12 означає, що в блок управління не надходить опорний сигнал з датчика положення колінчастого валу при зупиненому двигуні.

Ця операція дає змогу перевірити можливість передачі по каналу послідовних даних з блока управління на прилад ДСТ-2М. Після підключення приладу до розетки діагностики й увімкнення запалювання у правому верхньому куті екрана повинен з'явитися знак наявності інформаційного обміну між блоком і приладом ДСТ-2М.

При увімкненні запалювання лампа діагностики повинна засвітитися на короткий час і гаснути. Напруга вимикача запалювання подається через замкнуті контакти головного реле на перший контакт лампи діагностики. Блок управління вмикає лампу, замикаючи її на «масу» з допомогою проводу і контакту у з'єднувачі ЕБУ. Після установки перемички між контактами «10» і «12» у розетці діагностики ЕБУ виводить на лампу діагностики код 12 і коди несправностей, що зберігаються в пам'яті блока управління. Після підключення приладу ДСТ-2М до розетки діагностики, реалізуючи команди «ІМ» та «Лампа несправності», можна увімкнути лампу для контролю її справності. Опис технологічних перевірок полягає у наступному:

- перевірити заземлення проводу (Ч) на «масу» (точка Б), якщо лампа діагностики світить неяскраво;

- блок управління може видавати код 12 і при цьому не реалізувати інформаційний обмін з приладом ДСТ-2М. Якщо прилад ДСТ-2М не відображає параметри управління, а лампа діагностики видає, код 12, то слід перевірити прилад ДСТ-2М на справному автомобілі, а також перевірити на обрив у колі між контактом «55» розетки блока управління і контактом «11» у рознімачі колодки діагностики;

- якщо кола лампи справні, то несправний блок управління;

- якщо лампа діагностики світить постійно, але при цьому немає кодів несправностей управління, то можливе замикання проводу «22» (РГ) на «масу».

Дана операція пов'язана з перевіркою можливості передачі по каналу послідовних даних з ЕБУ на прилад ДСТ-2М, а також з установленням причини неможливості запуску – несправність ЕБУ чи електрообладнання, та з визначенням наявності в пам'яті ЕБУ кодів несправностей.

У цьому разі перевіряють наявність відхилень параметрів при увімкненому запалюванні і з непрацюючим двигуном, наявність відхилення температури охолоджувальної рідини.

Якщо вихід каналу послідовних даних на колодку діагностики (жовто-червоний провід з контакту «55» з'єднувача ЕБУ) замкнений на 12 В, а вивід послідовних даних не відбувається (карта А-2), то це пов'язано з відсутністю даних з колодки діагностики.

При увімкненому запалюванні і з непрацюючим двигуном контрольна лампа «Check Engine» повинна засвітитися після увімкнення запалювання і потухнути після запуску двигуна. Напруга після увімкнення запалювання надходить безпосередньо на контрольну лампу. ЕБУ управляє увімкненням лампи, замикаючи її на «масу» через зелено-білий провід, що йде до контакту «22» з'єднувача ЕБУ.

Блок управління може не видавати послідовні дані на контакт М колодки діагностики. Прилад ДСТ-2М відображає несправність з'єднань ЕБУ або його ППЗП. Електричні кола лампи «Check Engine» можуть бути справними.

Якщо лампа «Check Engine» продовжує світити, але не дуже яскраво і двигун не запускається, то слід перевірити надійність і чистоту контакту «18» ЕБУ. Якщо лампа «Check Engine» вимикається при роз'єднанні з'єднувача ЕБУ, то це означає, що коло управління лампою «Check Engine» не замкнуте на «масу». Постійне світіння контрольної лампи при відключенні ЕБУ свідчить про замикання на «масу» кола управління лампою «Check Engine».

**Діагностична карта А-3** пов'язана з параметрами, що характеризують частоту обертання колінчастого валу двигуна, при якій він не запускається. Колінчастий вал двигуна прокручується, але двигун не запускається або запускається, але зразу глухне. Стан акумуляторної батареї й оберти прокрутки в нормі. Пального в баку достатньо.

**Діагностична карта А-4** пов'язана з перевіркою технічного стану головного реле і силового кола системи управління.

При увімкненні запалювання вмикається головне реле і подається напруга на ЕБУ. Блок управління працює, а якщо під час запуску чи роботи двигуна підводиться напруга на його контакт «37» - напруга батареї відключається.

На контакт «18» ЕБУ живлення подається безпосередньо з акумуляторної батареї через плавку вставку та запобіжник.

**Діагностична карта А-5** пов'язана з перевіркою електричного кола системи подачі пального.

При увімкненні запалювання ЕБУ включає реле електробензонасосу (ЕБН), після чого він працює до тих пір, поки прокручується або працює двигун, і ЕБУ отримує опорні імпульси від датчика положення колінчастого валу.

**Діагностична карта А-6** дає можливість перевірити систему подачі пального.

При увімкненні запалювання ЕБУ включає електробензонасос. Він працює до тих пір, поки прокручується або працює двигун, і ЕБУ отримує опорні імпульси від датчика положення колінчастого валу.

Якщо опорні імпульси відсутні, ЕБУ вимикає ЕБН через 2 с після увімкнення запалювання.

ЕБН подає пальне у паливний гідравлічний акумулятор, де тиск пального в системі підтримується в діапазоні 285-235 кПа. Надлишок пального повертається у паливний бак. Коли двигун заглушений і запалювання вимкнене, ЕБН можна вимкнути, подавши живлення на контакт G у колодці діагностики. Потім перевіряється герметичність і з'єднання магістралі між ЕБН і регулятором тиску.

Залипання форсунок у відкритому стані найкраще визначається перевіркою свічок на наявність нагару або намокання. Якщо визначити негерметичність ЕМФ таким чином неможливо, то необхідно:

- зняти болти паливного гідравлічного акумулятора і відкрутити гвинт кріплення паливних трубок до скоби, залишивши трубопроводи під'єднаними;

- трохи підняти паливний гідравлічний акумулятор так, щоб сопла форсунок залишались у каналах;

- створити тиск пального приладом ДСТ-2М у «2-Контроль ИМ» і перевірити форсунки на герметичність візуально.

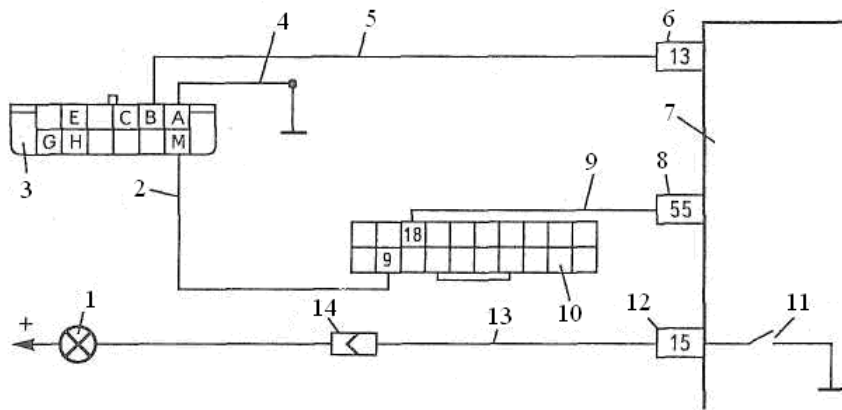
Порядок проведення діагностики полягає у зчитуванні коду несправності та перевірці електричних кіл функціонального датчика. Якщо кола і датчик справні, значить несправний ЕБУ. Виняток складає гідравлічне коло паливоподачі. Механічні регулювання у системі впорскування не передбачені. Щоб зберегти коди несправностей в пам'яті ЕБУ, заборонено від'єднувати виводи акумуляторної батареї навіть на короткий час, бо в цьому разі інформація з пам'яті стирається.

Якщо робота системи запалювання і параметри двигуна (компресія, протитиск у випускному тракті, зазори у газорозподільному механізмі) в нормі, а ДВЗ не запускається, то послідовність перевірки повинна бути такою, як описано далі.

Усе діагностичні роботи слід починати з перевірки діагностичного кола (рис. 2.10). Після огляду підкапотного простору це є першим кроком. Справна система при активації режиму відображення кодів несправності повинна видавати код 12.

Щоб почати зчитування кодів, необхідно замкнути контакти «10» і «12» діагностичної колодки (див. рис. 2.4), потім увімкнути запалювання, але двигун не запускати. Якщо лампа «Check Engine» не світить, то необхідно перевірити відповідний запобіжник у блоці запобіжників, патрон, шостий контакт у білому рознімачі комбінації приладів, чорно-білий провід і відповідний контакт з виводом А5 електронного блока. Якщо в цьому колі несправностей немає, то необхідно перевірити наявність напруги 12 В на виводах В1, С16, А6 блока управління. Якщо напруга на них є, то необхідно перевірити контакт виводів D1, А12 з «масою». Якщо контакт з «масою» є, то несправний ЕБУ.

Якщо лампа «Check Engine» горить, треба з'єднати виводи А і В колодки діагностики, якщо ж лампа не видає код 12 тричі поспіль, то необхідно перевірити, чи немає замикання на «масу» кола лампи. Для цього необхідно вимкнути запалювання, зняти рознімачі з ЕБУ і знову увімкнути запалювання.



**Рис. 2.10. Схема діагностування електричного кола:**  
 1 – сигнальна лампа; 2, 4, 5, 9, 13 – електричне коло; 3 – рознімач; 6, 8, 12 – контакт; 7 – ЕБУ; 10 – рознімач; 11 – коло живлення; 14 – резистор

Якщо лампа «Check Engine» горить, то необхідно усунути замикання на «масу», а якщо ні – то вимкнути запалювання, вставити рознімачі в ЕБУ, увімкнути запалювання і замкнути вивід А9 на «масу».

Якщо після цього лампа видає код 12, то пошкоджений або чорно-білий

провід, що з'єднує вивід В колодки діагностики з виводом А9 ЕБУ, або коричневий провід, що з'єднує вивід А колодки діагностики і вивід А12 ЕБУ з «масою». Якщо ж лампа не засвітилась, то необхідно перевірити правильність установки запам'ятовуючого пристрою ЕБУ: якщо він установлений правильно, то необхідно замінити його або ЕБУ. Якщо після видачі кодів несправностей та їх усунення двигун все одно не запускається або коди несправностей не видаються, то слід перевірити коло паливоподачі, роботу форсунки та її кола управління.

Перевірку кола паливоподачі треба проводити при достатньому рівні пального в баку (лампа резерву на покажчику рівня пального не горить) та з чистим паливним фільтром. Перевірку кола паливоподачі слід починати з перевірки роботи насосу. У цьому разі необхідно увімкнути запалювання, після чого насос повинен увімкнутися і працювати 2 с. Якщо це не відбувається, то необхідно перевірити коло електроживлення, рознімачі штекерів та реле насосу. Якщо напруга на виводах рознімача насосу відсутня, слід замінити електробензонасос.

Якщо насос працює, то необхідно перевірити тиск пального в системі, для чого підключити манометр до штуцера контролю пального, який розташований у паливній магістралі, й увімкнути запалювання. Під час роботи насосу тиск повинен бути у межах 0,19-0,21 МПа. Після вимкнення насосу через 2 с тиск повинен стабілізуватися і далі не падати. Якщо тиск падає, то через 15 с знову треба увімкнути запалювання і після зупинки насосу перетиснути паливний шланг між штуцером і модулем центрального впорскування. Якщо тиск не зменшується, то або трубопровід або його з'єднання негерметичні, або несправний регулятор тиску, який потрібно замінити. Якщо тиск так само падає, то слід повторити операцію, але перетиснути шланг треба між штуцером і паливним баком.

Стабілізація тиску вказує на негерметичність перетиснутої магістралі. Якщо тиск нижче 0,19 МПа, то необхідно з'єднати вивід G діагностичної колодки з «плюсом» акумуляторної батареї (при цьому насос буде працювати постійно) і перевірити магістраль на наявність витоків та роботу регулятора тиску, а також перевірити стан і надійність з'єднань кола електроживлення насоса. Якщо тиск вище 0,21 МПа, то необхідно перевірити магіст-

раль зливання. Для цього від'єднати гумову трубку зливної магістралі від металевої, вставити гумову трубку в технологічну ємність і увімкнути насос. Якщо тиск у нормі, значить засмічена магістраль зливання, якщо тиск так само вище 0,21 МПа, то треба перевірити зливу магістраль на ділянці від модуля до точки з'єднання магістралі. Якщо магістраль у нормі, треба замінити регулятор тиску.

**Перевірка форсунки впорскування.** Необхідно від'єднати штекер форсунки і перевірити наявність напруги живлення на виводах рознімача форсунки: вона повинна бути на обох виводах. Якщо на якомусь виводі її немає, то слід перевірити електричне коло і замикання на «масу» виводів D6 і D10 ЕБУ. Опір між виводами D9 і D10 джгута проводів повинен бути менше 1 Ом. При прокручуванні колінчастого валу стартером на рожево-чорному проводі повинна бути постійна напруга 12 В, а на блакитному проводі рознімача повинні бути імпульси напруги. Якщо імпульси є, то несправні форсунка або ущільнювальне кільце. Несправні деталі необхідно замінити. Якщо імпульсів немає, треба перевірити опір обмотки форсунки, який повинен бути у межах 1,51-1,53 Ом. Якщо опір в нормі, слід розмістити рознімач на форсунку і, прокручуючи стартером колінчастий вал, переконатися, що форсунка розпилює пальне (для цього треба зняти кришку повітряного фільтра). Якщо це не відбувається, то форсунку слід замінити.

Колодка діагностики використовується для визначення вхідних і вихідних сигналів ЕБУ. Програма «Мотор-тестер» зчитує і відображає інформацію, яку ЕБУ передає на колодку діагностики.

Правильна послідовність діагностування технічного стану системи впорскування передбачає виконання трьох основних етапів.

**Перший етап** пов'язаний з перевіркою роботоздатності бортової системи діагностики. Вона здійснюється шляхом виконання перевірки діагностичного кола, тому що є відправним пунктом діагностування або пошуку причини невиконання норм токсичності. Якщо бортова система діагностування не працює, то перевірка діагностичного кола виводить на конкретну діагностичну карту. Якщо бортова діагностика працює справно, переходять до наступної операції.

**Другий етап** пов'язаний з перевіркою кодів несправностей. Якщо є код несправності, необхідно звернутися до діагностичної карти з відповідним номером. Це дає можливість визначити наявність і причину виникнення несправності (несправність проводки, датчика або ЕБУ). Потім треба повторно визначити, чи збереглась несправність. Якщо код несправності відсутній, переходять до наступного кроку.

**Третій етап** пов'язаний з контролем та аналізом даних, які передає ЕБУ, що здійснюється шляхом зчитування інформації з допомогою програми «Мотор-тестер» або діагностичного приладу ДСТ-2М. Живлення ЕБУ можна відключити, від'єднавши «мінусовий» провід від акумуляторної батареї.

На щупи тестера слід закріпити затискачі типу «крокодил». Якщо коло не має штатних опорів (вугільних щіток колектора, резисторів ротора розподільника запалювання або обмоток), то стрілка омметра повинна вказувати положення «0». Такі електричні кола завжди слід перевіряти на нижній межі вимірювань омметра.

Роботу електричних кіл під напругою перевіряють вольтметром. Перевірити можна тільки кола низької напруги. Межа їх вимірювань, крім лінії «котушка запалювання-переривач», складає 0-15 або 0-25 В з постійним струмом.

«Мінусовий» провід (щуп) тестера надійно з'єднують з «масою» (краще з «мінусовою» клемою акумулятора), а «плюсовий» - зі споживачем та джерелом струму. Перевірка діагностичного кола адресує оператора до певних технологічних карт, які відсилають до інших взаємопов'язаних операцій. У процесі роботи слід суворо дотримуватися послідовності, вказаній у діагностичних картах. Порушення прийнятої послідовності діагностування може призвести до неправильних висновків і заміни справних вузлів.

Перевірка діагностичного кола відсилає і до інших карт. Використання карти без попередньої перевірки діагностичного кола не допускається. Після усунення всіх несправностей та очищення всіх кодів рекомендується повторити перевірку діагностичного кола, щоб переконатися у правильності ремонту.

**Діагностичні карти несправностей В** застосовують при виявленні порушення технічного стану елементів систем впорскування, занесених у пам'ять ЕБУ. У разі відсутності коду несправності або якщо він непостійний, ця частина допомагає оператору визначити конкретну несправність. У цьому разі діагностування повинне також починатися з перевірки діагностичного кола. Діагностичні карти типових несправностей типу В дають можливість перевірити описане далі.

**Діагностична карта В-1** – стан системи управління перед запуском двигуна.

**Діагностична карта В-2** – наявність ривків та провалів під час роботи автомобіля.

**Діагностична карта В-3** – недостатність потужності та приємистість автомобіля.

**Діагностична карта В-4** – наявність детонації.

**Діагностична карта В-5** – перебої в роботі двигуна.

**Діагностична карта В-6** – підвищену витрату пального.

**Діагностична карта В-7** – нестійку роботу або зупинку двигуна на режимі холостого ходу.

**Діагностична карта В-8** – підвищену токсичність ВГ.

**Діагностична карта В-9** – розжарювальне запалювання.

**Діагностична карта В-10** – таблицю ознак несправностей.

**Діагностична карта В-11** – з'єднання ЕБУ.

Перевірка діагностичного кола є першим кроком до виявлення несправності в системі управління двигуном. Розуміння і правильне використання карти типу В скорочує час діагностування й попереджує необґрунтовану заміну справних компонентів системи управління.

**Діагностичні карти типу С** призначені для перевірки вузлів системи впорскування пального в конкретному автомобілі. При наявності особливостей конструкції систем впорскування діагностичні карти повинні відображати цю особливість, забезпечувати перевірку вузлів та елементів системи впорскування пального. Вони містять інформацію щодо перевірки елементів системи впорскування пального, а також щодо їх обслуговування, крім



того, відомості про елементи системи подачі пального, про систему запалювання, систему управління кондиціонером та ін.

**Діагностична карта С-1** - «Перевірка датчика положення дросельної заслінки» включає такі технологічні операції:

- перевірка напруги сигналу датчика положення дросельної заслінки на режимі холостого ходу;

- зміна положення дросельної заслінки, при цьому напруга сигналу датчика повинна змінюватися пропорційно відкриттю дросельної заслінки.

З повністю відкритою дросельною заслінкою напруга сигналу повинна бути вище 4 В. Якщо при від'єднання проводів напруга сигналу перевищує 2,5 В, то це може спричинити утруднений запуск через настання режиму очищення «залитого двигуна». Цей режим вмикається, якщо частота обертання колінчастого валу дорівнює  $420 \text{ хв}^{-1}$ , а вхідний сигнал датчика положення дросельної заслінки показує, що дросельна заслінка відкрита більше, ніж на 80%.

Можливі причини несправності: замикання на джерело живлення кола вихідного сигналу датчика, обрив у колі заземлення датчика або несправність датчика.

Технологія перевірки полягає у підключення приладу ДСТ-2М, виборі меню «1-Параметр» та «3-Загальний перегляд». Якщо дросельна заслінка закрита, то напруга сигналу датчика положення дросельної заслінки повинна бути 0,25-1,25 В. Слід відпустити трос датчика положення дросельної заслінки, забезпечивши повний хід і невелике ослаблення при закритій дросельній заслінці холостого ходу.

**Діагностична карта С-2** - «Баланс форсунок» (порівняння параметрів різних форсунок один з одним). При проведенні перевірки для всіх форсунок повинні бути створені однакові умови тестування (використання тільки одного тестера форсунок, одного манометра тиску пального, живлення від одного акумулятора, тестування при однаковій температурі пального і т. д.). Тестер перевірки форсунки забезпечує можливість її увімкнення певну кількість раз протягом визначеного періоду часу, тобто для впорскування відомої дози пального у ВГ.

Падіння величини тиску в паливному акумуляторі, що виникає в результаті перевірки, може бути зареєстроване і використане для порівняння технічного стану форсунок. Усі форсунки повинні викликати однакове падіння тиску пального (допустиме відхилення  $\pm 20\%$  від середнього значення).

Щоб виключити неправильні показання, спричинені кипінням пального під час відстою при високій температурі, необхідно дати двигуну охолонути (протягом 10 хвилин). З вимкненим запалюванням під'єднати манометр до штуцера для контролю тиску пального, обгорнувши при цьому штуцер ганчір'ям, щоб уникнути проливання пального. А перед початком перевірки слід увімкнути запалювання, з допомогою приладу ДСТ-2М увімкнути електричний бензонасос і вимкнути його через 10 с.

## Контрольні запитання

1. Як виконується кодування несправностей?
2. Як забезпечується попередження несправностей та відмов двигуна?
3. Як зчитувати коди несправностей двигуна?
4. Яке призначення контрольної лампи?
5. Як блок управління ЕСУД забезпечує вирівнювання роботи циліндрів?
6. Які існують типи кодів помилок?
7. Коли і як виконується стирання кодів помилок?
8. Яке призначення діагностичних карт?
9. Які існують діагностичні карти?
10. Як виконують перевірку форсунок впорскування?

### 2.2.4. Нестійкі коди несправностей і стирання кодів

**Нестійкі коди несправностей**, на відміну від звичайних стійких «жорстких» кодів, можуть не бути записані у пам'яті модуля на момент тестування діагностом автомобільних систем. Інша назва даного класу кодів спорадичні або «м'які» несправності. Дані несправності характерні випадковим характером свого прояву. Це може бути вологість у рознімачах датчиків з високим імпедансом (високоомних), брязкіт контактів, несправності проводки, кліматичні або миттєві механічні порушення, перешкоди у системі запалювання, наведені пристроями мобільного зв'язку і т. д. Тобто все те, що через деякий час самостійно приходить в норму й укладається в діапазони допустимих значень. Хоча код такої несправності все таки записується в пам'ять модуля управління і зберігається протягом 40-80 циклів запуску двигуна. З кожною новою повторною появою однієї й тієї самої несправності лічильник відліку часу скидається в нульове значення, а лічильник кількості повторень інкрементується. Так продовжується аж до закінчення часу зберігання коду несправності, після чого код або витісняється з пам'яті, або скидається, якщо дана несправність за вказаний час не повторилась. Для режиму нестійких кодів можна визначити не тільки сам факт спорадичного або випадкового прояву коду несправності, але й інтенсивність відмови за весь період зберігання коду.

У діагностиці VAG існують 3 лінії даних, які служать для можливості обміну інформацією між модулями управління і сканером, що підключається до діагностичного рознімача автомобіля. Частіше за все це лінії відкритого типу і зовсім не мають хоч якого-небудь екранування. Вони реалізовані на тих самих провідних з'єднаннях, на яких реалізована решта проводки автомобіля. Саме тому діагностичні лінії дуже уразливі і можуть зазнавати впливу імпульсних та монотонних перешкод, які часто виникають й особливо інтенсивні в умовах сервісу з комплексним проведенням робіт з обслуговування автомобілів (наприклад, з електрозварюванням). Якщо наявні такі перешкоди, зв'язок між автомобілем і сканером стає нестійким, а інколи зовсім неможливим. Найнеприємніше у цьому те, що дані перешкоди достатньо сильно спотворюють сигнали, що передаються, вимагають їх багатократного повторення і знижують достовірність параметрів і значень, що отримуються і відображаються на екрані приладу або у програмі. Аж до по-

яви хибних кодів несправностей або затінення тих, що дійсно існують, але не відображаються через наявність перешкод або ретрейнів зв'язку. Виходячи із викладеного, VAG жорстко обмежує довжину комутаційних проводів між автомобілем і сканером, фіксованим значенням 5 метрів. В умовах середнього сервісу цього буває більш, ніж достатньо.

**Ретрейн** – короткочасний обрив і самостійне відновлення зв'язку модулем управління з діагностичним обладнанням без участі діагноста. Може виникати, якщо є «брудна» шина даних, надлишковий конденсат у салоні автомобіля, підвищений рівень перешкод, низька навантажувальна здатність лінії, пов'язаної з паралельним з'єднанням різнотипних модулів управління «на одному проводі». Є вимушеною реакцією модуля на обрив зв'язку, що може усуватися (відновитися без необхідності повторної ініціалізації), і служить для можливого продовження процесу обміну між сканером і автомобілем протягом одного діагностичного сеансу.

**Ініціалізація.** Більшості автомобілів для того, щоб ввести модуль управління у режим тестування, необхідна процедура ініціалізації. Ця процедура може бути використана як одночасно по двом діагностичним лініям K-Line і L-Line, так і тільки по одній з них. Як правило, лінія «K» двоспрямована, а лінія «L» односпрямована і задіяна на більшості систем тільки в процесі ініціалізації або діагностики за повільними кодами з допомогою зовнішнього або контрольного індикатора на панелі приладів. Зустрічаються варіанти і з односпрямованою «K» лінією, що працює тільки на вхід даних, звичайно на модулях управління двигуном. У таких випадках лінія «L» відповідає тільки за ініціалізацію, а лінія «K» тільки за прийом даних з модуля.

Процес ініціалізації полягає у зовнішньому (по відношенню до автомобіля) втручанні діагноста в роботу модуля, в результаті якого вихідні потенціали на перерахованих «K-L» лініях падають до рівня логічного нуля. Мовби замикаються на масу. У звичайному режимі на цих лініях присутня позитивна слабкострумова напруга живлення, яка доходить інколи до напруги в бортовій мережі автомобіля. Будь-яке обладнання VAG, що підключається до діагностичного рознімача автомобіля, проводить процедуру ініціалізації модуля управління подібним чином.

**Стирання кодів помилок.** Ця процедура здійснюється до початку діагностування і ремонту, щоб відрізнити постійні коди від непостійних. Перед стиранням слід записати всі коди, що зареєстровані. Після стирання коди постійних несправностей відразу ж відновляться.

Після ремонту коди помилок видаляють, інакше ЕБУ буде помилково враховувати їх при управлінні двигуном або другою системою. Використовується три методи стирання кодів помилок.

1. Найкращий і найчастіше рекомендований виробниками – стирання кодів за командою від сканера, що підключається до діагностичного рознімача. На деяких моделях таку процедуру ЕБУ не підтримує.

2. Якщо немає сканера або ЕБУ не підтримує стирання кодів сканером, слід відключити живлення ЕБУ, від'єднавши запобіжник. Наприклад, на багатьох моделях у цьому разі слід відключати запобіжник живлення системи подачі пального. Разом з кодами помилок з пам'яті ЕБУ зітреться й інформація для адаптивного управління.

3. Відключення шини (-) акумулятора. При цьому стираються й адаптивна інформація з ЕБУ, і установки власника в пам'яті годинника, радіоприймача і т. д. Це найгірший спосіб.

**Стирати коди не можна, поки не визначена несправність.**

## **2.3. Діагностування двигуна бортовою системою самоконтролю**

### **2.3.1. Забезпечення умов реалізації самоконтролю**

Пристрої обробки аналогових сигналів витісняються пристроями обробки і представлення сигналів у цифровій формі. Для цього в засобах технічного діагностування широко використовується мікропроцесорна техніка, в тому числі одноплатні й однокристальні мікроЕОМ. Мікропроцесорні пристрої дають можливість обробляти дані за досить складними алгоритмами, здійснювати операції порівняння отриманих даних з еталонними, представляти інформацію у формі, найзручнішій для сприйняття. Введення до складу приладів обчислювально-управляючих пристроїв значно ускладнило їх структуру, але й збільшило технічні можливості. До цього ж привели характерні для сучасної апаратури збільшення обсягу даних, що підлягають збиранню й обробці, зростання кількості каналів, у яких накопичується інформація, збільшення кількості параметрів сигналів, що надходять від датчиків.

При побудові сучасної апаратури широке розповсюдження отримав магістрально-модульний метод, згідно з яким вимірювальні прилади компонуються з конструктивно завершених і сумісних один з одним елементів або модулів, що у свою чергу інформаційно об'єднуються через спеціальні системи зв'язку (інтерфейси). Значний обсяг електронних пристроїв у системах діагностування реалізується на великих інтегральних схемах (ВІС), тому для забезпечення надійної і безвідмовної роботи приладів і швидкої локалізації дефектних елементів необхідно здійснювати періодичне тестування (самодіагностування) цих ВІС як автономно, так і у складі апаратури діагностування. У першу чергу це стосується мікропроцесорів, оперативних і постійних запам'ятовуючих пристроїв, операційних підсилювачів, аналого-цифрових та цифро-аналогових перетворювачів та інших елементів і блоків.

Як правило, об'єкт самоконтролю знаходиться у пасивному стані, в якому він нічим не проявляє свою внутрішню сутність, у тому числі й свої несправності. Щоб примусити об'єкт проявити свої переваги або недоліки, його необхідно активізувати, тобто перевести в інший, образно кажучи, «прозорий» стан, зручніший для розгляду й аналізу. Наприклад, подати на нього стимулюючий вплив, змінити умови зовнішнього середовища і т. п.

**Тому першою умовою реалізації самоконтролю є, по-перше, принципова можливість існування такого «прозорого» стану, а по-друге – наявність засобів активізації, необхідних для переведення об'єкта в такий стан. Засоби активізації можуть бути як зовнішніми, так і внутрішніми відносно об'єкта.**

**Наступною умовою реалізації самоконтролю є існування певних ознак і діагностичних параметрів активізованого об'єкта, які прямо чи опо-**

середковано пов'язані з його станом (якістю), а також наявність засобів для оцінювання цих ознак. В об'єктах транспортних машин та авіаційної техніки такими ознаками є технічні параметри, які визначають технічний стан об'єктів: коефіцієнт передачі, чутливість, напруга, струм, частота, провідність, тиск і т. д. Указані ознаки вимірюють, обчислюють, контролюють з допомогою засобів діагностування.

І, нарешті, **третьою умовою реалізації самоконтролю** є наявність правила прийняття рішення (вирішального правила), а також наявність засобів для реалізації цього правила. Вирішальне правило – це певна послідовність арифметико-логічних операцій, які необхідно виконати з отриманими оцінками ознак об'єкта для визначення результату самоконтролю. Тип вирішального правила залежить від типу і мети самоконтролю. Засоби реалізації вирішального правила також можуть бути як у складі об'єкта самоконтролю, так і поза ним.

Множина умов реалізації самоконтролю складається з двох підмножин, які відображають методичне й інструментальне забезпечення завдань самоконтролю. Підмножина методичних умов вимагає відповідей на такі запитання:

1. Як активізувати – в який з «прозорих» станів необхідно перевести об'єкт?

2. Що оцінити – які ознаки активізованого об'єкта необхідно оцінити?

3. Як вирішувати – яке вирішальне правило необхідно застосувати?

Підмножина інструментальних умов вимагає відповідей на такі запитання:

1. Чим активізувати – якими засобами активізувати об'єкт?

2. Чим оцінити – якими засобами оцінити ознаки активізованого об'єкта?

3. Чим вирішувати – якими засобами реалізувати вирішальне правило?

Отже, міра участі власних засобів об'єкта в реалізації самоконтролю може бути різною. У крайньому разі, якщо власні засоби об'єкта забезпечують усі три умови реалізації самоконтролю (активізацію об'єкта, оцінювання ознак і прийняття рішення), маємо незалежний від зовнішніх засобів повноцінний самоконтроль. В іншому крайньому разі, якщо всі три умови забезпечуються зовнішніми засобами, самоконтроль переходить у контроль. Проміжні варіанти можна віднести або до контролю, або до залежного самоконтролю, приймаючи до уваги те, які засоби вважати пріоритетними. Як правило, пріоритет надають засобам реалізації вирішального правила.

Розглянемо, наприклад, умови контролю стану здоров'я людини за її температурою. Перша умова – це активізація об'єкта шляхом установлення контакту її тіла з термометром. Друга умова – оцінювання температури тіла шляхом відліку показань приладу. Третя умова – реалізація вирішального правила: «якщо температура нижча або дорівнює 37 °С, людина здорова, якщо вища – хвора». Залежно від того, ким забезпечується виконання перерахованих умов (суб'єктом самоконтролю або іншою особою), описаний експеримент можна віднести в одному випадку до самоконтролю, в іншому – до контролю. Отже, межа між контролем і самоконтролем доволі умовна, й основні відмінності між ними лежать не в методичному, а в ресурсному плані, оскільки самоконтроль має більш обмежені ресурсні можливості, ніж

контроль. Тому реалізація самоконтролю часто пов'язана з пошуком нестандартних прийомів, додатковими затратами на створення засобів, які компенсують ресурсний дефіцит. Але понесені затрати обов'язково окупаються, оскільки наявність самоконтролю забезпечує високу готовність об'єкта і заощадження засобів на його експлуатацію.

**Типові операції щодо організації самоконтролю.** Одними з перших робіт, у яких описувалися способи самоперевірки технічних систем, були роботи з обчислювальної техніки. Першість тут пояснюється тим, що засоби обчислювальної техніки більше, ніж які-небудь інші, пристосовані до реалізації описаних умов самоконтролю, особливо це стосується реалізації третьої умови – прийняття рішення. Крім того, враховуючи складність засобів обчислювальної техніки, високу ймовірність її відмов і збоїв, дуже швидко прийшло усвідомлення того, що підтримка на належному рівні показників надійності та достовірності цих засобів неможлива без застосування самоконтролю.

В одній з перших робіт указанного напрямку сформульована типова технологія організації самоконтролю складних систем, яка складається з трьох послідовно виконуваних операцій. [29]

**Перша операція** – розбиття системи. Складну технічну систему (технічний об'єкт) поділяють на низку ієрархічних підсистем з таким розрахунком, щоб будь-яку з них, за винятком найстаршої в ієрархії, можна було перевірити однією або кількома сусідніми підсистемами. Для того, щоб підсистема  $S_j$  могла перевірити підсистему  $S_i$ , необхідно, щоб усі входи підсистеми  $S_i$  були під впливом, а всі виходи – контролювались підсистемою  $S_j$ .

Це досягається вибором у підсистемі  $S_i$  відповідних пар точок вхідних та вихідних сигналів і з'єднанням їх з відповідними входами (виходами) підсистеми  $S_j$  через ті, що є, або ж додатково організовані канали зв'язку (рис. 2.11) [29]. При цьому підсистема, що перевіряє, (діагностична підсистема) повинна мати певний обсяг пам'яті та можливість виконувати арифметико-логічні операції для прийняття рішення. Крім того, вона не повинна мати спільних елементів з підсистемою, яку перевіряє. Наприклад, система, показана на рис. 2.11, поділена на дев'ять підсистем. З них нульова, перша і друга – діагностичні. Решта ті, що перевіряються з допомогою діагностичних систем. Пунктиром показані додатково організовані канали зв'язку.

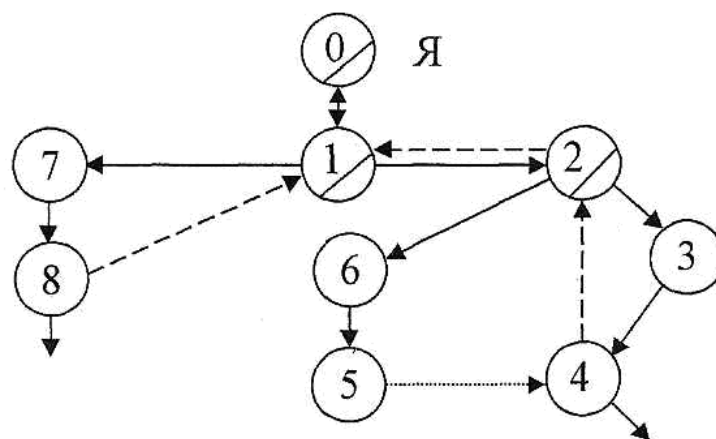


Рис. 2.11. Розбиття системи на низку ієрархічних підсистем

**Друга операція** – виділення і контроль «ядра». Найстарша в ієрархії підсистема, яка названа у наведеній роботі «ядром» (hard core), перевіряється завчасно і, як правило, вручну з допомогою зовнішніх засобів. Вона не повинна мати відмов у стартовому стані перед початком самоконтролю і за своєю сутністю служить основою усіх подальших операцій самоконтролю. Обсяг технічних засобів «ядра» вибирають мінімальним, враховуючи складність його перевірок.

**Третя операція** – розповсюдження перевірок від «ядра» до підсистем. З допомогою технічних засобів «ядра» проводиться перевірка старшої після «ядра» підсистеми, а за нею – підсистеми нижчого рівня і т. д. Наприклад, у системі, зображеній на рис. 2.11, «ядро» (підсистема 0) перевіряє діагностичну підсистему 1, а також підсистеми 7 і 8. Діагностична підсистема 2, яка перевіряє підсистеми 3, 4, 5, 6, перед цим сама перевіряється з допомогою підсистем 1 і 0.

Реалізація функцій самодіагностики основана на можливостях електронних систем, що вже використовуються в автомобілі для безперервного контролю і виявлення несправностей з метою збереження діагностичної інформації. Діагностування може проводитися як з непрацюючим двигуном, так і під час його нормального функціонування. Методи діагностування основані на перевірці правильності роботи електричної мережі автомобіля, вимірюванні характеристик сигналів у визначених точках схеми на заданих режимах роботи й порівнянні цих характеристик з установленими нормальними значеннями, а також на аналізі відповідей при подачі тестувальних сигналів.

Самодіагностика двигуна характеризується виконанням кількох вимог. [23, 24, 25, 26]

1. Контроль за роботою складних систем і вузлів. Конструкція двигуна, що все більше ускладнюється, робить можливості самодіагностики достатньо важливими для виявлення й усунення несправностей. Метою є інтегрування всієї системи у процес діагностики.

2. Захист вузлів і деталей, які підпадають під особливий ризик у разі появи несправностей. В якості прикладу можна навести захист каталітичного нейтралізатора, що реагує на пропуски запалювання у двигуні. Система реагує на певну частоту появи пропусків запалювання, відключаючи подачу пального у несправний циліндр, щоб запобігти перегріванню нейтралізатора.

3. Робота в аварійній ситуації згідно з величинами, прийнятими «за замовчуванням». Наприклад, у разі виходу з ладу датчика навантаження (який визначає масову витрату повітря) генерується сигнал його заміни, який ґрунтується на значеннях частоти обертання колінчастого валу та положення дросельної заслінки.

4. Інформування водія про несправності системи діагностики з допомогою індикаторних ламп, дисплеїв або акустичних пристроїв попередження.

5. Зберігання точної інформації. Система зберігає в ЕБУ попереджувальну інформацію й дані про окремі несправності. Також у запам'ятовуючому пристрої зберігаються дані про умови роботи двигуна на момент виявлення помилки.

6. Доступ до збережених помилок. Дані, що зберігаються в пам'яті системи самодіагностики під час роботи автомобіля, можуть бути передані на

діагностичний стенд з дисплеєм через послідовно підключений багатоканальний вхід (порт).

7. Індикація даних про помилки у формі блимаючого коду на панелі приладів. Це допомагає обслуговуючому персоналу прискорити діагностику шляхом звуження поля можливих джерел несправностей.

Можливим несправностям присвоєні визначені коди, які при діагностуванні та наявності даної несправності заносяться в пам'ять електронного блока управління і виносяться на індикатори панелі приладів автомобіля. У деяких системах визначити код несправності можна за черговою спалахів сигнальної лампи через певні інтервали часу.

У більшості систем цифровий код може бути виведений на рідкокристалічний екран. Нарешті, у найскладніших системах на екран може бути виведена інформація не тільки про несправності, але й перелік необхідних заходів, які повинен виконати водій у зв'язку з появою несправності або для її усунення.

«Самодіагностика» призначена для оперативного зчитування інформації про несправності та відмови, накопиченої у процесі поточної експлуатації автомобіля. Для накопичення інформації про несправності використовується вбудований діагностичний блок управління, який може запам'ятати не менше 3-5 несправностей одночасно.

Функція самодіагностики закладена в електронний блок управління і може бути застосована для штатного електронного контролю роботи всіх систем автомобіля: двигуна, автоматичної коробки передач, антиблокувальної системи гальм, протибуксувальної системи ведучих коліс і системи стабілізації руху автомобіля, контролю клімату і т. ін.

Код несправності запам'ятовується при надходженні сигналу про несправність. Сигнал може негайно відображатися при натисненні випробувальної кнопки на діагностичному блоці. Блок управління має пам'ять для запам'ятовування кодів несправностей та адаптивну програму, яка здатна зберігати інформацію протягом заданого часу.

Для пошуку несправностей у контрольованих системах потрібне під'єднання спеціального вимірювального блока – діагностичного ключа, що дає можливість визначити місце і характер несправності. Діагностичний ключ під'єднується до діагностичного блока. Зчитування і запис кодів несправностей, виявлених у системі, яку контролюють, виконується з дотриманням необхідних заходів експлуатаційної документації на автомобіль. Розпізнавання й усунення несправностей виконують згідно з таблицею кодів несправностей.

### **2.3.2. Можливості бортової системи самодіагностики**

Найпростішим і найрозповсюдженішим методом діагностування системи управління дизельним двигуном з АСПП є діагностування з використанням вбудованої бортової системи самодіагностики. Такий варіант діагностування полягає у наступному: кожен блок управління системами транспортного засобу має вбудований алгоритм самодіагностики датчиків, виконавчих елементів і кіл електропроводки; в системах пов'язаних з екологічними обмеженнями (ЕСУД) та аварійних системах (подушки безпеки) мо-



жуть застосовуватися багаторівневі алгоритми діагностування компонентів. Блок управління слідкує за виходом з ладу електричних блоків і передає результати в пам'ять несправностей. Інформація про результати самодіагностування зберігається у спеціально зарезервованих комірках пам'яті блока управління, відкіля вона може бути виведена на діагностичний рознімач. Зчитування інформації з діагностичного рознімача може здійснюватися з допомогою діагностичного сканера або тестера. Сучасні універсальні діагностичні сканери дають можливість здійснювати до 6 рівнів діагностування:

- рівень ідентифікації системи управління;
- зчитування з пам'яті кодів несправностей;
- зчитування фактичних параметрів (потoku даних, Data Stream);
- управління виконавчими механізмами;
- проведення узгодження, адаптації та навчання окремих компонентів або підсистем;
- зчитування результатів спеціальних екологічних тестів, які проводить система самодіагностики під час руху транспортного засобу.

Діагностування з допомогою системи самодіагностики не дає достатньої кількості інформації для достовірної постановки діагнозу. В алгоритмі роботи сучасної бортової системи самодіагностування можна виділити кілька рівнів функціонування.

Перший рівень – перевірка сигналів датчиків, установлених в системі. Перевіряється версія: чи не виходить сигнал датчика за межі допустимого діапазону.

Другий рівень перевірок – порівняльний. Оцінюється ймовірність того, що датчик, який тестують, дійсно може мати такий рівень сигналу саме на даному режимі, тобто по відношенню до сигналів з інших датчиків.

Третій рівень перевірки – оцінюється динамічна зміна сигналу в часі.

Четвертий рівень перевірки полягає в наступному. Якщо бортова система управління поставила діагноз про справність датчика, то з його допомогою оцінюється динаміка самого процесу, що відбувається в системі. Наприклад, за сигналом датчика масової витрати повітря оцінюється правильність функціонування системи рециркуляції відпрацьованих газів.

Інформація, яку передає бортова система самодіагностики на діагностичний рознімач, містить:

- коди наявних несправностей;
- фактичні дані процесів, якими управляють;
- показання різних датчиків у вигляді напруги й у вигляді зведених фізичних величин;
- результати проведеного тестування підсистем системи управління.

Постановка діагнозу здійснюється за наступним алгоритмом: зчитування області пам'яті несправностей, якщо несправності є, то здійснюється перевірка параметрів системи, пов'язаних з елементом, що спричинив помилку.

Параметри, які відображає діагностичний сканер, порівнюються з еталонними значеннями для даного режиму. У разі виходу значення параметра за межі допуску ставиться висновок про можливу причину несправності на основі технічної документації. Якщо ж елементом, який перевіряють є не датчик, а виконавчий елемент або підсистема в цілому, то за командами діа-

гностичного сканера елемент (підсистема), яку тестують, вводиться в тестовий режим. Підсистема справна, якщо граничним умовам задовольняють, як управляючий сигнал, так і відгук системи на цей управляючий сигнал. Відгук на управляючу дію сприймається як зміна сигналів датчиків, установлених у підсистемі, яку тестують.

Якщо оцінювати метод «самодіагностики» з точки зору часових затрат, то він є «найшвидшим». Затрати часу на проведення тестового діагностування, можна розділити на такі операції:

- підключення діагностичного сканера до діагностичного рознімача;
- ідентифікація блока управління та встановлення зв'язку;
- зчитування кодів несправностей;
- постановка попереднього діагнозу на основі рекомендацій експертної системи за зчитаними помилками;
- зчитування параметрів, які відображає система самодіагностики, й порівняння їх з допустимими за технічною документацією;
- проведення тестів виконавчих механізмів (у разі необхідності);
- постановка остаточного діагнозу та відключення діагностичного сканера.

### **2.3.3. Системи самоконтролю електронних систем двигуна**

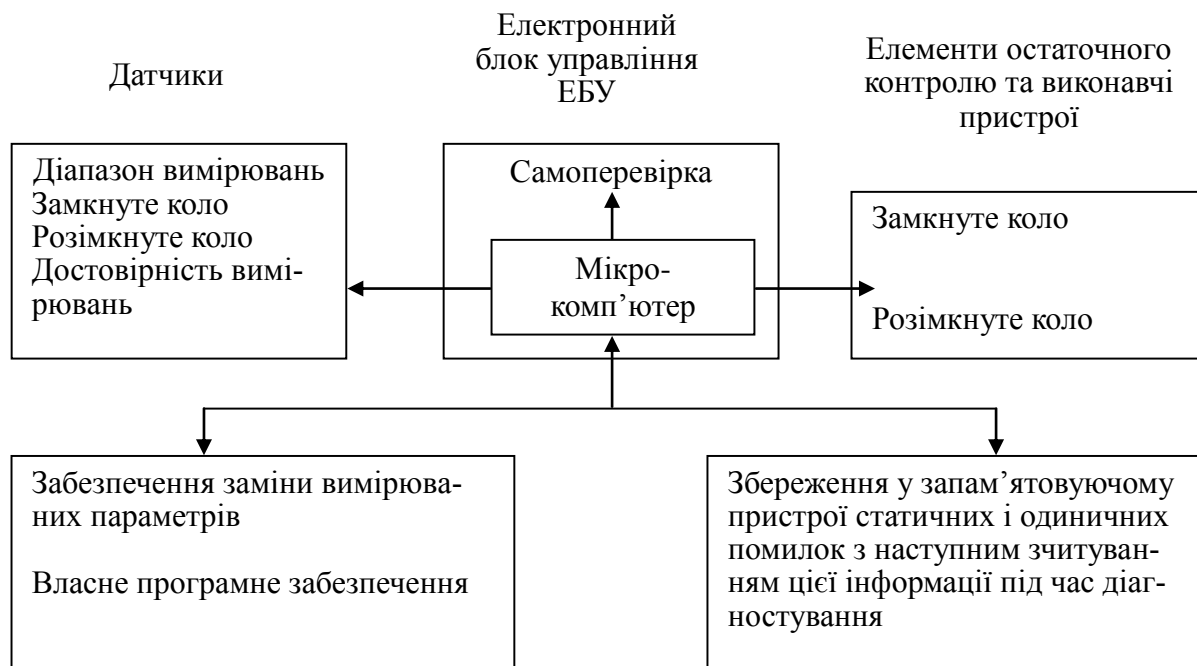
Домінуюча роль, яку відіграють електронні системи у двигуні, змушує приділяти підвищену увагу проблемам, пов'язаним з їх обслуговуванням. Крім цього, через те, що основні функції двигуна стають усе більш залежними від електронних систем, ці системи повинні задовольняти достатньо жорстким вимогам щодо надійності.

Вирішення цих проблем полягає у включенні функцій самоконтролю в електронну систему. Наприклад, ЕБУ здійснює самоперевірку свого функціонування наступним способом: програмовані чипи пам'яті зберігають тестові комбінації, які можуть поновлюватися і використовуватися з метою порівняння. Для запам'ятовуючих пристроїв застосовується порівняння з підсумковими даними випробувань для гарантії того, що всі дані та програми зберігаються у цих пристроях належним чином (рис. 2.12).

Датчики випробовують на точність отриманих від них даних (у встановлених межах); так само перевіряють розімкнуті та замкнуті кола. Кінцеві елементи управління можуть бути випробувані під час їх роботи з використанням граничних значень струму.

Зовнішні випробувальні пристрої використовують інтерфейси, регламентовані у стандарті ISO 9141. Послідовний багаторядний вхід-вихід (порт) забезпечує підтримку швидкості передачі інформації в діапазоні значень від 10 Бод до 10 кБод (Бод – одиниця швидкості передачі інформації, дорівнює кількості елементарних електричних сигналів, переданих по лінії зв'язку за одну секунду). При цьому використовується одно- або двопровідний порт, що дає можливість приєднати до центрального діагностичного рознімачі відразу кілька управляючих блоків.

У випробувальному блоці здійснюється контроль періоду між подачами імпульсів з метою визначення швидкості передачі інформації (в Бодах) передавачем, що підтримується автоматично. Байти кодів визначають протокол для наступної передачі даних.



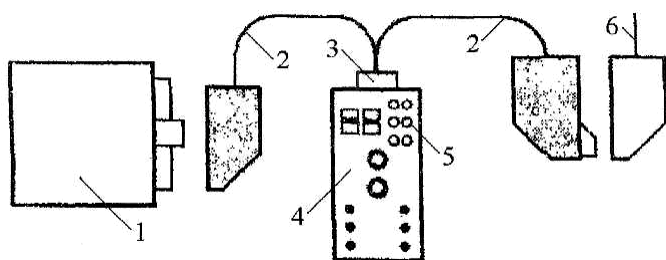
**Рис. 2.12. Структура самоконтролю електронних систем**

Можливості самоконтролю передбачають:

- ідентифікацію системи й ЕБУ;
- розпізнавання, зберігання і зчитування інформації про статичні та одиничні порушення роботи;
- зчитування поточних реальних даних, що охоплюють умови довкілля і специфікації;
- моделювання функцій системи;
- програмування параметрів системи.

Окремі програми для випробувального блока зберігаються в модулях, у той час як корекція і передача даних у системі здійснюється з допомогою інтерфейсу даних.

На рис. 2.13 наведено периферійне та функціональне обладнання для діагностики електронних систем автомобілів.



**Рис. 2.13. Периферійне і функціональне обладнання, що використовується при діагностуванні**

На рис. 2.13 цифрами позначені: 1 – ЕБУ; 2 – кабель для приєднання адаптера; 3 – рознімач; 4 – універсальний випробувальний адаптер; 5 – рознімач для приєднання випробувального обладнання; 6 – з'єднувальні проводи.

Приєднання випробувального обладнання відбувається шляхом введення універсальних адаптерів між елементами штепсельного рознімача у місці з'єднання периферійного пристрою з ЕБУ. Якщо необхідно провести випробування тільки периферійного пристрою (датчика, виконавчого пристрою), то достатньо приєднати тестер до штепсельного рознімача цього пристрою. Окрема електронна система вимагає використання тільки одного змінного кабелю, з'єданого з адаптером системи. Програма реалізується

через універсальний випробувальний адаптер, потім використовується для отримання логічної послідовності випробувань.

Після приєднання до системи випробувальний прилад забезпечує показ вимірних параметрів і видає сигнали, що відповідають імпульсам запалювання і впорскування пального. Коли ЕБУ залишається підключеним до системи для виконання експлуатаційних випробувань, спеціальні коди можуть бути використані для введення різних параметрів, які імітують умови реальної експлуатації, а також для оцінювання точності роботи випробувального приладу.

До випробувальних програм діагностування двигунів з комп'ютерним управлінням, що використовуються на СТО, належать:

- порівняння показників потужності двигуна при замиканні на масу кола запалювання кожного циліндра або під час аналізу узгодження в їх роботі при різній частоті обертання колінчастого валу;
- визначення характеру розподілу робочої паливоповітряної суміші (за складом) по циліндрам шляхом вимірювання вмісту вуглеводнів у відпрацьованих газах в кожному з циліндрів;
- порівняння значень компресії в циліндрах на основі струму стартера;
- аналіз напруги у первинному та вторинному колах системи запалювання.

Випробування електронних систем двигунів виконуються з використанням випробувального обладнання, спеціально створеного для використання в бортових системах діагностики двигуна.

#### **2.3.4. Пошук несправностей з допомогою бортової системи самоконтролю**

Відображення даних пам'яті несправностей можливе двома способами. На панелі приладів є контрольна лампа «Check Engine» і клавіша діагностики. Якщо блок управління розпізнав і врахував несправність, контрольна лампа «Check Engine» і лампа клавіші діагностики починають світитися. Якщо з увімкненим вимикачем стартера і свічок розжарювання натиснути клавішу діагностики, лампа «Check Engine» і лампа клавіші діагностики видають світловий код, який може бути розшифрований з допомогою табл. 2.7. Для стирання коду несправності слід перед увімкненням вимикача стартера і свічок розжарювання натиснути клавішу діагностики і тримати її натиснутою протягом 3 с. При стиранні пам'яті несправностей обнуляються всі дані, необхідні для вирівнювання роботи двигуна по циліндрам. Тому перші 5 хв після нового запуску двигуна ці дані знову розраховуються.

Коди несправностей від 41 до 63 є інформаційними, з допомогою яких можуть перевірятися функції увімкнення виконавчих механізмів та наявність сигналів, що надходять від них. Цей найпростіший спосіб зчитування кодів несправностей повсюди використовується для вантажних автомобілів з тим, щоб водій відразу міг інформувати фахівців на станції технічного обслуговування про неполадки.

Дані пам'яті несправностей можуть також зчитуватися у незашифрованому вигляді з допомогою тестера фірми Volvo.

**Коди несправностей та інформаційні коди  
для двигуна Volvo D12A**

<b>Коди несправностей</b>	
<b>Код</b>	<b>Дефектна конструктивна група</b>
11	Датчик положення педалі подачі пального
12	Контакти холостого ходу
13	Датчик швидкості руху автомобіля
14	Реле живлення блока управління
21	Блок управління
22	Програмування блока управління
23	Датчик температури охолоджувальної рідини
24	Датчик температури наддувочного повітря
25	Датчик тиску наддування повітря
26	Датчик кута повороту розподільного валу
27	Датчик ВМТ
31	Насос-форсунка циліндра 1
32	Насос-форсунка циліндра 2
33	Насос-форсунка циліндра 3
34	Насос-форсунка циліндра 4
35	Насос-форсунка циліндра 5
36	Насос-форсунка циліндра 6
<b>Інформаційні коди</b>	
41	Не проведено випробування гальм або є несправність у вимикачі педалі гальма
42	Горить сигнал готовності гальм
43	Горить сигнал вимикача педалі гальма
44	Включений вимикач холостого ходу
45	Включений вимикач педалі приводу зчеплення
46	Задіяне стоянкове гальмо
47	Надходить сигнал небезпеки відмови
51	Темпомат увімкнений
52	Темпомат у положенні SET
53	Темпомат у положенні RESUME
61	Надходить сигнал АБС моторного гальма
62	Надходять дані від електронної системи управління коробкою передач
63	Блок управління у стані програмування

Тестер, основним елементом якого є ноутбук, дає можливість користувачу у разі відомих кодів несправностей отримати інформацію про наступні дії щодо виявлення несправностей. Такими діями можуть бути, наприклад, відображення таблиці даних, вимірювання сили струму або напруги з допомогою мультиметра чи осцилографа, вимірювання компресії та рівномірності роботи двигуна по циліндрам.

### **2.3.5. Фактори, що впливають на достовірність визначення несправностей бортовою системою самоконтролю**

Ефект від застосування бортових систем самоконтролю не повинен переоцінюватися, тому що блок управління контролює інші блоки у більшій мірі лише за кінцевим результатом. Рано чи пізно будь-який механік потра-

пляє в ситуацію, коли при незадовільно працює двигун, а з пам'яті несправностей може надходити повідомлення про те, що несправності відсутні.

Дуже часто на явно несправних транспортних засобах самодіагностика не визначає ніяких пошкоджень або неправильно встановлює причину несправності. Особливо це стосується гідродинамічних або механічних несправностей. У цьому разі механік цілеспрямованими вимірюваннями (рис. 2.14 [7]) повинен перевіряти блоки, які не визначаються самодіагностикою.



**Рис. 2.14. Загальний алгоритм пошуку несправності**

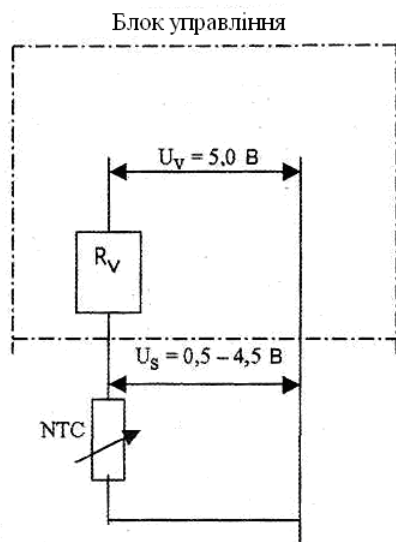
Самодіагностикою у системі впорскування пального контролюються тільки її електричні компоненти. В електросистемі автомобіля у першу чергу необхідно перевірити напругу живлення обох блоків управління – ПНВТ і двигуна. У разі несправностей гідравліки системи впорскування або механічних агрегатів двигуна самодіагностика безпомічна і навіть може погано прислужитись, якщо видасть механіку спотворену інформацію, спрямувавши хибним слідом. Якщо в пам'яті несправностей всупереч скаргам клієнта негативної інформації немає, слід спочатку перевірити всі блоки, які не контролюються самодіагностикою. У системі впорскування для цього потрібно перевірити тиск подачі пального, компресію в циліндрах і фази газорозподілення. Впорскувальна гідравліка перевіряється вимірюванням тиску на лінії зворотного зливання пального у контурі низького тиску та випробуванням розпилювачів форсунок.

Якщо є скарги на поганий запуск, низьку потужність двигуна або димний вихлоп, раціонально провести вимірювання димності ВГ димоміром. Перевага такого вимірювання у легкому доступі до випускної труби.

Обмежені можливості системи самодіагностики можна продемонструвати на прикладі датчика температури. Мірою температури для блока

управління служить падіння напруги на термісторі з від'ємним температурним коефіцієнтом NTC (рис. 2.15). Розробник установлює допустимий діапазон температур, наприклад, від  $-40$  до  $+140$  °C (рис. 2.16 [7]).

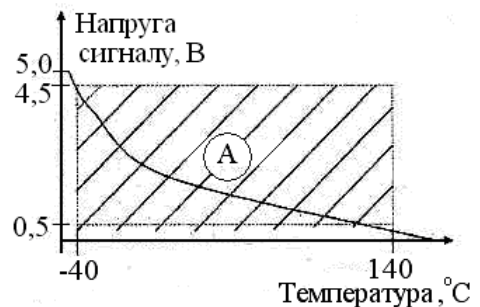
Для блока управління все сигнали, що відповідають цьому діапазону температур, знаходяться у діапазоні напруг від  $0,5$  до  $4,5$  В. Тільки тоді, коли напруга виходить з цієї «зеленої області», блок управління встановлює помилку, яка відповідає або короткому замиканню ( $U_s=0$  В), або обриву ( $U_s=5$  В). Однак, якщо через підвищений перехідний опір в електричному рознімачі вимірюється занадто низька температура, а напруга сигналу при цьому не вийшла із «зеленої області», блок управління буде вважати цю інформацію правильною і буде використовувати її, наприклад, розраховуючи початок впорскування пального або величину пускової подачі пального. Ці міркування стосуються усіх датчиків, у яких величина напруги сигналу є мірою таких фізичних величин, як витрата повітря, тиск наддування, положення педалі подачі пального і т. д. Звідси випливає, що повідомлення блока управління «несправність відсутня» не завжди означає справність блока. Навіть якщо пам'ять несправностей не містить повідомлення про несправність у блоці, необхідно мати на увазі, що несправність все ж може бути. З допомогою системи самодіагностики блок управління виконує моніторинг вузла, який у наведеному прикладі складається з датчика температури, джгута проводів з рознімачами та блока живлення. Перш ніж замінити датчик температури, потрібно з допомогою подальших вимірювань переконатися, що несправність дійсно пов'язана з несправністю датчика температури, а не з несправністю джгута проводів чи блока управління. Ці вимірювання будуть мати тим більше значення, чим вища вартість несправної деталі.



**Рис. 2.15. Схема датчика з від'ємним температурним опором (NTC):**

$R_v$  – додатковий опір;  $U_v$  – напруга живлення;  
 $U_s$  – напруга сигналу

Більша частина блоків управління поставляється з так званим переліком параметрів, до якого входять усі вимірювані величини, які обробляє блок управління (деякі автовиробники перелік параметрів також називають блоком вимірюваних величин). Ці величини під час опитування датчиків перевіряють на достовірність. Комбінуючи різні дані результатів перевірки,



**Рис. 2.16. Контрольована блоком управління напруга сигналу датчика з від'ємним температурним опором (NTC):**

А – область нормальної напруги; у заштрихованій області блок управління не реагує на несправність

механік, що має великий досвід вимірювань і добре знає систему управління, може визначити подальші кроки перевірки. В особливо складних випадках рекомендується зареєструвати проведені вимірювання, включаючи результати їх обробки, і відповідним чином роздрукувати. Тільки діючи послідовно, методом виключення справних блоків, можна виділити несправний конструктивний елемент. Коли несправний блок буде встановлено – або виявленням у пам'яті несправностей, або з допомогою відповідних тестів – несправна частина блока повинна бути визначена подальшими вимірюваннями. Наприклад, блок вимірювання температури охолоджувальної рідини складається з датчика температури охолоджувальної рідини, електричних проводів, з'єднувальних колодок і відповідної частини блока управління. У пам'яті несправностей може виявитися несправним один з названих конструктивних елементів. Вимірюванням напруги або опору несправний конструктивний елемент може бути остаточно визначений і замінений. Такий метод перевірки може зайняти дуже багато часу, однак у складних випадках він є єдиним, який дійсно приводить до позитивного результату.

Очевидно, при увімкненні в роботу самодіагностики «електронні мізки» блока управління в жодному разі не повинні відключатися. Тим не менше в існуючих на сьогодні системах не можна відмовлятися від використання самодіагностики. У майбутньому у все більш важких незрозуміlostях електронних систем вказівку на можливу несправність можна буде отримати з допомогою зчитування пам'яті несправностей. Залишається сподіватися, що з широким впровадженням протоколу бортової діагностики (OBD) глибина самодіагностики істотно розшириться.

Розглянемо ще кілька вказівок щодо раціонального використання самодіагностики.

Якщо у складному випадку несправності можливе припущення, що раніше вже було кілька безуспішних пошуків несправності, пам'ять несправностей слід стерти і провести пробні поїздки до тих пір, поки несправність не виникне знову. Тим самим можна уникнути небезпеки, що пам'ять несправностей покаже її у всіх тестах, які, наприклад, проводилися з роз'єднаними рознімачами.

У складних випадках може виявитися раціональним опитувати пам'ять несправностей усіх систем, що є на транспортному засобі. На сьогодні електрообладнання, оснащене бортовим контролером зв'язку CAN, дає можливість, наприклад, виявити неполадки у живленні блока управління – одну з тих несправностей, що найчастіше зустрічаються у дизельних двигунів Volkswagen з безпосереднім впорскуванням і турбонаддуванням, яка виникає через дефекти реле. Сам блок управління не може реєструвати порушення живлення, тому що в цей момент через неполадки у живленні у нього не працює пам'ять. Одночасно порушується обмін даними з іншими блоками управління, що реєструється працюючими блоками управління як помилки у передачі даних.

Багато блоків управління (наприклад, на автомобілях Mercedes-Benz) у разі появи помилок фіксують робочий стан двигуна, наприклад, температуру, частоту обертання колінчастого валу, швидкість і пройдений шлях автомобіля. Наступне оцінювання граничних умов дасть можливість швидше виявити несправність і відтворити її під час випробувальної поїздки [7].



В акумуляторній системі паливоподачі створюється тиск пального 130-180 МПа на режимах максимального крутильного моменту та номінальної потужності, а на холостому ходу – 20-30 МПа. Тому перевірити наявність витoku, величина якого зростає зі зростанням тиску на холостому ходу, складно. Діагностичний сканер дає можливість (для деяких блоків управління) ненадовго піднімати тиск в акумуляторі до гранично допустимого і при роботі двигуна на режимі холостого ходу, що дає можливість провести тест витoku.

Достовірність постановки діагнозу щодо всіх компонентів системи управління залежить значною мірою від рівня інформативності [26]:

1. Інформативність для датчиків складає приблизно 70%.
2. Рівень вихідного сигналу датчика не дає можливості поставити абсолютно достовірний діагноз щодо його технічного стану.
3. На 20% знижується інформативність сигналу за рахунок появи так званих спорадичних несправностей, тобто несправностей, що виникають періодично, лише на певних режимах роботи дизеля та відсутні безпосередньо в момент проведення діагностики. Ці несправності можуть бути дійсно пов'язані як з роботоздатністю самого датчика, так і з дефектами електричних з'єднань з ним.
4. 10% зниження інформативності виникає через неможливість точно визначити, чи виникло спотворення сигналу датчика в допустимих межах через його несправність чи це результат неправильної роботи іншого несправного вузла.
5. Інформативність тестових перевірок виконавчих механізмів складає менше 50%, оскільки тут виникає вимога щодо достовірності сигналів датчиків підсистеми, за якими оцінюється величина відгуку. Крім того, на відміну від контролю датчиків не для всіх виконавчих механізмів закладені тести в бортовій системі самодіагностики.

Для систем управління, розроблених під різні норми на викид токсичних речовин існують різні рівні діагностування, різні вимоги до набору діагностованих вузлів, різні тести виконавчих механізмів. Акумуляторні системи управління різних виробників мають спільний принцип роботи, але різні реалізації системи управління та різні гідравлічні схеми. Тому достовірність постановки діагнозу для відмінних за вказаними ознаками систем буде різною, якщо діагноз устанавлюється тільки за показаннями діагностичного сканера.

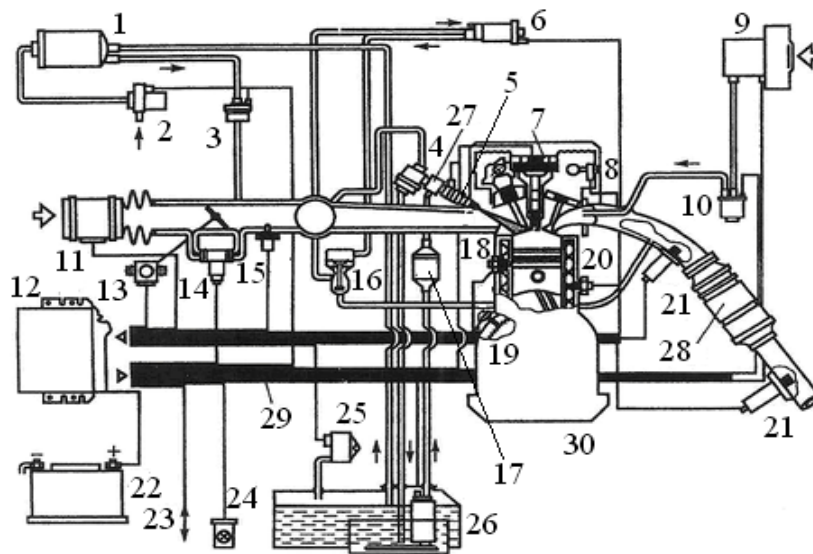
Можна вважати, що діагностування АСПП з допомогою бортової самодіагностики з імовірністю 80-90% устанавлює наявність несправностей в електронних компонентах та електричних колах системи управління подачею пального. При цьому оцінювання стану гідравлічних вузлів бортовою системою діагностики може бути неповним, а в деяких випадках неадекватним реальному стану систем і вузлів. Достовірність діагностування значно залежить від особливостей блока управління, діагностичного сканера, року випуску автомобіля. Не всі блоки АСПП дають можливість виконати всі шість рівнів діагностики, доступність яких обмежується можливостями діагностичного сканера, а деякі ЕБУ не підтримують стандарт OBD-II/EOBD.

Тим не менше самодіагностика, незважаючи на її обмеження щодо механіки та гідравліки, контролюючи електроніку зі списком таблиці даних,

що все більше розширюється, може істотно допомагати у пошуку несправностей.

У разі вбудованої діагностики ЕБУ фіксує відхилення робочих параметрів в управлінні роботою двигуна й реєструє їх у вигляді кодів несправностей, сигналізуючи під час руху автомобіля (або під час ТО і ремонту) про відхилення параметрів технічного стану від установлених норм.

Попередження про несправності в системі відображаються загорянням спеціальної лампи діагностики 24 (рис. 2.17) з рисунком двигуна або написом «Перевір двигун» («Check Engine»). При використанні спеціальної технології контролю, що розробляє виробник автомобілів, коди несправностей зчитуються з допомогою діагностичної лампи або спеціального діагностичного сканера (тестера), який під'єднується до діагностичного рознімача 23 [30].



**Рис. 2.17. Електронна система управління роботою бензинового двигуна:**

1 – адсорбер з активованим вугіллям; 2 – клапан впуску повітря; 3 – клапан продування адсорбера; 4 – регулятор тиску пального; 5 – форсунка (інжектор); 6 – регулятор тиску клапана рециркуляції; 7 – котушка запалювання; 8 – датчик фази (положення кулачкового валу); 9 – насос додаткового повітря; 10 – клапан додаткового повітря; 11 – датчик масової витрати повітря; 12 – електронний блок управління; 13 – датчик положення дросельної заслінки; 14 – регулятор холостого ходу; 15 – датчик температури повітря; 16 – клапан рециркуляції відпрацьованих газів; 17 – паливний фільтр; 18 – датчик детонації; 19 – датчик синхронізації (частоти обертання колінчастого валу); 20 – датчик температури двигуна; 21 – кисневий датчик ( $\lambda$ -зонд); 22 – акумуляторна батарея; 23 – діагностичний рознімач; 24 – лампа діагностики; 25 – датчик різниці тисків; 26 – електричний паливний насос; 27 – паливний акумулятор (рампа) форсунок; 28 – нейтралізатор відпрацьованих газів; 29 – електричні кола; 30 – двигун

Результати діагностування системи впорскування є основними при визначенні комплексу операцій з ТО та ТР паливної системи, що пов'язано з високою технологічною складністю і вартістю монтажно-демонтажних, розбирально-складальних і регулювальних робіт системи впорскування, а також з недоцільністю частих розбирань сполучених з'єднань.

Сучасні системи впорскування оснащені вбудованою діагностичною системою з функціями самодіагностики, функціональних та контрольних випробувань. Розпізнавання несправності відбувається з допомогою безпе-

першого циклового процесу порівняння показників датчиків і систем на будь-яких режимах роботи із закладеними у блоці управління матрицями робочих значень даних параметрів (частота циклу на автомобілях різних виробників може відрізнятись). Невідповідність отриманого робочого значення, яке потрібне для заданого режиму роботи розпізнається як несправність, про що водія інформує характерний сигнал на робочій панелі автомобіля.

Поява сигналу (сигналів) свідчить про необхідність оперативного зчитування і розпізнавання характеру несправності або відмови елемента автомобіля з використанням засобів внутрішнього діагностування (якщо вони передбачені в конструкції автомобіля), або з допомогою підключення зовнішнього діагностичного обладнання.

Доступ до діагностичної системи здійснюється через гніздо (рознімач) на діагностичному блоці при увімкненому запалюванні.

Самодіагностика призначена для оперативного зчитування інформації про несправності та відмови, накопичених у процесі поточної експлуатації автомобіля. Для накопичення інформації про несправності використовується вбудований діагностичний блок управління, який може запам'ятовувати 3-4 несправності одночасно (загальна кількість несправностей, що можуть бути виявлені, складає 13-15).

Функція самодіагностики закладена в електронний блок управління роботою двигуна, через який з допомогою внутрішньосистемного інформаційного обміну вона може бути застосована й для інших систем штатного електронного контролю роботи автомобіля (автоматична коробка передач, антиблокувальна система гальм, протибуксувальна система ведучих коліс і система стабілізації руху автомобіля, клімат-контроль і т. д.).

Коди несправностей запам'ятовуються при виявленні сигналу несправності. Сигнал може зразу ж відобразитися при натисненні випробувальної кнопки на діагностичному блоці. Блок управління має пам'ять для запам'ятовування коду несправності й адаптивну програму, що здатна зберігати інформацію протягом якнайменше 10 хвилин після припинення подачі електроенергії.

Функціональне випробування призначене для діагностування системи в режимі імітації послідовного виходу з ладу функціональних елементів, що забезпечують правильну роботу системи впорскування (наприклад, датчика положення дросельної заслінки після того, як він вийде з положення холостого ходу або з положення «робота з повним навантаженням»; блока електронного управління системою запалювання).

Контрольне випробування дає можливість перевірити роботоздатність елементів системи впорскування як до, так і після функціонального випробування засобами внутрішнього діагностування.

Режим функціонального і контрольного випробування вмикається після комбінації нетривалих натиснень випробувальної кнопки діагностичного блока всередині автомобіля.

Для пошуку несправностей в системах впорскування пального у низці випадків потрібне під'єднання спеціального вимірювального блока (сканера), що дає можливість визначити місце (у проводці, рознімачах або самих компонентах, на яких вимірювання на рознімачах блока управління неможливо зробити) і характер несправності.

Діагностичний сканер (ключ) під'єднується до діагностичного рознімача (блока). Зчитування і запис кодів несправностей, виявлених у паливній системі, виконується з вимкненим запалюванням та з дотриманням необхідних заходів, що визначають технологію діагностування з використанням діагностичного ключа. Розпізнавання й усунення несправностей виконують згідно з таблицею кодів несправностей. Для кожної серії автомобілів виробники автомобілів можуть пропонувати принципово відмінні таблиці.

Використання діагностичного ключа не вимагає високої кваліфікації оператора, тому що основним його призначенням є розпізнавання і запис несправностей, що виникли в процесі поточної експлуатації автомобіля. Тому в ролі оператора може виступати водій або власник транспортного засобу.

Для проведення діагностування слід виконати низку підготовчих операцій, метою яких є приведення системи в технічний стан, що вимагається для початку діагностування. Для цього необхідно перевірити такі елементи:

- систему подачі повітря (рекомендується зняти регулятор холостого ходу, промити його речовиною для очищення карбюраторів і змастити);
- датчик положення дросельної заслінки (необхідно переконатися, що диск потенціометра чистий);
- обмежувач ходу дросельної заслінки (можливо, його положення було порушене, в результаті чого вихідна напруга датчика положення дросельної заслінки вийшла за межі норми);
- трос приводу дросельної заслінки (необхідно переконатися, що привід правильно відрегульований і має потрібний вільний хід);
- хід важелів і тяг приводу дросельної заслінки (вони повинні рухатися вільно і без заїдань);
- низка інших елементів залежно від складності системи.

Послідовність виведення кодів несправностей наведена на рис. 2.18, а приклад переліку приладів і систем, які контролюють, – в табл. 2.8.

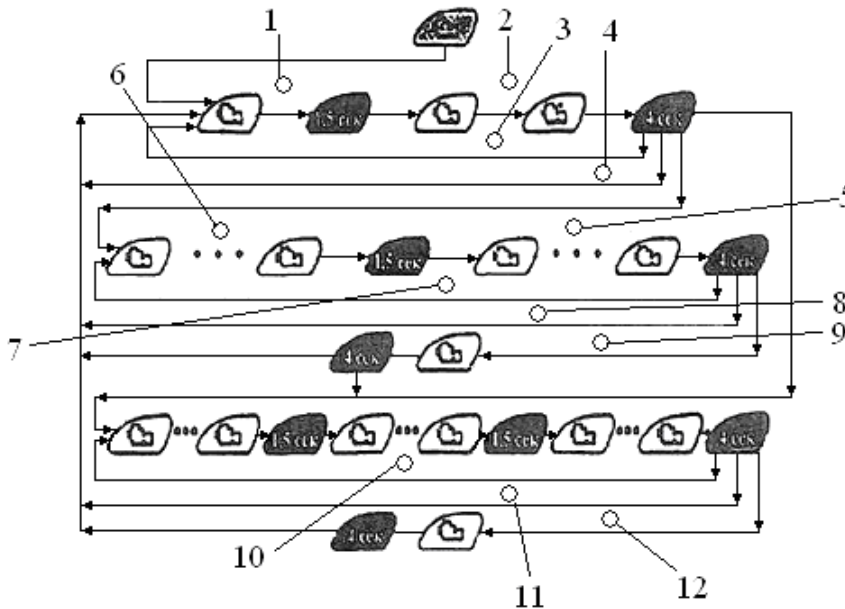
Далі виконується діагностування шляхом перевірки роботоздатності елементів системи і зчитування даних з діагностичної системи про несправності, відмови та іншої інформації.

Найчастіше виявлені несправності в конкретному елементі сучасної системи впорскування з повністю електронним управлінням говорить про необхідність вартісного ремонту цього елемента або його заміни. Однак, перш ніж приймати рішення про заміну запасною деталлю, слід уточнити діагноз.




Однією з найчастіших неполадок може бути зниження обертів двигуна на холостому ході, що супроводжується загорянням контрольної лампи на панелі самодіагностики і висвітленням коду несправності, який вказує на несправність потенціометра дросельної заслінки. Звичайно у цьому разі потенціометр рекомендується замінити.

Потенціометр є пристроєм, напруга якого знаходиться у прямій залежності від кута відкриття дросельної заслінки і змінюється від 0,5 до 4,5 В. При переміщенні дросельної заслінки напруга повинна зростати плавно. Важливо переконатися, що вихідна напруга знаходиться в потрібних межах. Потенціометр перевіряють з увімкненим запалюванням з допомогою дуже чутливого вольтметра, оскільки достатньо найменшого відхилення вихідної

напруги потенціометра від норми, щоб виникли порушення в роботі системи впорскування. Тому звичайні тестери у даному разі непридатні. Найкраще використовувати для цього осцилограф, тому що він впевнено сприймає будь-які електричні сигнали, включаючи наведені. Наведені електричні сигнали можуть імітувати несправності навіть тоді, коли вихідна напруга відповідає потрібному значенню. Шумовий сигнал сприймається ЕБУ як сигнал потенціометра, що може призводити до порушення роботи регулятора холостого ходу. Побічним ефектом цього може стати збільшення витрати пального.



**Рис. 2.18. Послідовність виведення кодів несправностей:**

-  - нетривале увімкнення контрольної лампи – 0,5 с (якщо код тризначний, перша цифра <1> може висвічуватися протягом 1 с);
-   - контрольна лампа вимкнена – 1,5 або 4 с

На рис. 2.18 кружками з винесеними числами позначені: 1 – перша цифра <1>; 2 – друга цифра <2>; 3 – повтор тричі; 4 – немає кодів несправностей; 5 – друга цифра коду; 6 – перша цифра коду; 7 – повтор коду тричі; 8 – немає двозначних кодів; 9 – відображення всіх двозначних кодів; 10 – повтор коду тричі; 11 – немає тризначних кодів; 12 – відображення всіх тризначних кодів.

*Таблиця 2.8*

**Перелік приладів і систем, які контролюють**

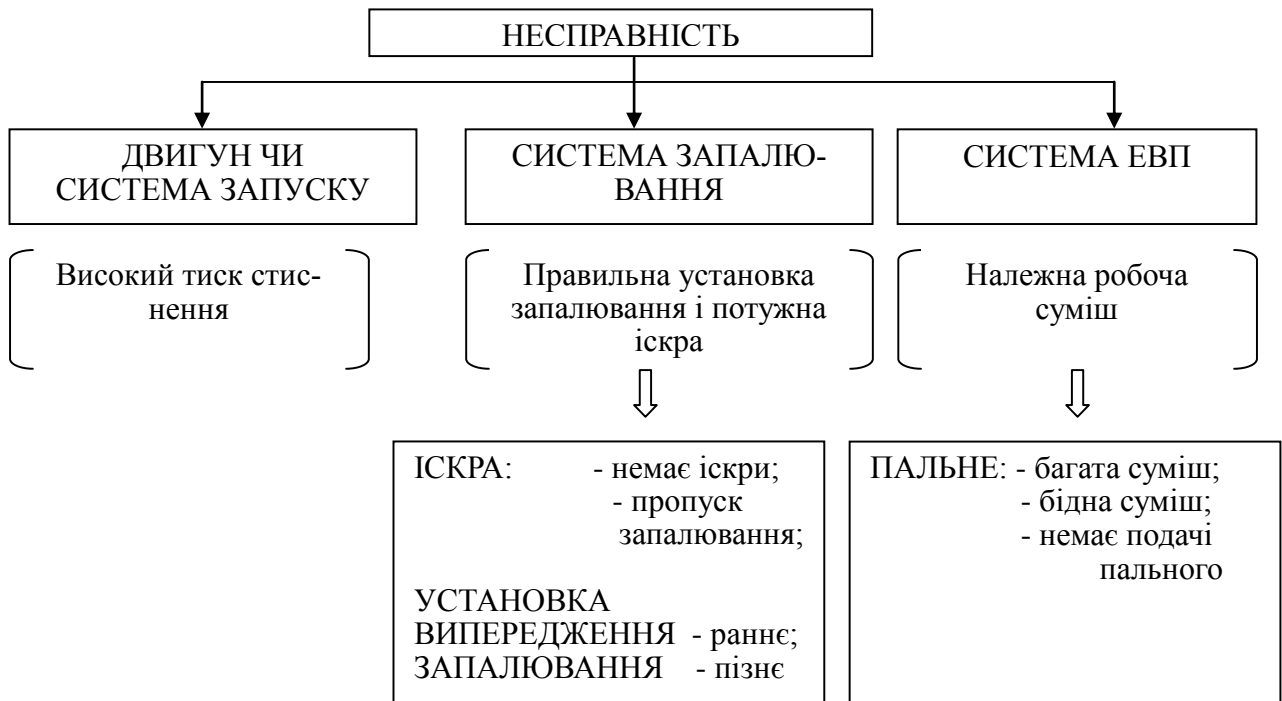
<b>Позиція діагностики</b>	<b>Робота електронного управління після виникнення несправності</b>
Немає сигналу від датчика положення розподільного валу до електронного модуля	Електронний модуль для управління моментом впорскування пального використовує тільки сигнал від датчика положення колінчастого валу. (Нормальний порядок багаточислового впорскування пального неможливий)
Низька напруга від датчика положення дросельної заслінки	Замість сигналу от датчика положення дросельної заслінки електронний модуль використовує значення, обчислене з використанням сигналу від датчика абсолютного тиску в колекторі
Висока напруга від датчика положення дросельної заслінки	Замість сигналу від датчика положення дросельної заслінки електронний модуль використовує значення, обчислене з використанням сигналу від датчика абсолютного тиску в колекторі

<b>Позиція діагностики</b>	<b>Робота електронного управління після виникнення несправності</b>
Низька напруга від датчика температури охолоджувальної рідини	1. Електронний модуль використовує значення за замовчуванням для температури охолоджувальної рідини. 2. Електронний модуль вмикає вентилятор радіатора. 3. Електронний модуль здійснює управління без кола зворотного зв'язку
Висока напруга від датчика температури охолоджувальної рідини	1. Електронний модуль використовує значення за замовчуванням для температури охолоджувальної рідини. 2. Електронний модуль вмикає вентилятор радіатора. 3. Електронний модуль здійснює управління без кола зворотного зв'язку
Немає сигналу від датчика швидкості автомобіля	Електронний модуль управляє двигуном так, немовби швидкість автомобіля дорівнює нулю
Низька напруга від датчика абсолютного тиску в колекторі	Електронний модуль використовує розрахункове значення, обчислене при використанні замість сигналу датчика тиску в колекторі сигнали датчика положення дросельної заслінки і датчика швидкості автомобіля
Висока напруга від датчика абсолютного тиску в колекторі	Електронний модуль використовує розрахункове значення, обчислене при використанні замість сигналу датчика тиску в колекторі сигнали датчика положення дросельної заслінки і датчика швидкості автомобіля
Низька напруга від датчика температури повітря, що надходить	Електронний модуль замість сигналу від датчика температури повітря використовує сигнал від датчика температури охолоджувальної рідини
Висока напруга від датчика температури повітря, що надходить	Електронний модуль замість сигналу від датчика температури повітря використовує сигнал від датчика температури охолоджувальної рідини
Сигнал від датчика положення дросельної заслінки не відповідає сигналу від датчика абсолютного тиску в колекторі	Електронний модуль замість сигналу від датчика положення дросельної заслінки використовує значення, обчислене з використанням сигналу від датчика абсолютного тиску в колекторі
Пас газорозподільного механізму має несправний один або кілька зубців	Електронний модуль для управління моментом впорскування використовує тільки сигнал від датчика положення колінчастого валу. (Нормальний порядок багатоточкового впорскування пального неможливий)
Пропуски даних про положення розподільного або колінчастого валу	Електронний модуль для управління моментом впорскування використовує тільки сигнал від датчика положення колінчастого валу. (Нормальний порядок багатоточкового впорскування пального неможливий)

Пошук несправностей та їх усунення у двигуні з ЕВП не дуже відрізняється від подібних операцій на карбюраторному двигуні. Перевірку кожної системи слід проводити за трьома важливими напрямками, а саме: необхідність забезпечення «високого тиску стиснення», «правильної установки випередження запалювання та потужної іскри» й «хорошої робочої суміші».

Особливо потрібно пам'ятати про необхідність визначення того, чи пов'язана проблема з системою ЕВП. Тому перевірку необхідно проводити, перш за все, визначенням того, чи пов'язана несправність з системою запуску чи з дефектом самого двигуна, що впливає на тиск стиснення; чи з системою запалювання, що впливає на правильну установку випередження за-

палювання та новоутворення. Потім слід перейти до перевірки системи ЕВП, яка регулює робочу суміш (рис. 2.19). Перевірка системи запуску, двигуна або системи запалювання така сама, як і у карбюраторного двигуна, тому механіку потрібно спробувати встановити, в якій системі є несправність. Перевірка системи ЕВП зазвичай відрізняється від перевірки карбюратора.



**Рис. 2.19. Контроль системи ЕВП**

У більшості сучасних систем впорскування вихідна напруга потенціометра дросельної заслінки використовується в якості сигналу про майбутнє прискорення автомобіля. Тому ще однією ознакою несправності потенціометра є надлишкова подача пального.

Особливістю відмови потенціометра є те, що його неможливо повернуть до робочого стану шляхом очистки або ремонту. Майже завжди це герметичний нерозбірний пристрій, тому, якщо він дійсно несправний, його можна тільки замінити.

Іншою несправністю сучасної системи впорскування є нестійка робота двигуна при холодному запуску, яка інколи супроводжується зворотними стуками у впускний колектор. Найчастіше це наслідок збіднення суміші, спричинене помилками у програмному забезпеченні ЕБУ. Це може означати як його вихід з ладу, так і несправність однієї або кількох форсунок. Щоб перевірити форсунки необхідно їх зняти, очистити і переконатися у справності. Для такої перевірки потрібне спеціальне обладнання.

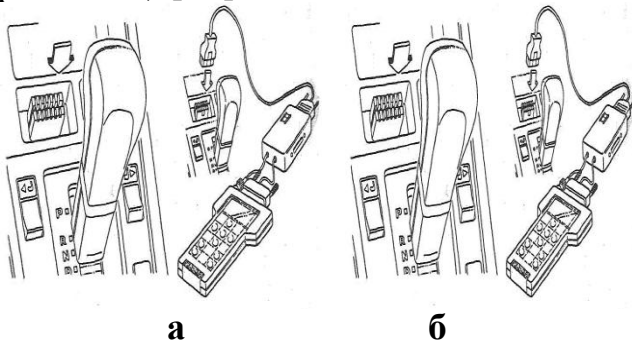
Якщо перевірка показує, що форсунки справні, слід перевірити програму ЕБУ, тому що його ремонт обходиться найчастіше дешевше, ніж покупка нового. Разом з перевіркою ЕБУ необхідно перевірити відсутність підсмоктування повітря в систему впорскування, що може спричинити збіднення суміші.



Звичайно подібні несправності проявляються у разі значного сумарного пробігу автомобіля, коли двигун починає «старіти». Цьому сприяє утворення нагару на клапанах і загальне спрацювання двигуна.

Сучасні автомобілі найчастіше оснащені каталітичними нейтралізаторами і мають систему обмеження шкідливих викидів зі зворотним зв'язком від  $\lambda$ -зонда. Якщо склад вихлопних газів не відповідає нормі (паливна суміш занадто бідна або багата), то перш ніж перевіряти на роботоздатність  $\lambda$ -зонд, необхідно перевірити вихідну напругу датчика абсолютного тиску.

Зчитування може здійснюватися з допомогою тестера (мотор-тестера, автотестера, сканера), підключеного до діагностичного рознімача (розташування діагностичного рознімача різними виробниками визначається по-різному, наприклад, перед селектором коробки передач у салоні водія, рис. 2.20) [30].



**Рис. 2.20. Підключення зовнішнього діагностичного обладнання:**

а – місце розташування діагностичного рознімача для підключення діагностичного тестера; б – спосіб підключення діагностичного тестера

обривом, коротким замиканням на електроживлення (+) чи коротким замиканням на «масу». Це дає у загальній кількості 195-405 різних кодів несправностей.

Якщо причини несправностей не можуть бути виявлені під час попередньої перевірки та при контролі в ділянках, не пов'язаних з системою ЕВП, слід перевірити систему ЕВП. У наведеній табл. 2.9 включені такі можливі причини:

- двигун глухне;
- поганий запуск двигуна;
- погана робота двигуна;
- нестійкий режим холостого ходу.

Зміст таблиці є тільки засобом ознайомлення механіків з основними операціями пошуку несправностей і не є вичерпними. Подробиці викладені в інструкції з ремонту відповідного двигуна. У цій таблиці ЕБУ не розглядається як імовірна причина дефекту, тому спочатку слід перевірити кожен вузол, а потім, якщо вони справні, перевірити ЕБУ.

Застосування зовнішнього діагностичного обладнання дає можливість на більш високому якісному рівні виконати у штатному режимі функціональні та контрольні випробування при діагностуванні.

При підключенні діагностичного сканера (тестера) більш повно визначається технічний стан комп'ютерної системи (коди та їх опис), при цьому є можливість виконати корекцію щодо складу паливоповітряної суміші, кута випередження запалювання тощо.

Система управління двигуном може мати 65-135 кодів несправностей для діагностики. Кожен код несправності може дати інформацію про те, чим викликана несправність,



## Пошук причини несправності «двигун глухне»

Прояв	Імовірна причина		
	Система	Вузол	Вид несправності
Двигун глухне зразу ж після прокручування валу	Паливна система	Паливний насос	Не працює
		Реле розмикання кола	Не вмикається
		Регулятор тиску	Несправний
		Паливний фільтр, паливопровід	Засмічені
Двигун глухне при натисканні на педаль акселератора	Електронна система управління	Витратомір повітря	Неправильні опір та напруга
		Датчик температури охолоджувальної рідини	
		Корпус дросельної заслінки	
		Витратомір повітря	
Двигун глухне, але повторно запускається	Система електроживлення	Вимикач запалювання	Поганий контакт
		Головне реле ЕВП	
	Електронна система управління	Витратомір повітря	Несправний
		Котушка запалювання	Поганий контакт

### 2.3.6. Недоліки бортових і стаціонарних електронних систем діагностування

До недоліків систем «самодіагностики» слід віднести ускладнення конструкції двигуна, підвищення його вартості, підвищення вимог до якості пального, складність в обслуговування (необхідність використання спеціального обладнання при уточненні діагнозу), недостатня достовірність діагнозу, неможливість прогнозування остаточного ресурсу.

Стрімкий розвиток сучасних методів діагностики, оснований на розвиненій системі кодів, яка закладена у блок управління автомобільними системами, створило у багатьох діагностів ілюзорне відчуття настання своєрідного «золотого віку» в їх роботі, коли будь-яка несправність може бути легко виявлена. Достатньо лише підключити сканер до діагностичного рознімача. Фактично пошук місця і виду багатьох складних несправностей – це трудомісткий і далеко не завжди конкретний та достовірний процес. Глибина пошуку електронною системою несправності на основі аналізу інформації несправностей (якщо вона є в наявності) визначається лише вузлом, лінією зв'язку й, у кращому разі, датчиками не в повному обсязі. Майже всі електронні системи не виконують вимоги прогнозування остаточного ресурсу (в годинах або кілометрах пробігу) як основної складової завдання діагностування.

Багато незалежних техцентрів на перше місце поставили питання про покупку оригінальних «дилерських» сканерів і навіть досягли значних успіхів на цій ниві. Однак при цьому далеко не завжди понесені затрати дали можливість отримати інформаційну підтримку дилерської діагностики. Остання, як правило, доступна лише для авторизованих техцентрів. Навіть у

дилерських центрах додаткові й абсолютно необхідні можливості дилерських діагностичних приладів використовуються не в повній мірі. Така ж велика надія на всемогутність «дилерського» сканера, яка не завжди справджується.

Не завжди справджується оснащення СТО складними багатоканальними електронними системами (наприклад, двома 12-канальними осцилоскопами), оскільки такі системи використовують не часто.

Багато діагностів стверджують, що всі несправності діагностуються сканером і осцилографом, а ті нечисленні складні, що не виявляються цими приладами, не роблять «погоди». Тоді виникає запитання, для чого обладнувати сотні тисяч автомобілів, що випускаються, потужними (а значить дорогими) системами самодіагностики, якщо дешевше надати кожному дилеру діагностичним центром: сканер, осцилоскоп, газоаналізатор, а також інформаційну систему з «додатковою інформацією»? Тому з існуючими рівнями розробки систем самодіагностики раціонально оснащати блоки управління автомобілів тільки найнеобхіднішими функціями самодіагностики. А решту несправностей повинен знайти й усунути діагност з допомогою згаданого комплекту приладів.

У будь-якому разі саме якість елементної бази модуля осцилоскопа для оцифрування аналогового сигналу має першочергове значення.

Досить логічне припущення, що осцилоскоп ще нескоро стане непотрібним інструментом і зникне з арсеналу сучасного діагноста.

Раціонально оснащувати СТО й АТП сучасними модульними конструкціями (типу приладів фірми AVL, Австрія), у яких окремі модулі – осцилоскоп, сканер, газоаналізатор – зібрані на стійці (консолі), але одночасно можуть бути використані незалежно один від одного або самостійно, або на базі ПЕОМ чи ноутбука.

На сьогодні з'являється все більше виробників електронних компонентів і блоків управління, так званих ЕБУ (ECU). Вони управляють двигуном, КПП, гальмами та багатьма іншими системами. Їх виробляють фірми Bosch, Siemens, Magnetti Marelli, Delphi, Hitachi та ін. Часто вони пропонують діагностичні прилади, які мають обширну інформацію про роботу «своїх» ECU та інших компонентів, але бувають слабкі в діагностуванні систем інших виробників.

Проведення діагностування за допомогою системного сканера, безумовно, доцільно у разі, якщо на панелі приладів автомобіля, який діагностують, загорілась сигнальна лампа «Check Engine».

Необхідно враховувати, що система самодіагностики достовірно виявляє обриви і короткі замикання у проводці датчиків і виконавчих механізмів. Відхилення ж параметрів компонентів системи управління двигуном у більшості випадків не виявляються. Для подібних ситуацій блоки управління оснащуються функціями, які дають можливість передавати фактичні параметри (параметри сигналів датчиків та ті, що розраховує блок управління) через сканер для відображення на моніторі комп'ютера.

Така функція дає можливість отримати додаткову інформацію для виявлення несправності. Але тому що дискретність даних, що передаються через сканер, дуже низька, функція передачі фактичних величин придатна

для контролю параметрів тільки режимах роботи двигуна, що установились, та параметрів, що повільно змінюються.

У разі, якщо діагностика СУД з системного сканера виявила збій якогось датчика або виконавчого механізму, дані обов'язково потрібно перевірити ще раз додатковими вимірюваннями та іншими методами. Необхідно переглянути осцилограми вхідних і вихідних електричних сигналів датчиків та виконавчих механізмів і тільки після цього можна робити якісь висновки.

Додаткова перевірка зчитаних помилок необхідна, тому що дуже часто система самодіагностики зберігає хибний код несправності. Наприклад, у випадку, якщо до лямбда-зонда в систему випуску відпрацьованих газів потрапляє повітря, то сканер укаже на несправність лямбда-зонда. А несправність полягає всього лише у прокладці, що прогріла, або тріщині у випускному колекторі.

Через негерметичність склад газів у випускній системі змінюється, і лямбда-зонд реєструє підвищений вміст кисню у відпрацьованих газах. Система управління двигуном на це реагує збагаченням паливоповітряної суміші, а лямбда-зонд так само реєструє високий рівень вмісту кисню. У результаті в пам'ять несправностей записується код помилки роботи лямбда-зонда.

Подібний код може бути записаний і через забруднення датчика масової витрати повітря, яке відбувається в основному через несвоєчасну заміну повітряного фільтра. Як наслідок забруднення сигнал датчика перестає відповідати кількості повітря, що протікає, крім того, значно підвищується його інерційність. Через це блок управління неправильно розраховує необхідну кількість пального, що призводить до збіднення паливоповітряної суміші. Лямбда-зонд при цьому фіксує підвищений рівень вмісту кисню у відпрацьованих газах, а система самодіагностики заносить у пам'ять несправностей код помилки саме лямбда-зонда, а не витрати повітря. Проконтролювати справність датчика масової витрати повітря можна на режимі різкої перепазовки за осцилограмою напруги його вихідного сигналу.

Інколи трапляється, що система самодіагностики не здатна виявити неполадку, що виникла. Наприклад, у пам'яті блока управління двигуна автомобіля Nissan Maxima, що «судорожно смикається», ніяких кодів несправностей збережено не було, усі фактичні параметри, що відображаються через сканер, також були в нормі. Але при цьому на отриманій осцилограмі напруги вихідного сигналу датчика частоти обертання колінчастого валу двигуна були виявлені чітко виражені пропуски й порушення форми імпульсів, чого не повинно бути на сигналі датчика, що називається Engine Speed Sensor. Тому що спотворені імпульси повторялися систематично, під підозрою виявився задавальний зубчастий диск. Оглянути його змогли через посадковий отвір датчика, після того як його зняли.

Шляхом повільного прокручування колінчастого валу візуально були виявлені серйозні пошкодження зубів диска у двох місцях. Це відбулося при заміні паса ГРМ, коли для фіксації колінчастого валу замість зубчастого вінця маховика помилково застопорили зубчастий вінець датчика частоти обертання колінчастого валу двигуна.

Система самодіагностики також не здатна достовірно виявити відхилення параметрів датчиків. А такі «невидимі» для системи самодіагностики несправності, як, наприклад, старіння або «отруєння» лямбда-зонда, розгерметизація його вимірювальних камер, забруднення датчика масової витрати повітря призводять до дуже серйозних порушень у роботі СУД. При цьому збережені коди помилок не відповідають дійсності. Виявити справжні несправності у такому разі можна за осцилограмами напруг сигналів.

### **Контрольні запитання**

1. Як бортова система забезпечує самодіагностику двигуна?
2. Які існують типові операції з організації самоконтролю?
3. Які можливості бортової системи щодо самодіагностики?
4. Як виконується самоконтроль електронних систем двигуна?
5. Як виконують випробування електронних систем двигуна?
6. Як виконують пошук несправностей з допомогою бортової системи самодіагностики?
7. Які фактори впливають на достовірність визначення несправностей бортовою системою самодіагностики?
8. Які недоліки бортових і стаціонарних електронних систем діагностики?

## **2.4. Діагностування двигунів за таблицями несправностей та функціональними параметрами**

### **2.4.1. Збір інформації про можливі несправності**

Підставою для пошуку несправностей двигуна автомобіля, як правило, служить звертання водія (клієнта). У того, хто звернувся, у першу чергу необхідно досконально в'яснити, при яких умовах виникла несправність. Для цього існує такий документ як опитувальний лист (рис. 2.21).

Якщо клієнт не може відповісти на всі запитання про обставини виникнення несправності достатньо повно, слід провести контрольні перевірки: запуск двигуна, перевірити справність механічних та електричних систем (згідно з інструкцією з експлуатації конкретного автомобіля). Загальний алгоритм пошуку несправностей наведено на рис. 2.14. Інші несправності можна визначити під час пробної поїздки. Такі дії можуть зайняти багато часу, однак мають свої переваги.

Функціонування виконавчих механізмів, що діють за командою блока управління, може бути попередньо визначене візуально або на слух. Однак, ефективність дуже обмежена. Реле, наприклад, може клацати і у разі наявності контактів, що згоріли, а гідравлічний або пневматичний клапан може спрацьовувати не тільки під дією електричних команд. У будь-якому разі під час оцінювання закритих конструктивних елементів без діагностики виконавчих механізмів не обійтись.

Після перевірки умов виникнення несправності за даними водія (клієнта) попередні припущення повинні бути підтвержені проведеними потім вимірюваннями. Вибір вимірювань визначається наявністю обладнання для діагностики та необхідними затратами часу.

Вибір напрямку пошуку несправності можна визначати за таблицею даних з проведенням тестування.

Несправність: \_\_\_\_\_

1. Чи є несправність тривалою?

так     ні

2. За яких умов настає несправність?

після \_\_\_\_\_ км пробігу  
при частоті обертання \_\_\_\_\_ хв<sup>-1</sup>  
при швидкості \_\_\_\_\_ км/год  
на \_\_\_\_\_ передачі

при їзді з постійною швидкістю     так     ні  
при прискоренні     так     ні  
на примусовому х.х.     так     ні

з     холодним     прогрітим двигуном

3. Потужність двигуна

нормальна  
 низька  
 висока

4. Витрата пального

нормальна  
 низька  
 висока

5. Як експлуатується транспортний засіб?

на коротких поїздках  
 на тривалих поїздках  
 повністю навантаженим  
 ненавантаженим

6. Автомобіль було заправлено бензином чи дизельним паливом?

бензин  
 дизельне паливо

**Рис. 2.21. Форма опитувального листа**

Регулювання початку подачі пального в сучасних системах впорскування здійснюється установкою програмного забезпечення у блоках управління. Відповідні функції мають тестові пристрої, що випускаються для цих систем.

Для електронних систем з самодіагностикою спочатку зчитують інформацію з пам'яті несправностей. У разі складної несправності на панелі приладів загоряється попереджувальна сигнальна лампа («Check Engine» -

«Перевір двигун»), що в багатьох випадках супроводжується зниженням подачі пального або підвищенням частоти обертання колінчастого валу на режимі холостого ходу. Несправний вузол часто вдається визначити з використанням таблиці пошуку несправностей (табл. 2.10). Поряд з читанням пам'яті несправностей можна переглянути таблицю даних (табл. 2.11) і провести тестування виконавчих механізмів.

Таблиця 2.10

**Пошук несправностей двигуна с ПНВТ типа VP37**

Несправність	Аварійна сигналізація	Загруднений холодний запуск	Нерівномірне обертання колінчастого валу	Стуки	Чорний дим у ВГ при повному навантаженні	Димлення ВГ при запуску	Втрата потужності	Ривки	Підвищені оберти холодного ходу
Датчик ВМТ <sup>1</sup>	вкл	×	×				×		×
Датчик тиску у впускному трубопроводі <sup>2</sup>	ви-кл				×		×		
Датчик температури двигуна	ви-кл	×				×			×
Датчик руху голки форсунки <sup>3</sup>	вкл		×				×		При високій частоті обертання колінчастого валу
Магнітний клапан початку подачі пального	ви-кл	×	×	×	×		×		
Витратомір повітря	ви-кл				×		×		
Напруга живлення <sup>4</sup>	ви-кл						×	×	Ривки, зупинка двигуна
Вимикач сигналу зупинки <sup>5</sup>	вкл						×		
Датчик положення регулювального елемента	вкл	При виході з ладу - зупинка двигуна							Особливо при використанні потенціометричного датчика
Датчик педалі подачі пального	вкл						×	×	×
Подача пального <sup>6</sup>	ви-кл	×		×			×	×	

Несправність	Аварійна сигналізація	Затруднений холодний запуск	Нерівномірне обертання колінчастого валу	Стуки	Чорний дим у ВГ при повному навантаженні	Димлення ВГ при запуску	Втрата потужності	Ривки	Підвищені оберти КВ на режимах холостого ходу
Розпилювач <sup>7</sup>	викл	×	×	×	×	×	×	×	
Датчик тиску наддування	викл						×		
Клапан рециркуляції ОГ	викл				×		×		

**Примітки:**

1 - немає показань тахометра, при одночасному виході з ладу датчика руху голки форсунки – зупинка двигуна;

2 – додатковий підігрів не діє (Volkswagen 1,9 TDI), час увімкнення свічок розжарювання завжди дорівнює 15 с;

3 – при виході з ладу, одночасному з датчиком ВМТ, - зупинка двигуна;

4 – перевірити реле живлення блока управління;

5 – не працює регулювання постійної швидкості, синхронізувати моменти спрацювання контактів сигналу зупинки;

6 – перевірити фільтри і паливопроводи. Тиск ПНВТ на режимі холостого ходу – більше 4,5 бар, при максимальній частоті обертання колінчастого валу – 8-10 бар (в останніх варіантах ПНВТ – 15 бар);

7 – послідовно по циліндрам від'єднувати трубопроводи високого тиску і спостерігати за змінами димності ВГ.

Таблиця 2.11

**Технічні дані дизельного двигуна  
Volkswagen TDI потужністю 66 кВт, модель IZ**

Контрольовані параметри		Значення
1	Дійсна частота обертання колінчастого валу	903 хв <sup>-1</sup>
2	Базова величина подачі пального	5 мг/цикл
3	Напруга на датчику повітряної заслінки	1,78 В
4	Температура охолоджувальної рідини	41,4 °С
5	Положення педалі подачі пального	0%
6	Вимикач компресора кондиціонера	вимкнений
7	Контакти холостого ходу	замкнуті
8	Розрахункова витрата повітря	285 мг/цикл
9	Дійсна витрата повітря	280 мг/цикл
10	Скважність управляючого сигналу клапаном рециркуляції відпрацьованих газів	54%
11	Розрахунковий початок впорскування пального	2° кута повороту колінчастого валу до ВМТ
12	Дійсний початок впорскування пального	2° кута повороту колінчастого валу до ВМТ

Контрольовані параметри		Значення
13	Скважність управляючого сигналу електромагнітного клапана управління початком впорскування пального	56%
14	Активація темпомата (системи круїз-контролю)	немає
15	Установлення швидкості автомобіля за темпоматом (системою круїз-контролю)	немає
16	Вимикач педалі гальма	вимкнений
17	Вимикач сигналу зчеплення	увімкнений
18	Температура пального	42 °С
19	Температура повітря на впуску	19,8 °С
20	Атмосферний тиск	1000 мбар
21	Тиск наддування повітря	979 мбар
22	Скважність управляючого сигналу клапана регулювання тиску наддування повітря	73,2%
23	Напруга акумуляторної батареї	14,4 В
24	Відхилення від заданої величини подачі пального циліндра 1	0,42 мг/цикл
25	Відхилення від заданої величини подачі пального циліндра 2	0,8 мг/цикл
26	Відхилення від заданої величини подачі пального циліндра 3	0,26 мг/цикл
Прилад AVL Discan 863		

Перевага методу полягає у легкому доступі до інформації та можливості попередньої діагностики усіх наявних електронних блоків. Блок управління перевіряє усі датчики і виконавчі механізми на несправність та відмову. При виході з ладу конструктивного елемента активізується аварійний режим роботи і несправність записується в пам'ять.

#### 2.4.2. Контроль функціональних параметрів двигуна

**Таблиці несправностей.** До початку пошуку несправностей за таблицями несправностей необхідно виконати наступні умови перевірок: повинні бути виключені помилки водія при запуску двигуна, бак заправлений паливом, двигун механічно справний, акумулятор заряджений, стартер обертає з достатньою кількістю обертів, у паливній системі немає повітряних подушок.

**Таблиці даних робочих станів двигуна.** Усі сучасні блоки управління передають на зчитувальний пристрій виміряні параметри, що відносяться до найбільш значимої частини самодіагностики. Маючи таблицю цих даних, можна за короткий час отримати повну інформацію про роботу блока управління, навіть якщо пам'ять несправностей не заповнена. Багато блоків управління показують також відповідні задані параметри і дають швидке порівняння заданих і дійсних значень. Приклади таблиць даних робочих станів двигунів наведені в табл. 2.10, 2.11.

Дані можна викликати для всіх робочих станів двигуна, починаючи з увімкнення вимикача стартера і свічок розжарювання. Якщо автомобіль тривалий час не запускали, варто звернути увагу на всі значення вимірюваної температури – охолоджувальної рідини, пального та повітря на впуску



(рядки 4, 18 і 19, табл. 2.11). Після тривалої стоянки автомобіля вимірювані величини температури повинні відрізнятися від заданих не більше, ніж на 2 °С. Якщо ця величина перевищена, датчик температури необхідно протестувати, зокрема, з використанням термометра. Список даних, наведених в табл. 2.11, може відрізнятися в залежності від застосовуваної системи впорскування. У процесі прогрівання двигуна показання температури можуть перевірятися, як і решта інших величин, на логічність зміни. Наприклад, початок впорскування повинен залишатися поблизу установочного кута повороту колінчастого валу і зміщуватися у напрямку «раніше» зі зростанням частоти обертання колінчастого валу. При повному виході з ладу датчика, для прикладу, датчика температури, показання будуть відрізнятися залежно від виробника і моделі. У більшій частині виробників автомобілів у цьому випадку буде відображатися значення -50 °С, яке зразу впадає в очі (хоча у північних регіонах така температура може й не здивувати). На деяких моделях автомобілів Volkswagen з'являється або останнє виміряне значення параметра, або значення «за замовчуванням», за яким блок управління виконує розрахунки. Показання моделей автомобілів Volkswagen слід сприймати з особливою обережністю – з урахуванням логічності зміни.

**При роботі двигуна з перебоями** варто звернути увагу на відхилення від заданої величини подачі пального (рядки з 24-го по 26-й, табл. 2.11). Для вирівнювання роботи двигуна по циліндрам блок управління змінює подачу пального в окремих циліндрах до тих пір, поки всі циліндри не будуть працювати однаково. Таке регулювання по циліндрах здійснюється за сигналом датчика ВМТ. У рядках з 24-го по 26-й (табл. 2.11) відхилення подачі пального вказується по відношенню до опорного циліндра. У системах впорскування, оснащених датчиком підйому голки розпилювача форсунки, опорним є циліндр, у якому встановлена форсунка з цим датчиком. В акумуляторних системах впорскування або системах з насос-форсунками розраховується середня подача пального і вказується відхилення по окремим циліндрам. Якщо в якому-небудь циліндрі виникла серйозна несправність, блок управління спробує змінами подачі пального по циліндрам вирівняти роботу двигуна на режимі холостого ходу. Величину допуску для відхилення в подачі пального по циліндрам вказує виробник. З досвіду, причину несправності необхідно шукати при відхиленні подачі пального більше, ніж на 1,5 мг/цикл або на 30% від базової величини подачі (рядок 2, табл. 2.11). Оцінка відхилень подачі пального дає можливість швидко знайти циліндр з відхиленням у подачі, що особливо ефективно для акумуляторної системи впорскування або системи з насос-форсунками, тому що в цих системах не можна виявити несправність шляхом послідовного від'єднання по циліндрам трубок високого тиску. Якщо циліндр з відхиленням подачі знайдено за великим відхиленням подачі пального, вимірюванням компресії в циліндрах слід установити, що несправне: гідравліка форсунок або ж це помилка у роботі інших механізмів двигуна. Типові несправності в електричній схемі повинні бути зареєстровані в пам'яті несправностей блока управління.

При всіх перевагах, які дає перегляд таблиці даних, у цього методу діагностики є певні обмеження щодо швидкості передачі даних з блока управління у приймальні пристрої і датчики. Вважається, що чим більше передається даних, тем повільніше іде оновлення вимірюваних величин і

тим менш точно, таким чином, визначаються відхилення від заданих значень. Тому для цілеспрямованого пошуку несправності необхідно відобразити тільки ті величини, які потрібні для повторного тестування підсистеми. Наприклад, якщо необхідно перевірити систему наддування, під час пробної поїздки достатньо зафіксувати частоту обертання колінчастого валу, положення педалі подачі пального, тиск наддування і час відкриття клапана регулювання тиску наддування. Однак значення, що різко змінюються, (що особливо часто виникає при роботі старих потенціометрів, які застосовуються, зокрема, на педалях подачі пального або поворотних заслінках вимірювача витрати повітря) не завжди визначаються навіть з використанням скороченої таблиці даних. У цьому разі потрібне використання осцилографа.

Використовуючи переносний тестер, протягом короткого часу отримують огляд вимірюваних величин датчиків та величин виконавчих механізмів, якими управляють. Якщо автомобіль тривалий час не експлуатувався, усі датчики температури (рядки 5-8, табл. 2.12) повинні показувати однакові значення. Якщо датчик температури показує помітно більш високу або більш низьку температуру, його необхідно перевірити. У стані спокою датчик тиску наддування повітря і датчик атмосферного тиску (рядки 32 і 34, табл. 2.12) повинні показувати однакові значення. Якщо двигун працює нерівномірно, слід звернути увагу на рядки 21-26, табл. 2.12, у яких перераховані відхилення величини подачі пального по окремих циліндрах, за цими даними здійснюється регулювання плавності роботи двигуна на режимі холостого ходу. Третій циліндр – опорний, тому що його форсунка має датчик руху голки. Якщо цей циліндр потребує більшої зміни подачі пального, ніж допустиме відхилення у 1,5 мг/цикл, слід вимірюванням компресії або перевіркою стану розпилювача форсунки встановити, чи не належить несправність до сфери механіки або гідравліки. Якщо всі циліндри мають знижену циклову подачу, що виходить за допустимі відхилення, указані в рядках 22-26, табл. 2.12, несправність відносять до третього – опорного – циліндра, який і працює саме при більшій подачі пального [7].

Таблиця 2.12

**Витяг з таблиці даних двигуна Audi A6 TDI,  
отриманих на режимі холостого ходу**

<b>Вимірювана величина</b>	<b>Вимірне значення</b>	<b>Примітка (задані значення і т. ін.)</b>
1. Частота обертання колінчастого валу	740 хв <sup>-1</sup>	
2. Положення педалі подачі пального	0%	Педаць відпущена – 0%, натиснута до упору – 100%, виправити при відхиленні установки педалі подачі пального
3. Контакти холостого ходу	замкнуті	
4. Вимикач компресора кондиціонера	увімкнутий	
5. Температура охолоджувальної рідини	90 °С	З температури 112 °С – захист від перегрівання, зниження подачі пального
6. Температура пального	38,7 °С	
7. Температура повітря на впуску	27,5 °С	

Вимірювана величина	Вимірне значення	Примітка (задані значення і т. ін.)
8. Температура масла	90 °С	З температури 140 °С – захист від перегрівання, зниження подачі пального
9. Вимикач педалі гальма	вимкнений	
10. Контрольний вимикач педалі гальма	увімкнений	
11. Вимикач приводу зчеплення	вимкнений	
12. Установлення швидкості автомобіля за темпоматом (системою круїз-контролю)	немає	
13. Пускова подача пального	11,6 мг/цикл	При останньому запуску двигуна
14. Початок подачі пального	1° кута повороту колінчастого валу до ВМТ	При останньому запуску двигуна
15. Задане значення початку подачі пального	0,6° кута повороту колінчастого валу до ВМТ	Задане значення на режимі холостого ходу – від 2° кута повороту колінчастого валу після ВМТ до 2° кута повороту колінчастого валу до ВМТ, при повному навантаженні та з частотою обертання колінчастого валу 3800-4200 хв <sup>-1</sup> 10-15° кута повороту колінчастого валу до ВМТ. При відхиленні дійсного значення от заданого перевірити тиск в ПНВТ, основні налаштування ПНВТ й електромагнітного клапана регулювання початку подачі пального
16. Дійсне значення початку подачі пального	0,6° кута повороту колінчастого валу до ВМТ	
17. Скважність управляючого сигналу електромагнітного клапана регулювання початку подачі пального	73%	Скважність управляючого сигналу при збільшенні частоти обертання колінчастого валу повинна ставати меншою
18. Величина подачі пального	6,9 мг/цикл	
19. Витрата пального	1,10 л/год	
20. Тривалість увімкнення електромагнітного клапана за кутом повороту колінчастого валу	21°	
21. Відхилення величини подачі пального відносно третього (опорного) циліндра		
22. Циліндр 1	+1,25 мг/цикл	Допустиме відхилення складає ±1,5 мг/цикл. У разі більших відхилень перевірити форсунку й компресію в циліндрі
23. Циліндр 2	+1,25 мг/цикл	
24. Циліндр 4	+0,39 мг/цикл	
25. Циліндр 5	+1,02 мг/цикл	
26. Циліндр 6	+0,78 мг/цикл	
27. Обмеження подачі пального за крутильним моментом	29,8 мг/цикл	Задана величина при повному навантаженні і з частотою обертання колінчастого валу 2800-3500 хв <sup>-1</sup> – не більше 37-40 мг/цикл, якщо менше 37 мг/цикл – аварійний режим, якщо більше 40 мг/цикл – чип-тюнінг
28. Обмеження подачі пального за витратою повітря	23,2 мг/цикл	Задана величина при повному навантаженні і з частотою обертання колінчастого валу 2800-3500 хв <sup>-1</sup> – 41 мг/цикл,

Вимірювана величина	Вимірне значення	Примітка (задані значення і т. ін.)
		якщо більше 41 мг/цикл – чип-тюнінг, якщо менше 41 мг/цикл – перевірити витратомір повітря, рециркуляцію ВГ турбонагнітач
29. Витрата повітря на впуску (задане значення)	259 мг/цикл	Допустима різниця заданого і дійсного значення - $\pm 20$ мг/цикл. У разі більшої різниці відключити рециркуляцію ВГ. Якщо режим холостого ходу продовжується довше 10 хв, різко дати газ. Перевірити рециркуляцію ВГ і витратомір повітря. Якщо дійсне значення – 550 мг/цикл, використовувати запасні величини. Система – в аварійному режимі
30. Витрата повітря на впуску (дійсне значення)	259 мг/цикл	
31. Скважність управляючого сигналу перетворювача тиску рециркуляції ВГ	45%	Скважність управляючого сигналу при повному навантаженні і з частотою обертання колінчастого валу більше $3000 \text{ хв}^{-1}$ повинна знизитися до 5-10%
32. Атмосферний тиск	1000 мбар	Допустима різниця показань із зупиненим двигуном і працюючим складає максимум $\pm 20$ м бар
33. Тиск наддування повітря (приписане значення)	1061 мбар	Тиск наддування при повному навантаженні і з частотою обертання колінчастого валу $2900-4000 \text{ хв}^{-1}$ – 1,9-2,2 бар. При відхиленні перевірити нагнітач, охолоджувач повітря і систему регулювання наддування
34. Тиск наддування повітря (дійсне значення)	1061 мбар	
35. Скважність управляючого сигналу перетворювача тиску турбонаддування	85%	Скважність управляючого сигналу при досягненні допустимого тиску наддування повинен стати менше
36. Додатковий підігрів	увімкнений	
37. Завантаження генератора	51%	
38. Діагностика запасу пального	000	000 – норма; 100 – бак пустий; 010 – бак майже пустий; 001 – увімкнення сигналізатора на панелі приладів правильне
39. Паливний насос	увімкнений	
40. Напруга живлення блока управління двигуном	13,45 В	
41. Напруга живлення ПНВТ	13,68 В	
42. ПНВТ	00000000	00000001 – електромагнітний клапан постійно оптимальний; 00000010 – несправний електромагнітний клапан; 00000100 – несправний датчик кута повороту привідного валу ПНВТ; 00001000 – неправильно відрегульований початок подачі пального; 00010000 – не визначається момент початку впорскування пального; 00100000 – правильний сигнал вимкнення; 01000000 – не визначається частота обертання колінчастого валу; 10000000 – несправний трубопровід

У разі підозри на чип-тюнінг за даними, наведеними у рядках 27 і 28, табл. 2.12, можна перевірити, чи змінило налаштування поле характеристик щодо обмеження подачі пального.

Рециркуляція ВГ перевіряється за даними рядків 29-30, табл. 2.12. Якщо витрата повітря на впуску занадто велика, імовірно відключилася рециркуляція ВГ. На режимі холостого ходу вона знову може різко увімкнутися. Якщо витрата повітря на впуску занадто мала, то або клапан рециркуляції ВГ завис у відкритому стані, або вийшов з ладу витратомір повітря.

Якщо двигун не запускається, слід звернути увагу на рядки 38-42, табл. 2.12. Пустий паливний бак, дефектний паливопідкачувальний насос, недостатня напруга живлення або зіпсований ПНВТ можуть бути швидко виявлені. Переносний тестер можна також використовувати під час пробної поїздки. Таблиця даних не придатна для розпізнавання параметрів, які швидко змінюються, тому що передача даних від блока управління до пробника відбувається надто повільно.

Залежно від значимості помилки впорскування пального продовжується або двигун зупиняється. З допомогою відповідного тестера дані з пам'яті несправностей можуть зчитуватися або видалятися. Завдяки наявності таблиці даних усі значення параметрів, які обробляє блок управління, можуть аналізуватися. У табл. 2.13 наведені результати випробувань і параметри роботи двигуна на режимі холостого ходу. Тут важливими є рядки 6 і 8 (див. табл. 2.13 [7]), у яких дані тиск в акумуляторі високого тиску і скважність управляючого сигналу електромагнітного клапана регулювання тиску. Тиск в акумуляторі високого тиску на режимі холостого ходу повинен складати від 240 до 300 бар, скважність управляючого сигналу електромагнітного клапана регулювання тиску – приблизно 15% з тиском 250 бар і 17% при 300 бар.

Таблиця 2.13

**Таблиця даних двигуна CDI на режимі холостого ходу**

Величина	Значення
1. Частота обертання колінчастого валу двигуна	750 хв <sup>-1</sup>
2. Температура охолоджувальної рідини	88 °С
3. Вимикач приводу зчеплення	вимкнений
4. Положення педалі подачі пального	0%
5. Приписане значення тиску в акумуляторі високого тиску	261 бар
6. Реальний тиск в акумуляторі високого тиску	264 бар
7. Циклова подача однієї форсунки	13, 8 МЕ
8. Скважність управляючого сигналу електромагнітного клапана регулювання тиску	16%
9. Корекція рівномірності роботи двигуна	
для циліндра 1	-3,35 МЕ
для циліндра 3	0,00 МЕ
для циліндра 4	2,58 МЕ
для циліндра 2	0,65 МЕ

**Примітка:**

МЕ – умовна одиниця подачі пального, прийнята фірмою Mercedes-Benz для вимірювання подачі пального.

Якщо значення реального тиску в акумуляторі високого тиску і значення приписане, що зберігається в пам'яті блока управління, не збігаються, без сумніву наявні порушення ущільнення сполучень у системі високого тиску. З допомогою відповідного тесту перевіряються ймовірні відкриті місця негерметичності, після чого залишається проаналізувати внутрішні порушення ущільнення сполучень у форсунках, електромагнітному клапані регулювання тиску та ПНВТ.

Нерівномірне обертання колінчастого валу двигуна відбивається показниками, що наведені у пункті 9 (див. табл. 2.13). Корекція режиму холостого ходу призначена для компенсації відхилень по циліндрам у механіці двигуна та гідравліці системи впорскування пального, що виникають при серійному виробництві. Нерівномірність роботи двигуна по циліндрам блок управління перевіряє з допомогою датчика ВМТ. Якщо якийсь циліндр відрізняється більше, ніж на 30% від заданого значення, це вважається ненормальним і блок управління намагається виправити відхилення значним збільшенням циклової подачі пального у даний циліндр.

Механічні пошкодження такі, як, наприклад, прогар випускного клапана, можуть бути виявлені вимірюванням компресії, що оцінюється за протіканням величини сили струму в стартері. Якщо ніяких механічних несправностей не виявлено, можливо несправна форсунка. Для перевірки форсунки сусідніх циліндрів міняють місцями. Якщо відхилення циклової подачі підтверджується, несправну форсунку необхідно замінити.

### **2.4.3. Пошук несправностей двигуна за причинно-наслідковими зв'язками**

Процес пошуку несправностей двигуна розробляють на основі структурних схем і граф-моделей. Їх будують за різними ознаками, наприклад, за функціональними, у просторі властивостей елементів або у просторі параметрів. Тому алгоритм пошуку несправностей також різний. Найкращим вважають алгоритм, що дає можливість локалізувати несправність з меншою кількістю перевірок і з меншими трудозатратами.

Процес пошуку несправності полягає у логічній обробці деякої об'єктивно існуючої інформації, що надходить від працюючих агрегатів за певний відрізок часу. Ця інформація надходить у вигляді системи зовнішніх ознак, що прямо чи опосередковано характеризують технічний стан систем двигуна.

Розглянемо функціональну схему рівнів пошуку несправностей та причинно-наслідкових зв'язків на прикладі датчика розподільника безконтактної системи запалювання (рис. 2.22).

Рівень 1: 1-1 – високовольтна кришка; 1-2 – корпус датчика розподільника; 1-3 – відцентровий автомат; 1-4 – вакуумний автомат; 1-5 – датчик Холла з опорною пластиною.

Рівень 2: 2-1 – сполучення «високовольтна кришка-вуглик»; 2-2 – «вуглик-ротор»; 2-3 – «ротор-перешкодоподавлювальний резистор»; 2-4 – сполучення «тримач переднього підшипника валика-валик»; 2-5 – сполучення «валик розподільника-ведена пластина відцентрового автомата»; 2-6 – «валик розподільника-муфта»; 2-7 – «ведуча пластина відцентрового автомата».

тягарці»; 2-8 – «тягарці відцентрового автомата-пружини»; 2-9 – «вісь тягарця на веденій пластині-тягарець»; 2-10 – «опорна пластина з підшипником-тримач переднього підшипника валика»; 2-11 – «тяга вакуумного автомата-діафрагма вакуумного регулятора»; 2-12 – «діафрагма-пружина вакуумного регулятора»; 2-13 – «пружина-кришка вакуумного автомата»; 2-14 – «корпус розподільника-сальникове ущільнення»; 2-15 – «муфта-штифт»; 2-16 – «датчик Холла-замикач»; 2-17 – «датчик Холла-провід з рознімача».

Рівень 3: 3-1 – опір вуглика; 3-2 – опір перешкодоподавлювального резистора; 3-3 – опір ізоляції високовольтної кришки; 3-4 – опір ізоляції ротора; 3-5 – пружність пружин відцентрового регулятора; 3-6 – величина зазору між віссю тягарця і віссю; 3-7 – пружність пружини вакуумного автомата; 3-8 – величина люфту в передньому підшипнику розподільника; 3-9 – величина люфту валика у підшипнику ковзання корпусу розподільника; 3-10 – величина зазору між муфтою і корпусом; 3-11 – форма вихідної напруги сигналу датчика Холла; 3-12 – величина люфту підшипника у тримачі переднього підшипника валика.

Рівень 4: 4-1 – збільшення опору вуглика або обрив; 4-2 – згоряння перешкодоподавлювального резистора; 4-3 – тріщини високовольтної кришки або її прогар; 4-4 – забруднення високовольтної кришки; 4-5 – забруднення ротора; 4-6 – пробій ротора; 4-7 – спрацювання переднього підшипника валика; 4-8 – заїдання тягарців відцентрового автомата; 4-9 – втрата герметичності діафрагми вакуумного автомата; 4-11 – ослаблення пластини вакуумного регулятора; 4-12 – заїдання підшипника у нерухомій пластині датчика; 4-13 – витік масла через сальник; 4-14 – згоряння мікросхеми датчика Холла.

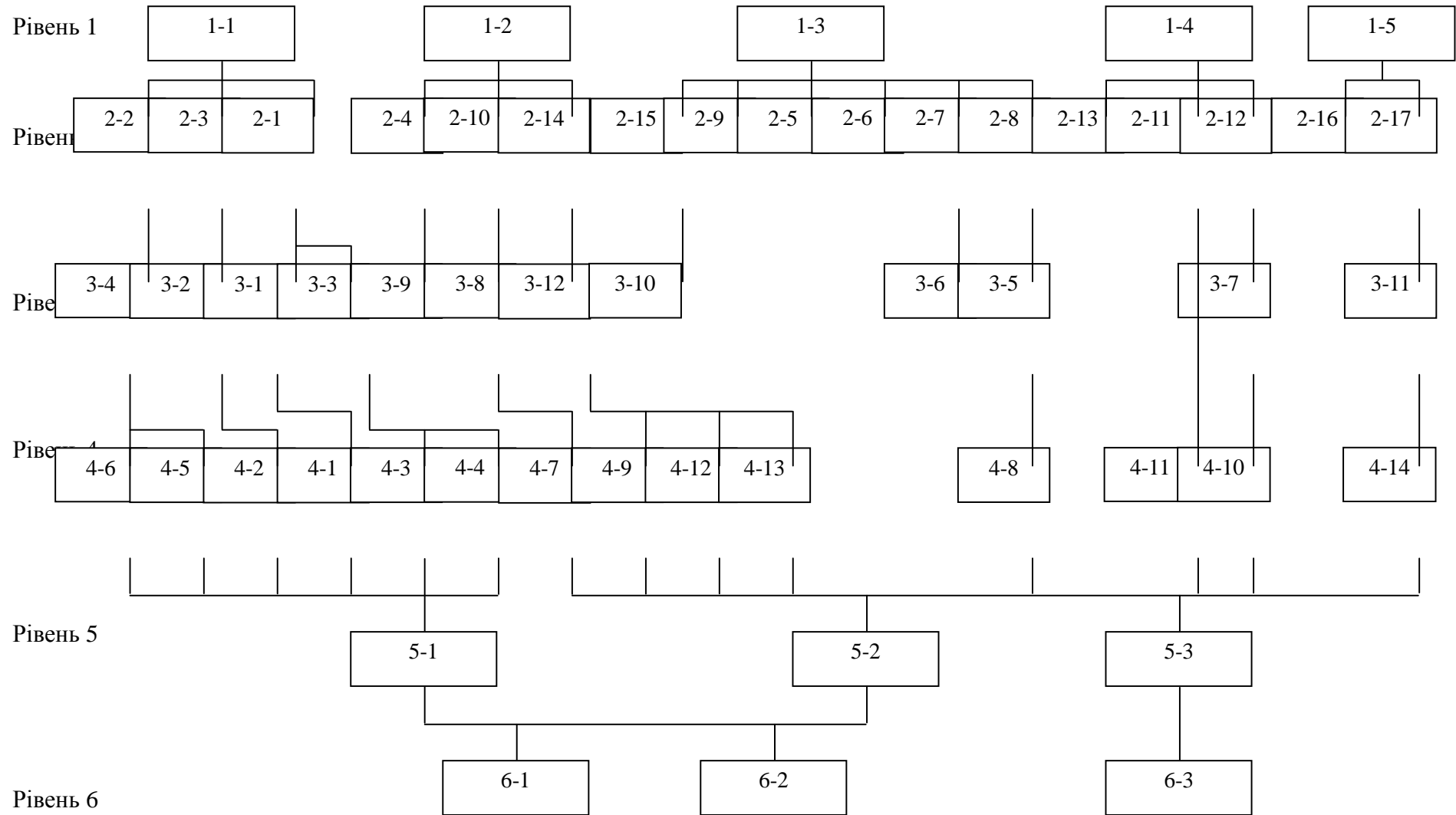
Рівень 5: 5-1 – зменшення вторинної напруги системи запалювання; 5-2 – відхилення кута випередження запалювання від норми; 5-3 – перебої іскроутворення на свічках запалювання.

Рівень 6: 6-1 – вторинна напруга на свічках запалювання з працюючим двигуном; 6-2 – тривалість іскрового розряду з працюючим двигуном; 6-3 – кут випередження запалювання.

Параметри шостого рівня визначають безпосередньо на автомобілі без розбирання і зняття датчика розподільника з двигуна. Значення вимірних параметрів порівнюють з нормами і за осцилограмами на екрані мотор-тестера визначають конкретну несправність.

Порядок діагностування установлюють таким, щоб за мінімальним переліком вимірних параметрів установити технічний стан вузла або системи й у разі їх нероботоздатності локалізувати несправні елементи або сполучення, виявити порушені регулювання.

Алгоритми діагностування елементів і систем електрообладнання складають, виходячи з аналізу його структурної схеми надійності. При цьому системи електропостачання, запуску і запалювання мають послідовну надійну схему з'єднань елементів, з якою відмова будь-якого з них спричиняє відмову системи в цілому. Наприклад, відмова випрямного діода моста генератора призводить до відмови всієї генераторної установки, тому що напруга на її виході не буде відповідати нормі.



**Рис. 2.22. Функціональна схема (граф) структурно-наслідкових зв'язків і рівнів пошуку несправностей датчика розподільника безконтактної системи запалювання**



Приклад складного взаємозв'язку несправностей і станів у системі впорскування пального «K-Jetronic» наведено в табл. 2.14, 2.15. Для автоматизації трудомістких і складних перевірок електронних та гідравлічних пристроїв цієї системи фірма Bosch випускає спеціальні діагностичні прилади.

У табл. 2.14 числами позначені причини несправностей з табл. 2.15.

Таблиця 2.14

### Ознаки несправностей

Холодний двигун не запускається	1	2	3	6	7	9	11	12	15	21	22	23	24	28	29					
Холодний двигун запускається і «глухне»					3	4	6	8	9	11	15	16	24	28	30					
Гарячий двигун не запускається						1	3	8	9	21	22	23	24	28	29					
Утруднений запуск холодного двигуна			3	4	6	7	9	11	12	14	15	18	24	28	29					
Утруднений запуск гарячого двигуна							3	5	8	9	17	18	24	28	29					
Двигун працює нестійко під час прогрівання			3	4	6	7	8	9	15	16	18	21	28	30						
Двигун запускається і «глухне»							3	4	5	6	8	9	28	30						
Порушення режиму холостого ходу	3	4	5	6	7	8	9	10	13	15	16	17	18	19	20	21	24	26	28	30
Зворотні спалахи у впускному колекторі							7	9	10	13	15	17	18	24	25	26	28			
Двигун працює з перебоями під час розгону			3	6	7	9	11	16	17	18	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Двигун працює з перебоями на примусовому холостому ходу															8	9	12	15	28	
Перебої в роботі двигуна на всіх режимах				8	9	10	11	15	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
Двигун не розвиває повної потужності		3	4	7	8	9	11	18	21	22	23	24	25	26	27	28	29			

Таблиця 2.15

### Можливі причини несправностей

1	Немає пального у паливному баку
2	Несправний паливний насос
3	Засмічений паливний фільтр
4	Деформований або засмічений зливний паливопровід
5	Підвищений тиск у системі
6	Понижений тиск пального
7	Підвищений управляючий тиск
8	Понижений управляючий тиск
9	Негерметичність форсунок впорскування
10	Частково засмічені форсунки впорскування

11	Не працює пускова форсунка
12	Негерметичність пускової форсунки
13	Несправне теплове реле часу
14	Несправний датчик температури охолоджувальної рідини
15	Порушене регулювання дросельної заслінки
16	Не закривається клапан додаткової подачі повітря
17	Негерметичність повітроподавального тракту і (або) витратоміра пального
18	Ослаблення затягнення (запресування) форсунок впорскування
19	Негерметичність системи випуску відпрацьованих газів
20	Несправні свічки запалювання
21	Несправна котушка запалювання
22	Несправний комутатор
23	Обрив у проводах системи запалювання
24	Неправильно установлений момент запалювання
25	Пошкоджені вакуумні шланги
26	Несправний регулятор випередження запалювання
27	Неправильне регулювання (комутатор) моменту запалювання
28	Необхідний ремонт двигуна
29	Бензин з низьким октановим числом
30	Порушене регулювання режиму холостого ходу

### Контрольні запитання

1. Що є підставою для пошуку несправності?
2. Як виконується контроль функціональних параметрів двигуна?
3. У чому сутність методу пошуку несправностей двигуна за причинно-наслідковими зв'язками?

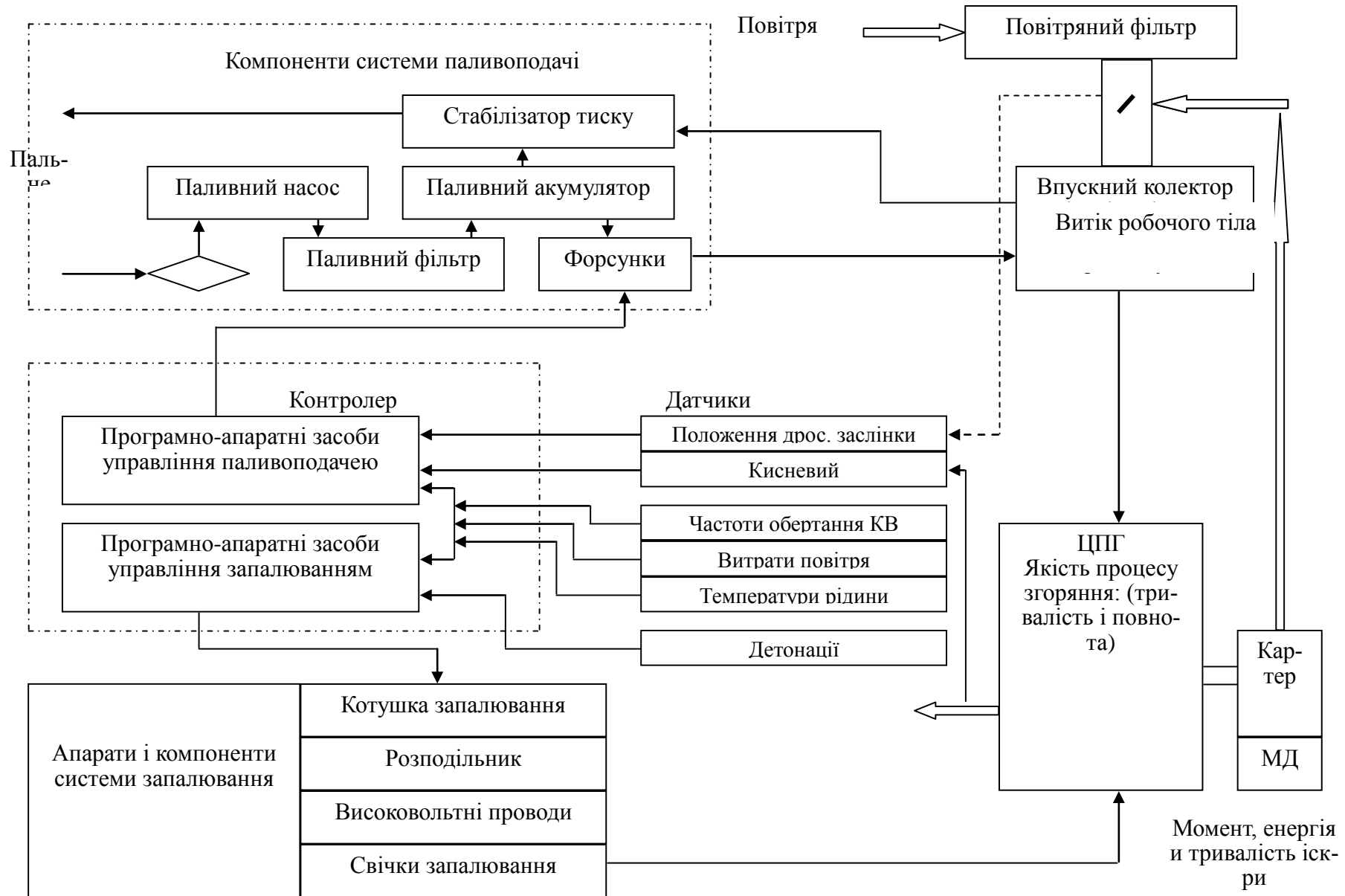
## 2.5. Діагностування бензинових двигунів зовнішніми засобами

### 2.5.1. Структурні схеми електронних систем діагностики й управління робочими процесами двигуна

Функціональна схема бензинового двигуна з мікропроцесорним управлінням представлена на рис. 2.23.

Електронні схеми управління бензиновим двигуном представлені на рис. 2.24 і 2.25.

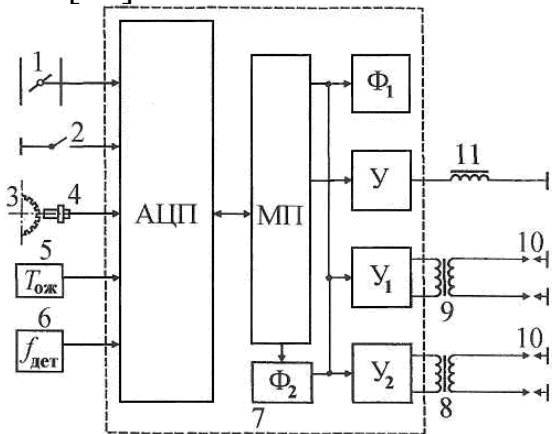
Мікропроцесорна система запалювання (див. рис. 2.24) складається з датчика абсолютного тиску 1 у всмоктувальній патрубку, датчика положення дросельної заслінки 2, датчика частоти обертання колінчастого валу та верхньої мертвої точки (ВМТ) 4, датчика температури охолоджувальної рідини 5, датчика детонації 6, блока управління 7 і двовивідних катушок запалювання 8, 9, з'єднаних зі свічками 10. На вхід електронного блока 7 надходять сигнали з датчиків, які нормалізуються й перетворюються в аналого-цифровому перетворювачі (АЦП) і подаються в мікропроцесор МП. Мікропроцесор залежно від параметрів режиму роботи двигуна за частотою



**Рис. 2.23. Функціональна схема бензинового двигуна з мікропроцесорним управлінням**

обертання валу двигуна, навантаженням, температурою охолоджувальної рідини та початком детонаційного згоряння розраховує оптимальний кут випередження запалювання, момент увімкнення і вимкнення клапана ЕПХХ 11 і порядок роботи циліндрів.

Електронна система управління двигуном (див. рис. 2.25) складається з датчиків положення колінчастого валу двигуна 1, положення розподільного валу (фази) 2, температури охолоджувальної рідини 3, детонації 4, масової витрати повітря 5, положення дросельної заслінки 6, температури повітря 7 [32].



**Рис. 2.24. Структурна схема мікропроцесорної системи запалювання**

На рис. 2.24. прийняті такі позначення: 1 – датчик абсолютного тиску; 2 – датчик положення дросельної заслінки; 3 – маховик двигуна; 4 – датчик частоти обертання колінчастого валу і верхньої мертвої точки (ВМТ); 5 – датчик температури охолоджувальної рідини  $T_{ож}$ ; 6 – датчик детонації  $f_{дет}$ ; 7 – блок управління, що містить аналогоцифровий перетворювач (АЦП), мікропроцесор МП, формувач вибору каналу  $\Phi_1$ , формувач імпульсів запалювання  $\Phi_2$  з підсилювачами,  $У_1$  та  $У_2$  – двоканаль-

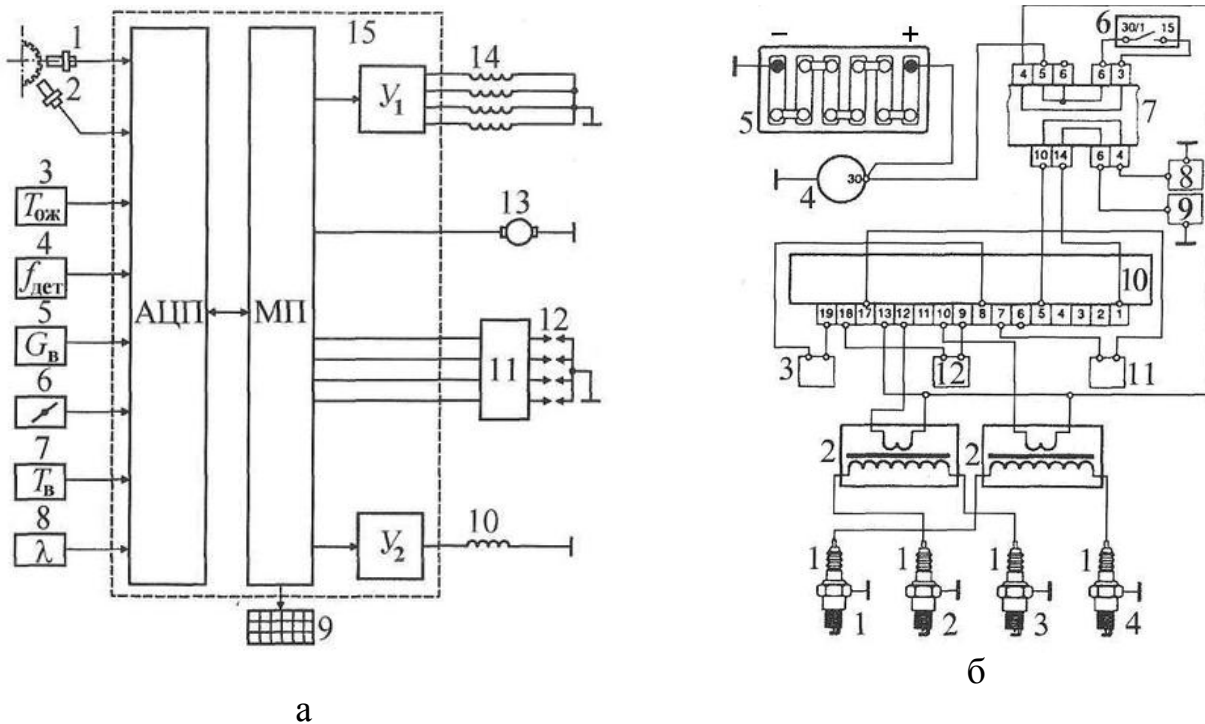
ний транзисторний комутатор, підсилювач клапана економайзера примусового холостого ходу  $У$ ; 8, 9 – двовивідні котушки запалювання; 10 – свічки запалювання; 11 – клапан ЕПХХ.

Сигнали з датчиків надходять в електронний блок (контролер) 15, який управляє чотирма електромагнітними форсунками 14, електричним бензонасосом 13, регулятором додаткового повітря 10, модулем запалювання 11 і роботою свічок запалювання 12.

Контролер 15 виконує такі програми управління:

- формування моменту і тривалості електричних імпульсів відкриття електромагнітних форсунок 14 подачі пального;
- формування моменту і значення кута випередження запалювання залежно від режиму роботи двигуна;
- робота регулятора додаткового повітря 10;
- робота електричного бензонасосу 13;
- робота двигуна в резервному режимі при виході з ладу окремих елементів системи;
- контроль і «самодіагностування» системи.

До складу системи входять контрольна лампа в комбінації приладів і діагностичний рознімач. Пристрій «самодіагностування» призначений для інформування водія про наявні несправності в системі управління і висвітлювання діагностичних кодів з допомогою діагностичної лампи або табло. Діагностичні коди несправностей, що були в роботі двигуна, запам'ятовуються і знаходяться в пам'яті процесора контролера 15.



**Рис. 2.25. Мікропроцесорні системи управління бензиновим двигуном:**

1 – датчик положення колінчастого валу двигуна; 2 – датчик фази; 3 – датчик температури охолоджувальної рідини  $T_{ож}$ ; 4 – датчик детонації  $f_{дет}$ ; 5 – датчик масової витрати повітря  $G_в$ ; 6 – датчик положення дросельної заслінки; 7 – датчик температури всмоктуваного повітря  $T_в$ ; 8 – кисневий датчик ( $\lambda$ -зонд); 9 – діагностична колодка; 10 – регулятор додаткового повітря; 11 – модуль запалювання; 12 – свічки запалювання; 13 – електричний бензонасос; 14 – форсунки електромагнітні; 15 – електронний блок управління, що складається з аналого-цифрового перетворювача АЦП, процесора МП, підсилювача форсунок  $Y_1$ , підсилювача регулятора додаткового повітря  $Y_2$ ; 16 – свічки запалювання; 17 – котушка запалювання; 18 – датчик початку відліку; 19 – генератор; 20 – акумулятор; 21 – вимикач запалювання; 22 – блок; 23, 24 – кінцевий вимикач та електромагнітний клапан карбюратора; 25 – контролер (блок управління); 26, 27 – датчики теплового стану двигуна і положення колінчастого валу

### 2.5.2. Технологічна послідовність діагностування

Для визначення, в якому з багатьох можливих станів знаходиться двигун, необхідне знання загальної кількості можливих порушень його функціональних параметрів.

Діагностування електронних систем управління двигуном виконують з допомогою: мотор-тестерів, сканерів, мультиметрів, осцилографів, стробоскопів, газоаналізаторів, манометрів, вакуумних насосів.

**Діагностування електронних систем** виконують за такою технологічною схемою: [32]

- вимірюють з допомогою манометра і вакуумного насоса тиск подачі пального в різних точках системи з метою визначення роботоздатності електричного бензонасосу, паливного фільтра і регулятора тиску пального;

- вимірюють мультиметром опір обмоток електромагнітних форсунок, який повинен бути у межах 15,5-16,0 Ом;

- вимірюють мультиметром опір датчика температури залежно від температури охолоджувальної рідини: при температурі 15-20 °С опір повинен

бути приблизно 43,0 кОм. Сигнал з датчика інколи вимірюють (його рівень - «високий» чи «низький») з допомогою сканера за кодом несправності;

- вимірюють концентрацію CO, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, O<sub>2</sub> газоаналізатором через спеціальний отвір перед каталітичним нейтралізатором і напругу на виході датчика кисню ( $\lambda$ -зонда) на різних режимах роботи двигуна з допомогою мотор-тестера або сканера за спеціальним тестом;

- вимірюють осцилографом і мультиметром напругу на сигнальному проводі датчика кисню на різних частотах обертання валу двигуна;

- перевіряють сканером програму регулювання контролера;

- вимірюють сканером, мотор-тестером і з допомогою стробоскопа параметри системи запалювання, у тому числі вторинні напруги, тривалість іскрового розряду, пробивні напруги на свічках запалювання, кути випередження запалювання;

- визначають роботоздатність та електричні параметри регулятора холостого ходу, датчика положення дросельної заслінки і правильність його установки на дросельному патрубку. Вимірюють кількість засмоктуваного повітря через датчик масової витрати повітря і перевіряють регулювальний гвинт «кількість CO»;

- перевіряють пристрій «самодіагностування» електронного блока шляхом зчитування кодів несправностей;

- видаляють коди несправностей з пам'яті контролера після обслуговування та необхідного поточного ремонту.

У разі порушення іскроутворення з мікропроцесорною системою запалювання необхідно перевірити надійність усіх її електричних з'єднань.

Якщо двигун не запускається, то необхідно перевірити наявність високої напруги у високовольтних проводах. Для цього, прикладаючи зусилля тільки до гумового ковпачка, зняти високовольтний провід зі свічки першого або четвертого циліндра (рівнозначно, тому що обидва проводи підводять напругу від однієї й тієї самої котушки запалювання). Установити у гніздо наконечника проводу свічки, що відома як справна, і розташувати її на кришці головки блока циліндрів, забезпечивши надійний контакт корпусу свічки з «масою» двигуна.

Увімкнути запалювання і прокрутити двигун стартером. Якщо система запалювання справна, між електродами свічки повинен виникнути електричний розряд. Аналогічно перевірити свічки інших циліндрів. Слід відмітити, що такий спосіб небажано використовувати в електронних системах запалювання, тому що може вийти з ладу вартісний електронний блок.

Причинами відсутності високої напруги у високовольтних проводах одночасно від обох котушок запалювання можуть бути несправності в колах живлення котушок або контролера, а також відсутність сигналів з індуктивних датчиків, розташованих на картері зчеплення.

Причиною відсутності високої напруги у високовольтних проводах однієї з котушок може бути порушення контактних з'єднань в управляючому колі котушки запалювання або вихід з ладу самої котушки.

Перевірити справність кола живлення контролера і котушок можна за допомогою контрольної лампи (12 В), підключивши її до відповідних контактів контролера і котушки запалювання. Після увімкнення запалювання лампа повинна загорітися, інакше треба перевірити справність контактних

з'єднань джгута проводів автомобіля і надійність закріплення масових проводів.

Перевірити справність котушки запалювання можна методом заміни на відомо справну або підключивши другу справну котушку.

У разі, якщо двигун з мікропроцесорною системою запалювання не розвиває повну потужність, необхідно перевірити вакуумну трубку контролера на відсутність пошкоджень або на наявність конденсату пального в ній, а також відсутність замикання на «масу» проводу від рознімача контролера до датчика-гвинта (при від'єданому проводі від п'ятого контакту колодки контролера двигун повинен розвивати повну потужність). Якщо в результаті всіх перевірок робота двигуна не нормалізується, слід замінити контролер.

### **2.5.3. Діагностування двигуна з розподільною системою впорскування пального**

У першу чергу діагностування двигуна починають з оцінювання механічної системи в режимі прокрутки двигуна стартером. Щоб оцінити стан механічної системи записують графіки розрідження у впускному колекторі, для чого до впускного колектора підключають датчик розрідження  $D_x$  до системи USB Autoscope, його сигнал під час прокрутки записується протягом 5-6 с. За даними графіків виявляють стан взаємного положення колінчастого валу і розподільних валів, закоксованість впускних клапанів, підвищений опір «закоксованого» каталізатора, оцінюють рівномірність відкриття впускних клапанів, стан ЦПГ [33].

Якщо двигун справний, отримані графіки близькі до синусоїди без помітних поциліндрових відмінностей за формою та амплітудою сигналу. Якщо несправна взаємодія колінчастого валу та газорозподільних валів, графік розділення у впускному колекторі набуває «пилкоподібної форми». За напрямком нахилу «пилки» можна визначити випередження і відставання у роботі розподільного валу. Наприклад, якщо розрідження, що створюється в окремо взятому циліндрі, зростає повільно, а спадає швидко, то це вказує на випередження відкриття і закриття впускних клапанів.

Поциліндрові відмінності сигналу за формою і (або) амплітудою, що періодично повторюються, свідчать про неоднакову кількість усмоктувань паливо-повітряної суміші для різних циліндрів, що є наслідком несправності механіки двигуна.

У разі необхідності можна оцінити стан компресійних кілець і робочих поверхонь циліндрів за об'ємом прориву газів у картер двигуна через сполучення «кільця-циліндр». Цей показник можна отримати для кожного циліндра і порівняти їх графіки пульсацій тиску в картері двигуна. Графік пульсацій тиску в картері двигуна, що працює, знімають з допомогою датчика розрідження  $D_x$ , який устанавлюється на місце масляного щупа.

Деякі порушення в механіці, наприклад, клапан, що «підвисає» або нещільно закривається, проявляються як «троїння» двигуна. Виявити такі несправності можна за нерівномірними пульсаціями відпрацьованих газів, для отримання графіка яких датчик  $D_x$  потрібно встановити у вихлопну трубу.

Після запуску двигуна діагност може переглянути на моніторі комп'ютера графік пульсацій відпрацьованих газів. Якщо всі циліндри двигуна працюють нормально і без перебоїв, характер пульсацій на отриманому графіку також рівномірний.

«Троїння» виявляється на графіку за відключенням форми та амплітуди пульсацій циліндра, що працює з перебоями.

Оцінивши таким чином стан механіки двигуна і переконавшись у його нормальному функціонуванні, можна починати діагностування системи управління двигуном. Практика показала, що приблизно 60% двигунів, що надійшли «на діагностику інжектора», відсіюються на цьому етапі, тому що мають несправності механічної частини двигуна. Якщо це проігнорувати, як часто і відбувається, то діагностика системи управління двигуном виявляється неефективним і даремним заняттям.

Діагностування системи управління бензиновим двигуном завжди повинне починатися з перевірки справності системи запалювання, яке проводять з допомогою мотор-тестера, по суті осцилографом, що спеціально адаптований для перевірки автомобільної електроніки і в першу чергу високовольтних кіл систем запалювання [33].

Для підключення до високовольтних кіл мотор-тестери оснащуються високовольтними датчиками різних типів і мають спеціальний режим відображення осцилограми високої напруги систем запалювання - «парад циліндрів».

У цьому режимі в реальному часі відображаються параметри імпульсів запалювання такі, як пробивна напруга, час і напруга горіння іскри окремо для кожного циліндра.

Будь-яка несправність у системі запалювання, як у первинному, так і у вторинному колах, певним чином впливає на форму і величину імпульсів високої напруги у вторинному колі системи запалювання.

За відхиленнями високовольтних імпульсів можна виявити несправність. Наприклад, якщо ізолятор свічки запалювання забруднений або «засвинцьований», то висока напруга стікає по забрудненому ізолятору свічки на «масу», і розряд між електродами свічки не виникає, що призводить до пропусків запалювання.

Стікання високої напруги на «масу» може бути виявлене за заниженій пробивній напрузі та характерній зміні форми імпульсу високої напруги, що відображається з допомогою мотор-тестера.

У системах запалювання з силіконовими високовольтними проводами часто виникає обрив такого проводу через вигоряння струмопровідного осердя. Іскровий розряд у такому випадку може бути дуже коротким або взагалі відсутнім залежно від довжини вигорілої ділянки та режиму роботи двигуна.

Таким чином, за відображеними мотор-тестером осцилограмами напруг у високовольтних колах можна виявити неполадки у системі запалювання. На практиці такі несправності виявляються у 30-40% випадків. І тільки після цього етапу слід скористатися сканером.



## 2.5.4. Діагностування паливного насосу, регулятора тиску пального в гідроаккумуляторі та форсунок

### 2.5.4.1. Засоби та контрольовані параметри

В основу методу діагностування паливної апаратури безпосереднього впорскування покладено контроль параметрів сигналів датчиків та управляючих імпульсів виконавчих пристроїв системи управління двигуном. Для контролю параметрів процесів, що протікають в лінії високого тиску, застосовується цифровий осцилограф, який має пишучий пристрій і високу частоту дискретизації сигналу. Осцилограф дає можливість фіксувати швидкі процеси подачі управляючого імпульсу на форсунку безпосереднього впорскування бензину.

Апаратний вимірювальний комплекс діагностування паливної апаратури показаний на рис. 2.26, а графіки контрольованих параметрів форсунки і насосу – на рис. 2.27, 2.28, 2.29 [5, 34].

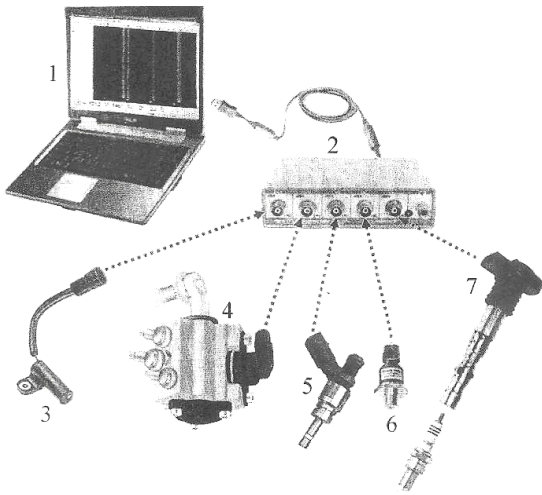
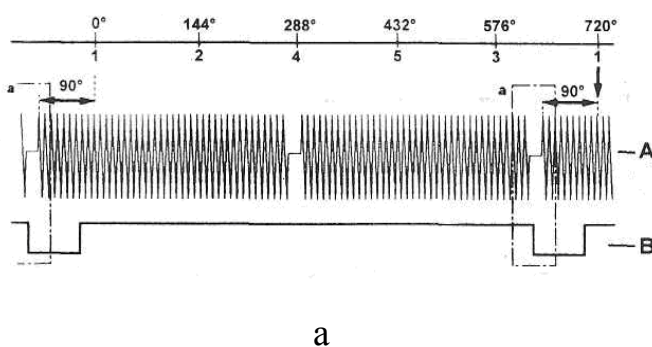
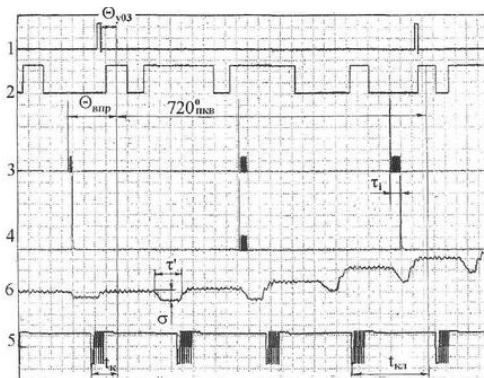


Рис. 2.26. Апаратно-вимірювальний комплекс

На рис. 2.26 цифрами позначені: 1 – ноутбук з програмним забезпеченням для проведення вимірювань на автомобілі; 2 – цифровий пишучий високочастотний осцилограф (USB Autoscope або USB Scop II); 3 – датчик фази (положення розподільного валу); 4 – паливний насос високого тиску; 5 – електромагнітна форсунка; 6 – датчик тиску пального у гідравлічному аккумуляторі; 7 – індивідуальна котушка запалювання.



а



б

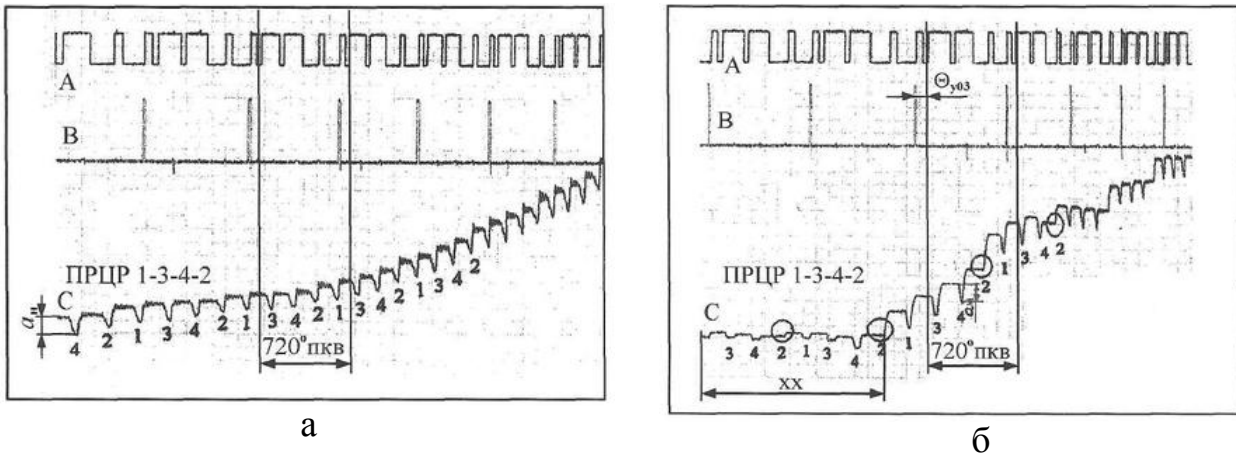
Рис. 2.27. Контрольовані параметри сигналів:

а: А – сигнал датчика кількості обертів (прив'язки); В – сигнал фазового датчика;  
 б: 1 – сигнал управління на підсилювальний каскад котушки запалювання; 2 – сигнал «фази»; 3 - «спільний» канал управління форсунками; 4 - «індивідуальний» канал управління форсунки; 5 – імпульс управління електроклапаном ПНВТ; 6 – сигнал рівня тиску пального у гідроаккумуляторі;  $\Theta_{\text{впр}}$  – кут випередження запалювання;  $\Theta_{\text{впр}}$  – кут випередження впорскування;  $\tau_i$  – тривалість управляючого імпульсу форсунки;  $\tau_{\text{КЛ}}$  – час випередження подачі імпульсу на електричний клапан насосу;  $a$  – амплітуда:

$$a = f(\tau_i); \tau' - \text{тривалість впорскування}$$

Основними діагностичними параметрами приймаються параметри сигналів: датчика тиску пального у гідравлічному акумуляторі, управляючий імпульс на форсунку; управляючий імпульс на електричний клапан ПНВТ; управляючий імпульс на котушку запалювання і фаза (кутове положення розподільного валу).

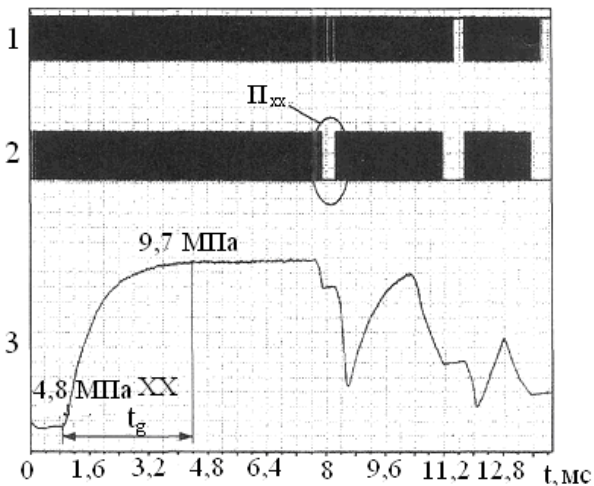
Для синхронізації впорскування, порядку запалювання і регулювання детонації необхідна така інформація: кількість обертів, положення колінчастого валу і положення розподільного валу (визначається з допомогою датчика Холла на розподільному валу). Визначення опорного циліндра показано на рис. 2.27, а.



**Рис. 2.28. Загальна оцінка технічного стану форсунки:**

а – справні усі форсунки; б – одна форсунка несправна; А – сигнал датчика положення розподільного валу (фаза); В – управляючі імпульси на підсилювальний каскад котушки; С – тиск пального у паливному акумуляторі;

$a_{II}, a_{H}$  – амплітуди:  $a_{H} > a_{II}$



**Рис. 2.29. Діагностування насосу:**

1 – управляючий імпульс клапана ПНВТ; 2 – управляючий імпульс на форсунку; 3 – сигнал датчика тиску в паливному акумуляторі;  $t_g$  – час набору тиску від  $P_{AK}^{XX}$

до  $P_{AK}^{max}$ :  $P_{AK} = f(t_{KL})$ ;  $\Pi_{XX}$  – примусовий холостий хід

Розподільна форсунка безпосереднього впорскування бензину має двоканальне управління з високовольтним форсувальним імпульсом малої тривалості. Тому використовують диференціальний спосіб запису управляючих імпульсів на форсунку, що дає можливість виконувати точний аналіз тривалості кожної ділянки імпульсу, а також розглядають алгоритм перезарядки високовольтного конденсатора управління форсункою. Виявляють наявність гідравлічного запізнення процесу впорскування пального відносно управляючого імпульсу і визначають реальну тривалість впорскування пального форсункою. Вживають заходів апаратного зниження шуму – перешкод при вимірюванні низьковольтного сигналу тиску пального у гідроакумуляторі.

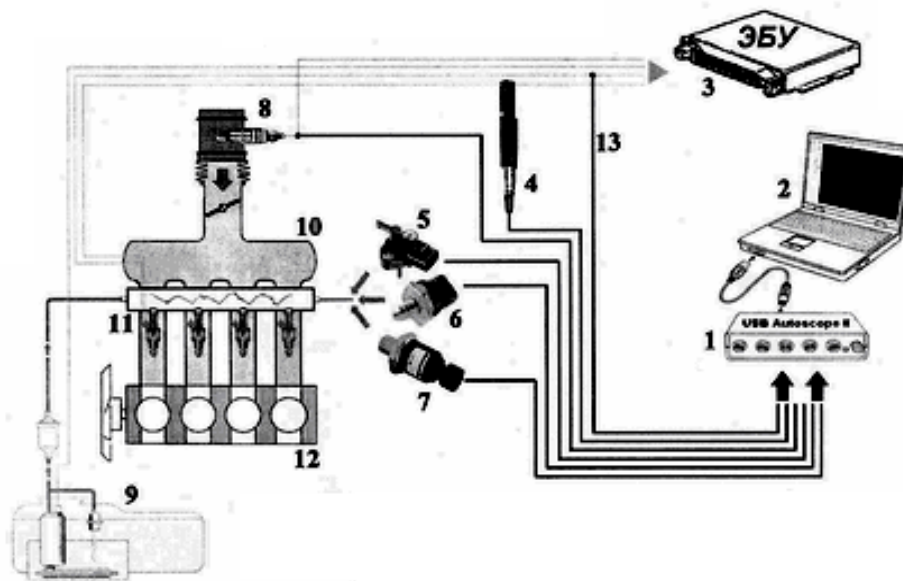
Усі положення про можливість оцінювання технічного стану вузлів паливної апаратури в лінії високого тиску за формою коливань тиску в гідроакумуляторі справедливі і можуть ефективно використовуватися для експрес-діагностування автомобілів з системою FSI і GDI. Сигнал штатного датчика тиску можна використовувати для оцінювання технічного стану форсунок, щоб оцінити стабільність їх роботи від циклу до циклу. Параметри швидкості наростання тиску можна використовувати для порівняльного аналізу.

Для запису контрольованих сигналів (див. рис. 2.27, 2.28, 2.29) використаний цифровий пишучий високочастотний осцилограф USB Autoscope II.

Основні технічні характеристики цього осцилографа: 8 каналів, один канал з подільником напруги 1:10, частота 500 кГц, пам'ять 12 біт, АЦП.

#### 2.5.4.2. Вибір датчика системи вимірювання тиску, місця його установки й аналіз процесів, що діють у паливній системі

При діагностуванні паливної системи визначають канали вимірювання параметрів у розподільній системі з електронним управлінням. Проводять реєстрацію зміни амплітудних і частотних параметрів коливань тиску в гідравлічній паливній апаратурі. Функціональна схема діагностичного комплексу представлена на рис. 2.30 [34].



**Рис. 2.30. Структурно-функціональна схема вимірювального комплексу діагностування паливної апаратури бензинових двигунів**

На рис. 2.30 прийняті такі позначення: 1 – цифровий пишучий високочастотний осцилограф USB Autoscope II; 2 – ноутбук зі спеціалізованим програмним забезпеченням; 3 – ЕБУ системою впорскування; 4 – струмові кліщі; 5 – датчик тиску пального PST-F; 6 – датчик тиску пального PSS-260; 7 – датчик тиску пального MLH300PSB01A; 8 – датчик масової витрати повітря; 9 – паливний бак з електробензонасосом і регулятором тиску пально-

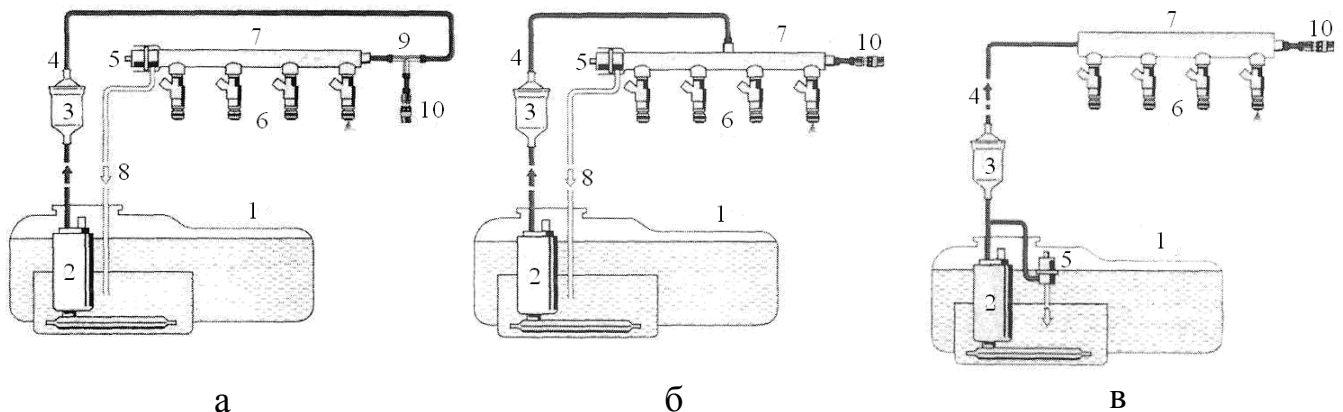


го; 10 – впускний колектор; 11 – паливний гідравлічний акумулятор з форсунками; 12 – ДВЗ; 13 – вимірювальний канал управляючого імпульсу на форсунку.

В залежності від:

- стану бензонасосу будуть змінюватися частота, амплітуда і середній рівень тиску в гідравлічному акумуляторі;
- тривалості впорскування пального форсункою та ступеня її забруднення будуть змінюватися амплітуда провалу тиску пального у гідравлічному акумуляторі при впорскуванні;
- стану регулятора тиску пального (РТП) буде змінюватися середній рівень тиску пального у гідравлічному акумуляторі, але коливань тиску пального справний РТП може не викликати.

**Вибір під час досліджень місця установки датчика для вимірювання тиску.** На рис. 2.31 показані схеми місця установки датчиків на гідравлічному акумуляторі, що застосовуються на різних автомобілях. [35]



**Рис. 2.31. Вибір місця установки датчика тиску паливної системи:**

а, б, в: схема підключення датчика тиску на автомобілі Škoda Octavia 1.8 Turbo (а); на автомобілі Volkswagen Golf GTI (б); на автомобілі ВАЗ-2115 (в); 1 – паливний бак; 2 – паливний насос з електроприводом; 3 – паливний фільтр; 4 – нагнітальний трубопровід; 5 – регулятор тиску; 6 – форсунки; 7 – паливний акумулятор; 8 – лінія зворотного зливання пального; 9 – трійник; 10 – датчик тиску

В залежності від конструктивних особливостей паливного акумулятора (рис. 2.31) можуть бути різні способи підключення датчиків тиску пального до гідравлічної системи паливної апаратури. На автомобілі Škoda датчик тиску підключається з допомогою трійника до підвідного трубопроводу під кутом  $90^\circ$  на вхідному штуцері паливного акумулятора (рис. 2.31, а). Такий спосіб підключення датчика (за даними осцилограм) недостатньо ефективний для отримання достовірної інформації про гідравлічні процеси, що відбуваються у паливному акумуляторі. При такому підключенні датчиків PST-F і PSS-260 коливання тиску видні, але мають згладжену характеристику, недостатню для отримання діагностичної інформації (рис. 2.32).

**Вибір датчика.** У двигуні автомобіля Volkswagen Golf конструкцією паливного акумулятора передбачений діагностичний штуцер, який дає можливість підключати датчик тиску безпосередньо до паливного акумулятора (рис. 2.31, б). При такому способі підключення осцилограми, записані з допомогою датчика **PST-F**, дають можливість спостерігати яскраво виражені

провали тиску в момент відкриття форсунок. Діапазон вимірювання тиску 0,5-6 бар (0,05-0,6 МПа).

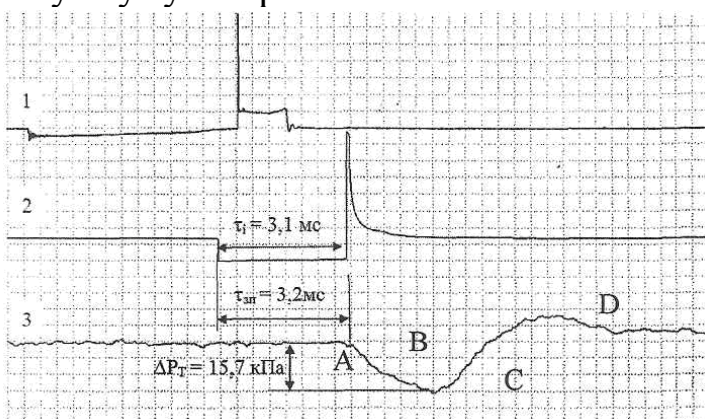
Датчик **PSS-260** має недостатні робочі діапазони та чутливість до коливань амплітуд гідравлічних процесів, що відбуваються. Діапазон вимірювання тиску 0-140 бар (0-14 МПа).



**Рис. 2.32. Осцилограми витрати повітря (1), сили струму на управляючому сигналі форсунки (2), сигналу управління паливною форсункою (3) і тиску пального (4) на усталеному режимі роботи двигуна:**  
а – датчик PST-F; б – PSS-260

**Вимірювання й аналіз процесів, що діють у паливній системі.** Високовольтні сигнали реєструють з допомогою ємнісних датчиків високої напруги, підключених до спеціального адаптера-перетворювача. Сигнали в діапазоні 0-5 В після адаптера «подають» на входи в цифровий осцилограф. Імпульси управління форсунками, поділені на окремі лінії управління подають на аналогові вимірювальні входи осцилографа. Синхронно з даними сигналами реєструють показання датчика тиску (рис. 2.30). Відображення сигналів імпульсів управління для зручності зводять у загальний канал [35].

Черговість слідування управляючих імпульсів на форсунки розпізнається з допомогою сигналу про момент подачі іскри в перший циліндр. Знаючи порядок роботи циліндрів, можна визначити, до якої форсунки відносяться поточні управляючі сигнали і коливання (зміни) тиску в гідравлічному акумуляторі.

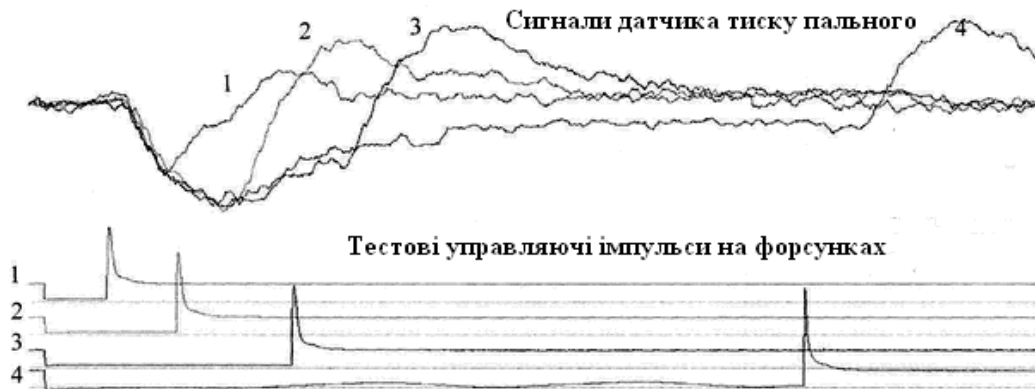


**Рис. 2.33. Визначення моменту впорскування:**

1 – імпульси системи запалювання; 2 – сигнал управління форсункою; 3 – сигнал датчика тиску

Аналіз зміни частотних та амплітудних параметрів коливань тиску пального, що відбуваються в системі, дає можливість виділити кілька важливих діагностичних ознак. На кривих (рис. 2.33) виділені чотири ділянки. Ділянка «А» - період запізнення відкриття клапана по відношенню до моменту початку подачі управляючого електричного сигналу на котушку електромагніта форсун-

ки. Період запізнення при різній тривалості управляючого сигналу від 2 до 30 мс (рис. 2.34) є незмінним. Він не залежить від тривалості управляючого імпульсу. Тривалість запізнення впорскування є наслідком інерційності форсунки. Інерційність форсунки залежить від індуктивності електромагніта, маси голки, сили жорсткості пружини. Очевидно, що у разі виникнення несправності відбудеться зміна тривалості запізнення. Наприклад, зменшення жорсткості пружини під дією циклічних навантажень і температури, міжвиткове замикання в обмотці електромагніта призводить до зміни індуктивності обмотки і сили, що розвиває магніт. Спрацювання розпилювача призводить до перекосу та підclinювання голки у її верхній частині. Нашарування на поверхні клапана лакових відкладень призводить до зміни його маси і, як наслідок, до зростання інерційності системи.



**Рис. 2.34. Провали тиску пального при різній тривалості управляючого імпульсу на форсунку:**  
 1 –  $\tau_i=2$  мс; 2 –  $\tau_i=5$  мс; 3 –  $\tau_i=9$  мс; 4 –  $\tau_i=30$  мс

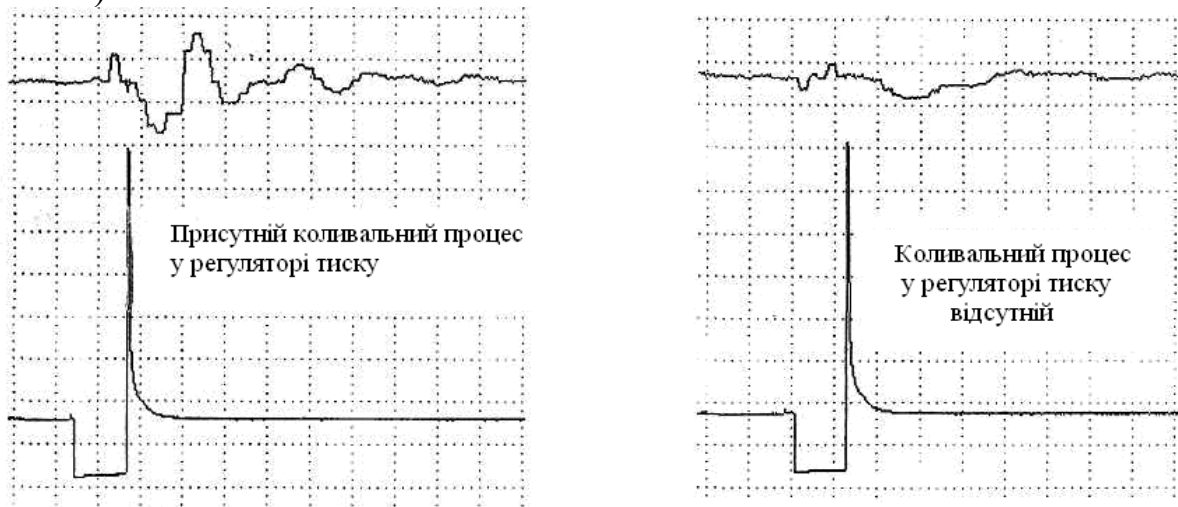
Порівняння еталонних сигналів з виміряними на автомобілі дає можливість оцінити технічний стан окремих елементів форсунки.

На ділянці «В» добре прослідковується закономірність – чим більше циклова подача, тим більше величина провалу тиску на осцилограмі. Оскільки тривалість управляючого імпульсу однакова для всіх чотирьох форсунок, то у разі реєстрації різних амплітуд коливань тиску можна зробити висновок про забрудненість форсунки. Очевидно, чим менше амплітуда – тим більше лакових відкладень всередині форсунки. Ця залежність неоднозначна і має лінійну характеристику тільки до певної величини тривалості впорскування [35]. Така закономірність проявляється внаслідок впливу регулятора тиску 5 (рис. 2.31). Оскільки регулятор тиску включає підпружинену мембрану і механічний клапан, то він інерційний. Внаслідок цього на ділянці «В» осцилограми клапан ще закритий. Таким чином, вплив регулятора тиску відсутній і тому залежність величини провалу тиску від тривалості впорскування однозначна. Через певний час затримки від початку падіння тиску регулятор долає сили інерції і починає переміщуватися, закриваючи прохідний переріз лінії зворотного зливання. Внаслідок цього, навіть якщо впорскування ще не закінчилося, тиск у паливному акумуляторі починає зростати.

Ділянка «С» на рис. 2.33 відповідає закінченню впорскування, отже, тиск повинен стабілізуватися. Однак, внаслідок інерційності регулятора тиск спочатку підвищується (ділянка «D»). Це відбувається до тих пір, поки клапан регулятора не встановиться на попередній рівень. У залежності від



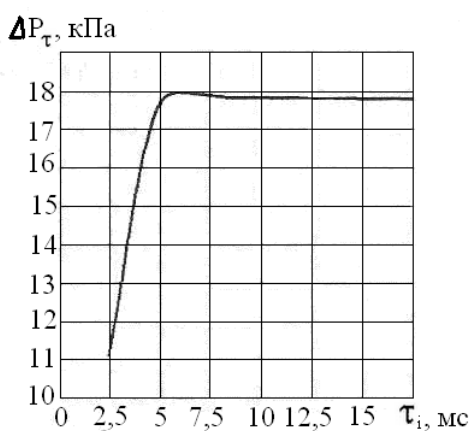
конструкції регулятора після піку тиску «D» рівень тиску може повернутися на початкову позицію плавно або ж відбувається коливальний процес з кількох почергових провалів та підвищень тиску (рис. 2.35). Даний коливальний процес може характеризувати технічний стан регулятора (забрудненість, старіння мембрани, заклинювання клапана, зміна жорсткості пружини).



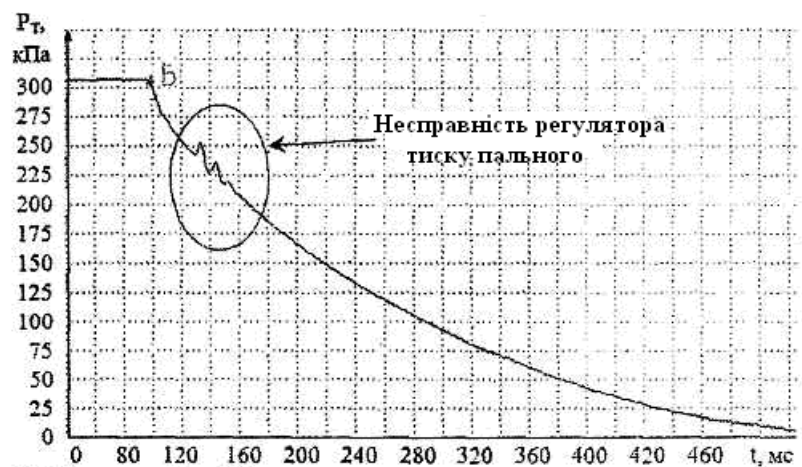
**Рис. 2.35. Вплив зміни технічного стану регулятора тиску на процес, що відбувається у паливному акумуляторі**

Проведені вимірювання коливання тиску пального в залежності від тривалості впорскування (рис. 2.36) можуть показати описане далі [35]. До тривалості впорскування 5 мс вплив регулятора тиску пального на величину провалу тиску відсутній внаслідок його інерційності. Після 5 мс вплив регулятора настільки великий, що будь-яка зміна тривалості впорскування не приводить до зміни амплітуди коливань тиску (рис. 2.36).

На різних режимах роботи двигуна тривалість управляючого імпульсу до 5 мс забезпечує паливподачу на режимі холостого ходу та часткових навантажень. Саме на режимі холостого ходу можлива нерівномірність циклових подач внаслідок забруднення розпилювача найбільше позначається на стійкості роботи двигуна.



**Рис. 2.36. Залежність амплітуди коливання тиску пального  $\Delta P_T$  від тривалості управляючого імпульсу  $\tau_i$**

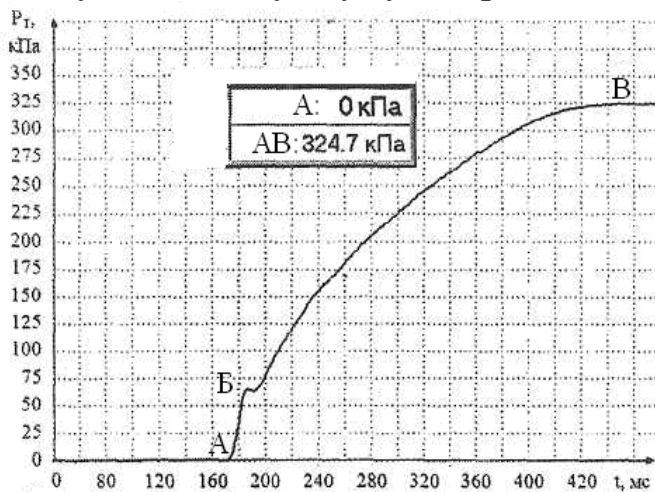


**Рис. 2.37. Виявлення несправності регулятора тиску пального під час скидання тиску після вимкнення двигуна**

Відомо, що крім схеми (рис. 2.31, б), існують схеми з розташуванням регулятора на паливному фільтрі та безпосередньо в баку. Слід відзначити, що і в такому разі пропонується метод оцінювання стану форсунок за коливаннями тиску ефективний.

Аналіз осцилограми падіння тиску при зупинці двигуна може показати, що при підклинюванні клапана регулятора тиску відбудуться характерні зміни форми кривої (рис. 2.37), і це свідчить про зародження несправності. Точка Б – вимкнення запалювання. Якщо тиск дорівнює 250-225 кПа, спостерігається нестабільна робота регулятора, яка супроводжується коливальним процесом. Таким чином, несправності регулятора можна виявити ще до виявлення бортовою системою діагностування (причому з імовірністю виявлення тільки 50% за зміною сигналу  $\lambda$ -зонда).

Технічний стан паливного насоса можна оцінювати за сигналом тиску в гідравлічному акумуляторі. Для цього достатньо проаналізувати швидкість наростання тиску пального при запуску двигуна. В період запуску можна визначити відносну продуктивність насоса. На рис. 2.38 показано, що тиск у паливному акумуляторі на заданий рівень піднімається приблизно за 0,3 с.



**Рис. 2.38.** Збільшення тиску пального в гідравлічному акумуляторі при запуску двигуна

Маючи еталонну характеристику швидкості наростання тиску пального, можна оцінити продуктивність насоса і розрахувати остаточний ресурс крильчатки або шибєрного елемента насоса (рис. 2.38) [35]. На рис. 2.38 ділянка АВ характеризує наростання тиску, що створює насосом; точка Б – відкриття регулятора; ділянка БВ – наростання тиску в контурі; точка В – досягнення номінального тиску.

### Контрольні запитання

1. Якими засобами виконують діагностування електронних систем управління двигуном?
2. Яка технологічна послідовність діагностування двигуна?
3. З чого починається перевірка справності системи запалювання?
4. Які засоби та контрольовані параметри діагностування паливної системи?
5. Як вибрати датчик системи вимірювання тиску пального паливної системи двигуна?



## **2.6. Діагностування паливної системи дизельного двигуна зовнішніми засобами**

### **2.6.1. Вплив стану паливної апаратури на ефективність роботи двигуна**

Електронні (комп'ютерні) системи управління робочими процесами двигунів призначені для підвищення паливної економічності, динамічних якостей автомобілів, забезпечення екологічної безпеки згідно з діючими нормами. Регулювання режимів роботи й управління функціональними системами забезпечується з допомогою електронних блоків-модулів (контролерів). На електронні системи покладаються функції контролю параметрів робочих процесів та їх технічного стану для оптимізації управління системами автомобіля й автоматичного діагностування, Контроль стану всіх технічних систем автомобіля здійснює бортовий комп'ютер.

Найбільш поширена на дизелях транспортних машин паливна апаратура з електромагнітними насос-форсунками, акумуляторні системи паливоподачі, системи з блочними й індивідуальними насосами з електронним управлінням, а також ПНВТ розподільного типу із вбудованим електронним блоком управління. На дизелях легкових і вантажних автомобілів вагою до 3 тонн найчастіше застосовуються акумуляторні системи паливоподачі (АСПП) та розподільні ПНВТ з електронним управлінням, рідше використовуються насос-форсунки, а індивідуальні ПНВТ не застосовуються зовсім. На вантажних автомобілях вагою більше 3 тонн та автобусах у різній мірі застосовуються системи з насос-форсунками й індивідуальні ПНВТ. Виробництво ПНВТ класичної компоновки з електронним управлінням постійно зменшується і їх частка у загальному обсязі вантажного автотранспорту також знижується. АСПП почали широко впроваджуватися на дизелях вантажного автотранспорту, і їх кількість у загальному обсязі вантажних автомобілів безперервно зростає.

Аналіз факторів, що впливають на економічність і надійність двигуна, показує, що ефективність роботи дизелів, в основному, залежить від якості згоряння пального та рівномірного розподілу навантаження по циліндрам. Все це визначається, перш за все, станом паливної апаратури. Наприклад, на робочі процеси в циліндрах значно впливає рівномірність циклової подачі пального, яка, у свою чергу, залежить від роботи форсунок. При установці форсунок на двигун з нерівномірною затяжкою, яка призводить до деформації деталей, циклова подача пального буде зменшена. Порушується подача пального і у разі неправильного підбору форсунок і паливних насосів. Тому форсунки рекомендується випробовувати у комплекті з еталонним насосом і групувати їх залежно від витрати пального.

На розподіл навантаження за циліндрами впливають такі фактори, як нерівномірна продуктивність паливних насосів, різна робота форсунок, відхилення від оптимального значення кутів випередження впорскування пального, лінійні розміри камер стиснення, ступінь закоксування прохідних перерізів впускних і випускних вікон циліндрових втулок.

## 2.6.2. Схеми електронних систем управління і підготовка двигуна до діагностування

Частка дизелів колісних транспортних засобів, оснащених електронним управлінням, на сьогодні досягає 30% від випуску автомобілів. У менш досконалих паливних системах електронне управління тільки замінює механічні регулятори. Більш численну групу сучасних систем, створених на базі традиційних ПНВТ, складає апаратура з незалежним електронним управлінням подачею пального і випередженням впорскування. Нарешті, були впроваджені у масове виробництво акумуляторні системи Common Rail, які максимально розширили можливості управління робочими процесами дизеля, наприклад, за рахунок управління тиском і характеристикою впорскування.

**Електронна система управління дизельним двигуном** представлена на рис. 2.39, 2.40 [32] і забезпечує управління кількістю пального, що подається, моментом початку подачі пального, повітряною заслінкою, частотою обертання на холостому ході та свічками розжарювання. Система призначена для зниження токсичності відпрацьованих газів, зменшення димності, рівня шуму та вібрації, оптимізації і стабілізації частоти обертання колінчастого валу на режимі холостого ходу.

Управління кількістю пального, що подається, здійснюється електронним блоком управління на підставі даних про частоту обертання колінчастого валу та положення педалі механізму управління подачею пального з урахуванням поправок на температуру й тиск повітря на впуску, температуру охолоджувальної рідини тощо.

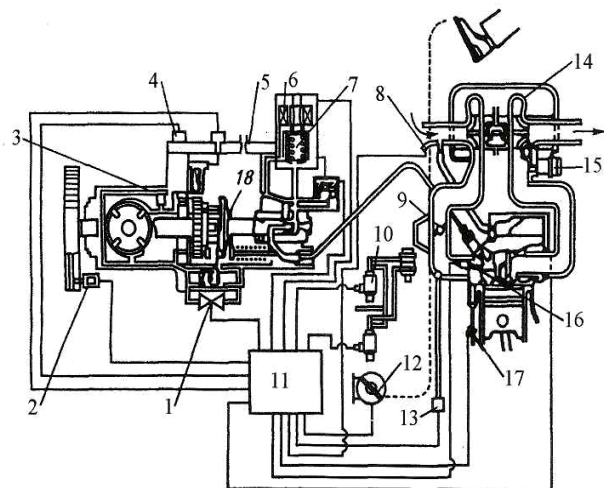
Момент подачі пального блок управління вибирає за сигналами датчиків кута повороту педалі механізму управління подачею пального, тиску повітря на впуску. Використовуючи сигнали датчика спалахування, встановленого у камері згоряння, блок управління забезпечує збіг зареєстрованого моменту спалахування з розрахованим.

Управляючи повітряною заслінкою у порожнині впускного трубопроводу, можна зменшити вібрацію двигуна на холостому ході й усунути вібрації при зупинці двигуна. У разі відмови системи управління повітряна заслінка автоматично наполовину відкривається, що попереджує надлишковий розгін двигуна.

Отримуючи інформацію від різних датчиків, блок управління забезпечує подачу такої кількості пального, щоб частота обертання на режимі холостого ходу не відрізнялась від розрахованої.

Значення струму свічок розжарювання при запуску дизеля регулюється блоком управління в залежності від температури охолоджувальної рідини та низки інших параметрів.

Система (див. рис. 2.40) складається з електронного блока 1, датчика положення педалі акселератора 2, клапана рециркуляції відпрацьованих газів 8, електромагніта управління рейкою насос-форсунок 12, датчика температури охолоджувальної рідини 6, датчика температури повітря на впуску в двигун 7, датчика частоти обертання колінчастого валу 3, датчика тиску наддування 4, свічок розжарювання 16 [3].



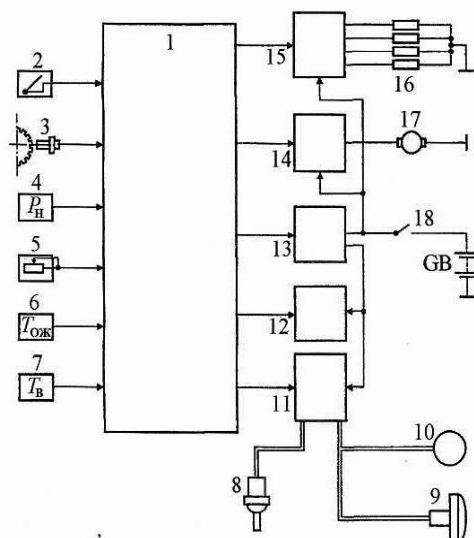
**Рис. 2.39. Система управління дизелем:**

1 – спеціальний клапан управління; 2 – датчик кута повороту колінчастого валу; 3 – вхід пального; 4 – коректувальний резистор; 5 – вихід пального; 6 – електромагнітний перепускний клапан; 7 – електромагнітний клапан; 8 – датчик температури повітря, що надходить у двигун; 9 – повітряні заслінки; 10 – клапан; 11 – електронний блок управління; 12 – сигнал відкриття педалі управління подачею пального; 13 – датчик тиску повітря, що надходить у двигун; 14 – система турбонаддування; 15 – клапан; 16 – датчик спалахування; 17 – датчик температури охолоджувальної рідини; 18 – датчик частоти обертання колінчастого валу

Під час роботи двигуна в блок управління 1 від датчиків надходять сигнали, які він обробляє і визначає програму роботи електромагніта насос-форсунок 12, клапана рециркуляції 8, а в режимі запуску двигуна – здійснює управління свічками розжарювання 16. У системі є пристрій вбудованого діагностування, контрольна лампа у щитку приладів і діагностичний рознімач (колодка). Несправності системи закодовані і знаходяться в пам'яті електронного блока. За значенням коду можна визначити вид несправності та її місцезнаходження.

### 2.6.3. Контрольовані параметри

Оскільки під час експлуатації транспортних машин відбувається зміна структурних і функціональних параметрів (кількість працюючих форсунок, прохідний переріз розпилювальних отворів, тиск у гідравлічному акумуляторі, тривалість управляючого імпульсу, ефективний ККД двигуна), то при виникненні несправності, відмови або погіршення характеристик одного з



**Рис. 2.40. Структурна схема системи управління дизельним двигуном:**

1 – блок управління; 2 – датчик положення педалі акселератора; 3 – датчик частоти обертання колінчастого валу двигуна; 4 – датчик тиску наддування; 5 – датчик положення рейки насос-форсунок; 6 – датчик температури охолоджувальної рідини; 7 – датчик температури всмоктуваного повітря; 8 – виконавчий клапан системи рециркуляції відпрацьованих газів; 9 – вакуумний підсилювач гальм; 10 – вакуумний насос; 11 – електромагнітний клапан рециркуляції відпрацьованих газів; 12 – електромагніт управління рейкою насос-форсунок; 13 – головне реле системи; 14 – реле паливного насосу; 15 – реле свічок розжарювання; 16 – свічки розжарювання; 17 – паливний насос; 18 – вимикач запалювання; GB – АКБ.

компонентів паливної системи відбудеться зменшення тягової сили і тягово-економічної ефективності транспортних машин.

Найчастіше в АСПП відмовляють ПНВТ і форсунки. На форсунки припадає 31% несправностей АСПП, Тому розробка ефективних методів і засобів діагностування несправностей цих вузлів є першочерговим завданням.

Структурними параметрами основних вузлів АСПП є зазори у сполученнях деталей, прохідні перерізи отворів, які безпосередньо відображають технічний стан АСПП. До діагностичних параметрів належать ті, які мають функціональний зв'язок зі структурними параметрами і непрямо відображають технічний стан об'єкта.

Для всіх функціональних вузлів АСПП ці взаємозв'язки однотипні і представляють залежності витрати рідини від перепаду тиску і площі прохідного перерізу. Оскільки площа прохідного перерізу для кожного функціонального вузла є структурним параметром, то витрата пального і перепад тиску – параметри діагностичні.

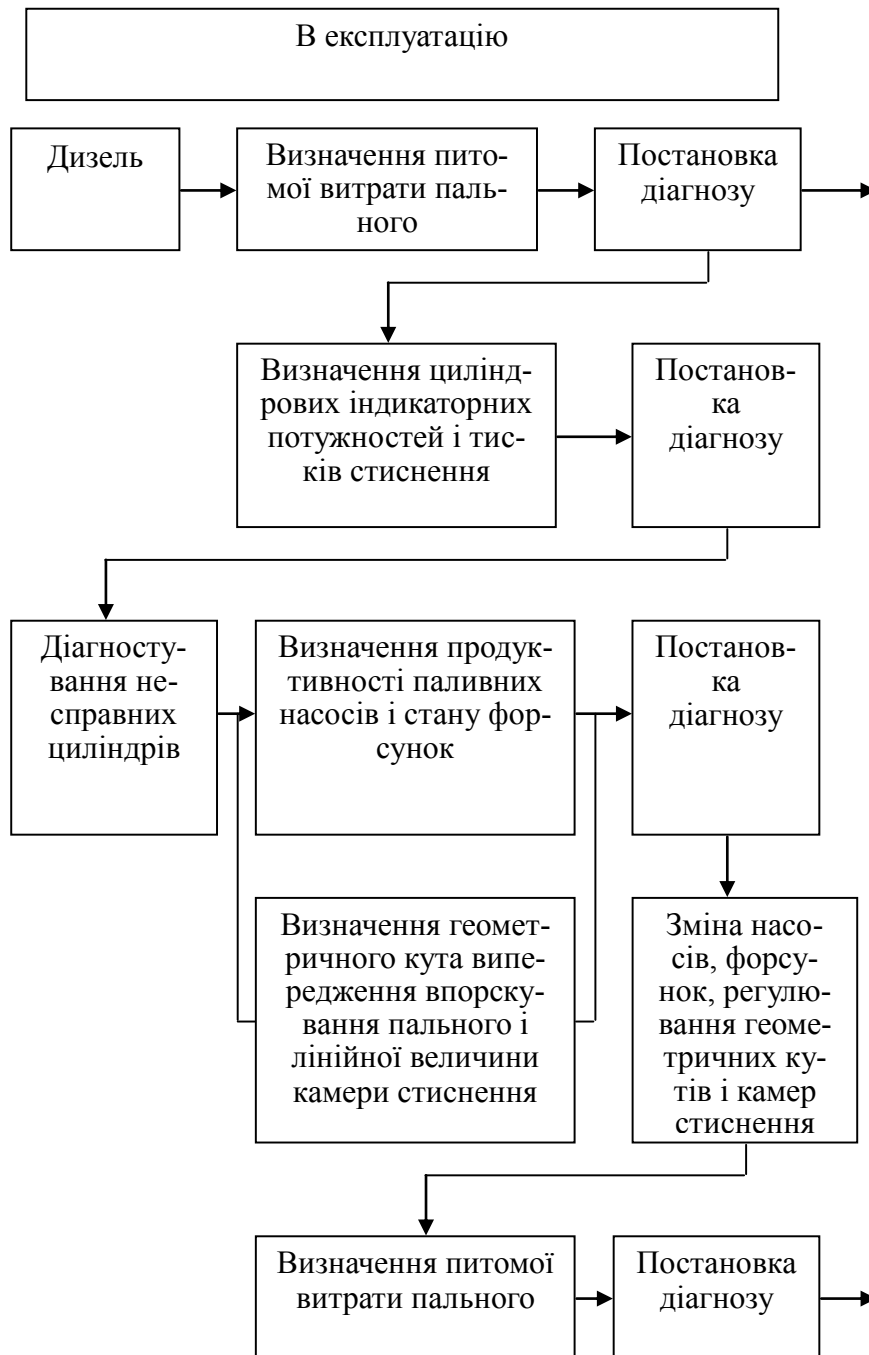
При визначенні технічного стану такого складного об'єкта як автомобільний двигун звичайно вимірюють параметри, що характеризують режим роботи двигуна: частоту обертання колінчастого валу, витрату пального і повітря, температуру охолоджувальної рідини. В ЕСУД ці параметри звичайно виводяться на діагностичний рознімач і доступні для зчитування.

Проведення контролю розглянутих електронних систем управління в процесі експлуатації виконується з особливою обережністю:

- перш ніж знімати будь-які вузли системи управління, необхідно від'єднати провід спочатку від виводу «-» АКБ, а потім від її виводу «+»;
- не запускати двигун, якщо наконечники проводів на АКБ погано затягнуті;
- з працюючим двигуном не від'єднувати клему «+» АКБ від бортової мережі;
- не відключати від електронного блока рознімач джгута проводів, якщо увімкнений замок запалювання;
- заряджаючи АКБ від зовнішнього джерела, необхідно від'єднувати її від бортової мережі автомобіля;
- вимірювати напруги в колах слід цифровим вольтметром з внутрішнім опором не менше 10 МОм;
- не виконувати електродугове зварювання на автомобілі з включеним у бортову мережу електронним блоком;
- щоб не пошкодити контролер електростатичним розрядом, не можна торкатися до штекерних з'єднувачів і розбирати блок;
- при фарбуванні автомобіля та подальшому сушінні у камері при температурі вище 65 °С контролер необхідно знімати з автомобіля.

При діагностуванні дизеля (рис. 2.41) спочатку за питомою витратою пального визначають його загальний теплотехнічний стан, потім за циліндровими індикаторними потужностями і тиском стиснення – стан кожного циліндра, і тільки після виявлення несправних циліндрів перевіряють параметри, що впливають на робочий процес (продуктивність паливних насосів і якість роботи форсунок). Параметри визначаються у процесі роботи, і, якщо вони знаходяться у допустимих межах, то для остаточного діагнозу необ-

хідно заглушити дизель і перевірити геометричні кути випередження впоркування та лінійний розмір камери стиснення. Здійснюється контроль таких параметрів, як ступінь закоксування впускних і випускних каналів, рівномірність відкриття клапанів. Визначення цих параметрів є важливим для дотримання однакових умов діагностування. В'язкість дизельного пального змінюється зі змінами температури. Тому важливо проводити контроль (діагностування) при однакових умовах. Крім того, при дослідженні процесів у АСПП необхідно мати можливість розглядати їх синхронно з тактами роботи дизеля.



**Рис. 2.41. Структурна схема діагностування дизеля**

При діагностуванні можна використовувати мотор-тестер Bosch FSA-740, персональний комп'ютер з програмним забезпеченням, багатока-

нальний осцилограф і системний діагностичний модуль KTS520, KTS530, KTS540, KTS570 (має осцилограф і два канали вимірювання).

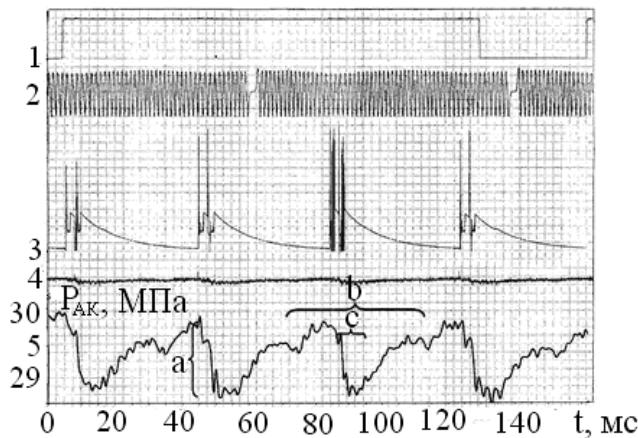
Діагностування процесу впорскування за робочим циклом двигуна можна здійснити, записуючи одночасно з тиском пального в акумуляторі:

- сигнал датчика положення розподільного валу;
- сигнал датчика положення колінчастого валу;
- управляючі імпульси на форсунках;
- електричні імпульси на регуляторі тиску пального.

На рис. 2.42 [1] наведено приклад осцилограми з перерахованими сигналами.

Висновок про технічний стан паливної апаратури або її елемента дається на підставі порівняння амплітуди і форми виміряного параметра або ознаки з величиною параметра, який визначає справний стан.

Щоб зробити висновок про технічний стан паливної апаратури автомобіля, необхідно мати в кожному окремому випадку не один, а кілька діагностичних і структурних параметрів. Крім того, ще використовують статистичні дані про автомобіль і беруть до уваги спостереження водія.



**Рис. 2.42. Сигнали датчиків контролю процесів впорскування за робочим циклом**

На сьогодні методи і засоби технічного діагностування дають можливість визначити технічний стан паливної апаратури на момент діагностування, однак зразу ж отримати відомості про її технічний ресурс не вдається. Для прогнозування ресурсу агрегатів доводиться користуватися табличними або графічними матеріалами, що складені на підставі даних досліджень і статистики. Розвиток і обґрунтування діагностичних параметрів, які є узагальнюючими і повніше відображають зміну структурних параметрів найбільш складних механізмів, значно полегшать процес діагностування. Вони вимірюються у сукупності роботи кількох компонентів, що відповідають дійсним режимам роботи технічної системи.

#### **2.6.4. Методи і засоби діагностування паливних акумуляторних систем**

На сьогодні для діагностування паливної апаратури акумуляторного типу з електронним управлінням, застосовують три основних методи діагностування:

1. Система самодіагностики.
2. Вимірювання витрат у лініях зворотного зливання форсунок.
3. Стендові перевірки паливної апаратури.

**Перший метод** ґрунтується на можливостях бортової системи самодіагностики. Він передбачає зчитування параметрів і кодів несправностей з ЕБУ системи з допомогою діагностичного сканера. Будь-який діагностичний сканер може бути у вигляді автономного приладу, компонента мотор-тестера або комплексу на базі персонального комп'ютера (ПК).

Перший варіант сканера – це переносний модуль з клавіатурою і власним рідкокристалічним екраном. Живлення приладу здійснюється від власного джерела живлення або бортової мережі автомобіля. Програмне забезпечення обновляється з допомогою картриджів, що підключаються, або на «флеш» картах. Другий варіант – діагностичний сканер виконаний у вигляді перетворювача сигналу, що надсилається в ПК, в формат сигналу для обміну даними за протоколами системи самодіагностування. Перелік ознак можливих несправностей паливної системи і перелік приладів і систем, що перевіряються, дані в роботах [3, 4, 10, 42]. На сьогодні для діагностування паливної системи використовують низку сканерів (рис. 2.43).



**Рис. 2.43. Застосовувані засоби діагностування паливної системи:**

а – діагностичний сканер CarmanScan; б – діагностичний сканер Bosch KTS540; в – KL-Line діагностичний адаптер для ПК

Сканер перевіряє вхідні та вихідні параметри електричних кіл і інформує оператора про їх величину. Він тільки фіксує наявність чи відсутність несправностей у якому-небудь вузлі або системі, але не дає можливості визначати причини несправності, яких може бути багато для одних і тих самих значень контрольованих параметрів. Нерозуміння або неправильна інтерпретація кодів несправностей, отриманих від сканера, є загальною проблемою діагностування.

Діагностичний сканер повинен мати можливість скидання налаштувань і проведення адаптації електронного блока управління після проведення ремонту ТПА або заміни яких-небудь компонентів. Скидання налаштувань адаптації необхідне після тривалої експлуатації транспортного засобу з неполадками, що спричиняли нерівномірну роботу дизеля на режимах холостого ходу.



Для діагностування системи управління ДВЗ через діагностичний рознімач необхідно, щоб були враховані три особливості: фізичний рівень (конфігурація рознімача, кількість і призначення контактів у ньому); електричний рівень (напруга живлення, напруга в лінії зв'язку з блоком управління); логічний рівень (протокол зв'язку і підтримка певного набору блоків управління, можливість адекватно інтерпретувати отримувані дані).

**Протоколи зв'язку сканера з блоком управління.** Фізичний рівень конфігурація рознімача був стандартизований згідно з OBD-I у США в 1996 році, а в Європі у 2001 тільки для транспортних засобів, оснащених бензиновими ДВЗ. Для дизелів стандартизація рознімача відбулася лише у 2004 році. Поява АСПП у 1997 році призвела до відмінностей у логічних і фізичних рівнях зв'язку в моделях різних виробників та років випуску, до різної кількості відображуваних діагностичних параметрів та різної кількості помилок системи, що визначаються.

На даний момент існують такі протоколи зв'язку з блоком управління:

1. ISO 9141-2 (K-Line, Single wire, keywords 08 08 або keywords 94 94) – адаптований для європейських і азіатських автомобілів і вперше стандартизований у 1989 році ще до введення OBD. Використовує двосторонній обмін даними по K-лінії та односпрямований обмін від сканера до блока управління по L-лінії. Відносно повільний протокол, зі швидкістю обміну даними не більше 10,4 кбіт/с. Обмежений 12 бітами, включаючи біт парності).

2. ISO 14230-4/DIS14230-4 (Keyword 2000 або KWP 2000, slow init або fast init) – нова редакція протоколу ISO-9141, яка реалізована на тому самому «фізичному рівні», але використовує розширений набір діагностичних повідомлень, інший формат даних, використовує два типи ініціалізації й одну двоспрямовану лінію передачі даних (K-Line). Це також відносно повільний протокол (швидкість від 1,2 до 10,4 кбіт/с). Повідомлення можуть містити до 255 біт. У США використовується з 1997 року, в Азії – з 1999, в Європі – з 2000 року.

3. SAE J1850 (PWM, Pulse Width Modulated Dual wire) – OBD-II протокол на основі широтно-імпульсної модуляції сигналу обміну даними між блоком управління і діагностичним обладнанням. Ford позначає цей протокол як «Standard Corporate Protocol» (SCP) і використовує не тільки для діагностики, але й для мережного зв'язку між різними блоками управління. Використовуються дві лінії (Bus+ і Bus-), швидкість передачі даних 41,6 кбіт/с. застосовуються також протоколи SAE J1850 SPC (Ford), SAE J1850 DLC (GM).

4. SAE J1850 («VPWM» VPW, Variable Pulse Width, GM Class 2) – передача даних здійснюється по одному каналу (Bus+) і оснований на змінній широтно-імпульсній модуляції. Швидкість обміну даними 10,4 кбіт/с.

5. Діагностування через CAN шину. Передача даних по CAN шині була розроблена фірмою Bosch на початку 80-х років і якийсь час цей протокол залишався незатребуваним. Але збільшення на автомобілі кількості електронних блоків і необхідність у підвищенні швидкості обміну даними привели до того, що протокол використовувався для обміну між контролерами у внутрішніх інформаційних мережах автомобілів, а потім і для зв'язку з діагностичним обладнанням. Існує кілька різних за швидкістю модифікацій:



ISO 15031-1 (Low speed); Single-wire SAE J2411 – специфікація однопровідної CAN шини, розробленої General Motors; ISO 11519-2 (Low Speed, до 125 кбіт/с); ISO 11898-2 (High Speed, більше 125 кбіт/с); у США стандартизовані SAE J22584 для легкових автомобілів і SAE J1939 для вантажних автомобілів; ISO 15765-4 (SAE J2284). CAN шина, що використовується для діагностування згідно зі стандартом EOBD з 2002 року, існує у двох модифікаціях: Basic CAN 11 біт (250 кбіт/с Speed) і Full-CAN 29 біт (500 кбіт/с Speed). Починаючи з 2008 року, протокол передачі даних по CAN шині став єдиним стандартизованим протоколом для діагностування транспортного засобу. (CAN Single Wire High Speed-Middle).

Крім згаданих стандартизованих протоколів зв'язку виробники блоків управління можуть застосовувати свої внутрішні протоколи для дилерського обладнання.

Як показано у табл. 2.16 найповніше підтримують протоколи діагностування такі сканери, як KTS і CarmanScan. При цьому необхідно відмітити, що CarmanScan може бути оновлений програмним шляхом у разі появи нових протоколів зв'язку з бортовою системою самодіагностики. Наведені у табл. 2.16 дані щодо обладнання виробництва Bosch відповідають моделям KTS 530/540/570, оснащених знімним модулем підтримки протоколів зв'язку.

Таблиця 2.16

#### Підтримка протоколів зв'язку діагностичними сканерами

Протокол	Bosch, KTS 520	Carman, Scan-II	Launch, X431	Axon, 2000	Weber, Uniscan
ISO 9141	Так	Так	Так	Так	Так
ISO 14230 KWP2000	Так	Так	Так	Так	Так
SAE J1850 PWM	Так	1850, 1587*	Так	Так	Так
SAE J1850 VPW	Так	1850, 1587*	Так	Так	Так
CAN ISO 15031	Так	Так	Ні	Так	Ні
CAN ISO 11519	Так	Так	Так	Ні	Так
CAN ISO 11898	Так	Так	Так	Так	Ні
CAN SAE J2411	Так	Так	Ні	Ні	Ні
CAN ISO 15765 (SAE J2284)	Так	Так	Так	Так	Так

**Примітка:**

\* - 1850 – це протокол для легкових автомобілів; 1587 – для вантажних.

Крім принципової можливості діагностування транспортного засобу взагалі, велику роль відіграє глибина (багаторівневість) діагностики, яка залежить як від особливостей блока управління, так і від можливостей програмного забезпечення, закладеного в діагностичному сканері.

Порівняно з рівнями діагностування, закладеними у діагностичне програмне забезпечення виробниками, стандартизовані можливості за вимогами EOBD відображають набагато менше діагностичних параметрів. Згідно з положеннями EOBD, прийнятими у 2004 році для дизельних двигунів, що забезпечують норми токсичності Euro-4, зарезервовані такі специфічні параметри (адреси \$13 \$0A):

- «тиск пального» \$0A;

- «кут випередження впорскування пального» \$0E;
- «магістральний тиск» \$23;
- «напруга лямбда-зонда» \$14-\$1B;
- «величина коефіцієнта лямбда» \$24 - \$2B і \$44.

Необхідно відмітити, що частина дизельних двигунів комплектується ширококутовим лямбда-зондом LSU4.

**Другий метод** контролю полягає в оцінюванні тиску в лінії низького тиску (на всмоктуванні пального), тиску, що створює паливопідкачувальний насос, витрати пального в лініях зворотного зливання пального з форсунок. Метод забезпечується з допомогою наборів засобів вимірювання, що складаються з вимірювачів тиску, мірних мензурок, гнучких трубопроводів.

Існуючі набори для проведення вимірювань витрат і тисків у лініях акумуляторної паливної апаратури звичайно включають в себе манометр низького тиску (до 1 МПа), вакуумметр (-0,1 МПа-0,15 МПа), мірні мензурки або градуйовані прозорі трубки для вимірювань зворотного зливання, комплект штуцерів і перехідників для різних варіантів з'єднання трубопроводів. Для вимірювань у лініях низького тиску можуть також застосовуватися автономні п'єзодатчики з власним вимірювачем і виведенням даних на дисплей (рис. 2.44).



**Рис. 2.44.** Вимірювальний комплект з мірними мензурками та вимірювачем на основі п'єзодатчика тиску

ючої камери, неможливо. Тому використовувати цей показник для ЕГФ без контролю інших діагностичних параметрів не можна, оскільки він дає лише загальну картину про технічний стан форсунки, без конкретизації несправності.

Недоліком використання механічних манометрів є невисока точність та інерційність вимірювань. Крім того, необхідність вимірювати значення тиску окремим приладом порушує інформаційний потік і збільшує час діагностування. Використання датчика тиску з власним інтерфейсом вирішує питання точності вимірювання, але так само створює проблему розриву інформаційного потоку. Оскільки в обох випадках потрібна наявність оператора для спостереження за показаннями дисплея, підключеного до датчика, або стрілки манометра. Засоби для вимірювання витрати в лініях зворотного зливання форсунок, як правило, представлені мірними мензурками та гнуч-

Для традиційної паливної апаратури вимірювання витрат у лініях зворотного зливання з форсунок дає можливість однозначно оцінити ступінь спрацювання прецизійних елементів форсунки, але не дає ніякої інформації щодо стану розпилювачів. Для АСПП на величину витоків пального в лінії зворотного зливання накладається кількість пального, скинутого з управляючої камери. Розділити величину витоків пального, спричинену спрацюванням елементів форсунки, і кількість пального, що скидається з управля-

кими прозорими трубопроводами з градуванням. Це зумовлено тим, що перевірки здійснюються на різних режимах і відповідно витрати в лініях зворотного зливання можуть різнитися у кілька раз.

При здійсненні перевірки витоків через запірні елементи контрольних камер форсунок, при прокручуванні колінчастого валу двигуна стартером витрати в лініях зворотного зливання форсунок вельми незначні, і виміряти з допомогою мірних мензурок неможливо в принципі. Для цього використовується шкала, нанесена на кінцеві ділянки прозорих трубопроводів для вимірювання. Шкала наноситься на ту частину трубопроводу, якою він підключається до зливного отвору на форсунці. На інших режимах роботи двигуна кількість пального, що скидається в лінії зворотного зливання, значна і тому вимірюється з допомогою мірних мензурок (рис. 2.45).



**Рис. 2.45. Мірні мензурки для вимірювання витрат у лініях зворотного зливання ЕГФ**

ра контролюється рівень розрідження на всмоктуванні перед ПНВТ після паливного фільтра і перепад тисків на паливному фільтрі. Однак даний спосіб вимірювань не адекватний вимірюванню низького тиску за підкачувальним насосом і тому такий засіб вимірювання як вакуумметр є не у всіх комплектах для вимірювання витрат і тисків. Інколи для більш точного контролю рівня тиску пального в акумуляторі застосовується додатковий датчик високого тиску з власним інтерфейсом. Його використання для проведення діагностування неоднозначне, оскільки вимагає демонтажу штатного датчика тиску з наступною установкою двох датчиків разом через перехідник. Однак більшість сервісних посібників з експлуатації та ремонту акумуляторних систем паливоподачі забороняють демонтаж штатного датчика тиску, оскільки деформація його корпусу під час демонтажу і наступної установки може вплинути на стан мембрани з тензорезисторами і, як наслідок, зміщення вихідного сигналу датчика.

**Третій метод** ґрунтується на контролі вузлів паливної апаратури на стенді, як і для паливної апаратури класичного типу. Цей метод вимагає демонтажу компонентів паливної апаратури з транспортного засобу й установку їх на стенд для контролю паливної апаратури.

Існує два варіанти реалізації стендів:

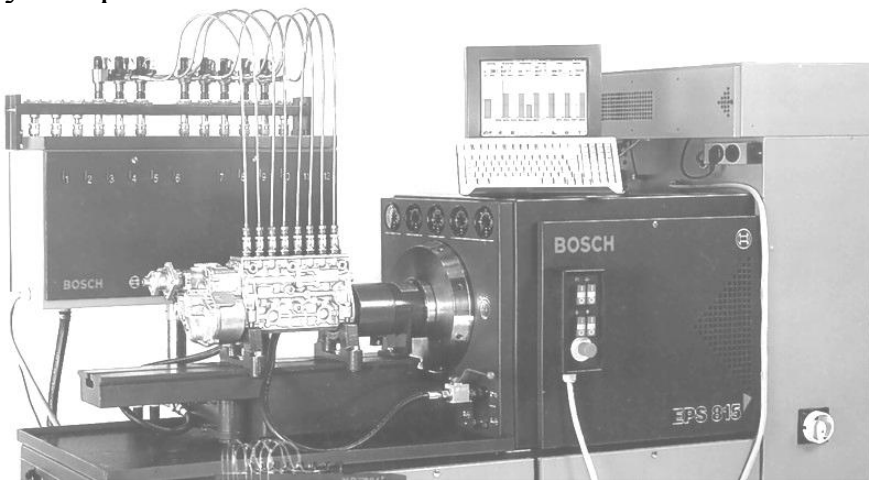
- дизельні стенди для перевірки традиційної паливної апаратури, дооснащені спеціальними модулями контролю для електронних елементів паливної апаратури;

- спеціалізовані стенди із вбудованим комп'ютером, в якому зберігається інформація щодо контролю, тестові плани і програмне забезпечення для управління електронними компонентами стенда.

Стенові випробування паливної апаратури проводяться з допомогою вітчизняних спеціальних стендів, розроблених фірмами Бош, Хартридж, які мають у своєму складі електронні модулі управління (рис. 2.46).

Основними вузлами стенда для перевірки паливної апаратури акумуляторного типу, на відміну від стендів для перевірки традиційної паливної апаратури є:

1. Блок контролю високого тиску. Цей модуль використовує сигнал датчика тиску, встановленого в акумуляторі, і виробляє управляючі імпульси на регулятор тиску пального. Виконується функція автоматичного контролю тиску для запобігання перевантаженню й розриву гідравлічного акумулятора.



**Рис. 2.46. Стенд фірми Bosch EPS 815 для перевірки паливної апаратури дизелів з електронним управлінням**

чення каскаду її управління.

3. Модуль вимірювання циклових подач. На стендах, переобладнаних зі стендів для традиційної паливної апаратури, цей модуль представляє собою комплект мірних мензурок. На спеціалізованих електронних стендах це – вбудовані у піддони мензурок електронні ваги, що автоматично передають результати вимірювань у комп'ютер у складі стенда. Програмне забезпечення перераховує отримані за тестовий проміжок часу значення до циклових подач пального в  $\text{мм}^3/\text{цикл}$ .

4. ПК з програмним забезпеченням і тест-планами. ПК у складі вимірювального комплексу дає можливість проводити процес перевірки паливної апаратури в автоматичному або напівавтоматичному режимі і результати вимірювань представляє у зручній для оператора формі.

Вітчизняні стенди для контролю традиційних насосів високого тиску доукомплектовані спеціальними блоками для управління електрогідравлічними форсунками та контуром тиску зі зворотним зв'язком. При випробуваннях вал паливного насосу приєднується до приводу стенда. Організується подача й зворотне зливання пального. Для ПНВТ, що мають вбудований паливопідкачувальний насос, допустима величина тиску 30 кПа на вході в

2. Блок управління форсунками. Цей блок генерує управляючі імпульси для управління ЕГФ. При цьому можна задавати тривалість, кількість імпульсів і проміжки часу між імпульсами. При перевищенні величини струму в обмотці електромагніта форсунки відбувається автоматичне відключення.

ПНВТ, для решти варіантів від 150 до 250 кПа. Контроль ПНВТ здійснюється згідно з тест-планом. Тест-плани для ПНВТ різних виробників будуть відрізнятися в деталях, але загалом вони мають три основних етапи контролю:

- тест продуктивності – контроль витрати пального через насос залежно від частоти обертання;
- тест тиску – контроль витрати пального через насос при заданому тиску;
- контроль характеристик електричних клапанів, установлених в корпусі ПНВТ.

**Тест продуктивності** здійснюється таким чином: тиск насосу встановлюється мінімальним, характерним для режиму роботи двигуна на холостому ході. Більшість тест-планів указують це тиск у 30 МПа. Електричний клапан регулювання подачі насоса ставиться у положення, що забезпечує максимальну величину подачі. З допомогою стенда по черзі задається певна частота обертання привідного валу насоса. Перевіряється відповідність витрати пального через насос певним обертам згідно з тест-планом. Перевіряється рівномірність подачі: незалежно від частоти обертання валу подача пального на один оборот валу насоса повинна бути постійною на всьому робочому діапазоні.

**Тест тиску** полягає у такому: частота обертання валу насоса встановлюється постійною. Електричний клапан регулювання подачі насоса ставиться у положення, що забезпечує максимальну величину подачі. З допомогою блока управління задається потрібна величина тиску і контролюється падіння витрати пального при даній величині тиску. Згідно з тест-планом задаються контрольні значення тиску. Більшість тестових планів указує допустимим зниження витрати пального через ПНВТ на максимальному тиску не більше, ніж на 20%. Також при низькій частоті обертання і з максимальним тиском оцінюється величина витоків за спрацьованими поверхнями плунжерних пар.

Для ПНВТ, оснащених секцією високого тиску, що відключається, проводять дві перевірки, з відключеною секцією і коли всі секції активні.

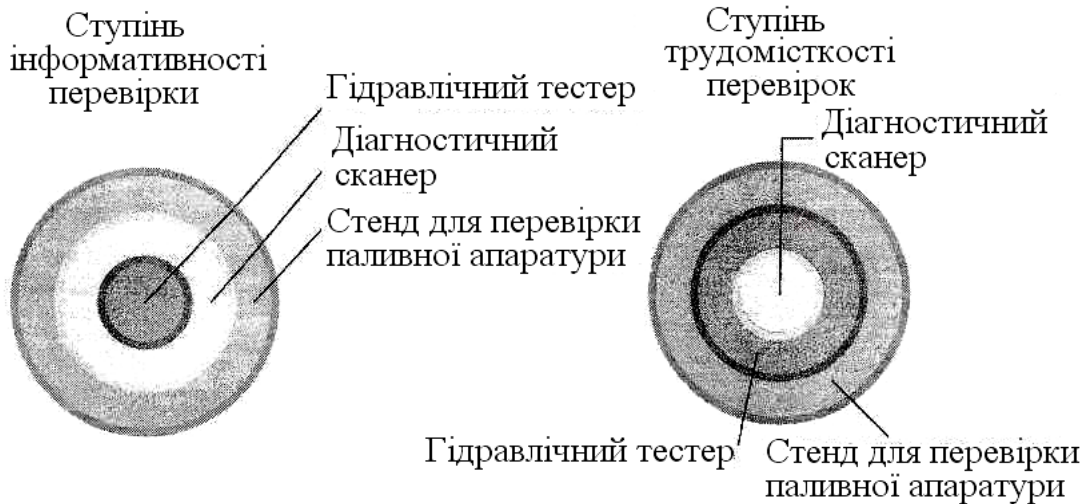
Недоліками застосування стендового обладнання, наприклад, КИ-15711 або стенда фірми Bosch EPS 815 є:

- висока вартість стендового обладнання;
- великі трудові затрати;
- необхідність практично повного розбирання гідравлічної системи;
- перевірка роботи електронної системи управління і сигналів датчиків автомобіля не здійснюється.

На рис. 2.47 представлена прикладна відносна оцінка ефективності існуючих способів діагностування.

**Механізм регулювання початку подачі пального.** [7] Приводиться в дію як гідравлічно, так і в механічному варіанті. Паливопідкачувальний шибєрний насос створює на режимі холостого ходу тиск від 4 до 6 бар, який збільшується до 8-10 бар аж до максимальної частоти обертання. Цей тиск передається на поршень регулювання початку подачі, переміщуючи його проти дії пружини у напрямку більш ранньої подачі. Поршень з боку пружини пов'язаний з магістраллю всмоктування шибєрного насоса. Якщо по-

трібен більш пізній початок подачі, блок управління відкриває електромагнітний клапан, і тиск на поршні знижується. У знеструмленому стані електромагнітний клапан закритий. Початок впорскування може плавно регулюватися змінами скважності. При увімкненні вимикача стартера і свічок розжарювання електромагнітний клапан отримує живлення від бортової напруги. Другий контакт рознімача замикається блоком управління на «масу».



**Рис. 2.47. Ефективність існуючих способів діагностування**

### **2.6.5. Статичні та динамічні вимірювання початку подачі пального**

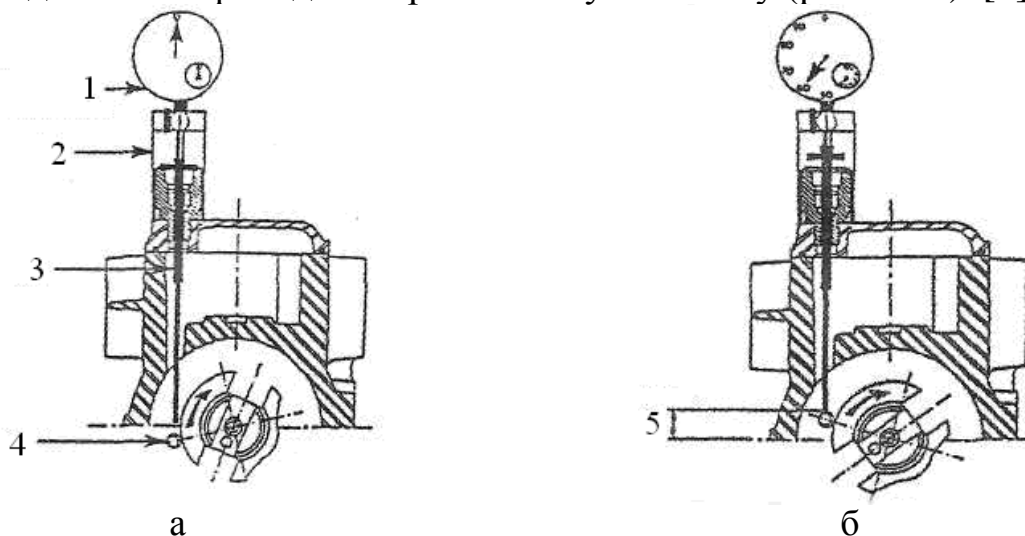
Для перевірки механізму регулювання початку подачі пального під'єднують осцилограф до «масового» проводу електромагнітного клапана і до «маси» двигуна, потім запускають двигун. На екрані осцилографа повинен з'явитися періодичний сигнал прямокутної форми. Скважність із зростанням частоти обертання колінчастого валу повинна зменшуватися. Якщо сигнал не проходить, несправність визначається за планом перевірки виконавчого механізму. Потрібна величина електричного опору електромагнітного клапана складає 12-20 Ом. Непрацюючий електромагнітний клапан звертає на себе увагу жорсткою роботою двигуна на режимі холостого ходу, тому що при закритому електромагнітному клапані встановлюється найбільш ранній кут початку подачі пального. Ранню установку можна виявити за різницею між наведеною в таблиці даних заданою величиною і дійсним значенням. Відхилення початку подачі від заданого може виникати також через дефектний клапан регулювання тиску в ПНВТ або засмічений трубопровід зворотного зливання. Перш ніж припускати несправність в електроніці, слід манометром перевірити тиск в ПНВТ на режимі холостого ходу, він повинен бути 4-6 бар, а при максимальній частоті обертання колінчастого валу – 8-10 бар.

**Статична установка початку подачі.** Регулювання ПНВТ з механічним регулюванням здійснюється в основному з допомогою механічного інструменту на непрацюючому двигуні. Таким чином виконується регулювання попереднього ходу плунжера у розподільних ПНВТ фірми Bosch. Цей



самий метод може застосовуватися і для розподільних ПНВТ цієї фірми з електронним регулюванням – у насосів типу VP 37/36.

У розподільних ПНВТ з радіальними плунжерами фірми Lucas хід плунжера не може бути виміряний безпосередньо. Тут оцінюється величина початку подачі за положенням ротора. Приварений до ротора шип повинен трошки підняти штифт індикатора на певну величину (рис. 2.48). [7]



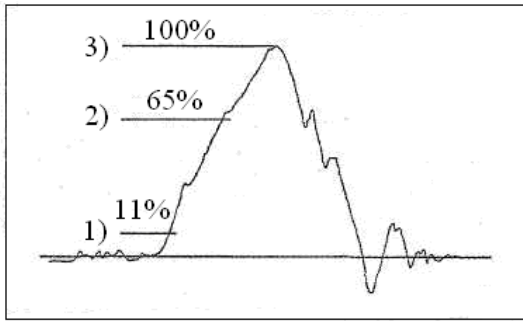
**Рис. 2.48. Вимірювання початку подачі пального на насосх типу DPC фірми Lucas (ілюстрації фірми Lucas):**

а – вимірювальний щуп у вихідному положенні, індикатор виставлений на нуль; б – вимірювальний щуп у положенні початку подачі пального; 1 – індикатор часового типу; 2 – кронштейн; 3 – вимірювальний щуп; 4 – шип ротора; 5 – величина початку подачі пального

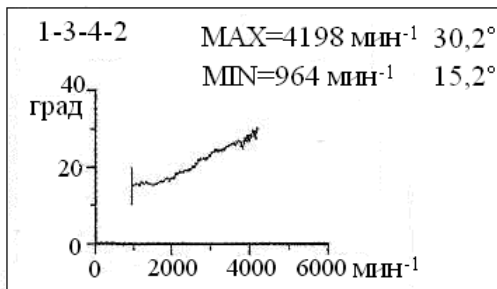
Шип приварюється до ротора з певним допуском, Тому потрібне значення встановлюється на заводі індивідуально для кожного насосу і заноситься в табличку, прикріплену на важелі управління. Без урахування цієї контрольної величини установка початку подачі неможлива.

Зі зростанням точності виготовлення насосів стали застосовувати так званий метод розмітки, особливо для апаратури впорскування з електронним управлінням. При цьому колінчастий і розподільний вали, а також паливний насос під час складання двигуна блокуються штифтами, які видаляють після установки зубчатого паса або ланцюга приводу механізму газорозподілення. Цей метод заощаджує час і дає достатню точність, тому що електронні пристрої можуть компенсувати помилку установки до  $4^\circ$ .

**Динамічне вимірювання початку подачі.** [7] Так само, як у бензинових двигунів, початок подачі пального на працюючому дизелі може контролюватися й установлюватися. У якості вимірювача використовують затискний датчик, який установлюється на паливопроводі високого тиску першого циліндра. Паливопровід високого тиску розширюється при збільшенні тиску на початку подачі пального приблизно на 0,001 мм по діаметру. П'єзоплівка датчика також розтягується, змінюючи свій електричний опір. Сигнал обробляється у вимірювальному приладі і на певному рівні, вираженому в процентах від максимальної величини (рис. 2.49), можна вважати, що почалась подача пального.



**Рис. 2.49. Вид сигналу затискного датчика (джерело: фірма AVL)**  
перевіряти функціонування регулятора початку подачі (рис. 2.50). Залежність на рис. 2.50 отримана затискним датчиком, який розташований біля ПНВТ.



**Рис. 2.50. Залежність випередження впорскування (у градусах кута повороту колінчастого валу) від частоти обертання колінчастого валу (у  $\text{хв}^{-1}$ )**

80%. При цьому результат вимірювання зі збільшеним рівнем спрацьовування тригера зрушується у напрямку «пізно» (рис. 2.49). Слід завжди звертати увагу на наявність для використовуваного пристрою контрольної величини. Фірма Autodata вказує, наприклад, на контрольні величини для чотирьох різних пристроїв.

На результат вимірювання впливає також місце установки датчика. Хвиля тиску, рухаючись до розпилювача форсунки на початку подачі пального зі швидкістю 1350 м/с, досягає розпилювача через кілька градусів кута повороту колінчастого валу. Більшість виробників рекомендують монтувати датчик якомога ближче до паливного насоса. Однак є і винятки: в автомобілів PSA (Peugeot, Citroën) затискний датчик установлений у форсунці. Рівень спрацьовування тригера у цьому разі складає 15%.

На сьогодні затискні датчики поставляють два виробники. Датчики з колінчасто-важільним замком випускає фірма AVL і застосовуються з пристроями фірм AVL, Bosch і Sun. Усі інші виробники використовують датчики ЛМС з гвинтовим кріпленням. Ці два типи датчиків невзаємозамінні через їх різну чутливість, але для обох типів важливо враховувати, що вони не можуть бути повернуті на трубі у змонтованому стані й повинні точно відповідати діаметру паливопроводу високого тиску. Деякі японські автомобілі мають трубки високого тиску діаметром 1/4 дюйма або 6,35 мм. Для цих паливопроводів потрібен спеціальний затискний датчик. Датчик діаметром 6 мм зруйнувався б під час установки.

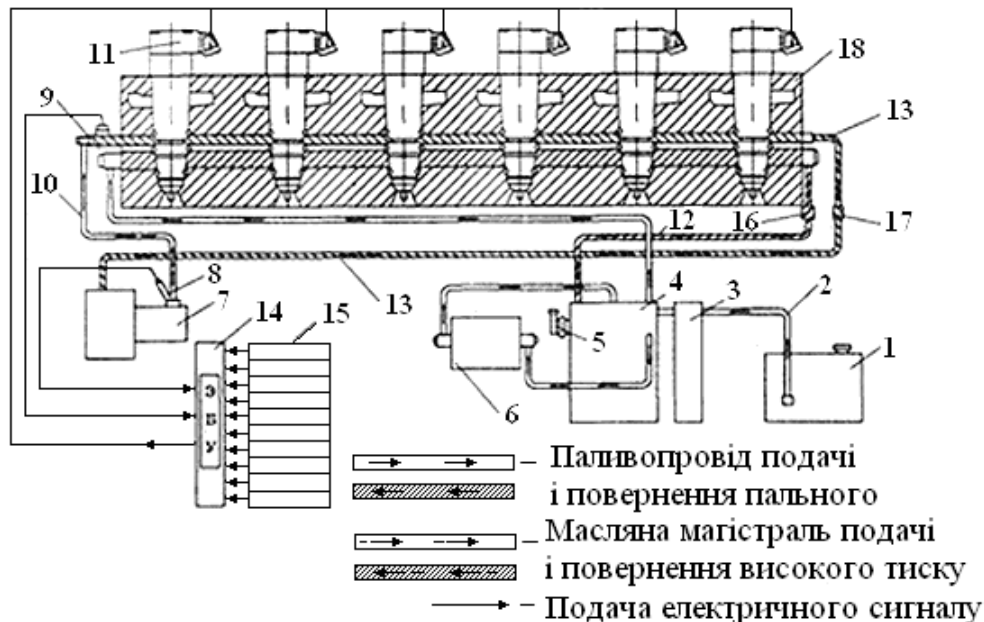
Тепер можна визначати початок подачі пального, освітлюючи спалахом мітку ВМТ першого циліндра на маховику або шківі колінчастого валу. Якщо на двигун установити окремих датчик ВМТ, початок подачі пального можна безпосередньо зчитувати з дисплея приладу. Перевагами цього методу є швидка готовність до вимірювань і можливість

Тим не менше, оцінюючи результати необхідно проводити детальний аналіз отриманих вимірювань. Як показано на рис. 2.49, вимірювальні прилади фірми AVL приймають рівень в 11% (спрацьовування тригера) як початок подачі, і потім тиск може підніматися рівномірно приблизно до 65%. Інші виробники вибрали інший рівень спрацьовування тригера. У приладу Time Trac фірми Lucas рівень тригера може встановлюватися навіть між 20 і



## 2.6.6. Діагностування клапанів і паливних насосів високого тиску

Діагностування паливної системи дизельних двигунів з електронною системою управління подачею пального розглянемо на прикладі акумуляторної системи з електрогідравлічним інжектором (насос-форсункою), що дає можливість підвищити тиск впорскування до 200 МПа для перспективних моделей. Причому пальне постійно надходить до форсунки з малим тиском (0,25 МПа).



**Рис. 2.51. Паливна система з електронним управлінням подачею пального:**

1 – паливний бак; 2 – паливопровід; 3 – фільтр грубої очистки; 4 – фільтр тонкої очистки; 5 – паливопідкачувальний насос; 6 – паливний насос; 7 – масляний насос; 8 – регулятор тиску впорскування; 9 – датчик тиску впорскування; 10 – масляний трубопровід; 11 – форсунки; 12 – паливопровід зливний; 13 – зливна масляна магістраль; 14 – електронний блок управління; 15 – блок датчиків (положення розподільного валу, частоти обертання колінчастого валу, температури повітря, температури охолоджувальної рідини, температури масла, тиску масла, витрати повітря, положення педалі акселератора, зусилля на робочому органі, складу ВГ); 16 – клапан перепускний паливний; 17 – клапан перепускний масляний; 18 – головка блока

Як правило, електрогідравлічна форсунка має паливну і масляну секції, розділені між собою у головці блока циліндрів з допомогою ущільнювальних кілець (рис. 2.51). [1] Масло до форсунки подається під високим тиском (до 30 МПа) насосом високого тиску системи гідравлічного управління через акумулятор, де підтримується постійний тиск. Величина тиску масла контролюється клапаном регулятора тиску впорскування, що управляється сигналами від електронного блока управління (ЕБУ). На основі сигналів з датчиків (положення розподільного валу і частоти обертання, температури повітря, температури охолоджувальної рідини, тиску і витрати повітря, положення акселератора, зусилля на робочому органі, складу відпрацьованих газів та ін.) ЕБУ формує управляючий сигнал, який подається на соленоїд, який управляє клапаном електрогідравлічної форсунки. Цей клапан відкриває подачу масла високого тиску з акумулятора, яке переміщує плунжер

всередині паливної секції форсунки, створюючи високий тиск впорскування. Діагностування паливної системи, що розглядається, виконується через тестування її на моніторі постійної дії: перевіряється технічний стан усіх датчиків порівнянням вихідних сигналів з еталонними; оцінюється навантажувальний режим; контролюються системи пального; змащування й охолодження.

Під час роботи двигуна ЕБУ автоматично проводить тестування його роботоздатності й у разі виявлення відхилень у функціонуванні систем установлює несправність, а в критичних ситуаціях приводиться в дію аварійне управління. Крім того, пам'ять ЕБУ фіксує час усіх екстремальних подій.

Тестування за запитом оператора проводиться з відключеним (оцінювання електричних кіл) і працюючим двигуном (оцінювання роботоздатності регулятора тиску впорскування, насоса масла високого тиску, системи контрольного тиску впорскування, форсунок і т. д.). При оцінюванні стану форсунки ЕБУ управляє подачею пального і визначає потужність кожного циліндра. Ця перевірка дає можливість виявити несправності й інших систем, що впливають на потужність двигуна.

### 2.6.6.1. Контроль справності насосів за таблицями несправностей

Потрібні тиски підкачування розподільними насосами фірми Bosch дизельного двигуна наведені у табл. 2.17.

*Таблиця 2.17*

#### Тиск підкачування розподільних насосів фірми Bosch

Тип ПНВТ	VE, з механічним регулюванням	VP37, з електронним регулюванням	VP44, з електронним регулюванням
Тиск на режимі холостого ходу, бар	2-3	5-7	10
Тиск при частоті обертання колінчастого валу, обмежуваний регулятором, бар	8-10	8-10 14-16	20-24

Автомобілі BMW з розподільним ПНВТ VP37 мають електричний підкачувальний насосом у паливному баку. Насос працює з увімкненим вимикачем стартера і свічок розжарювання і створює тиск від 0,2 до 0,3 бар. Для ПНВТ EPIC фірми Lucas потрібні два адаптери. Один адаптер – від ПНВТ з електронним регулюванням двигуна Mercedes 2,2 л (OM 604). Другий адаптер – від ПНВТ двигуна Ford Transit.

Ці насоси потребують мінімального тиску в 5,6 бар. Звичайно встановлюють 7 бар. Усі розподільні ПНВТ мають гідравлічний пристрій регулювання початку подачі, Тому тиск підкачування повинен перевірятися також і з високою частотою обертання колінчастого валу.

У двигунів Volkswagen, оснащених системою насос-форсунок, є перевірючий штуцер з різью M12 при під'єднанні до якого манометра можна виміряти тиск підкачування.

Надлишковий тиск під час запуску повинен складати мінімум 1,0 бар, на режимі холостого ходу – 3 бар і з максимальною частотою колінчастого валу, обмежуваною регулятором, – 8 бар. У двигунів з акумуляторною системою впорскування манометр приєднують між насосами низького і високого тиску.

У двигунів Rover і BMW з акумуляторною системою впорскування пального низький тиск контролюється блоком управління з допомогою датчика тиску, що розташований у паливному фільтрі. Тиск можна перевірити за протоколом даних пристрою при читанні пам'яті несправностей.

Для стабілізації тиску в системі зворотного зливання пального у двигунів з акумуляторною системою впорскування підтримується тиск від 0,6 до 0,9 бар (FIAT) або 0,7 бар (Peugeot). Порядок дій у разі відхилень тиску подачі пального від потрібного наведено в табл. 2.18.

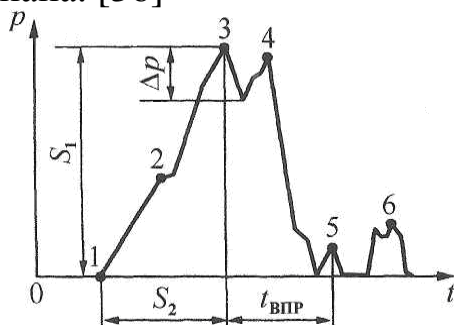
Таблиця 2.18

**Таблиця пошуку несправностей у двигунів з акумуляторною системою при відхиленнях тиску подачі пального від потрібного**

Несправність	Ознаки	Можлива причина	Спосіб усунення
Занадто високий тиск підкачки	Жорсткий хід двигуна (випередження впорскування)	1. Несправний клапан регулювання тиску в ПНВТ	Відремонтувати клапан або замінити насос
		2. У розподільних насосів фірми Bosch засмічений штуцер зворотного зливання (OUT)	Замінити штуцер зворотного зливання. Звернути увагу на діаметр отвору!
		3. Засмічений або зім'ятий трубопровід зворотного зливання	Очистити або замінити трубопровід зворотного зливання
Тиск підкачки занадто низький	Проблеми із запуском і втрата потужності	1. Забруднений паливний фільтр або попередній фільтр у баку	Замінити фільтри
		2. Нещільність з боку впуску насосу (паливний фільтр, впускний трубопровід і кришка на боці механізму регулятора випередження впорскування). Повітряні бульбашки у паливопроводі	Закрити впускний трубопровід біля паливного бака і за допомогою ручного насосу створити тиск 0,5 бар. У разі падіння тиску та підтіканні палива замінити нещільні деталі
		3. Нещільний забірник у паливному баку	У разі пошкодження замінити
Тиск підкачки занадто низький (продовження)	Проблеми із запуском і втрата потужності (продовження)	4. Несправний підкачувальний насос	Замінити насос
		5. Несправний клапан регулювання тиску в насосі високого тиску	Відремонтувати клапан або замінити насос
		6. Не працює підкачувальний насос у баку (он повинен запрацювати скоро після увімкнення стартера)	Замінити підкачувальний насос
		7. У розподільних насосів фірми Bosch переплутані штуцери	Переставити штуцери

### 2.6.6.2. Контроль справності насосів за витратою і тиском подачі пального

Перевірку роботи насосу високого тиску і форсунок безпосередньо на автомобілі проводять при перевищенні норм димності відпрацьованих газів. Найбільше розповсюдження отримав метод, оснований на аналізі зміни тиску з допомогою спеціального накладного датчика, що встановлюється поряд з форсункою на нагнітальний паливопровід (рис. 2.52). Точка 1 на осцилограмі відповідає початку підвищення тиску в результаті руху плунжера насосу, точка 2 – спрацюванню нагнітального клапана. При малій швидкості руху плунжера зростання тиску на деякий час уповільнюється. Точка 3 відповідає підняттю голки форсунки. При цьому тиск падає, оскільки об'єм, що звільнився, не встигає заповнитися паливом, а потім знову підвищується до певної величини. Точка 4 у разі великої частоти обертання колінчастого валу двигуна може відповідати максимальному тиску впорскування. Однак, для нормального процесу на режимі холостого ходу тиск звичайно фіксується за характерним піком (точка 3). Точка 5 визначає посадку голки форсунки, коли впорскування закінчується, після чого відбувається посадка в сідло нагнітального клапана плунжера. Імпульси остаточного тиску (точка 6) з'являються в результаті недостатньої герметичності нагнітального клапана. [36]



**Рис. 2.52.** Осцилограма зміни тиску в паливопроводі дизеля

Найбільша висота осцилограми (розмір  $S_1$ ) визначає затяжку пружини форсунки і статичний тиск початку впорскування. Перепад тиску ( $\Delta p$ ) характеризує рухомість голки форсунки. Шляхом інтегрування функції  $p(t)$  за час впорскування ( $t_{ВПР}$ ) можна визначити циклову подачу пального. Час затримки впорскування ( $S_2$ ) характеризує зазор у плунжерній парі, що спричиняє витік пального між гільзою і плунжером.

Діагностування даним методом здійснюється за допомогою простих приладів з одним накладним датчиком і стробоскопом, які визначають частоту обертання колінчастого валу двигуна, установочний кут випередження впорскування пального, якість роботи регулятора частоти обертання й автоматичної муфти випередження впорскування пального, тиск початку впорскування або максимальний тиск впорскування.

Також застосовуються і дорожчі стаціонарні стенди з осцилографами та одночасною установкою датчиків на всі форсунки. Такі стенди звичайно є універсальними, на них можна здійснювати комплексне діагностування електрообладнання і системи запалювання, а також визначати компресію окремих циліндрів (за коливаннями сили струму при прокручуванні колінчастого валу, коли двигун запускається стартером).

Контроль тиску на вході в ПНВТ або в корпусі (для ПНВТ з внутрішнім паливопідкачувальним насосом) необхідний для локалізації несправності в лінії низького або високого тиску. Вимірювання витрати в лінії зворотного зливання ПНВТ дає інформацію про ступінь спрацювання плунжерних пар. Для традиційної паливної апаратури цей параметр може варіюватися у

широких межах. Оскільки у ПНВТ зі змащуванням з допомогою лінії подачі моторного масла і лінією зворотного зливання тільки для відведення пального, що просочилося в зазор, будуть одні показники за величиною зворотного зливання, а для ПНВТ, що змащуються палимим, і в яких рівень тиску в корпусі підтримується жиклером або редуційним клапаном в лінії зворотного зливання, інше значення цього ж діагностичного параметра. Достовірність даного методу мінімальна – це непряма відносна оцінка спрацьовування форсунок. Імовірність постановки правильного діагнозу можна оцінити у 70%, оскільки решту 30% складає ймовірність того, що працює система коригування рівномірності роботи двигуна на режимі холостого ходу. При коригуванні компенсується нерівномірність подачі форсунок різних циліндрів, що впорскують різну кількість пального, Тому дози пального на управління відповідно різні. Вимірювання розрідження на всмоктуванні дає можливість оцінити стан паливного фільтра і технічний стан паливопідкачувального насосу. Але якщо є виток в насосі, розрідження на впуску буде невисоким і це не дасть можливості оцінити стан фільтра. Вимірювання високого тиску в паливному акумуляторі здійснюється з допомогою додатково встановлюваного діагностичного датчика тиску або манометра з межею вимірювання у 1500 атм. При цьому можна лише визначити середній рівень тиску в акумуляторі на даному режимі. Урахування хвильових процесів і коливань, які можуть виникати у разі несправності окремих вузлів, що працюють у лінії високого тиску, не ведеться. Тобто інформативність згаданого методу невелика і не дає можливості дати однозначний висновок про наявність і характер деяких несправностей, що виникають у паливній апаратурі. Затрати часу на застосування даного методу вельми значні, оскільки потрібен частковий демонтаж елементів двигуна для доступу до паливних ліній ті ліній зворотного зливання. Також потрібна розгерметизація ліній зворотного зливання й підведення пального, що також небажано.

### **2.6.6.3. Контроль електричних клапанів ПНВТ**

Контроль електричних клапанів залежить від їх типу і призначення в ПНВТ. Існує дві групи електричних клапанів: клапани пропорційні та двоходові клапани. Їх відмінність полягає у тому, що пропорційний клапан змінює прохідний переріз залежно від величини струму, що протікає через його обмотку, а двоходовий клапан може займати тільки два положення при включеній або відключеній постійній напрузі. Пропорційні клапани управляються імпульсами напруги змінної скважності при постійній частоті слідування імпульсів. У свою чергу, кожна з груп клапанів ділиться на два типи за призначенням. Пропорційні клапани: клапан регулювання витрати (дроселювання впуску) і клапан регулювання тиску (скидання в лінію зворотного зливання). Двоходові клапани поділяються на клапани постійної і синхронної дії. Клапан постійно дії змінює продуктивність насосу відключенням однієї з секцій ПНВТ. Стан клапана змінюється залежно від режиму роботи двигуна. Синхронізовані клапани переключаються у кожному робочому циклі двигуна, забезпечуючи наповнення надплунжерних порожнин

ПНВТ і нагнітання пального в гідравлічний акумулятор (особливість ПНВТ Denso HP2). Двоходові клапани перевіряються на роботоздатність (переключення) і на величину струму, що протікає через обмотку клапана з постійною прикладеною напругою. Пропорційні клапани перевіряються на діапазон роботи. ПНВТ устатковується на визначені у тест-плані тиск і частоту обертання (що, як правило, забезпечують максимальну витрату). Оцінюється величина струму, що протікає через клапани в той момент, коли його зміна призводить до початку зменшення витрати пального через насос (контрольна точка 90% витрати). Оцінюється величина струму в момент досягнення 10% витрати пального. Вираховується робочий діапазон клапана за струмом і порівнюється з еталонним (звичайно діапазон зміни струму складає 200 мА). У межах цього діапазону при фіксованій величині струму витрата пального повинна бути стабільною.

Перевірка компонентів паливної апаратури на стенді вимагає демонтажу компонентів паливної апаратури з транспортного засобу й установку їх на стенд для перевірки.

### Контрольні запитання

1. Для чого призначені мікропроцесорні системи управління робочими процесами і яка їх ефективність?
2. Якими робочими процесами управляє електронна система двигуна?
3. Які контрольовані параметри двигуна використовуються найчастіше?
4. Які існують методи і засоби діагностування акумуляторної паливної системи?
5. Як здійснюється зв'язок зовнішніми засобами з блоком управління двигуном?
6. Які засоби використовуються для проведення вимірювань витрат і тисків в акумуляторній паливній системі?
7. Як проводять статистичні і динамічні вимірювання початку подачі пального?
8. Як контролюють справність насосів і клапанів ПНВТ?

## 2.7. Діагностування форсунок

### 2.7.1. Методи діагностування

Якщо колінчастий вал двигуна починає обертатися нерівномірно, поряд з перевіркою механічної системи, слід протестувати і форсунки.

Діагностувати форсунки можна такими методами:

- проливання;
- відключення циліндрів;
- приєднання датчика пульсацій до регулятора тиску пального;
- перевірка форсунок на спеціальному стенді;
- спосіб коригування значень циклової подачі пального;
- вимірювання димності ВГ;
- визначення кількості пального, що відводиться від форсунки.

**Метод проливання** рекомендують багато заводів-виробників, але під час перевірки двигун заливається паливом, що небажано.

**Метод відключення циліндрів, як і метод підключення датчика пульсацій** до регулятора тиску пального має недостатню достовірність. Найбільш достовірним є **метод перевірки форсунок на спеціальному стенді**, але для цього необхідно знімати паливний акумулятор з двигуна.

**Спосіб коригування значень циклової подачі пального** на режимі холостого ходу є альтернативним методом вимірювання кількості пального, що відводиться від форсунок. Для цього паливопроводи зворотного зливання пального з'єднуються, а спільний паливопровід закривається затискачем. Замість спільного паливопроводу приєднуються трубки, що йдуть до вимірювального пристрою.

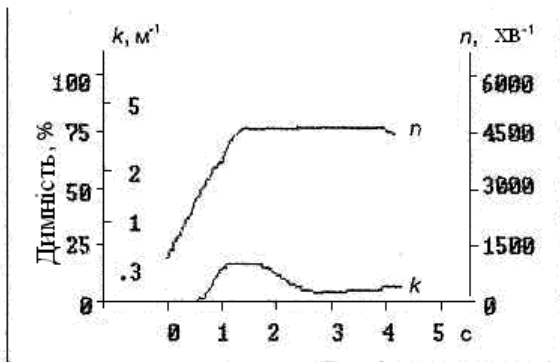
Двигун запускається і працює з тією частотою обертання колінчастого валу, яка здалася некомфортною. Через кілька хвилин порівнюють по циліндрам кількість пального, що пішло на зливання.

Відмінності до 30%, особливо при роботі на режимі холостого ходу, відповідають нормі. При номінальній частоті обертання колінчастого валу кількість пального на зливанні не повинна перевищувати  $150 \text{ см}^3$  за хвилину на одну форсунку. Якщо ця цифра перевищена, форсунка несправна і її слід замінити. Якщо у наявності є прилад для вимірювання витрати пального, що раніше використовувався при експлуатації системи впорскування пального K-Jetronic, його можна використовувати і для вимірювання кількості пального, що зливається форсункою.

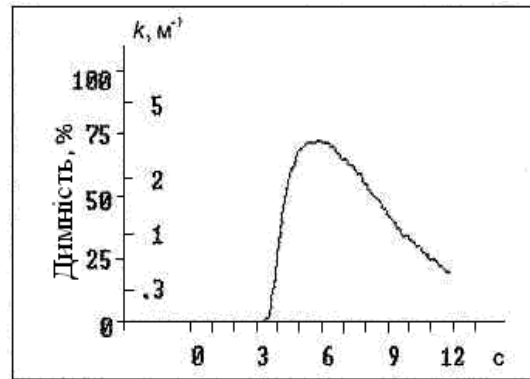
Ще однією можливістю перевірки форсунок є вимірювання димності ВГ. У справних двигунів з акумуляторною системою впорскування пального димність ВГ на режимі холостого ходу майже дорівнює нулю – вимірювання на більшості двигунів, які перевірялися, дали значення від 0 до 1% [7]. Якщо виміряна димність ВГ на режимі холостого ходу складає 5% або перевищує значення коефіцієнта поглинання за Хартриджом  $k=0,12 \text{ м}^{-1}$ , можна припустити погіршення процесу згоряння. Для визначення дефектного циліндра послідовно відключаються один за одним паливопроводи підведення пального до кожної форсунки з приєднанням додаткової форсунки. При цьому двигун кожного разу запускається і вимірюється димність ВГ. Той циліндр, після відключення якого значення димності ВГ істотно упало, є несправним. Якщо механічні несправності двигуна відсутні, причиною неполадок може бути тільки форсунка.

При використанні димоміра можливі й інші методи перевірки акумуляторної системи впорскування пального. Значення максимального коефіцієнта поглинання  $k_{\text{max}}$ , що характеризує величину димності ВГ, на режимах вільного прискорення лежать у межах  $0,3-1,0 \text{ м}^{-1}$  (див. рис. 2.53:  $k_{\text{max}}=0,44 \text{ м}^{-1}$ ,  $n_{AR}=4650 \text{ хв}^{-1}$ , час розгону  $t_R=1,2 \text{ с}$ ) [7]. У разі отримання більших значень слід перевірити надходження повітря у двигун, справність форсунок і датчиків, що впливає на формування циклової подачі пального. Особливо важливо перевірити датчик тиску в акумуляторі високого тиску. Якщо датчик показує занадто малі значення, блок управління, діючи на клапан регулювання тиску, підвищує тиск в акумуляторі і, відповідно, циклову подачу пального. В зв'язку з цим датчик тиску в акумуляторі є базовим елементом для настройки дизельного двигуна.





**Рис. 2.53.** Криві димності ВГ (коефіцієнта поглинання  $k$ ) і частоти обертання колінчастого вала  $n$  двигуна Mercedes 200 CDI з акумуляторною системою впорскування пального при вільному прискоренні

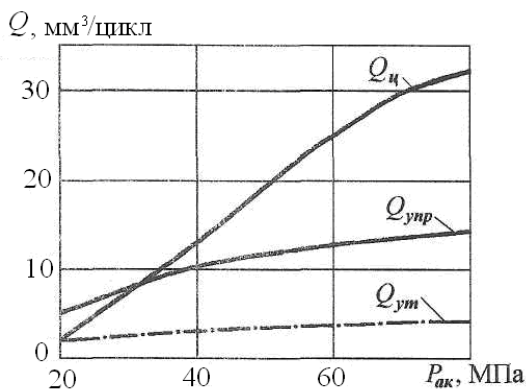


**Рис. 2.54.** Криві димності ВГ (коефіцієнта поглинання  $k$ ) двигуна з акумуляторною системою впорскування пального при холодному запуску двигуна

Під час запуску прогрітого двигуна максимальний коефіцієнт поглинання  $k_{\max}$  не досягає величини  $0,3 \text{ м}^{-1}$ . Якщо при запуску холодного двигуна максимальний коефіцієнт поглинання не збільшується, додаванням опору приблизно  $15 \text{ кОм}$  імітують на температурному датчику температуру до  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Якщо величина димності змінюється, як показано на рис. 2.54 ([7]), слід перевірити температурний датчик і у разі необхідності замінити.

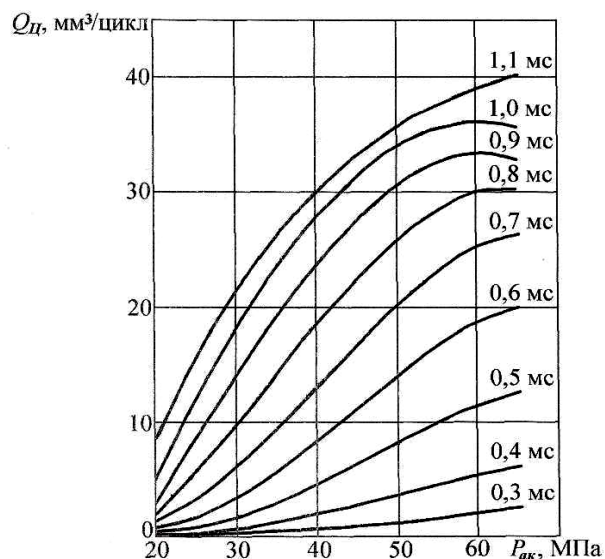
### 2.7.2. Діагностування форсунок за витратою пального через форсунки

На рис. 2.55, 2.56 представлені залежності витрати пального через форсунки від тиску в гідроакумуляторі та зміна циклічної подачі пального від тиску в гідроакумуляторі й тривалості управляючого імпульсу [5].



**Рис. 2.55.** Зміна складових витрати пального ЕГФ Bosch, віднесених до одного циклу ( $n=800 \text{ xv}^{-1}$ ,  $\tau=1 \text{ мс}$ ), залежно від  $P_{ак}$ :

$P_{ак}$  – тиск, МПа;  $Q_{ц}$  – циклічна подача пального,  $\text{мм}^3/\text{цикл}$ ;  $Q_{к}$  – витрата пального на технологічні потреби для управління голкою;  $Q_{ит}$  – витік через зазори у прецизійних частинах мультиплікатора й голки



**Рис. 2.56.** Зміна циклових подач залежно від тиску в гідравлічному акумуляторі та тривалості управляючого імпульсу на електромагнітні форсунки



Ці залежності отримані на безмоторному стенді без штатного контролера з використанням спеціалізованого модуля управління форсунками і регулятора тиску, що давало можливість включати або виключати окремі компоненти АСПП і у чистому вигляді отримувати результати дії того чи іншого гідравлічного вузла.

Стендові випробування (діагностування) дають можливість змінювати у широкому діапазоні незалежно тиск в акумуляторі та тривалість управляючого імпульсу на електромагнітні форсунки, визначити залежність циклічних подач пального від цих параметрів і накопичувати базу даних, яку можна використовувати при діагностуванні АСПП на автомобілях.

Аналізуючи графік, представлений на рис. 2.55, можна стверджувати, що величина витоків пального через мультиплікатор монотонно зростає при зростанні тиску і практично мало залежить від тривалості впорскування форсунки, тому що значний час в управляючій камері тиск дорівнює тиску в акумуляторі і лише на час впорскування тиск зменшується. Такий самий висновок впливає і щодо витoku пального через зазори у прецизійній частині голки форсунки.

З підвищенням тиску пального у гідроакумуляторі (див. рис. 2.56) зростає крутизна наростання тиску пального у підголковому просторі форсунки, зменшується час запізнення наростання тиску пального у підголковому просторі і збільшується сумарна тривалість впорскування.

### 2.7.3. Діагностування форсунок за тест-планами

**Діагностування електрогідравлічних форсунок** також вимагає застосування спеціального стенда. Контроль здійснюється згідно з тест-планом виробника і передбачає: контроль циклових подач при різному тиску і тривалості впорскування; якість розпилення паливного факела; різницю в лініях зворотного зливання пального при однаковій тривалості відкриття форсунок; величину струму, що протікає через обмотку електромагніта. При цьому необхідно відмітити, що блоки, які генерують імпульси на електромагніти форсунок, можуть мати різну форму імпульсів і, відповідно, передбачати різні тест-плани для форсунок одного типа. Деякі блоки управління форсунками генерують імпульси, що за формою подібні тим, які використовує система управління, встановлена на автомобілі, а в інших блоках використовують спеціальні тестові послідовності імпульсів.

На автомобілях широко використовуються електрогідравлічні форсунки Bosch, Denso, Delphi. У них використовуються електромагніти з різними характеристиками і конструкціями клапанних вузлів. Поряд зі згаданими використовуються п'єзогідравлічні форсунки Siemens. При цьому частина форсунок виготовляється за високоточною технологією із селективним підбиранням усіх елементів форсунки і з мінімальною різницею у циклових подачах. А частину форсунок виготовляють за технологією з більшими допусками при виготовленні для прискорення виробництва; такі форсунки при контролі на стенді показують більшу різницю щодо циклових подач, тому що під час їх роботи на транспортному засобі використовується електрична (резисторна) адаптація, програмна (номерна) адаптація до системи впорскування.

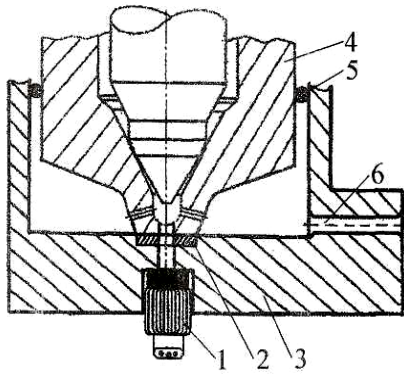
Інформативність стендового методу дуже висока, але має частковий характер. Контроль ПНВТ здійснюється у повному обсязі і його технічний стан оцінюється з високою точністю, аналогічно й контроль форсунок дає можливість поставити точний діагноз про їх справність. Але при такому контролі невідомими залишаються параметри лінії низького тиску і фільтрації пального, наявність і величина коригування подачі пального по циліндрам на режимі холостого ходу. Невідомі показання датчиків системи управління, які також задають величину паливоподачі. Часові затрати на проведення діагностування за стендовим методом максимальні з усіх трьох методів, оскільки потрібен демонтаж паливної апаратури; підготовка стенда до вимірювань; монтаж паливної апаратури на стенді; власне контроль; демонтаж паливної апаратури й установка її знову на транспортний засобі. Тобто затрати часу дуже великі й можуть виявитися даремними у разі несправності в електронній частині, з якої при даному методі контролюються лише тільки регулятор і датчик тиску пального.

Стендовий контроль паливної апаратури дає можливість лише дати висновок про стан форсунок і ПНВТ, без урахування особливостей їх роботи на двигуні. Контроль компонентів паливної апаратури вимагає значних затрат часу не тільки на підготовку стенда і проведення безпосередньо тестування гідравлічних вузлів, але й часу на демонтаж і установку паливної апаратури на транспортний засіб. Сам факт необхідності часткового розбирання двигуна є небажаним не тільки внаслідок часових затрат, але й внаслідок порушення умов, у яких експлуатуються гідравлічні компоненти паливної апаратури. Позитивним у контролі паливної апаратури на стенді є висока точність контролю і достовірність установленого діагнозу.

#### **2.7.4. Залежність циклової подачі пального від тиску в гідравлічному акумуляторі**

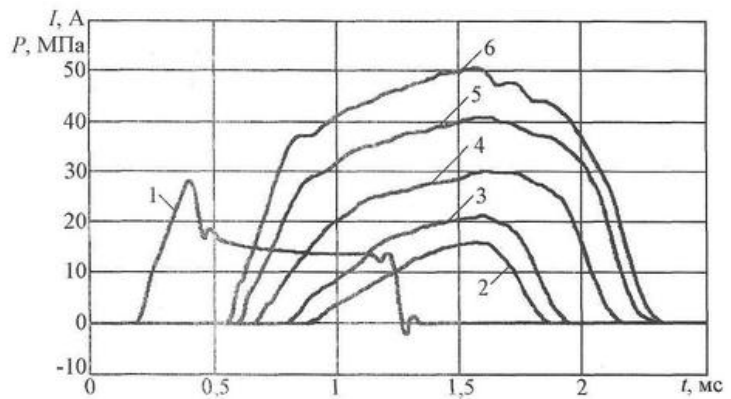
При випробуваннях паливної системи на стенді є можливість вимірювати циклову подачу  $Q_{ци}$  пального в широкому діапазоні тиску в акумуляторі та тривалості управляючого імпульсу на електромагніті форсунки (див. рис. 2.56). Циклова подача пального істотно залежить від тиску в акумуляторі та від тривалості управляючого імпульсу. При стендових випробуваннях з'являється можливість установлювати на форсунки датчик руху голки, а на допрацьованому розпилювачі форсунки розміщувати датчик для вимірювання тиску пального під конусом голки, як це показано на рис. 2.57.

На рис. 2.58 [5] представлено зміну тиску пального у підголковому просторі електрогідравлічної форсунки фірми Bosch у залежності від тиску в гідроакумуляторі при постійній тривалості управляючого імпульсу на електромагніті форсунки, з чого випливає, що при підвищенні тиску пального в гідроакумуляторі зростає крутизна наростання тиску пального у підголковому просторі.



**Рис. 2.57. Розміщення датчика тиску в голці форсунки:**

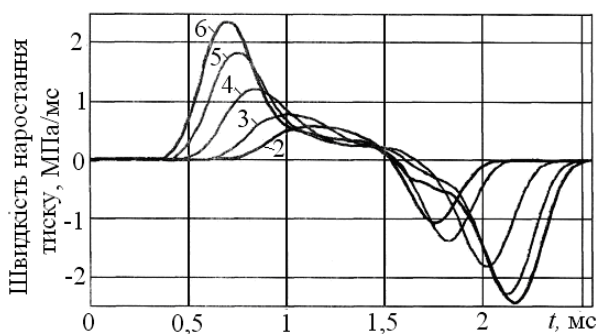
1 – датчик тиску пального; 2 – металеве ущільнювальне кільце; 3 – приймач впорскуваного пального; 4 – розпилювач форсунки; 5 – гумове ущільнювальне кільце; 6 – отвір для зливання пального



**Рис. 2.58. Тиск пального в підголковому просторі ЕГФ фірми Bosch залежно від тиску в гідроаккумуляторі:**

1 – сила струму в котушці електромагніта форсунки; 2 – тиск пального під голкою, якщо тиск в акумуляторі 19,7 МПа; 3 – тиск пального під голкою, якщо тиск в акумуляторі 23,5 МПа; 4 – тиск пального під голкою, якщо тиск в акумуляторі 29,7 МПа; 5 – тиск пального під голкою, якщо тиск в акумуляторі 39,2 МПа; 6 – тиск пального під голкою, якщо тиск в акумуляторі 48,1 МПа

Діаграми швидкості наростання тиску пального у підголковому просторі (рис. 2.59) підтверджують це і, крім того, швидкість наростання тиску на пряму пов'язане зі швидкістю підйому голки й мультиплікатора. З діаграми швидкості наростання тиску видно, що позитивна напівхвиля менша, ніж від'ємна. Це пояснюється тим, що при підйомі голки форсунки збільшується об'єм підголкового простору й одночасно пальне витікає з цього об'єму через розпилювальні отвори. Результати обробки даних, представлених на рис. 2.58 і 2.59, зведені в табл. 2.19.



**Рис. 2.59. Швидкість наростання тиску пального у підголковому просторі ЕГФ фірми Bosch залежно від тиску в гідроаккумуляторі (позначення графіків таке саме, що і на рис. 2.58)**

дані, оброблені в комп'ютерно-інтегрованому комплексі: модель збору даних L783 або UsbOscilloscope, пакет прикладних програм POWER-GRAPH, системний сканер KTS520, структурна база даних Esltropic. Тому інформація, представлена на рис. 2.58, була відфільтрована від неточностей, продиференційована і в результаті отримана швидкість наростання тиску пального у підголковому просторі (див. рис. 2.59).

Записи осцилограм тиску пального під голкою перед розпилювальними отворами форсунок виконані з допомогою датчика 1 (див. рис. 2.57). При цьому з допомогою МКФР установлювали постійну (1 мс) тривалість управляючого імпульсу на електромагніті форсунки, а змінами скважності імпульсів на регуляторі тиску пального і положенням рейки паливного насосу високого тиску установлювали тиск в акумуляторі. На рис. 2.58 представлені

## Характеристики процесів у електрогідравлічній форсунці

Тиск в акумуляторі, МПа	Затримка наростання тиску під голкою, мс	Сумарна тривалість впорскування, мс	Зниження тиску в акумуляторі в період впорскування, МПа	Максимальний тиск під голкою, МПа	Максимальна швидкість наростання тиску під голкою, МПа/мс	
					позитивна	від'ємна
19,3	0,7	1,25	19	14,1	0,536	-1,03
19,7	0,69	1,27	19,5	15,4	0,567	-1,09
23,5	0,6	1,52	22,7	20,45	0,77	-1,4
29,7	0,48	1,65	29	29,8	1,2	-1,83
39,2	0,42	2,05	38,3	40,8	1,81	-2,31
48,1	0,38	2,17	46,9	49,9	2,36	-2,47

### 2.7.5. Виявлення несправностей зависання голки форсунки та заклинювання клапана регулятора тиску

Зависання плунжера ПНВТ або відмова впускного клапана; зависання голки форсунки або електромагнітного клапана форсунки; забруднення отворів розпилювача або їх розмивання; зависання або перешкоджання руху електромагнітного клапана регулятора тиску можна визначати безпосередньо на автомобілі без демонтажу акумуляторної системи паливоподачі.

Дані, представлені на рис. 2.58 і 2.59, свідчать про те, що з підвищенням тиску пального в акумуляторі більш стрімко зростає тиск пального під голкою форсунки і скорочується час запізнення руху (відкриття) голки форсунки, у 2,5 рази зростає загальна тривалість впорскування пального при однаковій тривалості управляючого імпульсу. Діаграми швидкості наростання тиску відображають швидкість руху голки форсунки, яка зростає з підвищенням тиску в акумуляторі.

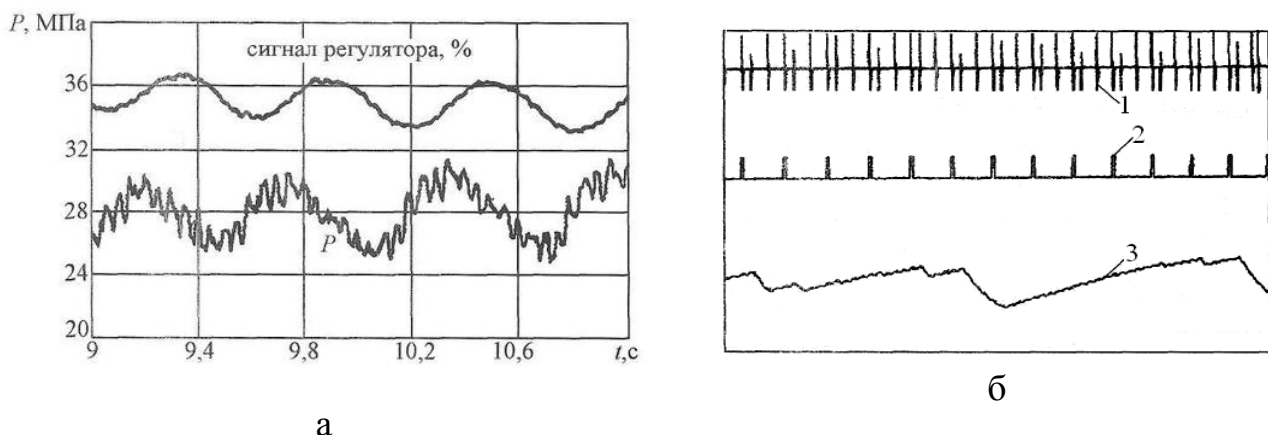
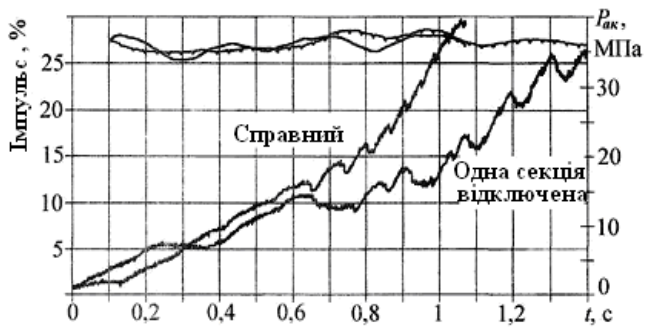


Рис. 2.60. Заклинювання клапана регулятора тиску пального (а) і зависання голки форсунки (б)

На рис. 2.60 (а) представлена несправність заклинювання клапана регулятора тиску пального, виявлене на автомобілі Renault Master, яке призводить до істотних періодичних коливань як тиску в акумуляторі, так і в лінії управління регулятором тиску. На рис. 2.60 (б) показане зависання голки

форсунки, де 1 – управляючий імпульс, 2 – синхронізований сигнал, 3 – сигнал датчика тиску.

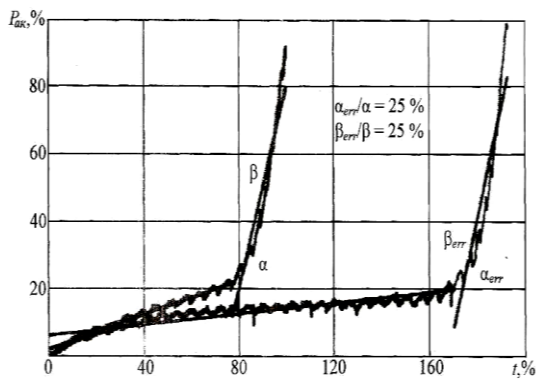
Несправності ПНВТ можна моделювати шляхом відключення однієї секції насосу (рис. 2.61-2.64) [5]. Якщо несправність відсутня, тиск в акумуляторі збільшується швидше, а коливання скважності управляючого імпульсу відсутні. У разі відмови впускного клапана в насосі одна секція не працює. Контролер компенсує нестачу тиску зміною скважності управляючих імпульсів.



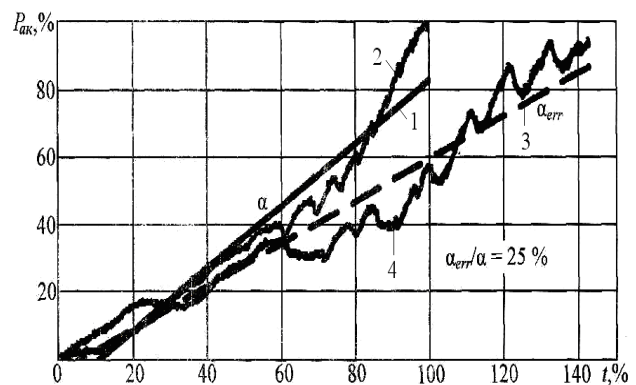
**Рис. 2.61. Тиск в акумуляторі й управляючий сигнал на регуляторі тиску в режимі запуску двигуна CR 14CO Mercedes Vito 108CDI зі справним та несправним ПНВТ**



**Рис. 2.62. Коливання тиску при спрацюванні 3-х і 2-х секцій ПНВТ**



**Рис. 2.63. Відносні зміни тиску при запуску двигуна автомобіля Fiat Ducato 2,8 JTD CR 15C2**

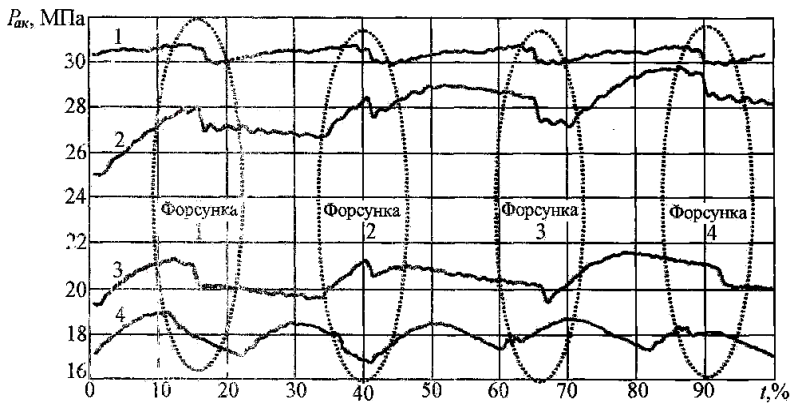


**Рис. 2.64. Відносна зміна тиску при запуску двигуна Mercedes Vito 108 GDI**

Діаграми, наведені на рис. 2.61-2.64 ([5]), свідчать, що на режимах запуску та вільного прискорення, коли відсутня корекція ШІМ-сигналу, можна з високим ступенем достовірності виявляти несправності в ПНВТ, маючи зразкові осцилограми. Вихід з ладу клапанної групи ПНВТ призводить до повної нероботоздатності плунжерної пари і, відповідно, нездатності розвинути який-небудь тиск. На рис. 2.62 представлені сигнали датчика тиску пального справного і несправного ПНВТ Mercedes Vito 108 GDI.

Як видно з рис. 2.62, амплітуда коливань тиску пального при даному виді несправності у 4 рази перевищує амплітуду коливань тиску при нормальному спрацюванні плунжерних пар, що дає можливість однозначно виявити дану несправність.



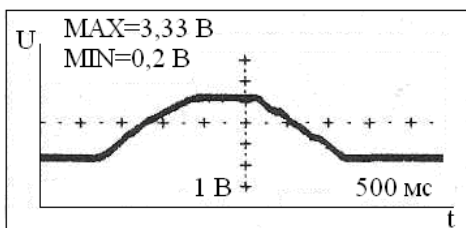


**Рис. 2.65. Коливання тиску в акумуляторі, викликані роботою насосних секцій і форсунок:**  
 1 – Mercedes Vito (3 плунжери, 4 нагнітання за цикл);  
 2 – Renault Master (3 плунжери, 3 нагнітання за цикл);  
 3 – 4ДТНА2 (3 плунжери, 3 нагнітання за цикл); 4 – Fiat Ducato (3 плунжери, 5 нагнітань за цикл)

Наведені на рис. 2.63, 2.64, 2.65 залежності окремих ділянок сигналу штатного датчика тиску і скважності управляючого імпульсу на регуляторі тиску пального є діагностичними параметрами технічного стану елементів АСПП.

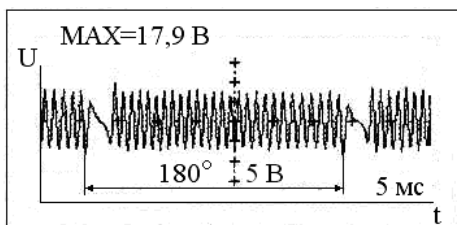
### 2.7.6. Управління цикловою подачею пального, що впорскується насос-форсункою

Циклова подача пального, що впорскується насос-форсункою, залежить від частоти обертання колінчастого валу двигуна і тривалості увімкнення електромагнітного клапана насос-форсунки. Блок управління безпосередньо впливає на циклову подачу пального тільки зміною цієї тривалості увімкнення. Для обчислення циклової подачі пального блок управління повинен мати інформацію про два параметри: про частоту обертання колінчастого валу та навантаження, яке задає водій, за датчиком педалі подачі пального. Звичайно датчик складається з контактів холостого ходу і потенціометра, який залежно від положення педалі подачі пального передає на блок управління сигнал напруги. Система самодіагностики фіксує вихід з ладу потенціометра і контактів холостого ходу – у цьому разі блок управління піднімає частоту обертання колінчастого валу на режимі холостого ходу двигуна для реалізації аварійного режиму роботи двигуна. З допомогою даних запам'ятовуючого пристрою блока управління відбувається перевірка функціонування датчика – сигнали напруги повинні рівномірно збільшуватися з 0% на режимі холостого ходу до 100% при повному навантаженні. Невеликі відхилення, характерні для спрацьованих потенціометрів, викликають нестабільну роботу («поштовхи») двигуна під час руху автомобіля. Ця несправність не визначається блоком управління, а краще за все встановлюється випробуванням потенціометра на шум, при якому може бути перевірений сигнал напруги у кожній точці контактної доріжки потенціометра (рис. 2.66). Контакти холостого ходу служать для логічної перевірки потенціометра і створюють напругу 5 В на виході блока управління. На режимі холостого ходу контакти замкнуті. [7]

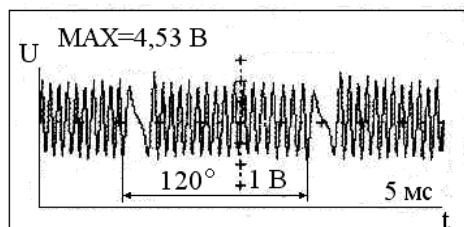


**Рис. 2.66. Випробування на шум потенціометра датчика педалі подачі пального**

ВМТ з ладу двигун зупиняється. Вичерпний результат перевірки датчика може бути отриманий з допомогою осцилографа, що реєструє сигнал напруги. На проходження сигналу напруги (рис. 2.67, 2.68 [7]) можуть впливати похибки геометрії диска або неправильне розташування датчика відносно диска. Якщо осцилографа немає, грубий функціональний аналіз роботи датчика можна провести з допомогою вольтметра, встановленого на режим



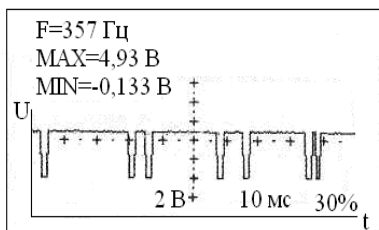
**Рис. 2.67. Проходження сигналу напруги датчика ВМТ на чотирьохциліндровому двигуні: 180° - кут повороту колінчастого валу**



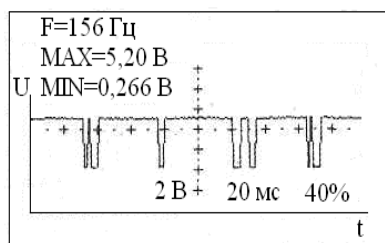
**Рис. 2.68. Проходження сигналу напруги датчика ВМТ на трициліндровому двигуні: 120° - кут повороту колінчастого валу**

змінного струму. При запуску двигуна вимірюється змінна напруга мінімальної величини 1 В. Додатково можна виміряти опір котушки індуктивності датчика (базова величина від 450 до 600 Ом). За сигналом датчика Холла, диск якого розташований на розподільному валу, блок управління ідентифікує циліндри за номерами. Форма цього диска дає можливість блоку управління при запуску двигуна уже за перші півоберта колінчастого валу почати управління насос-форсунками. Сам датчик Холла, розташований під диском, живиться напругою (що дорівнює напрузі акумуляторної батареї), яку подає блок управління. Проходження сигналу напруги датчика Холла (рис. 2.69, 2.70) вимірюється при підключенні осцилографа до середнього виводу штекера датчика і «маси». Якщо є в наявності двоканальний осцилограф, можна спостерігати одночасно сигнали напруги датчиків ВМТ і Холла (рис. 2.71). Таким чином, виявляється похибка синхронізації сигналів, що виникає, наприклад, у разі помилки установки зубчастого ременя приводу ГРМ. При виході з ладу датчика Холла збільшується час запуску двигуна, тому що блоку управління доводиться визначати ВМТ робочого ходу першого циліндра за принципом проб і помилок.

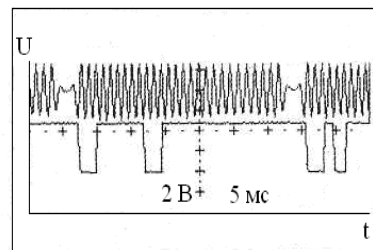
Для розрахунку повної циклової подачі пального, коли водій витискає педаль подачі пального до упору, блок управління звертається до поля характеристик димності ВГ, за яким встановлюється максимальна подача, що забезпечує бездимне згоряння пального.



**Рис. 2.69.** Проходження сигналу напруги датчика Холла на чотирициліндровому двигуні



**Рис. 2.70.** Проходження сигналу напруги датчика Холла на трициліндровому двигуні



**Рис. 2.71.** Проходження сигналів напруги датчиків ВМТ і Холла на чотирициліндровому двигуні

Дуже важливим додатковим параметром, який враховує блок управління, є показання датчика масової витрати повітря. В якості такого датчика на сьогодні звичайно використовується плівковий анемометр, який надсилає в блок управління сигнал напруги, пропорційний витраті повітря. Перевірка датчика виконується або за характеристикою, що зберігається в пам'яті блока управління і дає можливість безпосередньо порівнювати дійсні та приписані значення витрати повітря, або з допомогою осцилографа чи вольтметра. Приписані значення сигналу напруги датчика масової витрати повітря наведені в табл. 2.20. Значення, наведені в таблиці, відповідають прогрітому двигуну, механічно справному, включаючи турбокомпресор, з відключеною рециркуляцією ВГ.

Таблиця 2.20

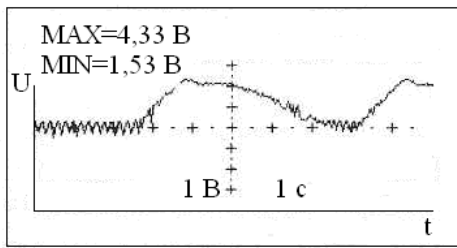
**Приписані значення сигналу напруги датчика масової витрати повітря для три- і чотирициліндрових двигунів**

Трициліндровий двигун		Чотирициліндровий двигун	
Режим експлуатації	Напруга, В	Режим експлуатації	Напруга, В
Увімкнений вимикач стартера та свічок розжарювання	0,95-1,05	Увімкнений вимикач стартера та свічок розжарювання	0,95-1,05
Режим холостого ходу	2,0-2,2	Режим холостого ходу	2,1-2,3
2000 хв <sup>-1</sup>	2,7-2,9	2000 хв <sup>-1</sup>	3,0-3,2
3000 хв <sup>-1</sup>	3,2-3,5	3000 хв <sup>-1</sup>	3,5-3,7
4000 хв <sup>-1</sup>	3,6-3,8	4000 хв <sup>-1</sup>	3,8-4,0
Вільне прискорення	4,0-4,2	Вільне прискорення	4,2-4,4

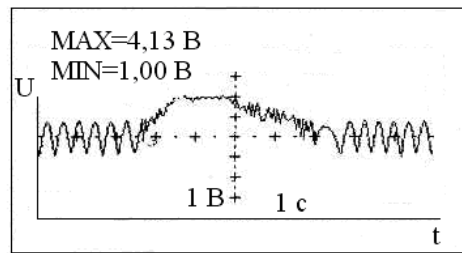
Перед заміною дефектного датчика масової витрати повітря слід перевірити справність механізмів двигуна, турбокомпресора і системи рециркуляції ВГ. З відкритим клапаном рециркуляції ВГ тривалий час повинна виявлятися значна відмінність у параметрах дійсних і приписаних значень витрати повітря. Як експрес-метод може бути проведене вимірювання з допомогою осцилографа сигналу напруги на режимах вільного прискорення (рис. 2.72, 2.73) [7]. Якщо сигнал напруги відсутній, слід спочатку перевірити, чи є напруга живлення. Якщо датчик масової витрати повітря, незважаючи на наявність напруги живлення, не видає сигналу, його слід замінити. При виході з ладу датчика масової витрати повітря блок управління прий-



має за циклову подачу пального константу 539 мг/цикл, записану в характеристиці двигуна. У цьому разі потужність двигуна при повному навантаженні знижується.



**Рис. 2.72.** Проходження сигналу напруги датчика масового витрати повітря чотирициліндрового двигуна



**Рис. 2.73.** Проходження сигналу напруги датчика масового витрати повітря трициліндрового двигуна

### 2.7.7. Електрична та гідравлічна перевірка насос-форсунок

Якщо в ході пошуку несправностей передбачається несправність насос-форсунки, перед її демонтажем слід провести перевірку електрики та гідравліки. Швидка перевірка електромагніта може бути виконана за допомогою вимірювання сили струму з використанням струмовимірювальних кліщів під час запуску або роботи двигуна на режимі холостого ходу. У разі зміни сили струму можна бути впевненим, що електромагніт справний. Максимальна величина сили струму зі збільшенням температури може понижуватися до 18 А. Якщо протікання сили струму відрізняється від показаного, слід перевірити котушку індуктивності електромагніта на обрив і замикання на «масу». Вимірювання опору котушки може бути проведене при від'єднанні штекера насос-форсунки. Опір котушки повинен складати 0,5 Ом. Інакше насос-форсунку потрібно замінити.

Якщо котушка індуктивності справна, а сигнал сили струму відсутній, то провід, що йде до блока управління, перевіряють на обрив і коротке замикання. Якщо ніяких несправностей проводки не виявлено, з блока управління слід зчитати дані пам'яті несправностей. Можливо, таким чином можна буде визначити, чому блок управління відмовляється видавати сигнал управління на електромагнітний клапан.

Неполадки в гідравліці насос-форсунок система самодіагностики не визначає. Перевіряється лише протікання сили струму електромагнітного клапана. Якщо час між першим обмеженням сили струму і посадкою електромагнітного клапана не відповідає приписаному, блок управління повідомляє про неполадки у відповідній насос-форсунці. Додатково за таблицею даних можна визначити, в якому циліндрі спостерігаються нестандартні умови згоряння пального. У протоколі, який видає блок управління, є пункт «Відхилення циклової подачі пального». Невідворотні відхилення в роботі циліндрів від параметрів, допустимих виробником, вирівнюються індивідуальним регулюванням циклової подачі пального. Блок управління розраховує середню циклову подачу пального і видає на зчитувальний прилад відхилення від неї щодо кожного циліндра. У табл. 2.21 [7] наведено протокол таблиці даних для справного двигуна. Фірма Volkswagen допускає відхилення циклової подачі пального приблизно 2,8 мг на кожне впорскування.

Однак з досвіду пошук несправностей слід починати уже при відхиленнях циклової подачі від 1,5 мг на кожне впорскування пального. Несправності у цьому разі слід шукати в роботі механізмів двигуна або гідравліки насос-форсунок. Перш ніж припускати відхилення в роботі насос-форсунок, слід перевірити компресію в циліндрах і переконатися, що деталі двигуна не спрацьовані.

Якщо автомайстерня не має діагностичного тестера для зчитування таблиці даних, роботу гідравліки насос-форсунок можна перевірити з допомогою димоміра. На режимі холостого ходу при відключеній рециркуляції ВГ показник димності ВГ прогрітого двигуна повинен бути нижче 5% (коефіцієнт поглинання  $k_{max}=0,12 \text{ м}^{-1}$ ). Підвищене значення димності ВГ свідчить про порушення процесу згоряння робочої паливоповітряної суміші.

Таблиця 2.21

**Уривок протоколу таблиці даних двигуна,  
який оснащено системою живлення з насос-форсунками**

<b>Volkswagen Lupo 1999 року випуску з дизельним двигуном 1,4 TDI моделі AFM</b>	
<b>Комп'ютерні дані</b>	
Дійсна частота обертання колінчастого валу	903 хв <sup>-1</sup>
Базова величина подачі пального	5 мг/цикл
Температура охолоджувальної рідини	82,4 °С
Положення педалі подачі пального	0%
Контакти холостого ходу	замкнуті
Розрахована витрата повітря	285 мг/цикл
Дійсна витрата повітря	280 мг/цикл
Скважність управляючого сигналу клапана рециркуляції відпрацьованих газів	75%
Розрахований початок впорскування пального	2° кута повороту колінчастого валу до ВМТ
Дійсний початок впорскування пального	2° кута повороту колінчастого валу до ВМТ
Активація темпомата (системи круїз-контролю)	ні
Установлення швидкості автомобіля за темпоматом (системою круїз-контролю)	ні
Вимикач педалі гальма	вимкнений
Вимикач зчеплення	увімкнений
Температура пального	42 °С
Температура повітря на впуску	19,8 °С
Атмосферний тиск	1000 мбар
Тиск наддування повітря	979 мбар
Скважність управляючого сигналу клапана управління тиском наддування повітря	73,2%
Напруга акумуляторної батареї	14,4 В
Відхилення від заданої величини подачі пального циліндра 1	0,32 мг/цикл
Відхилення от заданої величини подачі пального циліндра 2	-0,5 мг/цикл
Відхилення от заданої величини подачі пального циліндра 3	0,28 мг/цикл

Для визначення дефектного циліндра слід послідовно відключати циліндри, від'єднуючи штекери електромагнітних клапанів насос-форсунок. Якщо під час повторного запуску двигуна рівень димності ВГ істотно падає,

дефектний циліндр визначено. Якщо компресія в циліндрах у нормі, передбачається несправність насос-форсунки. На перший погляд, цей шлях пошуку несправності може здатися занадто затратним, однак він себе виправдовує, якщо врахувати високу вартість насос-форсунки, яку потрібно замінити.

### **2.7.8. Контроль несправностей розпилювачів форсунки та трубопроводу високого тиску**

**Випробування розпилювачів.** Приладом для випробування розпилювачів перевіряються форма паливних струменів, деренчання, тиск відкриття та ущільнення розпилювача. За результатами випробувань приймається рішення про необхідність заміни розпилювачів.

Після закріплення форсунки у випробувальному приладі відключається манометр приладу і при увімкненні швидкодіючого насосу промивається розпилювач форсунки. Після того як паливопровід високого тиску і розпилювач промиті, підключають манометр і перевіряють тиск відкриття та ущільнення розпилювача. Перевіряючи тиск відкриття, тиск підвищують доти, поки пальне не стане виходити з розпилювача. Установочна величина тиску відкриття розпилювача звичайно наноситься на його корпус. Допуск складає  $\pm 10$  бар. Якщо тиск відкриття розпилювача знаходиться за межами допуску, він повинен бути підкоригований підбором регулювальних шайб. Залежно від товщини цих шайб змінюється попереднє натягнення пружини форсунки. Як правило, зміна товщини шайби на 0,1 мм приводить до зміни тиску відкриття на 10 бар [7].

Перед перевіркою ущільнення розпилювача поверхні в зоні переміщення голки розпилювача протирають насухо. В цей час тиск підвищується до величини, яка на 10 бар нижче тиску відкриття розпилювача. Цей тиск утримується протягом 10 с. Потім до головки розпилювача притискають чистий папір. Якщо папір залишається сухим, це вказує на ідеальне ущільнення розпилювача. Якщо на папері з'являється волога точка діаметром більше 3 мм, розпилювач потрібно замінити. Потім перевіряють деренчання і форму струменів розпилювача. У штифтового розпилювача повинен утворюватися струмінь конічної форми, що не має ніяких смуг. Нові штифтові розпилювачі деренчать під час повільної і швидкої роботи насосу. Виразно чутний деренчливий звук – ознака того, що голка розпилювача не закоксована. Якщо настає закоксування голки, розпилювач деренчить лише під час швидкої роботи насосу, що, однак, ще не є підставою для заміни розпилювача. Тільки якщо у формі факела виявляються виразні смуги, хоча на будь-якій швидкості роботи насосу не виникає деренчання, розпилювач вимагає приведення у справний стан або заміни. Під час перевірки безштифтових розпилювачів роблять так само. Струмені впорскування у такого розпилювача повинні бути тонше розпилені. Безштифтові розпилювачі деренчать жорсткіше, ніж штифтові через більш високий тиск відкриття розпилювача і більший поперечний переріз вихідних отворів. Під час перевірки безштифтових розпилювачів слід визначити, яка кількість вихідних отворів передбачена конструкцією, інакше несправний розпилювач може бути прийнятий за справний.

Елементи системи насос-форсунок на приладі для випробування розпилювачів перевірити неможна. Форсунки акумуляторної системи впорскування на такому приладі можна перевірити лише на якість ущільнення при тиску до 400 бар.

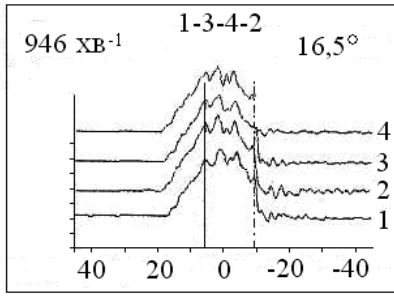
**Пошук несправностей у контурі високого тиску впорскування пального.** У дизельних двигунів зі звичайною апаратурою впорскування можна перевірити конструктивні елементи контуру високого тиску, аналізуючи криву тиску впорскування, що за аналогією з аналізом електричної напруги запалювання у бензинових двигунів допомагає швидше знайти несправність без демонтажу деталей. Існуючі тестові пристрої дають можливість відображати криві тиску впорскування у восьми паливопроводах високого тиску одночасно. Для цього існують вимірювальні прилади початку подачі пального: фірми AVL, Bosch и Sun. При підключенні до контактів рознімача знімається крива тиску впорскування у паливопроводі високого тиску, яка може відобразитися на осцилографі. Для оцінювання тиску впорскування використовують затискні датчики, які з допомогою п'єзоелектричної вимірювальної плівки перетворюють деформації, що розповсюджуються по паливопроводу високого тиску, в електричний сигнал. Такий метод дає можливість тільки оцінювати характер зміни сигналу, але не виконувати абсолютне вимірювання тиску впорскування. Затискні датчики повинні бути змонтовані якомога ближче і на однаковій відстані від форсунок. Будь-яка апаратура впорскування у справному стані показує типову криву тиску в паливопроводі високого тиску, що залежить від параметрів пристрою. На криву тиску впорскування впливають тип розпилювача, нагнітальний клапан та об'єм пального, що є у паливопроводі високого тиску. Якщо механіку добре відомі форма кривої і вплив окремих конструктивних елементів на цю криву, то він може швидко визначити несправну деталь. Вимірювання із затискним датчиком тиску дає можливість не розкривати апаратуру впорскування, що запобігає забрудненню точних деталей в ПНВТ, неминуче під час демонтажу-монтажу. Для наведених далі вимірювань використовували тестер 845 фірми AVL, у якому криві тиску впорскування можуть відобразитися одна над одною для восьми паливопроводів високого тиску.

За кривими тиску пального можна визначити тривалість впорскування, тиск закриття. Характер розповсюдження хвилі затухання тиску залежить від частоти обертання колінчастого валу, об'єму пального у паливопроводі високого тиску і конструкції нагнітального клапана.

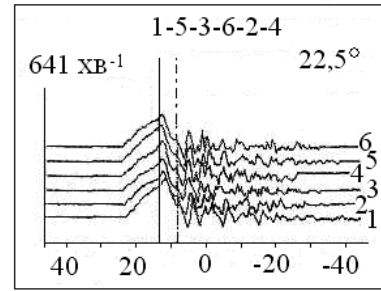
На рис. 2.74, 2.75 ([7]) показані криві тиску впорскування для справних чотири- і шестициліндрового дизелів.

На рис. 2.74 початок впорскування усіх форсунок –  $6^\circ$  кута повороту колінчастого валу до ВМТ; кінець впорскування –  $9^\circ$  кута повороту колінчастого валу після ВМТ; тривалість впорскування –  $15^\circ$  кута повороту колінчастого валу.

На рис. 2.75 початок впорскування –  $13^\circ$  кута повороту колінчастого валу до ВМТ; кінець впорскування –  $8^\circ$  кута повороту колінчастого валу після ВМТ; тривалість впорскування –  $5^\circ$  кута повороту колінчастого валу.

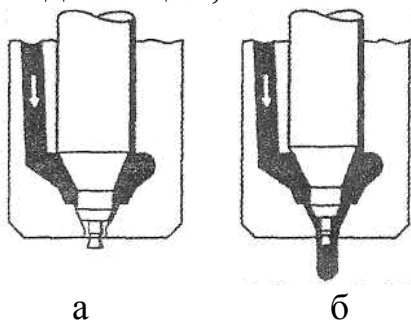


**Рис. 2.74. Криві тиску впорскування для чотирициліндрового вихрокамерного двигуна з форсунками зі штифтовими розпилювачами (Volkswagen 1,9 D)**



**Рис. 2.75. Криві тиску впорскування для шестициліндрового дизеля з безпосереднім впорскуванням пального і форсунками з безштифтовими розпилювачами**

На початку подачі пального в об'ємі плунжерної пари ПНВТ зростає тиск. Після відкриття нагнітального клапана хвиля тиску рухається від насоса до форсунки. Виникнення хвилі тиску пояснюється тим, що всупереч загальноприйнятій думці пальне при високому тиску є стискуваним. Щоб стиснути 1 см<sup>3</sup> дизельного пального на 1%, потрібен тиск приблизно 100 бар, а для стиснення на 1% такого ж об'єму сталі необхідний тиск приблизно 25 000 бар. Таким чином, найподатливіший матеріал у системі впорскування – пальне, що надходить у контур високого тиску, а тиск спричиняє виникнення хвиль, які рухаються по паливопроводу зі швидкістю звуку: в діапазоні від 1350 до 1450 м/с. Якщо тиск перед голкою розпилювача форсунки досяг тиску відкриття, голка піднімається під дією цього тиску на її конусний поясок і починається процес впорскування пального в камеру згоряння. Тепер пальне діє на більшу площу голки розпилювача і з тим самим тиском може швидше її піднімати (рис. 2.76). Тому тиск відкриття форсунки завжди вищий, ніж тиск закриття.



**Рис. 2.76. Закриття і відкриття форсунки**

На рис. 2.76: а – голка опущена на сідло корпусу розпилювача; б – голка розпилювача піднята.

Після відкриття можна виявити короткий провал на кривій тиску (рис. 2.74 і 2.75 [7]). Залежно від конструкції та ступеня закоксованості розпилювача при закритті форсунки тиск знову піднімається на певну величину. Після закінчення впорскування і посадки голки на сідло корпусу розпилювача виникає короткочасне підвищення тиску – так званий «запірний гак».

Наступне різке падіння тиску вказує на дію нагнітального клапана. Якщо розпилювач і нагнітальний клапан щільно закриті, тиск, що залишається в паливопроводі утворює хвилі, які через тертя у пальному повільно затухають.

За двома точками на кривій тиску (відмічені суцільною і штрихпунктирною лініями на рис. 2.74, 2.75) можна визначити тривалість впорскування. Хоча при вимірюванні неможливо визначити абсолютний тиск, можливі тільки відносні вимірювання, за якими чітко видно, що тиск відкриття (суцільна лінія: 65%, 6° на рис. 2.74; 57%, 13° на рис. 2.75) вище тиску закриття (штрихпунктирна лінія: 53%, -9° на рис. 2.74; 36%, 8° на

рис. 2.75). Величина постійного тиску в трубопроводі високого тиску між процесами впорскування складає залежно від конструкції паливної апаратури і режиму роботи двигуна від 20 до 60 бар. [7]

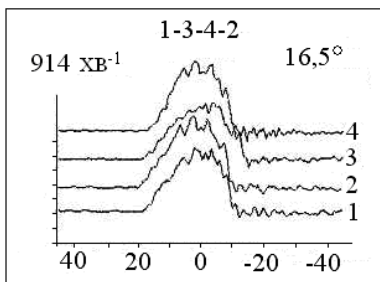
**Пошук несправностей дизельної апаратури.** Двигун, попередньо прогрітий до робочої температури, необхідно діагностувати при частоті обертання колінчастого валу на режимі холостого ходу, а також при подвоєній частоті обертання колінчастого валу також на режимі холостого ходу. Діагностика навантаженого двигуна була б ефективна, але неможлива в умовах більшості майстерень через відсутність випробувального стенда з біговими барабанами.

Оцінюючи криву тиску, необхідно звертати увагу на таке:

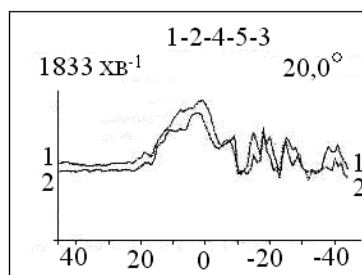
- якщо всі криві тиску ідентичні, то можна навіть у разі невідомої еталонної кривої зробити висновок про справність апаратури впорскування (рис. 2.74 і 2.75 [7]);

- підвищення тиску перед початком впорскування;
- чи чітко виявляються початок і закінчення впорскування;
- тривалість впорскування;
- підвищення тиску після відкриття форсунки;
- остаточний тиск і амплітуда відбитих хвиль;
- чи є підвпорскування пального.

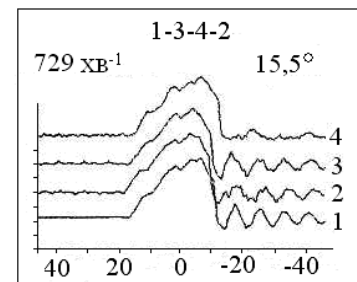
Низька величина тиску відкриття форсунки при частоті обертання колінчастого валу на режимі холостого ходу визначається за низькими значеннями кривої тиску при відкритті та закритті форсунки. Внаслідок того, що тиск під час усього процесу впорскування пального понижений, тривалість впорскування у прикладі, наведеному на рис. 2.77, збільшується на 4° кута повороту колінчастого валу. Остаточний тиск знижується. Низький тиск (100 бар) призводить до погіршення розпилювання пального у камері згоряння і підвищенню димлення при високій частоті обертання колінчастого валу порівняно з тиском у першому циліндрі (130 бар) (рис. 2.78). При більш високій частоті обертання колінчастого валу низький остаточний тиск характеризується зниженням інтенсивності відбитих хвиль. Низький тиск (90 бар) відкриття форсунки вихорокамерного двигуна Mercedes порівняно з установочним тиском (115 бар) не буде проявляти себе однаково на різній апаратурі впорскування, тим не менше ознаки залишаються тими самими (рис. 2.79). Збільшена тривалість впорскування пального і низький остаточний тиск у четвертому циліндрі на цьому прикладі видні особливо чітко. [7]



**Рис. 2.77.** Зниження тиску відкриття форсунки зі 130 до 100 бар у третьому циліндрі



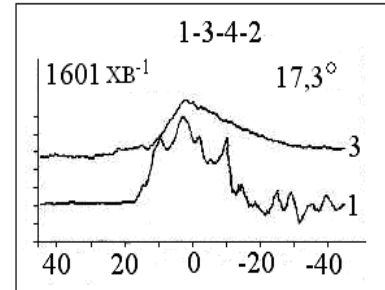
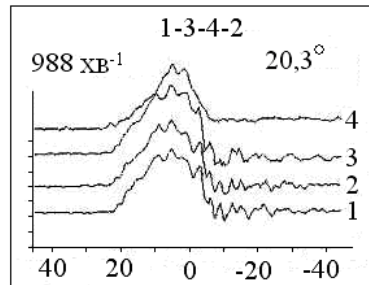
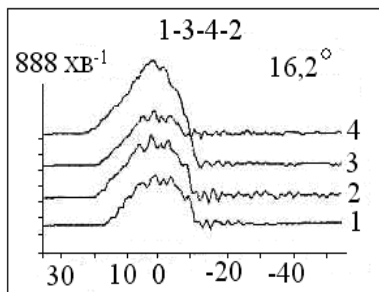
**Рис. 2.78.** Низький тиск відкриття форсунки у другому циліндрі (100 бар)



**Рис. 2.79.** Низький тиск відкриття форсунки у четвертому циліндрі (90 бар)



Якщо тиск відкриття форсунки занадто високий, спостерігається протилежний ефект. Тривалість впорскування при високому тиску (155 бар – порівняно з установочним тиском (130 бар) в інших циліндрах) (рис. 2.80) скорочується; провал тиску після відкриття форсунки ледве помітний. Занадто високий тиск виник через те, що механік установив у форсунку неправильну регулювальну шайбу. Через можливе перевантаження паливного насоса необхідно цю шайбу замінити.



**Рис. 2.80.** Високий тиск відкриття у четвертому циліндрі

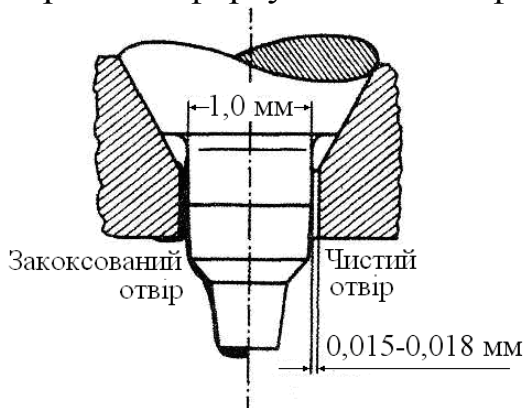
**Рис. 2.81.** Недостатнє ущільнення розпилювача в четвертому циліндрі

**Рис. 2.82.** Зависання голки розпилювача у третьому циліндрі

Недостатнє ущільнення розпилювача форсунки можна легко визначити за підвищенням тиску, що занадто затягнулося, коротким впорскуванням пального та відсутністю «запирного гака» (рис. 2.81).

Зниження інтенсивності відбитих хвиль і незначна різниця тиску до і після впорскування пального вказують на те, що остаточний тиск відсутній. Такі розпилювачі потрібно замінити, тому що проникнення газоподібних продуктів згоряння може призвести до зависання голки розпилювача (рис. 2.82). Зависла голка розпилювача порушує увесь процес впорскування. Підвищення і падіння тиску відбуваються вкрай неінтенсивно. Початок і закінчення впорскування точно не визначаються.

У будь-якому розпилювачі у процесі роботи утворюється шар коксу: на прикладі форсунки зі штифтовим розпилювачем на рис. 2.83 показані

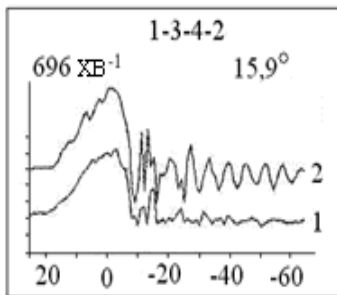


**Рис. 2.83.** Переріз форсунки зі штифтовим розпилювачем

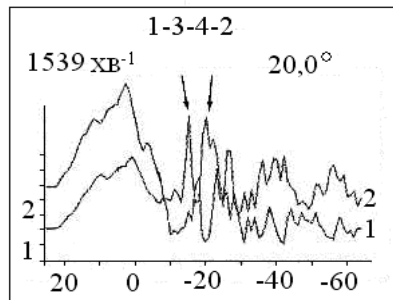
відкладення на штифті та в отворі розпилювача. Наступає такий період експлуатації, коли коксування перевищує встановлений виробником допуск – поперечний переріз отвору на виході з розпилювача дуже звужується. Після відкриття форсунки тиск дуже підвищується (рис. 2.84).

Підвищення остаточного тиску характеризується більш інтенсивними відбитими хвилями, які у разі зростання частоти обертання колінчастого валу можуть призвести до підвпорскувань пального, коли розпилювач відкривається вдруге і втретє при 15° і 20° кута повороту колінчастого валу після ВМТ (рис. 2.85). Підвпорскування (показані стрілками на рис. 2.85) збільшують викид сажі, тому що в кінці процесу згоряння в камеру згоряння надходить

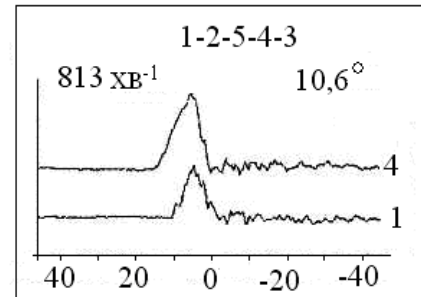
погано розпилене пальне. Крім того, для реакції горіння не вистачає кисню. На рис. 2.86 ([7]) показано, що в четвертому циліндрі два з п'яти отворів безштифтового розпилювача закоксовані; перший циліндр справний (Audi 2,5 TDI). Додатково закоксованість можна підтвердити випробуваннями на стенді перевірки розпилювачів.



**Рис. 2.84.** У другому циліндрі закоксований розпилювач



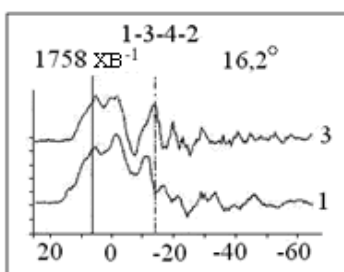
**Рис. 2.85.** У другому циліндрі підвпорскування пального через закоксованість розпилювача



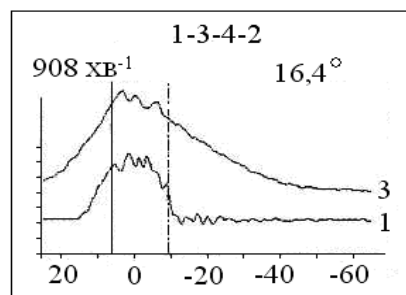
**Рис. 2.86.** У четвертому циліндрі два отвори з п'яти у безштифтовому розпилювачі закоксовані

Звужений поперечний переріз отвору розпилювача є причиною вже на режимі холостого ходу значного підйому тиску впорскування. Нерівномірний розподіл часток пального у камері згоряння призводить до підвищення димності ВГ і нестійкої роботи двигуна.

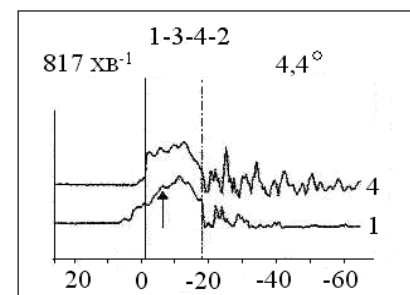
Спрацьований нагнітальний клапан зниженням розвантаження підвищує остаточний тиск (на рис. 2.87 – у третьому циліндрі), яке призводить до значних підвпорскувань пального при  $14^\circ$  кута повороту колінчастого валу після ВМТ. Одночасно збільшується тривалість впорскування пального. Знижений розвантажувальний об'єм пального збільшує подачу. Продовжене впорскування та підвпорскування пального призводять до різкого підвищення димлення ВГ. Нагнітальний клапан, що підтікає, не тримає постійним остаточний тиск (дорівнює нулю) після закриття форсунки. Згідно з цим затягується час підвищення і падіння тиску (рис. 2.88). Певно максимальний тиск впорскування, що здається більш високим, вводить в оману, тому що у цьому разі збільшується перепад між остаточним і максимальним тиском.



**Рис. 2.87.** Підвпорскування пального у третьому циліндрі:  
суцільна лінія – 50%,  $6,5^\circ$ ;  
штрих-пунктирна - 49%,  
 $-14^\circ$



**Рис. 2.88.** Нагнітальний клапан у паливній апаратурі третього циліндра підтікає:  
суцільна лінія – 61%,  $6,5^\circ$ ;  
штрих-пунктирна - 48%,  $-9^\circ$



**Рис. 2.89.** Спрацьовані деталі в паливній апаратурі першого циліндра: суцільна лінія – 41%,  $-1^\circ$ ; штрих-пунктирна - 45%,  $-18^\circ$



Спрацьованість плунжерної пари насосу може стати причиною затримки початку впорскування, короткого впорскування та слабого підвищення тиску (рис. 2.89). Стрілкою на рис. 2.89 указана затримка початку впорскування пального у першому циліндрі. Четвертий циліндр справний. Погане регулювання плунжерних пар можна виявити у рядних ПНВТ за різними значеннями початку впорскування в окремих циліндрах і різною тривалістю впорскування.

Табл. 2.22 ([7]) повинна допомогти у перших спробах проаналізувати високий тиск впорскування. Однак вона не може замінити досвід вимірювань. Важливо використовувати приєднаний до діагностичного пристрою принтер настільки часто, наскільки це можливо, й отримати таким чином архів несправностей.

Таблиця 2.22

### Пошук несправностей за аналізом високого тиску впорскування

	Закокований розпилювач	Низький тиск відкриття	Високий тиск відкриття	Нещільний розпилювач	Зависла голка розпилювача	Спрацьований нагнітальний клапан	Нещільний нагнітальний клапан	Спрацьований плунжер	Нещільний трубопровід високого тиску
Високі відбиті хвилі	×		×			×			
Плоскі відбиті хвилі		×		×	×		×		
Підвпорскування	×								
Крутий підйом тиску після початку впорскування	×	×							
Наявність «запірного гака»	×	×	×			×		×	
Занадто затягнуте впорскування		×			×	×			
Занадто коротке впорскування			×	×				×	×
Плавний підйом тиску				×	×		×	×	×
Крутий підйом тиску			×						
Низький піковий тиск		×		×	×			×	×
Високий піковий тиск	×		×						

Для системи з насос-форсунками або акумуляторної системи впорскування не можна провести аналіз високого тиску з використанням затискних датчиків. У разі акумуляторної системи впорскування за допомогою осцилографа можна зафіксувати коливання тиску в акумуляторі з використанням штатного датчика тиску в акумуляторі. Коливання тиску в акумуляторній системі впорскування на режимі холостого ходу можна визначати за сигналами датчика тиску в акумуляторі з використанням осцилографа.

Більш простим методом при діагностуванні акумуляторних систем впорскування є вимірювання витрати пального у лінії зворотного зливання форсунки.

Основним способом повернення форсункам і паливній системі нормальної роботоздатності є їх промивка через кожні 10-20 тис. км пробігу автомобіля.

### **Контрольні запитання**

1. Якими методами можна діагностувати форсунки?
2. Які засоби необхідні для діагностування форсунок за витратою пального через форсунки?
3. Як діагностують форсунки на стенді?
4. Яка залежність циклової подачі пального від тиску в акумуляторі?
5. Як можна діагностувати заклинювання клапана і зависання голки форсунки?
6. Від чого залежить циклова подача пального, впорскуваного насос-форсункою?
7. Як здійснюють електричну і гідравлічну перевірку насос-форсунки?
8. Як можна контролювати несправність розпилювача форсунки і паливопроводу високого тиску?

## **2.8. Діагностування електронних систем керування двигуном**

### **2.8.1. Методи і засоби діагностування**

Застосування вбудованої системи діагностування дає можливість виконувати пасивне й активне діагностування мікропроцесорної системи керування двигуном (МПСУ). Пасивне – збір інформації про стан двигуна і мікроконтролера, активне – проведення різних тестових операцій. За результатами діагностування здійснюються попереджувальна сигналізація та заходи щодо збереження роботоздатності МПСУ.

Можливості діагностування МПСУ:

- удосконалення алгоритмів діагностування, що дає можливість не тільки встановити факт несправності, але й прогнозувати відмови або вводити корекцію у разі зміни характеристик;
- достатня кількість діагностованих параметрів і глибини діагностування;
- розширення можливостей зовнішнього діагностування, у тому числі повноти інформації про несправності, що виводиться, та заходів для їх усунення.

Діагностування електронних систем починають з контролю акумуляторної батареї (напруга, струм, опір), перевірки правильності роботи кіл, вимірювання характеристик сигналів у визначених точках схеми з непрацюючим двигуном та на заданих режимах роботи й порівняння цих характеристик з установленими нормальними значеннями, а також аналізу відгуків при подачі сигналів для тестування. Типові несправності мають визначені коди, які у разі наявності несправності при діагностуванні видаються з пам'яті МПСУ на індикатори панелі приладів автомобіля. У низці систем визначити код несправності можна за чергуванням спалахів сигнальної лампи. У більш досконалих системах цифровий код може бути виведений на

рідкокристалічний екран. У найскладніших системах на екран може бути виведена не тільки інформація про несправності, але й перелік необхідних заходів, яких повинен вжити водій (діагност).

Несправність, що з'явилася, може бути виведена на дисплей спеціального тестера при технічному обслуговуванні автомобіля. Для зовнішнього діагностування використовується широка гама тестерів; найпростіші дають можливість вивести з пам'яті бортового мікроконтролера інформацію у вигляді коду несправності або більш детальні відомості, які можна співставити з відповідними технічними інструкціями. Після усунення несправності можна стерти в пам'яті блока інформацію про неї.

Універсальні тестери, дають можливість не тільки виконати згадані операції, але й визначити параметри електричних сигналів у різних точках системи й на основі аналізу їх зміни провести діагностування.

Найдосконаліші та найскладніші тестери з комп'ютерним керуванням можуть вести діагностування в автоматизованому режимі. Інформація про особливості конкретної діагностованої системи, коди несправностей, методику діагностування та способи усунення несправності стосовно різних моделей автомобілів зберігається на картриджах-дискетах. Комплекти дискет постійно обновляються у зв'язку з появою нових двигунів і систем керування.

Розглянемо діагностику компонентів електронної системи керування двигуном (ЕСУД) «Bosch DDE 4.0» на прикладі автомобіля Rover 75 2,0D CDT 1999-2004 рр. випуску.

Двигун цієї конструкції оснащений акумуляторною системою впорскування Common Rail другого покоління з безпосереднім впорскуванням пального. Використовується радіальний триплунжерний ПНВТ, який створює тиск в акумуляторі до 1600 бар. Тиск в акумуляторі регулює електромагнітний клапан, вбудований у корпус ПНВТ. ЕСУД «Bosch DDE 4.0» забезпечує регулювання моменту впорскування від 90° ВТДС (до верхньої мертвої точки (ВМТ) до 210° АТДС (після ВМТ), що дає можливість здійснювати попереднє і додаткове впорскування пального.

ЕСУД «Bosch DDE 4.0», використовуючи дані необхідних датчиків, вибирає оптимальні значення величини циклової подачі та моменту впорскування пального, управляє системою рециркуляції відпрацьованих газів, часом увімкнення пускових свічок розжарювання.

Крім того, ЕСУД «Bosch DDE 4.0» має інтегровану систему самодіагностики, що підтримує протоколи OBD-II та виробника.

В управляючій програмі ЕСУД «Bosch DDE 4.0» передбачені режими захисту двигуна у разі відмови компонентів системи керування. Так при виході з ладу датчиків температури, позиції педалі акселератора, вимірювача витрати повітря, а також при низькому тиску наддування відключається режим повної подачі пального або фіксовано встановлюється режим холостого ходу. У разі появи таких несправностей, як відмова однієї або кількох форсунок, аварійне зниження тиску пального в акумуляторі (нижче 230 бар), аварійне підвищення тиску пального в акумуляторі (вище 1600 бар), вихід з ладу датчика положення колінчастого валу, ЕСУД блокує роботу двигуна.

Табл. 2.23 представляє універсальний алгоритм пошуку й усунення несправності в ЕСУД Common Rail.

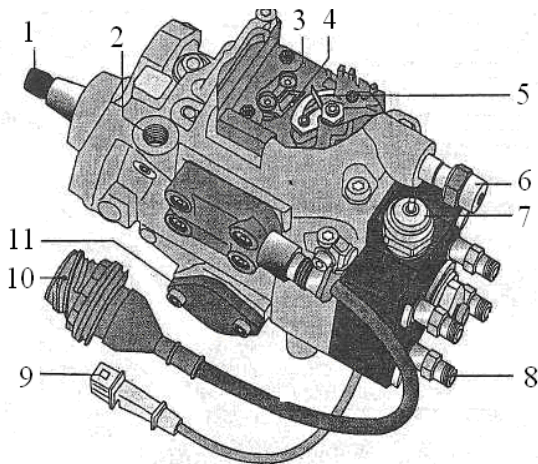
**Універсальний алгоритм пошуку й усунення несправностей  
в ЕСУД Common Rail**

Крок	Опис перевірки	Дія	
1	Читання DTC, їх аналіз і усунення причин виникнення	Так	Усунути причини виникнення і перейти до наступного кроку
		Ні (помилка немає)	Перейти до наступного кроку
2	Перевірка наявності пального в магістралі «зворотного зливання»	Так	Порівняти циклову подачу пального форсунок, якщо є різниця більше 30% - замінити несправну форсунку
		Ні	Перейти до наступного кроку
3	Перевірити управляючі сигнали форсунок	Сигнал в нормі	Перейти до наступного кроку
		Сигнал відсутній або не відповідає нормі	Перейти до кроку 10
4	При прокручуванні стартером тиск в акумуляторі більше 250 бар?	Так	Перейти до кроку 10
		Ні (тиск низький)	Перейти до наступного кроку
5	Опір обмотки FPC клапана приблизно 2,4 Ом?	Так	Перейти до наступного кроку
		Ні	Замінити несправний клапан FPC і запустити двигун
6	Сквашність управляючого сигналу FPC клапана при прокручуванні стартером складає приблизно 22,5%?	Так	Перейти до наступного кроку
		Ні	Усунути причину неправильного формування управляючого сигналу клапана FPC і запустити двигун
7	Перевірити наявність пального в магістралі «акумулятор-форсунка» при прокручуванні стартером	Так	Перевірити датчик FRP і, якщо він справний, замінити ПНВТ і запустити двигун
		Ні	Перейти до наступного кроку
8	Тиск пального в магістралі низького тиску більше 2,5 бар?	Так	Замінити ПНВТ і запустити двигун
		Ні	Перейти до наступного кроку
9	Паливопровід, паливний фільтр і реле FTP насоса справні?	Так	Замінити насос FTP і запустити двигун
		Ні	Замінити несправні компоненти і запустити двигун
10	Опір обмоток форсунок 0,2 Ом?	Так	Перейти до наступного кроку
		Ні	Замінити несправні форсунки і запустити двигун
11	Датчик СКР справний?	Так	Перейти до наступного кроку
		Ні	Замінити несправний датчик СКР (або відрегулювати положення датчика) і запустити двигун
12	Датчик СМР справний?	Так	Запустити двигун (якщо неможливо повернутися до перевірки ЕСМ)
		Ні	Замінити несправний датчик СМР (або відрегулювати положення датчика) і запустити двигун

## 2.8.2. Діагностика компонентів електронної системи керування двигуном

Принцип роботи дизельного двигуна в деяких моментах істотно відрізняється від бензинового, а саме:

- робочий цикл має 4 такти: впуск, стиснення, робочий хід і випуск;
- впусcene повітря в результаті стиснення (ступінь стиснення пального в дизелі 20-24) нагрівається до 900 °С і впорскнуте під високим тиском (1500-2000 бар у сучасних дизелів) пальне само спалахує;
- для полегшення холодного запуску є система передпускового підігріву повітря в камерах згорання;
- серце дизеля – паливний насос високого тиску (ПНВТ) має електронне керування кількістю подачі пального, моментом початку впорскування та зупинкою роботи мотора (рис. 2.90);
- як засіб збільшення потужності та крутильного моменту в дизелі часто застосовується наддування повітря, електронне керування яким (як і всі перераховані функції) забезпечує відповідна ЕСУД.



**Рис. 2.90. ПНВТ з електронним керуванням**

На рис. 2.90 позначені: 1 – привідний вал; 2 – вхідний паливний штуцер; 3 – регулятор циклової подачі пального; 4 – датчик температури пального; 5 – датчик позиції регулятора циклової подачі пального; 6 – паливний штуцер зворотного зливання; 7 – клапан відсікання пального; 8 – вихідні штуцери магістралі високого тиску; 9 – рознімач клапана регулятора моменту початку впорскування; 10 – рознімач регулятора циклової подачі пального; 11 – гідравлічний привід моменту початку впорскування.

Розглянемо діагностику компонентів ЕСУД «Bosch EDC 15V» на прикладі автомобілів Volkswagen Passat 1,9D TDI 1997-2000 рр. випуску.

Двигун цієї конструкції оснащений розподільним ПНВТ серії VE з регулювальними кромками й електромагнітним виконавчим механізмом.

ЕСУД «Bosch EDC 15V», використовуючи дані необхідних датчиків, вибирає оптимальні значення кількості й моменту впорскування пального, управляє системою рециркуляції відпрацьованих газів (клапан EGR), тиском повітря у впускному колекторі (клапан TC), часом увімкнення пускових свічок розжарювання.

Крім того, ЕСУД «Bosch EDC 15V» має інтегровану систему самодіагностики, що підтримує протоколи OBD-II і VAG.

**Самодіагностика ЕСУД «Bosch EDC 15V».** ЕСУД «Bosch EDC 15V» має засоби самодіагностики, що відповідають протоколу OBD-II. При цьому забезпечується перевірка сигналів, що формуються, на відповідність реальному діапазону та логічну достовірність. Якщо програма діагностики виявляє яку-небудь невідповідність (сигнал датчика не вписується в реальний діапазон або суперечить сигналу з іншого датчика, відсутнє електроживлен-

ня і т. ін.), у пам'ять помилок записується один або кілька відповідних кодів несправностей, а на панелі приладів вмикається індикація помилки ЕСУД. Окрім цього контролюється стан діагностичного обладнання. Зчитування-очищення пам'яті помилок у цій системі впорскування можливі тільки з допомогою спеціального діагностичного обладнання. У табл. 2.24 наведені основні коди помилок для ЕСУД «Bosch EDC 15V». Для зручності однорідні помилки об'єднані в групи.

Таблиця 2.24

**Діагностичні коди помилок ЕСУД «Bosch EDC 15V»**

<b>Код помилки</b>	<b>Обладнання, яке перевіряють</b>	<b>Можлива причина несправності</b>
P0033-P0035, P0045-P0049, P0299	Система турбонаддування, клапан TC	Механічна поломка турбіни, монтажні з'єднання, ЕСМ
P0068, P0069, P0100-P0104	Датчики MAP, MAF	Монтажні з'єднання, датчики MAF, MAF, ЕСМ
P0095-P0099, P0110-P0114	IAT датчик	Монтажні з'єднання, датчик IAT, ЕСМ
P0105-P0108	MAP, BARO датчики	Монтажні з'єднання, датчики MAP, BARO, ЕСМ
P0115-P0119	Датчик ECT	Монтажні з'єднання, датчик ECT, ЕСМ
P0181, P0186	Датчик FTS	Монтажні з'єднання, датчик FTS, ЕСМ
P0200-P0204	Датчик INLS, паливні форсунки	Монтажні з'єднання, датчик INLS, ЕСМ, паливні форсунки
P0215	Клапан FSS	Монтажні з'єднання, клапан FSS, ЕСМ
P0236-P0250	Датчик MAP, клапан TC	Монтажні з'єднання, датчик MAP, клапан TC, ЕСМ
P0261-P0271	ПНВТ, паливні форсунки	ПНВТ, паливні форсунки, ЕСМ
P0313, P0363, P0627-P0629	Паливна система	Відсутність пального в баку, механічна несправність паливної системи, насос FTP, реле насоса FTP
P0320-P0323, P0335-P0339, P0385-P0389	Датчик СКР	Монтажні з'єднання, датчик СКР
P0400-P0409, P0486-P0490	Система EGR	Монтажні з'єднання, соленоїд EGR, ЕСМ
P0380-P0382, P0671-P0674	Система передпускового підігріву	Свічки розжарювання, реле свічок розжарювання, монтажні з'єднання, ЕСМ
P0560-P0563, P0687, P0688	Система живлення	Головне реле живлення, монтажні з'єднання, ЕСМ
P0600	Шина даних мережевого контролера (CAN data bus)	Монтажні з'єднання, ЕСМ
P0601-P0609	ЕСМ	Монтажні з'єднання, ЕСМ
P0720-P0723	Датчик VSS	Монтажні з'єднання, датчик VSS, ЕСМ
P0704, P0830-P0835	Датчик CPP	Монтажні з'єднання, датчик CPP, ЕСМ

ЕСУД «Bosch EDC 15V» також забезпечує підтримку протоколу діагностики VAG і формує відповідні коди помилок, що по суті дублюють помилки OBD-II.

**Перевірка компонентів ЕСУД «Bosch EDC 15V».** Починати діагностику компонентів ЕСУД «Bosch EDC 15V» необхідно після таких підготовчих операцій і вимірювань:

- прогрівають двигун до робочої температури (температура масла приблизно 80 °С);
- встановлюють новий повітряний фільтр;
- рукоятка автоматичної коробки передач (АТ) повинна бути в позиції «Р» або «N»;
- усе додаткове обладнання, включаючи кондиціонер, відключають;
- під час діагностики вентилятор радіатора системи охолодження не повинен працювати.

Оберти холостого ходу повинні бути у межах 835-910 хв<sup>-1</sup> для механічної коробки передач (МТ) і 795-870 хв<sup>-1</sup> для АТ. Кількість обертів холостого ходу підтримується автоматично і не регулюється.

Рівень емісії відпрацьованих газів (ВГ) повинен відповідати рівням Євро-2 для автомобілів до 2000 р. випуску, Євро-3 – для автомобілів після 2000 р. випуску і Євро-5 – після 2010 року.

Для дизельних двигунів також визначається рівень непрозорості ВГ. Він повинен знаходитися в межах 58-73%.

Тест на непрозорість ВГ проводиться на швидкості 4800-5200 хв<sup>-1</sup>.

Якщо параметри емісій ВГ не відповідають наведеним, перевіряють герметичність впускної і випускної систем і проводять тести електронних компонентів системи впорскування.

Істотно впливає на всі параметри роботи дизельного двигуна момент впорскування пального. На працюючому двигуні його значення вибирається ЕСУД з пам'яті ЕСМ і відпрацьовується відповідним регулятором в ПНВТ за показаннями датчика моменту впорскування. У динамічному режимі його можна перевірити тільки з допомогою спеціального діагностичного обладнання. У статичному режимі перевірка установки моменту впорскування пального здійснюється за алгоритму, приписаним технічною документацією на відповідну модель автомобіля.

### **2.8.3. Перевірка електричних блоків осцилографом і мультиметром**

Навіть з появою самодіагностики несправність в електронній системі часто може бути точно визначена тільки вимірюваннями з допомогою осцилографа (осцилоскопа) і двоканального мультиметра (тестера). Самодіагностика дає можливість виявити несправність в одній конструктивній групі, наприклад, витратомірі повітря. Оскільки ця конструктивна група включає до свого складу кілька конструктивних елементів, в числі яких той же витратомір повітря складається з потенціометра, кабелю блока керування та блока живлення у блоці керування, то несправний конструктивний елемент повинен визначатися послідовними вимірюваннями з допомогою таких приладів, як мультиметр або осцилограф. Тільки власники добре наповне-

ного набору запасних частин можуть діяти методом проб і помилок, замінюючи «підозрілі» пристрої на гарантовано справні.

Поточні дані діагностування блока керування для одного з двигунів представлені в табл. 2.25.

Таблиця 2.25

**Поточні дані діагностування блока керування для двигуна Peugeot об'ємом 2 л і потужністю 66 кВт**

Параметри	Дані	Значення
Оберти двигуна		810 хв <sup>-1</sup>
Синхронізація колінчастого валу	Так	Відбувається при запуску двигуна
Номінальний тиск у сферичному гідроаккумуляторі	220 бар	На режимі холостого ходу 210-230 бар. Повинен триматися номінального значення. Граничні значення 0 і 1800 бар
Фактичний тиск у сферичному гідроаккумуляторі	222 бар	
Скважність імпульсів регулювального клапана високого тиску (PCV)	14%	На режимі холостого ходу 12-15%
Скважність імпульсів магнітного клапана впускного дроселя (VCV)	18%	На режимі холостого ходу 16-20%
Кількість впорскуваного пального	5 мг/хід	-
Коригування кількості впорскуваного пального 1-го циліндра	5%	Допустиме відхилення максимум 40%, активне регулювання режиму холостого ходу до 1500 хв <sup>-1</sup>
Коригування кількості впорскуваного пального 2-го циліндра	-	
Коригування кількості впорскуваного пального 3-го циліндра	-	
Коригування кількості впорскуваного пального 4-го циліндра	-	
Датчик положення педалі акселератора	0%	Повний газ: 100%, при виході з ладу датчика частоти обертів KB 1200 хв <sup>-1</sup>
Витрата повітря номінальна	280 мг/хід	На режимі холостого ходу 250-350 мг/хід, без рециркуляції ВГ 310-350 мг/хід
Витрата повітря фактична	283 мг/хід	
Скважність імпульсів клапана рециркуляції ВГ	55%	На режимі холостого ходу 40-60%, рециркуляція ВГ відключена – 6%
Скважність імпульсів заслінки рециркуляції ВГ	35%	Заслінка відкрита – 6%
Попереднє впорскування	13° перед ВМТ	На режимі холостого ходу 12,5-14° перед ВМТ
Головне впорскування	3° перед ВМТ	На режимі холостого ходу 2-3° перед ВМТ
Температура охолоджувальної рідини	82 °С	Граничні значення: -50° і 150 °С. Замінне значення при виході датчика з ладу – останнє вимірювання



Параметри	Дані	Значення
Температура пального	30 °С	Граничні значення: -50° і 150 °С. Замінне значення при виході датчика з ладу – 90 °С
Температура всмоктуваного повітря	45 °С	Граничні значення: -40° і 130 °С. Замінне значення при виході датчика з ладу – 40 °С
Тиск повітря	980 бар	Граничні значення 600 і 1075 бар
Напруга акумуляторної батареї	14,1 В	Граничні значення 6,8 і 18 В
Напруга живлення	5 В	Граничні значення 4,7 и 5,3 В
Реле розжарювання		Вимкнене
Кондиціонер		Вимкнений
Вентилятор системи охолодження		Вимкнений

**Використання вимірювальних приладів.** Під час пошуку несправностей в електричних пристроях для перевірки параметрів, які не змінюються при роботі транспортного засобу або змінюються повільно (наприклад, напруга живлення, опір і т. ін.), у більшості випадків пасує мультиметр з цифровим дисплеєм, що дає можливість визначати вимірювані параметри з більшою точністю. Для реєстрації вимірюваних величин, які змінюються за короткий проміжок часу, мультиметр не придатний, тому що сучасні цифрові вимірювальні прилади виконують лише від двох до трьох вимірювань за секунду. Тому слід кваліфіковано перевірити мультиметром напругу живлення й опір кабельного розведення. Однак для реєстрації напруги сигналу при переміщенні анемометричної заслінки необхідно використовувати осцилограф, тому що цей вимірювальний прилад показує криву напруги з достатньою часовою роздільністю. Короткочасні різко відмінні значення можуть тільки випадково реєструватися мультиметром або зовсім не вловлюватися. За формою кривої напруги можна також зробити висновки про неелектричні несправності, наприклад, про механічне пошкодження або забруднення датчика ВМТ можна визначити з кривої напруги датчика і частоти обертання колінчастого валу.

Осцилографи для використання на автомобілях пропонують майже всі виробники апаратури. При певних випробуваннях з допомогою вимірювальних меню можлива швидка установка користувачем осі часу та осі напруг, а також рівня запуску розгортки. Комп'ютеризовані конструкції осцилографів дають можливість користувачу також запам'ятовувати якісні картини, які, як впливає з досвіду, є першою допомогою при нових вимірюваннях (хоча і не можуть замінити основні знання, які потрібні спеціалісту для успішного пошуку несправностей). Чи використовувати переносні пристрої, які дають можливість проводити вимірювання під час пробної поїздки, чи зважитися на великі стаціонарні пристрої, які можуть передавати дані

на великі відстані, залежить від користувача та потреб станції технічного обслуговування.

Пусковою подачею та часом попереднього підігріву управляють залежно від температури охолоджувальної рідини, пального, всмоктуваного повітря. Для забезпечення надійності холодного запуску з несправним датчиком температури охолоджувальної рідини пускова подача і час увімкнення свічок розжарювання завжди встановлюються на максимум. Несправність при прогрітому двигуні проявляється у збільшеному димленні ВГ під час запуску та тривалому часі увімкнення свічок розжарювання.

Датчики температури пального і всмоктуваного повітря потрібні блоку керування для розрахунку густини паливо-повітряної суміші. При виході з ладу одного з цих датчиків подача пального на режимі повного навантаження встановлюється за межею димлення ВГ, а потужність двигуна знижується.

Ці датчики перевіряють так само, як і датчик температури охолоджувальної рідини.

Якщо блок керування виявить несправність у витратомірі повітря, він відключить рециркуляцію ВГ і знизить подачу пального на режимі повного навантаження. У цьому разі буде помітна втрата потужності.

#### **2.8.4. Контроль технічного стану датчиків і виконавчих пристроїв**

Характеристики типових датчиків і виконавчих пристроїв двигунів описані в роботах [9, 12, 19].

У процесі експлуатації технічний стан двигуна, датчиків і виконавчих пристроїв зазнає змін від початково встановлених значень управляючих впливів. Вони можуть частково або повністю не відтворюватися. У розімкнених програмних системах керування немає можливості точно відслідковувати ці зміни.

Датчик може бути несправний і надсилати в комп'ютер неправильну інформацію. Якщо перевірка на раціональність сигналу датчика, тобто на відповідність потрібним (штатним) сигналам, у програмі мікроконтролера ЕБУ не передбачена, то в таких ЕБУ управляючі алгоритми реалізуються з використанням неправильної інформації датчика. При цьому неправильно розраховуються кут випередження запалювання і тривалість імпульсу відкриття форсунок, що призводить до погіршення їздових характеристик автомобіля, двигун може глухнути після запуску і т. д. Але поки неправильний сигнал з датчика буде в межах норми, ніяких кодів помилок у пам'ять ЕБУ не запишеться й аварійна ситуація ніяк не позначиться.

Для того щоб виявити несправність, можна відключити підозрілий датчик. Тоді ЕБУ запише в пам'ять код помилки, і сигнал з датчика зміниться на розраховане (резервне) значення. Наприклад, при відключенні датчика масової витрати повітря ЕБУ замінить його сигнал резервним сигналом, розрахованим за положенням дросельної заслінки та оборотами двигуна. Якщо після відключення підозрілого датчика робота двигуна покращиться – датчик несправний.

У сучасних ЕБУ по мірі вдосконалення матеріальної бази і програмного забезпечення з'являються можливість виявляти несправні датчики, які видають неправильний сигнал, але в межах норми. Це так звана перевірка на раціональність і правильне функціонування, яка реалізується в бортових діагностичних системах другого покоління OBD-II. Вона полягає в тому, що поточні значення сигналів з усіх датчиків постійно перевіряються на взаємно однозначну відповідність зі штатними сигналами для даного режиму роботи двигуна. Штатні значення сигналів зберігаються в постійній пам'яті мікропроцесора ЕБУ.

Якщо є в наявності зворотні зв'язки, навіть локальні, можна будувати системи керування з самокоригуванням, які враховують зміни стану двигуна і його систем у процесі роботи, що дає можливість зберігати високу якість керування в процесі експлуатації автомобіля. Трудність створення систем, що самоналаштовуються, перш за все пов'язана зі складністю отримання необхідної інформації на борту автомобіля. Тим не менше елементи самокоригування все частіше використовуються у сучасних МПСУ, у значній мірі сприяючи підтриманню їх оптимальної роботи.

Так, наприклад, характеристики датчиків масової витрати повітря, що надходить у двигун, суттєво змінюються з часом. Для термоанемометричних витратомірів це перш за все пов'язано із забрудненням чутливого елемента термоанемометра. С метою усунути вказані зміни передбачається періодичне випалювання відкладень на датчику шляхом тимчасового підвищення його температури. Однак і у цьому разі не вдається зберігати характеристики датчика повністю незмінними. Якщо в МПСУ використовуються  $\lambda$ -зонди, є можливість введення періодичного автоматичного коригування характеристик датчика. Достатньо в момент спрацьовування датчика вмісту кисню у відпрацьованих газах, яке відбувається у разі складу суміші дуже близькому до стехіометричного, розрахувати склад суміші, виходячи з характеристик форсунок, тривалості імпульсу відкриття форсунки і даних про вимірювану витрату повітря. Відмінність складу від стехіометричного може бути викликано помилкою у вимірюванні витрати повітря або змінами характеристик форсунок. У будь-якому разі невідповідність може бути компенсована внесенням поправок в характеристику витратоміра повітря, що надходить. Якщо провести таку перевірку на кількох режимах, можна побудувати таблицю коригування характеристик датчика або вибрати поправковий коефіцієнт.

**Перевірка датчиків.** Датчики – це вимірювальні перетворювачі, які перетворюють фізичні величини (тиск, температуру і т. д.) в напругу електричного сигналу.

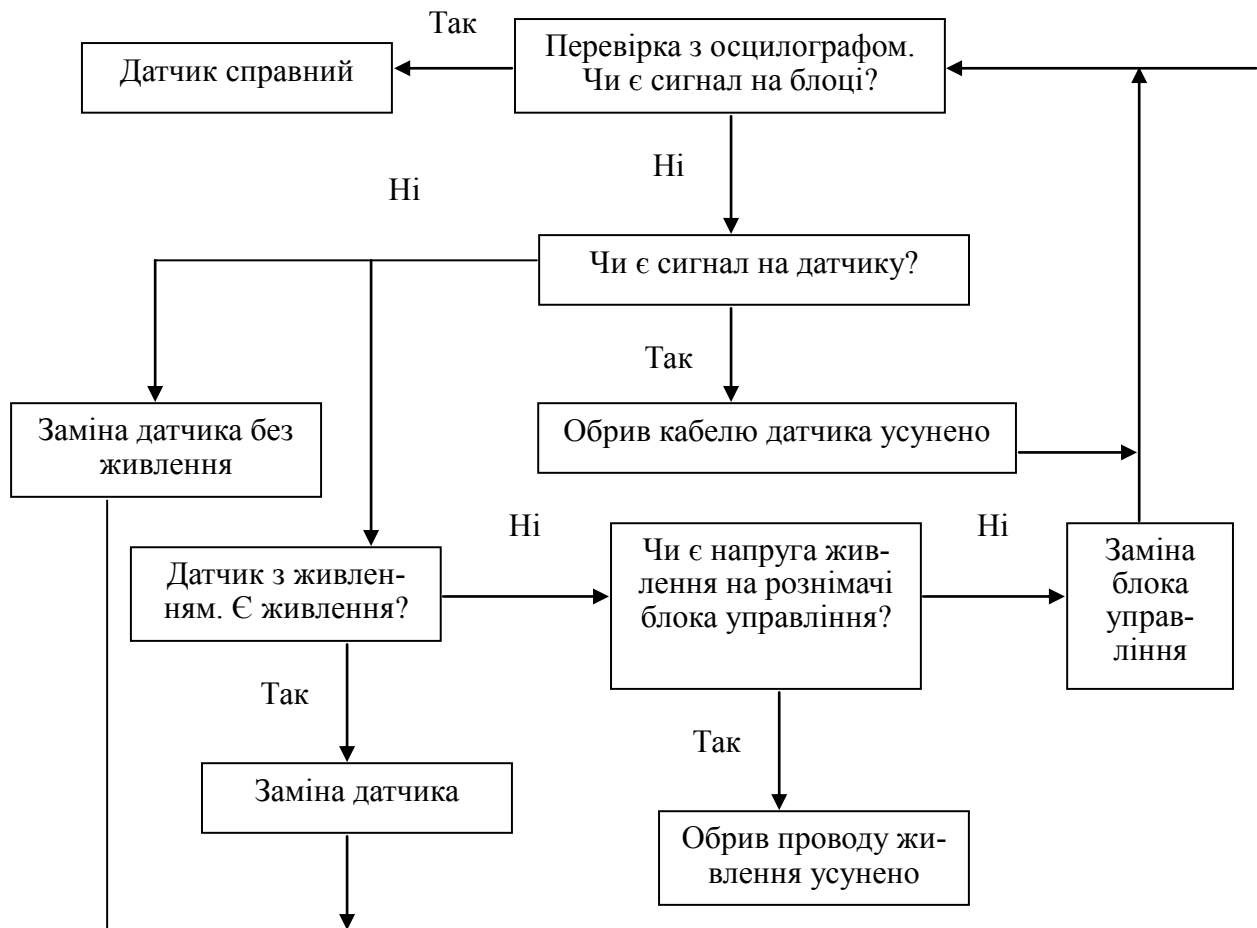
Більшість датчиків і виконавчих механізмів за конструкцією своїх елементів ідентичні тим, що використовуються в інших системах впорскування пального бензинових і дизельних двигунів.

Тому їх випробування однакові. Характеристики інформаційних датчиків керування двигуном описані у [12, 13].

У більшості випадків використовується аналоговий сигнал напруги, що змінюється відповідно до зміни фізичної величини. Рідко також може видаватися сигнал зі змінами частоти (наприклад, датчик MAP, який випускає фірма Ford) або сигнал з широтно-імпульсною модуляцією (наприклад,

датчик педалі подачі пального у вантажного автомобіля фірми Mercedes). Серед чутливих елементів розрізняють датчики з електричним живленням і без нього. Датчики з живленням мають триштиркові рознімачі (до них належать, наприклад, датчик Холла, датчик тиску і датчик масової витрати повітря). У датчиків, що не мають живлення, - двоштиркові рознімачі (наприклад, індуктивний датчик частоти обертання КВабо одновольтовий л-зонд). Ці відмінності слід брати до уваги при випробуваннях. Якщо у датчика, що немає живлення, під'єднувальні проводи справні, а сигнал не проходить, можна бути впевненим, що зіпсований сам датчик.

У датчика з живленням у першу чергу слід перевіряти наявність напруги живлення, яка у більшості випадків складає 5,0 В (рідко використовується напруга акумуляторної батареї). Напруга сигналу знаходиться у межах 0,2-4,8 В. Якщо напруга 0 або 5 В блок керування виставляє сигнал помилки, причому 0 В указує на обрив, а 5 В – на коротке замикання. План перевірок датчиків наведено на рис. 2.91.



**Рис. 2.91. Послідовність перевірки датчиків**

Щоб запобігти виходу з ладу ЕСМ при виконанні перевірок, необхідно використовувати тільки цифровий вольтметр з високим (більше 10 Мом) імпедансом. Обладнаний системою OBD-II автомобіль слід для зчитування кодів несправностей перевіряти спеціальним сканером. Існує лише кілька перевірок (пов'язаних з виявленням причин відмов під час запуску двигуна), які власник автомобіля може виконати самостійно, у решті випадків автомобіль слід діагностувати на автосервісному підприємстві.

У якості діагностичної інформації використовуються системні дані з ЕБУ, отримані сканером, і коди помилок. У кадрах на дисплеї сканера наводяться значення параметрів або відповідних їм сигналів с датчиків.

Для прикладу в табл. 2.26 наведено обмежений набір діагностичних кодів. Коди, представлені в цій таблиці відповідають кодам помилок для бортових діагностичних систем другого покоління (OBD-II). У дійсності в системах OBD-II кодів помилок значно більше.

Таблиця 2.26

### Поточні дані діагностики блока керування

Код	Опис
P0105	Несправність у колі датчика тиску у впускному колекторі
P0110	Несправність у колі датчика температури повітря
P0115	Несправність у колі датчика температури охолоджувальної рідини
P0120	Несправність у колі датчика положення дросельної заслінки
P0130	Несправність у колі датчика кисню
P0171	Низький рівень сигналу на виході датчика кисню, бідна суміш
P0172	Високий рівень сигналу на виході датчика кисню, багата суміш
P0200	Несправність у колі форсунки
P0230	Несправність у колі реле бензонасоса
P0300	Пропуски спалахування
P0320	Несправність у колі датчика положення колінчастого валу
P0400	Несправність у системі рециркуляції вихлопних газів
P0440	Несправність у системі вловлювання парів бензину в баку
P0500	Несправність у колі датчика швидкості автомобіля
P0505	Несправність у системі регулювання обертів холостого ходу
P0560	Невідповідність нормі напруги бортового кола

### 2.8.5. Параметри контролю технічного стану датчиків

Контроль технічного стану датчиків необхідно починати з визначення технічних параметрів, які вказуються в технічній експлуатаційній документації на двигун конкретного автомобіля. Технічні характеристики багатьох датчиків наведені у роботах [12, 13], а точніше у технічній експлуатаційній документації на конкретний автомобіль. У даному підрозділі будуть наведені лише приклади контрольованих параметрів датчиків.

У табл. 2.27-2.30 наведені значення вхідних і вихідних параметрів для деяких датчиків. Ці таблиці потрібні для перетворення напруги вихідних сигналів датчиків, наведених у кадрі сканера, у фактичні значення відповідних фізичних параметрів. Ці датчики, як і датчик положення дросельної заслінки, отримують живлення +5 В від ЕБУ.

При роботі по замкнутому контуру ЕБУ за сигналами від датчиків концентрації кисню постійно змінює склад паливо-повітряної суміші у межах  $\pm 20\%$ . Такі перемикання складу суміші потрібні й для роботи каталітичного газонейтралізатора. Коливання складу суміші відбиваються миттєвими значеннями коефіцієнта коригування паливоподачі. Ці значення коливаються відносно середнього в інтервалі  $\pm 20\%$  при нормальній роботі. При

вимкненні запалювання миттєві значення коефіцієнтів коригування подачі пального не зберігаються.

Таблиця 2.27

**Параметри датчиків температури охолоджувальної рідини і повітря (залежності однакові)**

Температура, °С	Напруга на виході, В	Температура, °С	Напруга на виході, В
120	0,25	440	2,27
100	0,46	30	2,60
80	0,84	20	2,93
66	1,34	0	3,59
60	1,55	-20	4,24
		-40	4,90

Таблиця 2.28

**Параметри датчика тиску у впускному колекторі**

Тиск, кПа	Напруга на виході, В	Тиск, кПа	Напруга на виході, В
101,3	4,5	60,7	2,5
91,2	4,0	50,5	2,0
81,0	3,5	40,4	1,5
70,8	3,0	30,2	1,0
		20,1	0,5

Таблиця 2.29

**Параметри датчика масової витрати повітря**

Витрата, г/с	Напруга на виході, В	Витрата, г/с	Напруга на виході, В
0	0,2	30	2,5
2	0,7	50	3,0
4	1,0	80	3,5
8	1,5	110	4,0
15	2,0	150	4,5
		175	4,8

Таблиця 2.30

**Параметри датчика положення дросельної заслінки**

Положення др. заслінки, %	Напруга на виході, В	Положення др. заслінки, %	Напруга на виході, В
0	0,5	60	2,9
20	1,3	80	3,7
40	2,1	100	4,5

Під час експлуатації у двигуні реального автомобіля накопичуються різні зміни параметрів і характеристик, які комп'ютер компенсує, варіюючи середніми значеннями коефіцієнтів паливокоригування, які зберігаються у пам'яті ЕБУ. Середнє значення коефіцієнта коригування паливоподачі

+21% означає, що ЕБУ подає в двигун у середньому на 21% більше пального для підтримання стехіометричного складу паливо-повітряної суміші, ніж це потрібно за розрахунком для того самого режиму (або визначено експериментально для відомо справного двигуна). У даному випадку причиною може бути, наприклад, витік розрідження, що призводить до появи додаткового повітря, для компенсації якого ЕБУ вводить більше пального в циліндри (на 21% більше).

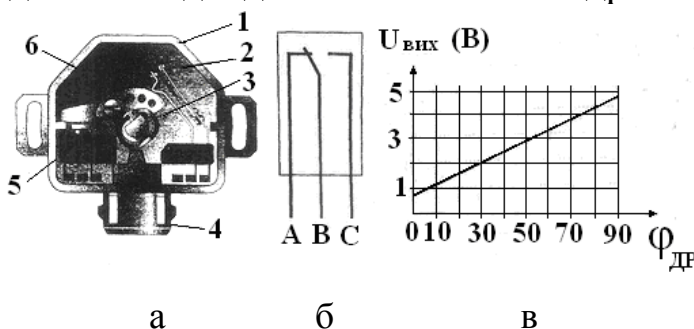
Таким чином, маємо: поточне значення коефіцієнта паливокоригування=середнє значення+миттєве значення.

Інформація про середні значення коефіцієнта паливокоригування потрібна при діагностуванні; звичайно, вона входить в число параметрів, які отримує сканер від ЕБУ. На застарілих автомобілях значення коефіцієнтів паливокоригування нормувались у межах 0-255 відліків або 0-100%. Для контролера МР7.0Н автомобіля ВАЗ середні значення коефіцієнтів коригування подачі пального можуть бути в діапазоні  $\pm 0,45$ . Для систем ОВД-II значення нормовані у межах  $\pm 100\%$ . Значення з середини діапазону, тобто 128 відліків, або 50%, чи 0% для ОВД-II, відповідають оптимальному режиму справного двигуна.

### 2.8.5.1. Датчик положення дросельної заслінки

Датчик положення дросельної заслінки – це резистор (потенціометр), опір якого змінюється в результаті механічного переміщення (кута повороту дросельної заслінки). Датчик TPS виробляє сигнальну напругу, пропорційну поточній величині опору потенціометра, що визначається положенням дросельної заслінки у корпусі дроселя. Сигнал з датчика надходить на ЕСМ, який на підставі аналізу даних, що надходять, визначає положення і напрямки руху заслінки. Для перевірки справності і правильності функціонування датчика TPS кількісно оцінюється характер зміни величини опору потенціометра залежно від ступеня відкриття дросельної заслінки.

На рис. 2.92 наведені зовнішній вигляд, конструкція і характеристика одного з видів датчика положення дросельної заслінки.



**Рис. 2.92. Датчик положення дросельної заслінки кінцевого типу:**

а – конструкція; б – електрична схема; в – характеристика; 1 – корпус; 2 – контакти повного навантаження; 3 – вісь дросельної заслінки; 4 – електричний рознімач; 5 – мікрореле холостого ходу; 6 – ексцентрик

При повністю закритій заслінці опір повинен бути у межах від 0,2 до 5,7 кОм, а при повністю відкритій – омметр повинен показувати безкінечність.

Потім слід перевірити правильність опорної напруги, яку видає на датчик процесор. Для цього необхідно приєднати до датчика електропроводку, переключити мультиметр на вимірювання напруги і приєднати його щупи до відповідних клем джгута електропроводки на рознімачі. Напруга на виводах датчика повинна збільшуватися:

при повністю закритій заслінці вона повинна бути приблизно 0,7 В, а при повністю відкритій – у межах 2,7-5,2 В. Якщо порушена подача на датчик опорної напруги, слід перевірити стан з'єднувальної електропроводки і власне ЕСМ.

### **2.8.5.2. Перевірка датчика ВМТ**

Датчик ВМТ і частоти обертання КВе індуктивним. Штифти, закручені в маховик за кількістю циліндрів, індують при проходженні датчика ВМТ змінну електричну напругу, яка збільшується зі зростанням частоти обертання колінчастого валу. Для перевірки датчика до проводів, що йдуть від нього, приєднують осцилограф і запускають двигун. Якщо датчик справний, на екрані відображається сигнал з регулярними синусоїдальними піками напруги, які повинні бути однаковими за формою і висотою. Якщо піки напруги нерегулярні, слід перевірити, чи не пошкоджені розташовані на маховику штифти, а також виміряти величину зазору між датчиком ВМТ і кожним із штифтів. Зазор повинен складати від 0,5 до 1,0 мм.

Якщо осцилографа немає, можна використовувати вольтметр, налаштований на діапазон 0-20 В у режимі змінного струму. Напруга при запуску двигуна повинна складати мінімум 1 В. Якщо сигнал відсутній, омметром вимірюють опір котушки індуктивності. Якщо величина опору поза допустимим діапазоном, датчик необхідно замінити; якщо потрапляє в допустимий діапазон, то слід перевірити на обрив і коротке замикання проводи, що йдуть до блока керування.

У разі відмови датчика ВМТ блок керування використовує сигнал датчика руху голки форсунки як заміник. Виняток складають двигуни автомобілів Mercedes 290E і Sprinter, які у разі відмови датчика ВМТ припиняють працювати.

### **2.8.5.3. Датчики положення колінчастого і розподільного валів та датчик швидкості руху автомобіля**

В основу конструкції цих електромагнітних датчиків закладений поміщений всередину дротяної обмотки постійний магніт (рис. 2.93, б).

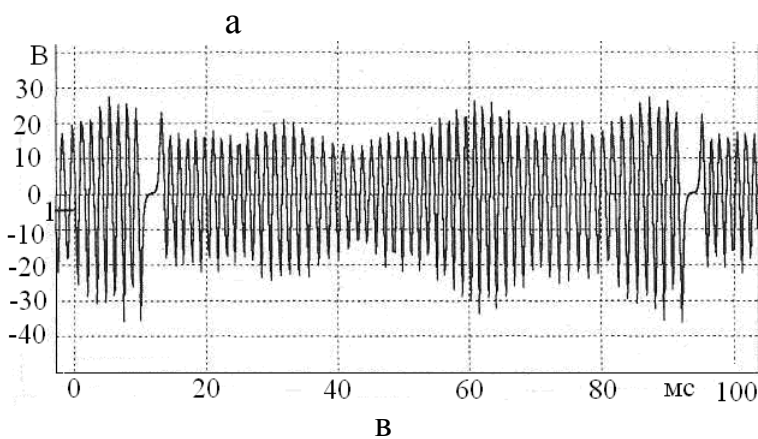
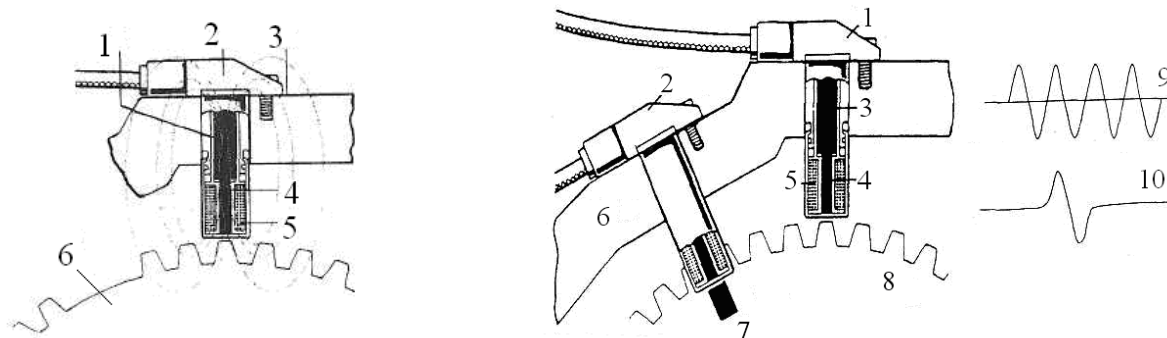
Типовими представниками електромагнітних датчиків є датчики положення колінчастого і розподільного валів (СКР і СМР), а також датчик швидкості руху автомобіля (VSS). Закріплений на шестірні сталевий диск має «язички», що проходять між полюсними закінченнями магніту і викликають замикання магнітного поля. Флуктуації магнітного поля призводять до зміни сигнальної напруги датчика. На підстав аналізу сигналів, що надходять від датчиків, ЕСМ визначає швидкість руху автомобіля (VSS) або поточне положення відповідного валу (СКР і СМР). Датчик СКР виробляє для ЕСУ сигнал G.

Для перевірки датчиків СКР і СМР необхідно виміряти опір між клемми їх рознімачів. На холодному двигуні (температура нижче 53 град) на датчику СМР опір повинен бути у межах 835-1400 Ом, а на датчику СКР – 1630-1740 Ом. На прогрітому двигуні (температура у межах 53-100 град) на



датчику СКР опір повинен бути у межах 1060-164500 Ом, а на датчику СКР – 2065-3225 Ом.

У разі VSS трансмісію необхідно попередньо привести в нейтральне положення, потім, утримуючи одне колесо нерухомо, вручну обернути протилежне. Необхідно зімітувати швидкість руху приблизно 3,5 км/год, спостерігаючи за показаннями вимірювача. Дану перевірку можна проводити на знятому з автомобіля датчику – в цьому разі обернути необхідно привідну шестірню вузла. На деяких моделях використовується VSS без привідної шестірні, такі датчики необхідно перевіряти, не знімаючи з автомобіля.



**Рис. 2.93. Системи визначення частоти обертання вала**

а; 5 – обмотка; 6 – корпус; 7 – мітка прив'язки; 8 – вінець маховика; 9, 10 – осцилограми сигналів: 9 – датчика частоти обертання вала; 10 – датчика синхронізатора; в – приклад сигналу датчика частоти обертання колінчастого вала.

Під час перевірки датчика СКР також необхідно прокручувати вал двигуна стартером короткими ривками, спостерігаючи за показаннями вольтметра, який повинен реєструвати слабкі рівномірні флуктуації, які підтверджують справність стану і функціонування магнітної частини датчика.

#### 2.8.5.4. Лямбда-зонди

Датчики  $O_2$  (або лямбда-зонди) відслідковують процентний вміст кисню у відпрацьованих газах двигуна. Наявні у системі випуску молекули  $O_2$ , вступаючи в реакцію з чутливим елементом датчика, змушують останній видавати сигнальну напругу. Амплітуда сигналу залежно від концентрації кисню може складати від 0,1 В (високий вміст  $O_2$ , збіднена паливоповітряна суміш) до 0,9 В (низький вміст  $O_2$ , збагачена суміш). ЕСМ безперервно від-

слідковує сигнал, що надходить від лямбда-зонда, і на підставі цих даних виконує відповідне коригування складу паливоповітряної суміші, намагаючись підтримувати його на оптимальному рівні (14,7 частин повітря на 1 частину пального – стехіометричне число). Коригування складу суміші виконується за рахунок керування тривалістю часу відкривання форсунок. Лямбда-зонд починає видавати сигнальну напругу тільки після того, як буде прогрітий до нормальної робочої температури, яка складає приблизно 320 °С. Перевірку правильності функціонування кола підігріву лямбда-зонда можна проводити омметром.

У процесі прогрівання двигуна ЕСМ працює в режимі розімкнутого контуру. Необхідно перевіряти стан усіх компонентів, що входять до складу системи лямбда-зондів. Доступ до лямбда-зондів звичайно утруднений і необхідно бути обережним, тому що компоненти системи випуску можуть залишатися гарячими протягом ще тривалого часу після зупинки двигуна і притискання до їх поверхні джгутів електропроводки може призвести до руйнування ізоляції. Слід проводити перевірку компонентів системи з використанням сканера, що підключається до рознімача; прилад дає можливість виявити зміни сигнальної напруги кожного з лямбда-зондів у межах тисячних часток вольтів.

Для перевірки напруги вихідного сигналу датчика треба до рознімача електропроводки (зі зворотного боку рознімача) акуратно приєднати щупи вольтметра до відповідних контактних клем. На більшості моделей позитивний щуп приєднується до сигнальної клеми рознімача датчика (SIGNAL), а від'ємний – до клеми заземлення.

Флуктуації сигнальної напруги нижньопотокових лямбда-зондів відбуваються значно повільніше, ніж у верхньопотокових, що пояснюється результатом роботи каталітичного перетворювача, який перетворює присутні у складі відпрацьованих газів монооксид вуглецю, вуглеводні та оксиди азоту в нетоксичні вуглекислий газ і воду, кисень яких у значно меншій мірі реагує з чутливим елементом датчика.

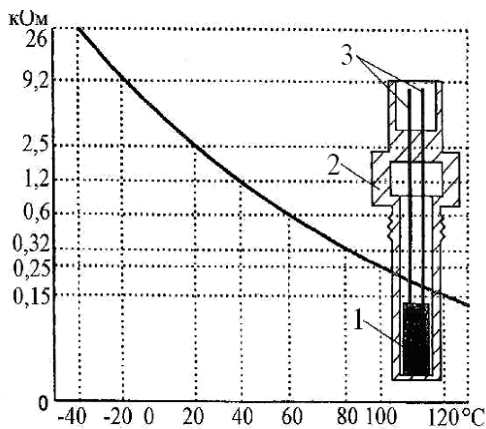
При холодному двигуні, на режимі розімкнутого контуру, лямбда-зонд видає стійкий амплітудний сигнал у діапазоні 0,1-0,2 В. Після приблизно двох хвилин датчик виходить в робочий температурний режим і амплітуда його сигнальної напруги починає коливатися в діапазоні від 0,4 до 0,6 В, залежно від вмісту кисню у відпрацьованих газах. Якщо датчик виходить в робочий режим занадто повільно або не виходить зовсім, а також при стабілізації напруги в середині робочого діапазону напруг, датчик слід замінити. Якщо напруга на виході датчика стабілізувалась поблизу однієї з меж вказаного діапазону, ймовірно, ЕСМ не в змозі компенсувати механічні несправності двигуна такі, як підсмоктування повітря або форсунки, що «ллють». Необхідно враховувати, що нижньопотоковий лямбда-зонд працює значно повільніше, ніж верхньопотоковий.

#### **2.8.5.5. Датчик температури охолоджувальної рідини системи охолодження двигуна (ЕСТ)**

Чутливий елемент датчика температури (термістор) – це резистор з від'ємним температурним коефіцієнтом, тобто зі збільшенням температури

електричний опір зменшується. Якщо величина опору не відповідає вказаній у таблиці даних (табл. 2.27, рис. 2.94), слід вийняти штекер датчика температури і виміряти опір (при 20 °С він повинен складати 2,2-2,7 кОм; при 80 °С – 270-350 Ом).

Контроль стану датчиків виконують після того, як двигун охолонув.



**Рис. 2.94. Конструкція і типові характеристики датчика температури охолоджувальної рідини:**

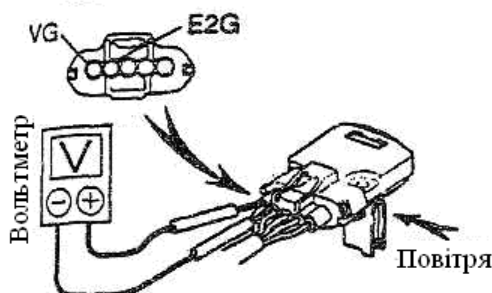
1 – напівпровідниковий резистор; 2 – металевий корпус; 3 – електричні контакти

моделей Volkswagen рознімач для датчика температури охолоджувальної рідини системи охолодження двигуна має чотири контакти.

Опір необхідно перевіряти при двох температурах – тільки так можна встановити, чи реагує датчик на зміну температури. Якщо значення опору відповідає потрібному, до рознімача датчика температури приєднують вольтметр і вимірюють напругу з увімкненим вимикачем стартера і свічок розжарювання (правильне значення – 5,0 В). Якщо напруга відсутня, перевіряють проводи, що йдуть до блока керування і до «маси», на обрив і коротке замикання. Якщо проводи справні, слід замінити блок керування. У більш нових моделях Volkswagen рознімач для датчика температури охолоджувальної рідини системи охолодження двигуна має чотири контакти.

### 2.8.5.6. Датчик вимірювання маси повітряного потоку

З допомогою датчика контролюють витрату всмоктуваного в корпус дроселя повітря. ЕСМ використовує інформацію, що надходить від датчика, для коригування тривалості часу відкривання форсунок: чим більше повітря всмоктується в двигун (акселерація), тим більшої кількості пального потрібно останньому. На моделях автомобіля V8 використовуються датчики повітряного потоку вихрового типу з чутливим елементом на базі нитки розжарювання. Пристрій дає можливість визначити вагову витрату потоку й отримав назву датчика маси повітря (MAF). На підставі інформації, що надходить від датчика, ЕСМ виконує своєчасне коригування складу повітряно-паливної суміші. На моделях автомобіля V8 використовуються датчики MAF п'ятиконтактного типу. Для їх контролю необхідно увімкнути запалювання, потім приєднати позитивний шуп вольтметра до контакту VG, а від'ємний – до контакту E2G (рис. 2.95).



**Рис. 2.95. Перевірка датчика MAF**

Опір використовуваного у витратомірі нагрітого відрізка дроту, термоплівки або керамічного елемента підтримується постійним при однаковій температурі. Необхідний для нагрівання електричний струм є мірою витрати повітря. Витратоміри повітря видають у блок керування сигнал напругою 0,3-4,8 В.

Для перевірки витратоміра повітря до його сигнального проводу приєднують осцилограф і вимірюють витрату повітря на режимах вільного прискорення. Сигнали справного стану можуть фіксуватися осцилографом. Однак така перевірка неефективна, якщо витратомір повітря, що довго працював, дає занадто низьку напругу сигналу. У цьому разі блок керування, не відправляючи відомості про несправності в пам'ять, зменшує подачу пального, що призводить до зниження потужності двигуна.

При більш точному випробуванні вимірюють напругу сигналу на різних частотах обертання колінчастого валу. У табл. 2.31 як приклад наведені контрольні значення напруги сигналу для нагрітого двигуна зі справним блоком керування, турбокомпресором, при відключеній рециркуляції ВГ, отримані зі справним витратоміром повітря. Якщо сигнал відсутній, слід вольтметром перевірити напругу живлення витратоміра повітря. Часто для підігріву дроту використовується напруга 12 В, а для електронних схем – 5 В. Якщо напруга живлення в нормі, а сигнал все-таки відсутній, витратомір повітря необхідно замінити.

Таблиця 2.31

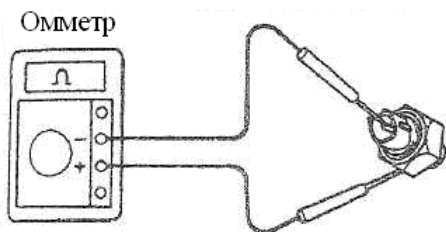
**Контрольні значення напруги сигналу  
для справного витратоміра повітря (двигун Volkswagen 1,9 TDI)**

Частота обертання колінчастого валу, хв <sup>-1</sup>	Напруга сигналу, В
900 – на режимі холостого ходу	1,4-1,6
2000 – без навантаження	2,4-2,6
3000 – без навантаження	3,1-3,3
4000 – без навантаження	3,7-3,9
Вільне прискорення	1,4-1,7 (U <sub>min</sub> ), 4,5-4,8 (U <sub>max</sub> )

На старіших моделях автомобілів, наприклад, на Audi 2,5 TDI до 1995 року випуску, використовуються вимірювачі витрати повітря з анемометричною заслінкою. Відхиляючись залежно від витрати повітря, анемометрична заслінка приводить в дію потенціометр, який, як і під час перевірки датчика подачі пального, випробовується на шуми приведенням в дію анемометричної заслінки. При переміщенні анемометричної заслінки слід звернути увагу на легкість її ходу.

### 2.8.5.7. Датчики детонації

На бензинових моделях V8 використовується два датчика детонації – по одному на кожній з головок циліндрів (під впускним трубопроводом).



**Рис. 2.96. Перевірка датчика детонації**

Датчики детонації виявляють факт підвищення інтенсивності вібрацій двигуна, що виникають при детонації повітряно-паливної суміші, і видають на модуль керування відповідну інформацію, яка дає можливість ЕСМ своєчасно провести зменшення кута випередження запалювання, що пригнічує детонацію.

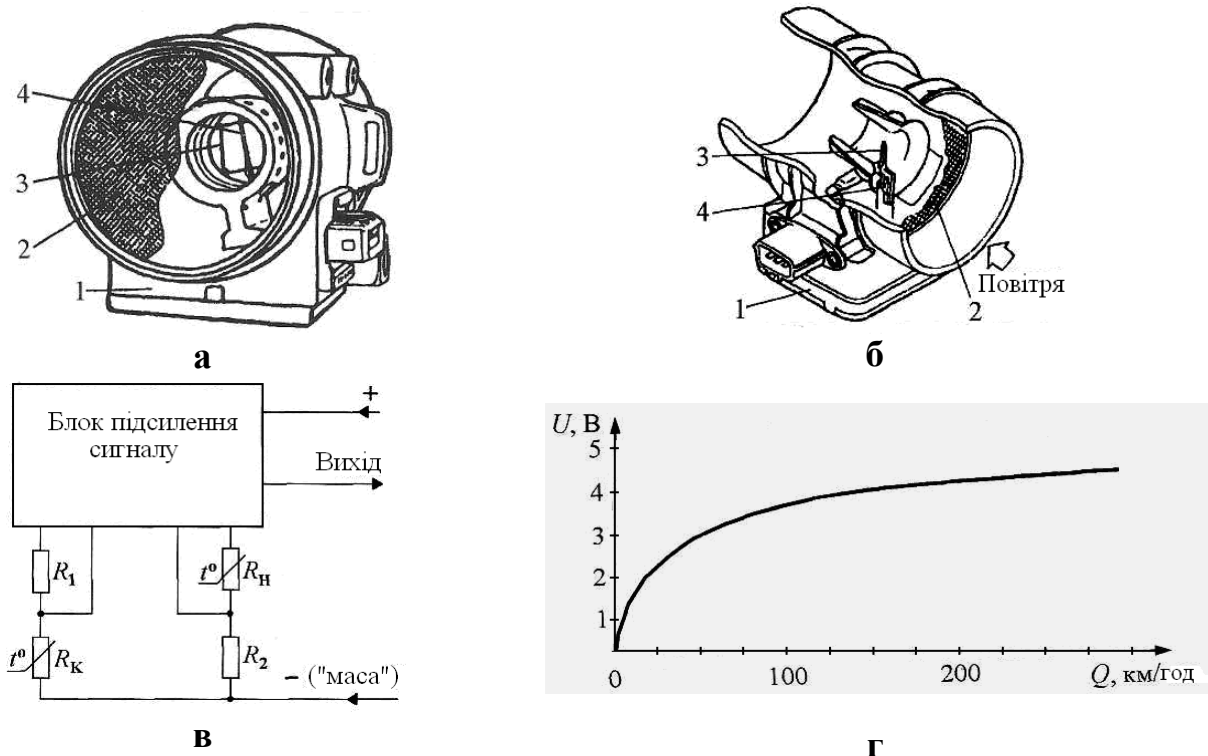


Для перевірки справності стану датчика детонації слід від'єднати від нього електропроводку і виміряти опір між контактною клемою рознімача та масою корпусу вузла - провідність повинна бути відсутня (рис. 2.96).

### 2.8.5.8. Датчики повітряного потоку

**Датчик МАФ.** Датчик МАФ поміщений всередину рукава повітрязабірника. Чутливий елемент датчика – це нитка розжарювання. Датчик служить для визначення маси повітря, всмоктуваного у двигун за одиницю часу. Процедури перевірки датчика наведені в інструкції з експлуатації конкретного автомобіля.

Конструкція і вихідні характеристики термоанемометричного датчика витрати повітря наведені на рис. 2.97: 1 – корпус; 2 – решітка-стабілізатор; 3 – вимірювальний елемент; 4 – термокомпенсаційний резистор;  $R_{и}$  – вимірювальний елемент;  $R_{к}$  – термокомпенсаційний резистор;  $R_1, R_2$  – елементи вимірювальної схеми.



**Рис. 2.97. Конструкція (а, б) та електрична схема (в) термоанемометричних датчиків витрати повітря з дротовим (а) і плівковим (б) вимірювальними елементами й вихідні характеристики (г) термоанемометричних датчиків витрати повітря**

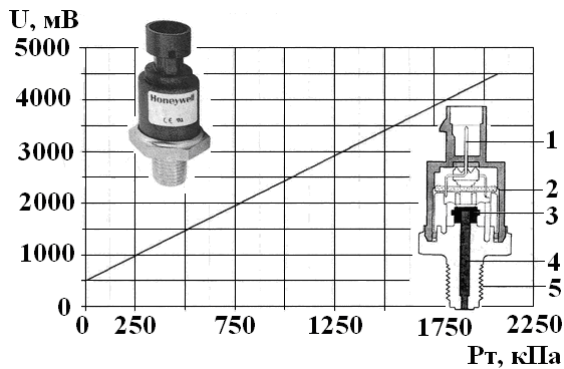
### 2.8.5.9. Датчики тиску

**Датчики тиску Honeywell MLH 300PSB01A і PST-F.** Вихідні характеристики цих датчиків наведені на рис. 2.98 і 2.99.

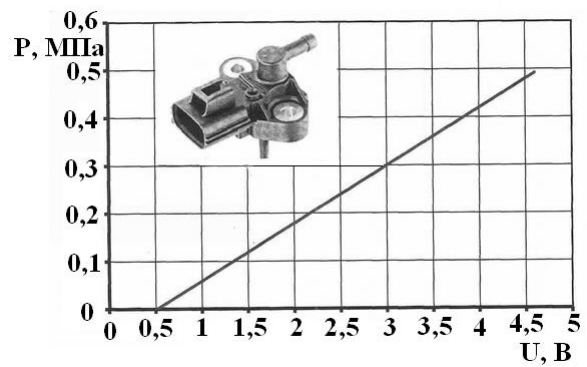
Контрольованими параметрами датчика Honeywell MLH 300PSB01A є:

- діапазон вимірюваного тиску 0-2068 кПа;
- максимально допустимий статичний тиск перенавантаження 6,2 МПа;

- напруга живлення 5 В;
- робочий діапазон за напругою 0,5-4,5 В;
- час відгуку 40 мкс;
- температурний діапазон від -40 до +125 °С.



**Рис. 2.98. Вихідна характеристика датчика тиску Honeywell MLH 300PSB01A**

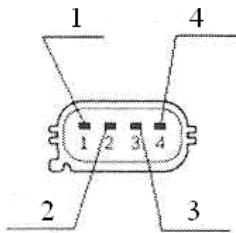


**Рис. 2.99. Калібрувальна характеристика вихідного сигналу датчика тиску PST-F**

На рис. 2.98 цифрами позначені: 1 – рознімач підключення до джгута проводки; 2 – мікросхема підсилення сигналу; 3 – сталевий стакан з мембраною і тензорезисторами; 4 – канал підведення пального; 5 – кріпильна різь.

Калібрувальна характеристика вихідного сигналу датчика тиску пального PST-F наведена на рис. 2.99. Контрольованими параметрами датчика є:

- діапазон вимірюваного тиску 0-500 кПа;
- діапазон вимірюваної температури від -40 до +125 °С;
- напруга живлення 4,75-5,25 В;
- вихідний діапазон 0,5-4,5 В;
- сила струму 9 мА.



**Рис. 2.100. Контрольні точки**

Контрольні точки датчика PST-F наведені на рис. 2.100.

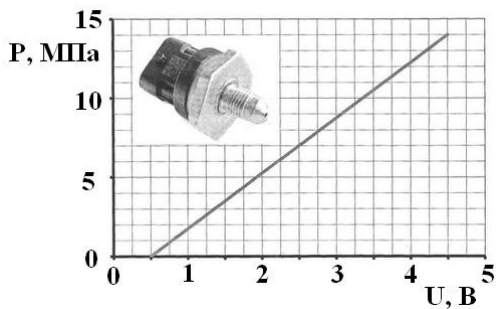
На ньому позначені контакти:

- 1 – заземлення;
- 2 – сигнал температури;
- 3 – живлення;
- 4 – сигнал тиску.

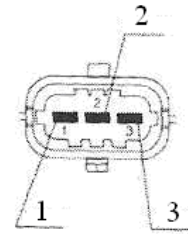
**Датчик тиску пального PSS-260 п'єзорезисторний.** Калібрувальними характеристиками вихідного сигналу цього датчика (рис. 2.101) є:

- діапазон тиску 0-14 МПа;
- діапазон робочих температур від -40 до +130 °С;
- напруга живлення 4,75-5,25 В;
- вихідний діапазон 1,6-14,4 В;
- сила струму 12 мА.

Контрольні точки датчика PSS-260 показані на рис. 2.102.



**Рис. 2.101. Калібрувальна характеристика вихідного сигналу датчика тиску PSS-260**



**Рис. 2.102. Контрольні точки:**  
контакти: 1 – заземлення; 2 – сигнал тиску; 3 – живлення

**Датчик тиску у впускному трубопроводі.** На деяких автомобілях (наприклад, на моделях BMW 524 TD и 318 TDS, Audi 2,5 TDI без рециркуляції ВГ) величина навантаження двигуна встановлюється за сигналами датчиків тиску у впускному трубопроводі та положення педалі подачі пального. У двигунів з турбонаддуванням для керування турбокомпресором блок керування повинен отримувати інформацію про тиск наддування.

Якщо датчик тиску несправний, подача пального на режимі повного навантаження дорівнює тій, що встановлюється в аварійному режимі. У рознімачі датчика тиску є три контакти: два крайніх служать для подачі живлення напругою 5 В, а через середній надходить сигнал у блок керування. Напруга сигналу залежно від тиску знаходиться в діапазоні 0,3-4,8 В. Для перевірки датчика до нього приєднують ручний насос, а осцилограф або вольтметр підключають до сигнального і «масового» контактів. При збільшенні тиску ручним насосом напруга сигналу повинна рівномірно збільшуватися. Під час перевірки можна також встановлювати режими вільного прискорення. Якщо напруга сигналу відсутня, перевіряють напругу живлення датчика тиску, підключаючи вольтметр до зовнішніх контактів рознімача (правильне значення – 5,0 В). Якщо напруга живлення в нормі, датчик тиску необхідно замінити. У двигунів Volkswagen 1,9 TDI датчик тиску наддування знаходиться у блоці керування і може бути перевірений тільки зчитуванням пам'яті несправностей та таблиці даних (табл. 2.11). Із зупиненим двигуном і увімкненим вимикачем стартера і свічок розжарювання датчик повинен показувати величину атмосферного тиску, яка може відрізнятися від показань датчика атмосферного тиску не більше, ніж на 30 мбар (табл. 2.11, рядки 21 і 22). Якщо датчик тиску наддування несправний, блок керування, в якому міститься цей датчик необхідно замінити.

#### **2.8.5.10. Контроль датчиків керування величиною подачі пального**

Якщо в електронному регулюванні роботи двигуна виникає серйозна помилка, згідно з аварійною програмою знижується величина подачі пального на повному навантаженні (табл. 2.10). На підставі ознак зниження потужності двигуна не можна зразу робити висновок про помилку в управлінні подачею пального. Пошкоджений турбокомпресор, «завислий» клапан рециркуляції ВГ або несправний датчик руху голки форсунки також можуть знижувати потужність. Перш ніж перевіряти конструктивні елементи керування

подачею пального, необхідно переконатися, що всі датчики, які мають відношення до системи керування величиною подачі пального, справні.

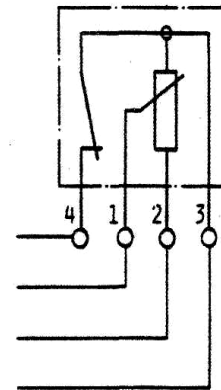
**Датчик педалі подачі пального.** З допомогою датчика педалі подачі пального водій задає блоку керування свою вимогу до навантаження на двигун. Датчик складається з регульованого резистора (потенціометра) і контакту холостого ходу (рис. 2.103) [7].

У разі неправильно відрегульованого або розрегульованого датчика педалі подачі пального двигун працює нестабільно («смикається»). У разі повної відмови датчика дещо підвищується частота обертання КВна режимі холостого ходу. Під час перевірки провідної доріжки потенціометра датчика вона піддається випробуванню на шуми (спотворення електричного сигналу). Для цього осцилограф приєднують до сигнального проводу потенціометра (контакт 1) й до «маси» (контакт 3). З увімкненим вимикачем стартера і свічок розжарювання повільно переміщують педаль подачі пального до упору. При цьому напруга повинна поступово збільшуватися до максимальної величини у 3,5 В.

При підйомі педалі напруга не повинна падати до 0 В або підніматися до 5,0 В. Якщо при збільшенні або зниженні напруги виникають стрибки, датчик педалі подачі пального несправний і його слід замінити, оскільки такі стрибки напруги роблять переважно спрацьовані потенціометри. Двигун реагує на це сильними ривками, однак несправність потенціометра записується в пам'ять несправностей лише тоді, коли напруга сигналу падає до 0 В. Інколи доводиться вимірювати напругу сигналу під час пробної поїздки. Якщо сигнал взагалі відсутній, напруга живлення перевіряється вольтметром при підключенні до контактів 2 і 3 (правильне значення – 5,0 В). Якщо напруга живлення не відповідає заданій величині, необхідно перевірити проводи, що йдуть від блока керування, на обрив і коротке замикання. Якщо проводи справні, несправний блок керування.

У разі демонтажу необхідно помітити положення датчика педалі подачі пального – новий датчик монтується в тому самому положенні.

Контакт режиму холостого ходу замикає контакт блока керування на «масу». Функціонування вимикача можна перевірити вольтметром, який приєднують до проводу вимикача (контакт 4) і до «маси» (контакт 3, рис. 2.103). При натисненні педалі подачі пального напруга повинна різко підніматися з 0 до 5,0 В. Якщо напруга складає постійну величину 5,0 В, вимикач холостого ходу несправний. Якщо напруга має постійну величину 0 В, то або несправний вимикач режиму холостого ходу, або відсутня напруга живлення. Додатково вимикач холостого ходу можна перевірити омметром: при відпущеній педалі подачі пального опір повинен бути менше 1 Ом, при задіяній педалі дорівнювати безкінечності. Якщо несправний вимикач холостого ходу, замінюють датчик.



**Рис. 2.103. Контакти різнімача датчика подачі пального:**

2 і 3 – напруги живлення потенціометра; 1 і 3 – напруги сигналу потенціометра; 4 – режим холостого ходу



### 2.8.5.11. Перевірка електричних виконавчих пристроїв

Перетворення електричних команд блока керування в механічні, пневматичні або гідравлічні виконавчі процеси відбувається, як правило, з допомогою електромагнітів. У більшості випадків ці електромагніти є складовою частиною електромагнітних клапанів, однак можуть впливати на виконавчий пристрій безпосередньо механічно, наприклад, через поворотний магніт керування розподільного паливного насоса VP37 з електронним керуванням. Для плавної зміни управляючого зусилля або величини відкриття електромагнітного клапана електромагніти постійно включаються і вимикаються блоком керування. Силою струму управляє зміна відношення між часом включеного і виключеного станів. Цей спосіб керування називається широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ). Доля часу включеного стану до всього періоду називається скважністю і вимірюється в процентах. При цьому час одного циклу включення і виключення приймається за 100%. Такий спосіб керування добре відомий у системі запалювання, де існує поняття «кут замкнутого стану контактів переривача». Керування відбувається згідно з інтерфейсом комп'ютера. Електромагніти підключаються як котушка запалювання. Плюсова напруга живлення постійно прикладена після увімкнення вимикача стартера і свічок розжарювання. Керування здійснює блок керування через «масовий» провід. Перевага цього способу підключення полягає в тому, що через під'єднаний до блока керування «масовий» провід не протікає струм короткого замикання.

Для перевірки електричного виконавчого пристрою осцилограф приєднують до «управляючого» проводу блока керування і до «маси» двигуна (рис. 2.104).

Цей спосіб підключення має такі переваги:

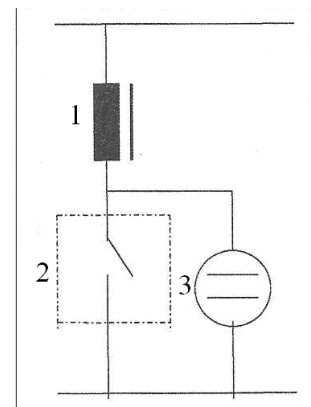
- достатньо приєднати тільки один «вимірювальний» провід до контуру керування, приєднання до «маси» двигуна здійснюється просто з використанням затискача типу «крокодил»;

- вимірювання дає більше інформації, ніж при паралельному приєднанні осцилографа до обох контактних штирків рознімача механізму керування, тому що таке підключення відбувається у середній частині схеми.

Якщо, наприклад, обірваний провід котушки електромагніта, то при паралельному підключенні до механізму керування картина буде такою самою, як із справною котушкою.

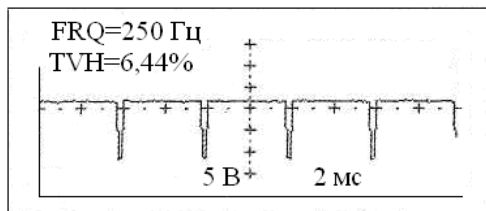
Якщо при підключенні між управляючим механізмом і «масою» напруга тривалий час дорівнює нулю, це однозначна вказівка на несправність.

Після приєднання вимірювального приладу необхідно перевірити, чи є скважність і чи змінюється вона згідно з робочим режимом. У прикладі на рис. 2.105 і 2.106 ([7]) скважність збільшується при увімкненні рециркуляції ВГ. Значить електрична частина пристрою рециркуляції ВГ справна.

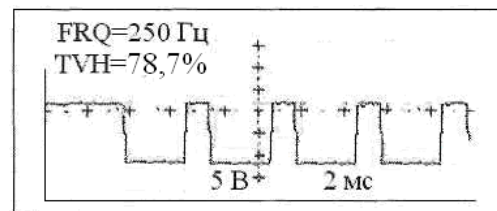


**Рис. 2.104. Приєднання осцилографа для перевірки електричного виконавчого пристрою:**

1 – електромагніт; 2 – блок керування, схематично представлений вимикачем; 3 – осцилограф



**Рис. 2.105. Скважність (6,44%), вимірювання на перетворювачі тиску клапана AGR з пневмоприводом при відключеній рециркуляції ВГ**



**Рис. 2.106. При включеній рециркуляції ВГ скважність збільшилась до 78,7%**

Оскільки осцилограф сприймає спад напруги на транзисторі блока керування, на час увімкнення осцилограф показує нульове значення напруги. У цьому разі, при переключенні блока керування, напруга між точками вимірювання осцилографа складає 0 В. Якщо є впевненість, що електрична частина механізму керування справна, використовуючи манометр, слід перевірити, чи виконуються електричні команди. Якщо скважність не визначається, опитуванням пам'яті несправності необхідно перевірити, чи немає у блока керування причини для відмови в роботі. Рециркуляція ВГ, наприклад, відключається при виході з ладу масового вимірювача витрати повітря. Якщо пам'ять несправностей не містить відомостей про несправності, то вона знаходиться у схемі переключення.

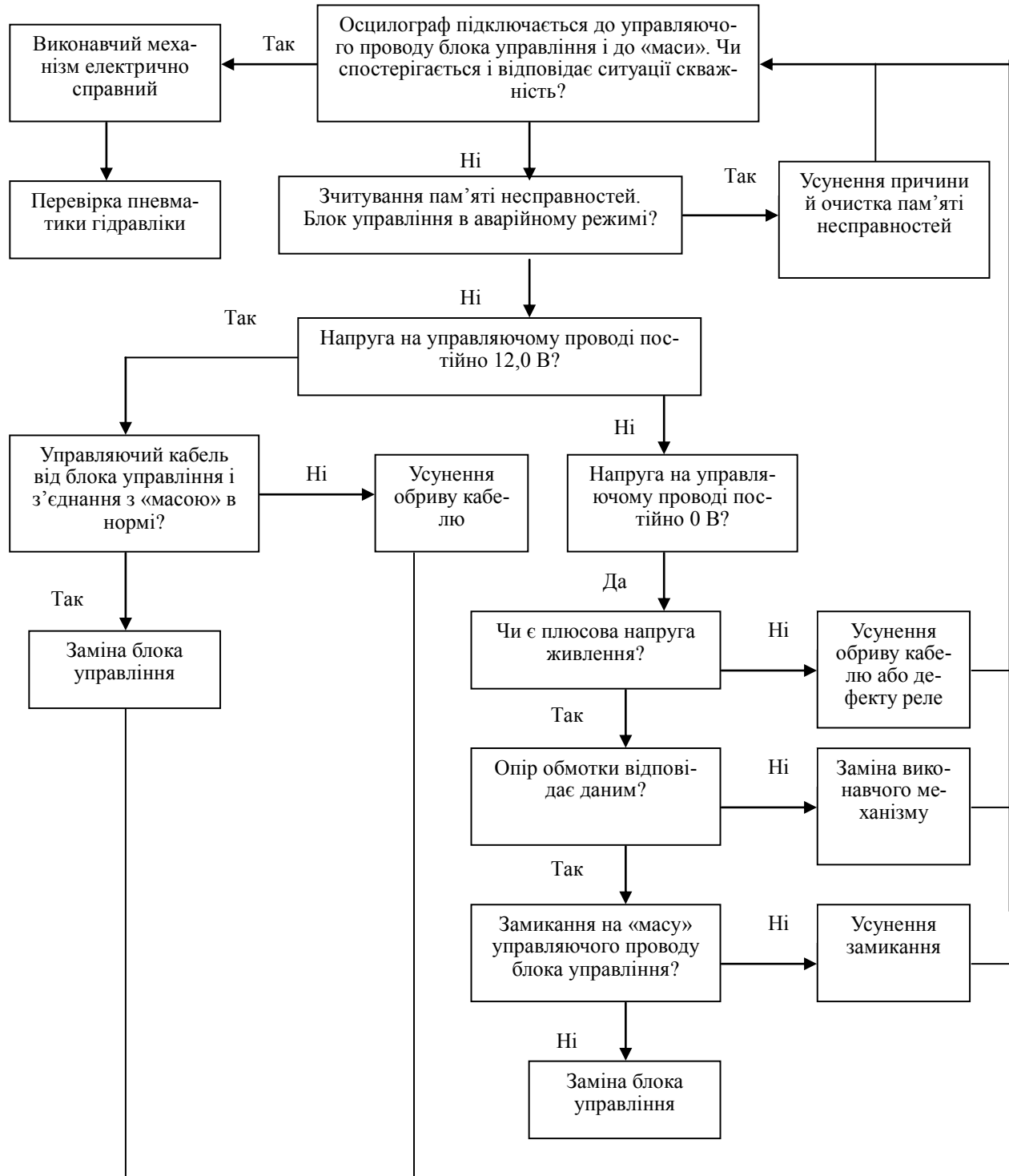
Напруга 12 В означає, що система електроживлення виконавчого механізму і обмотка котушки електромагніта справні. Напруга досягла точки вимірювання осцилографа. Несправність повинна знаходитися між від'ємним полюсом обмотки котушки і «масою» двигуна. Якщо управляючий провід, що йде від блока керування, і «масовий» провід справні, причину несправності залишається шукати в роботі блока керування.

Якщо напруга протягом тривалого часу складає 0 В, значить вона не досягла точки вимірювання і несправність знаходиться вище цієї точки. Тому слід перевірити напругу живлення електромагніта й опір обмотки котушки. Якщо і те й інше в нормі, несправні «масовий» провід або сам блок керування. Послідовність перевірки виконавчого механізму наведена на рис. 2.107 [7].

Для електромагнітних клапанів, які управляють тривалістю впорскування в апаратурі впорскування високого тиску (в акумуляторній системі впорскування, системі з насос-форсунками або в розподільному ПНВТ з електронним керуванням VP44), згаданої перевірки скважності недостатньо. Для таких клапанів у фазі зрушування використовується напруга до 70 В. Через велику силу струму (20 А у фазі зрушування, 12 А у фазі утримання) електричну перевірку проводять з використанням струмовимірювальних кліщів, які приєднують до осцилографа. Крива сили струму наведена на рис. 2.108.

Для перевірки електричної частини датчиків і виконавчих механізмів використовується виносний контактний блок; він дає можливість проводити вимірювання безпосередньо на електричних виводах блока керування, який комутується з електричною схемою системи впорскування пального через п'ять рознімачів. Перший рознімач подає на блок керування напругу жив-

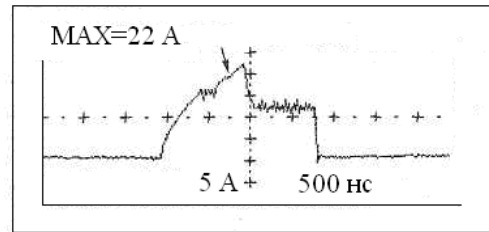
лення. Другий рознімач установлює через шину CAN обмін даними з іншими блоками керування. Третій рознімач забезпечує зв'язок з такими конструктивними елементами автомобіля, як датчик педалі подачі пального, датчик тиску наддування і редуктор тиску для клапана рециркуляції, редуктор тиску для забезпечення наддування та перекриття впускного каналу.



**Рис. 2.107. Послідовність перевірки виконавчого механізму**

Стрілкою на рис. 2.108 показаний момент посадки електромагнітного клапана.

Четвертий і п'ятий рознімачі встановлюють з'єднання проводів, що йдуть від двигуна (рознімач 4), з проводами, що йдуть від форсунок (рознімач 5). Збільшений переріз проводів свідчить про те, що по ним протікають великі струми.



**Рис. 2.108.** Крива сили струму в насос-форсунці на режимі холостого ходу

### Контрольні запитання

1. Які існують методи і засоби контролю електричних систем керування двигуном?
2. Як виконується самоконтроль і перевірка електронної системи керування двигуном «Bosch EDC 15V»?
3. Як виконують перевірку електричних блоків осцилографом і мультиметром?
4. Як контролюють технічний стан датчиків?

## 2.9. Перевірка правильності функціонування систем бортової діагностики OBD

### 2.9.1. Засоби контролю та діагностування

Усі останні моделі автомобілів комплектуються системою OBD-II з використанням п'ятизначних діагностичних кодів, занесених у пам'ять процесора (ECM). Розглянемо принципи перевірки справності систем OBD на базі інструкцій щодо діагностування двигунів типу V8, розроблених виробниками автомобілів. Схема розташування клем діагностичного рознімача представлена на рис. 2.4.

Пошук несправностей двигунів, оснащених системою самодіагностики OBD-II, можна вести двома способами. По-перше, дані реєстратора несправностей можна зчитувати (режим 3) і стирати (режим 4) через протокол OBD-II. Спрощений список даних може вказуватися у режимі 1. По-друге, в режимі 2 можна подивитися умови, за яких настала несправність. Цей метод перевірки доступний кожній авторемонтній майстерні, де є спеціальний тестер-газоаналізатор, придатний для діагностики OBD.

Більш детальну діагностику можна виконати з допомогою відповідного діагностичного тестера, рекомендованого фірмою-виробником. Поряд із зчитуванням і стиранням даних реєстратора несправностей блок керування додатково видає широкий список даних. Оцінюючи отриману інформацію слід звертати увагу на те, в якому режимі працює двигун – гомогенному чи в пошаровому сумішоутворенні, тому що залежно від режиму роботи будуть отримані інші дані (наприклад, для тиску у впускному трубопроводі, коефіцієнта надлишку повітря або масової витрати повітря). На холостому ході режим роботи з пошаровим сумішоутворенням можна відрізнити за більш гучним шумом під час впуску. Навіть при тому, що системи самодіагностики постійно вдосконалюються, часто для локалізації несправності потрібно застосовувати класичні діагностичні інструменти такі, як газоаналізатор, манометр, осцилоскоп і мультиметр.

Перевірку правильності функціонування компонентів систем впорскування і зниження токсичності відпрацьованих газів виконують з допомогою універсального цифрового вимірювача – мультиметра. Його використання краще з кількох причин. По-перше, з аналоговими приладами достатньо складно (інколи неможливо) визначити результат показання з точністю до сотих і тисячних часток тоді, як під час обстеження контурів, що включають до свого складу електронні компоненти, така точність набуває особливого значення. Іншою, не менш важливою, причиною є той факт, що внутрішній контур цифрового мультиметра, має достатньо високий імпеданс (внутрішній опір приладу складає 10 мільйонів Ом). Так як вольтметр приєднується до кола, що перевіряють, паралельно, точність вимірювання тим вища, чим менший паразитний струм буде проходити через власне прилад. Даний фактор не є суттєвим при вимірюванні відносно високих значень напруги (9-12 В), однак стає визначальним при діагностуванні елементів, що видають низьковольтні сигнали, такі, як, наприклад, лямбда-зонд, коли йдеться про вимірювання часток вольтів. Найзручнішими приладами для діагностування систем керування двигуном сучасних моделей автомобілів є ручні зчитувачі сканерного типу. Перед використанням зчитувач слід перевірити на відповідність моделі та року випуску автомобіля, що перевіряється. Деякі сканери є багатофункціональними за рахунок можливості зміни картриджа залежно від моделі діагностованого автомобіля (Ford, GM, Chrysler і т. ін.), інші прив'язані до вимог регіональної влади і призначені для використання у певних районах світу (Європа, Азія, США тощо).

Зчитування записаних у пам'ять процесора кодів виконується з допомогою спеціального сканера OBD-II, який підключається до 16-контактного діагностичного рознімача DLC 3 (рис. 2.4). Сканер – це ноутбук, оснащений інтерфейсом для підключення до системи бортової самодіагностики, і є надзвичайно ефективним інструментом, даючи можливість не тільки виконувати зчитування кодів, але також отримати інформацію про поточні параметри функціонування інформаційних датчиків і виконавчих пристроїв.

Система бортової самодіагностики здатна виявити далеко не всі можливі відмови. У ході пошуку причин зниження ефективності віддачі двигуна, підвищення витрати пального або рівня токсичності відпрацьованих газів (дані порушення звичайно не супроводжуються загоранням контрольної лампи «Check Engine») слід в першу чергу виконати увесь комплекс стандартних перевірок на предмет виявлення причин, перерахованих в посібнику, присвяченому діагностиці несправностей систем і вузлів автомобіля.

Використання OBD-II вимагає від оператора базових знань у галузі автомобільної електроніки, тому що недотримання застережних заходів при поводженні з ЕСМ та іншими електронними компонентами може призвести до незворотного виходу системи з ладу.

**Очищення пам'яті OBD-II.** Для очищення пам'яті ЕСМ слід підключити до системи сканер і у його меню вибрати функцію «CLEARING CODES» («Видалення кодів»). Потім треба дотримуватися вказівок, що висвітлюються на приладі, або зразу ж на 30 секунд вийняти зі свого гнізда у монтажному блоці запобіжник EFI. Альтернативно очищення пам'яті системи можна зробити, знявши плавку вставку (головного запобіжника системи бортового електроживлення), що встановлена поблизу плюсової клеми батареї (можна також просто від'єднати від батареї плюсовий провід).

## 2.9.2. Застосування осцилографа для контролю робочих сигналів системи керування

Цифрові мультиметри чудово придатні для перевірки електричних кіл, що знаходяться у статичному стані, а також для фіксації повільних змін параметрів, що відслідковуються. При проведенні ж динамічних перевірок, які виконуються на працюючому двигуні, а також при виявленні причин спорадичних збоїв абсолютно незамінним інструментом стає осцилограф.

Деякі осцилографи дають можливість зберігати осцилограми у вбудованому модулі пам'яті з наступним виведенням результатів на друк або перепишуванням їх на носій персонального комп'ютера уже в стаціонарних умовах.

Осцилограф дає можливість спостерігати періодичні сигнали і вимірювати напругу, частоту, ширину (тривалість) прямокутних імпульсів, а також рівні напруг, що повільно змінюються. Осцилограф можна використати при виконанні таких процедур:

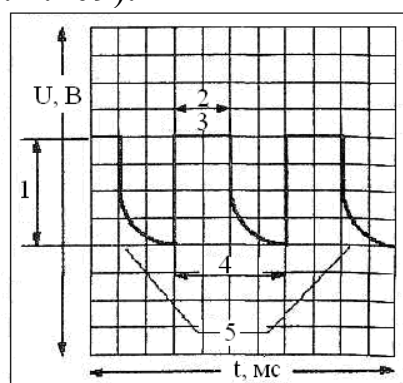
- виявлення збоїв нестабільного характеру;
- перевірка результатів виконаних змін (регулювань);
- моніторинг активності лямбда-зонда системи керування двигуна, обладнаного каталітичним перетворювачем;
- аналіз сигналів лямбда-зонда, відхилення параметрів яких від норми є безумовним свідченням порушення справності функціонування системи керування в цілому. З іншого боку, правильність форми імпульсів, що видає датчик, може служити надійною гарантією відсутності порушень у системі керування.

Інтерпретація отриманої інформації може бути легко відтворена шляхом елементарного візуального порівняння знятих у ході перевірки осцилограм з наведеними далі часовими залежностями, типовими для різних датчиків і виконавчих пристроїв автомобільних систем керування.

## 2.9.3. Параметри періодичних сигналів і очищення пам'яті OBD-II

Кожен сигнал, що знімається з допомогою осцилографа, може бути описаний такими основними параметрами (рис. 2.109):

- **амплітуда**: різниця максимальної і мінімальної напруг сигналу у межах періоду;
- **період**: тривалість циклу сигналу (мс);
- **частота**: кількість циклів за секунду (Гц);
- **ширина**: тривалість прямокутного імпульсу (мс, мкс);
- **скважність**: відношення періоду повторення до ширини (у зарубіжній термінології використовують зворотний скважності параметр, який називається робочим циклом, виражений у %);



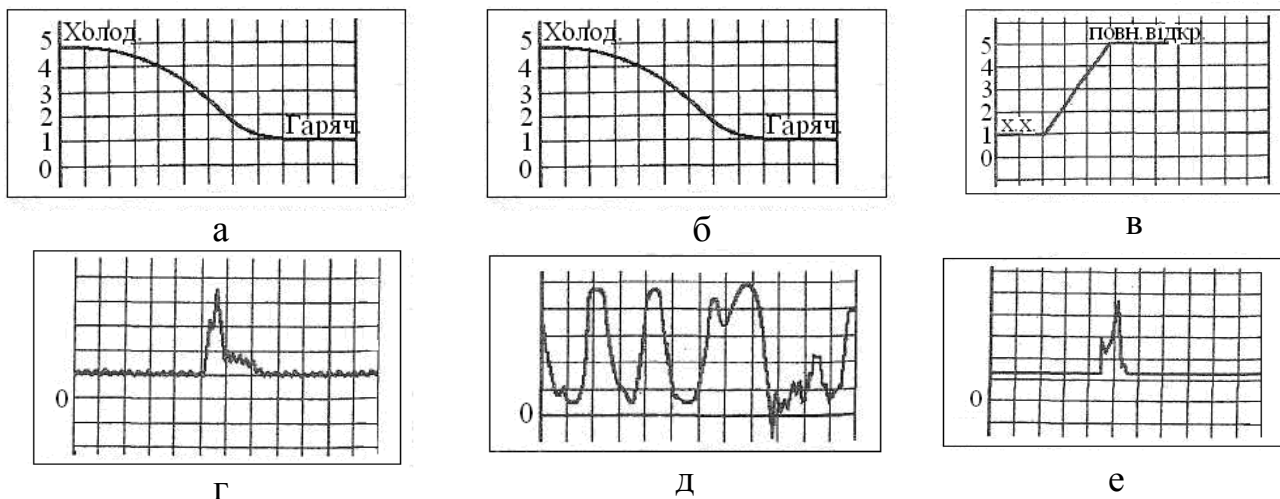
**Рис. 2.109. Характеристики довільного періодичного сигналу:**  
1 – амплітуда; 2 – робочий цикл 50%;  
3 – скважність 2; 4 – період; 5 – форма сигналу



- форма сигналу: послідовність прямокутних імпульсів, одиничні викиди, синусоїда, пилкоподібні імпульси і т. ін.

Звичайно характеристики несправного пристрою значно відрізняються от еталонних, що дає можливість досвідченому оператору легко і швидко виявить компонент, що відмовив, шляхом аналізу відповідної осцилограми.

**Сигнали постійного струму.** Єдиною робочою характеристикою таких сигналів є напруга. Сигнали постійного струму видають пристрої, представлені на рис. 2.110.

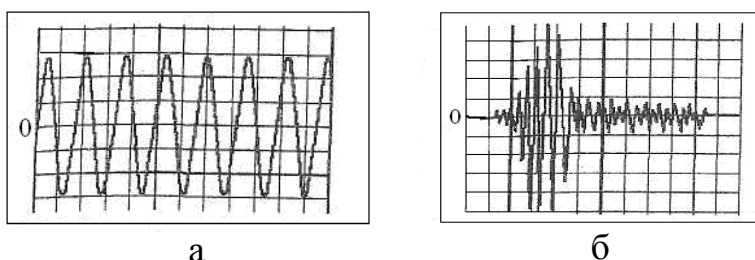


**Рис. 2.110. Сигнали постійного струму, що видаються пристроями:**

а – датчик температури охолоджувальної рідини двигуна (ECT); б – датчик температури всмоктуваного повітря (IAT); в – датчик положення дросельної заслінки (TPS); г – вимірювач об'ємної витрати потоку повітря (VAF); д – лямбда-зонд, що підігрівається; е – вимірювач маси повітря (MAF)

**Сигнали змінного струму.** Основними характеристиками даних сигналів є амплітуда, частота і форма сигналу (рис. 2.111).

**Частотно-модульовані сигнали.** Робочими характеристиками частотно-модульованих сигналів є амплітуда, частота, форма сигналу і ширина періодичних імпульсів. Джерелом частотно-модульованих сигналів є пристрої, представлені на рис. 2.112.



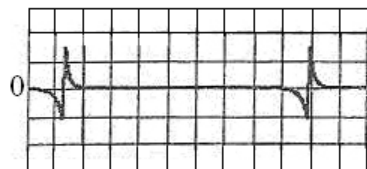
**Рис. 2.111. Характеристики сигналів змінного струму:**

а – індуктивний датчик обертів двигуна; б – датчик детонації (KS)

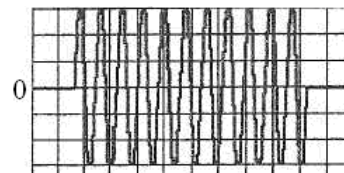
**Сигнали, модульовані за шириною імпульсу (ШІМ).** Робочими характеристиками сигналів широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) є амплітуда, частота, форма сигналу і скважність періодичних імпульсів. Джерелом сигналів ШІМ є подані на рис. 2.113 пристрої.



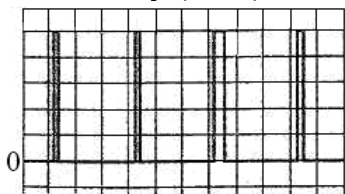
а – індуктивний датчик положення колінчастого валу (СКР)



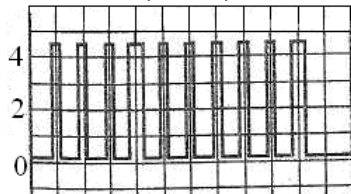
б – індуктивний датчик положення розподільного валу (СМР)



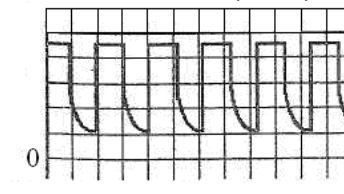
в – індуктивний датчик швидкості руху автомобіля (VSS)



г – датчики обертів і положення валів, що працюють за ефектом Холла

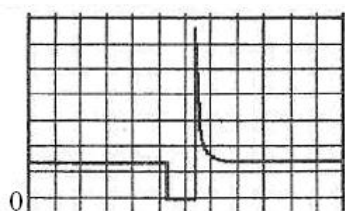


д – оптичні датчики обертів і положення валів

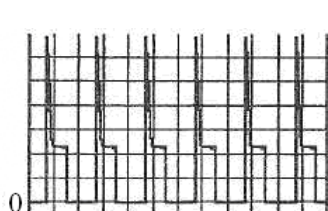


е – цифрові датчики термометричного вимірювання маси повітря (MAF) й абсолютного тиску у впускному трубопроводі (MAP)

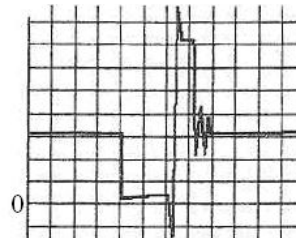
**Рис. 2.112. Джерела частотно-модульних сигналів пристроїв**



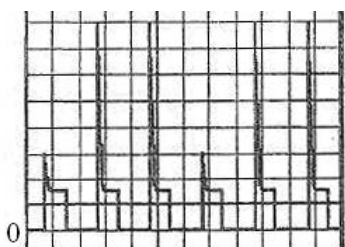
а – паливні форсунки



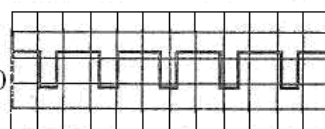
б – пристрої стабілізації обертів холостого ходу (IAC)



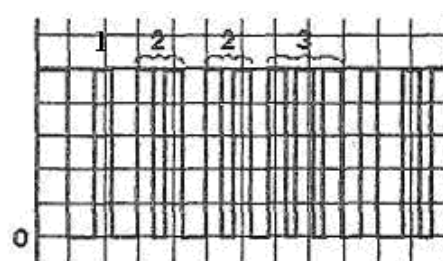
в – первинна обмотка котушки запалювання



г – електромагнітний клапан продувки вугільного адсорбера (EVAP)



д – клапани системи рециркуляції ВГ (EGR)



**Рис. 2.114. Сигнал коду несправності модуля самодіагностики системи керування двигуном (код 1223)**

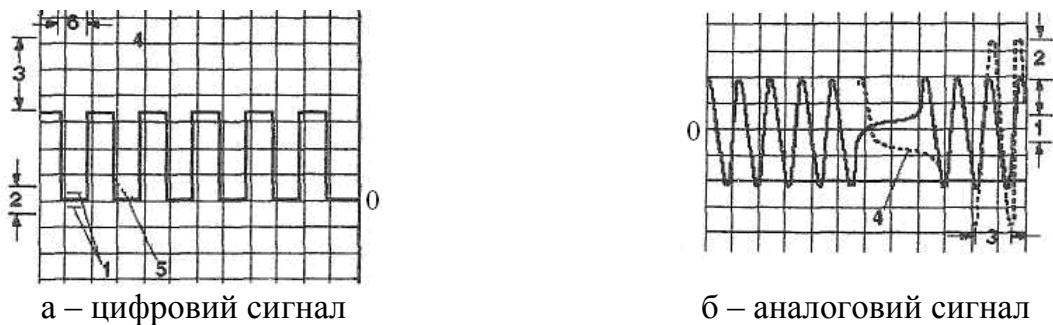
**Рис. 2.113. Джерела сигналів ШІМ пристроїв**

**Кодована послідовність прямокутних імпульсів.** Робочими характеристиками є амплітуда, частота і форма послідовності окремих імпульсів. Подібні сигнали генерує модуль пам'яті самодіагностики ЕСМ системи керування двигуном. Шляхом аналізу ширини і форми імпульсів, а також підрахунку їх кількості в кожній з груп можуть бути зчитані коди несправностей, що зберігається в пам'яті (рис. 2.114). Амплітуда і форма сигналу залишаються постійними, записане значення буде видаватися доти, поки пам'ять модуля не буде очищена.

#### 2.9.4. Інтерпретація осцилограм



Форма сигналу, який видає осцилограф, залежить від багатьох різних чинників і може у значній мірі видозмінюватися. Тому, перш ніж починати заміну підозрілого компонента у разі, якщо форма знятого діагностичного сигналу не збігається з еталонною осцилограмою, слід ретельно проаналізувати отриманий результат (рис. 2.115).



**Рис. 2.115. Форми сигналів, які видає осцилограф**

**Напруга.** Нульовий рівень еталонного сигналу не можна розглядати як абсолютне опорне значення, - «нуль» реального сигналу, залежно від конкретних параметрів кола, що перевіряється, може виявитися зрушеним відносно еталонного у межах певного допустимого діапазону (рис. 2.115, а).

Повна амплітуда сигналу залежить від напруги живлення контуру, що перевіряється, і також може варіюватися у певних межах відносно еталонного значення (рис. 2.115, а; 2.115, б).

У колах постійного струму діапазон сигналу обмежується напругою живлення. Як приклад можна навести коло системи стабілізації частоти обертів КВ на режимах холостого ходу (ІАС), сигнальна напруга якого ніяк не змінюється при зміні обертів двигуна.

У колах змінного струму амплітуда сигналу вже однозначно залежить від частоти спрацьовування джерела сигналу; так амплітуда сигналу, що видає датчик положення КВ(СКР), буде збільшуватися з підвищенням обертів двигуна.

Тому, якщо амплітуда сигналу, що знімається з допомогою осцилографа, виявляється надто низькою або високою (аж до обрізання верхніх рівнів), достатньо лише переключити робочий діапазон приладу, щоб перейти на відповідну шкалу вимірювання.

Під час перевірки обладнання кіл з електромагнітним керуванням (наприклад, система ІАС) при відключенні живлення можуть спостерігатися кидки напруги (рис. 2.115, а), які при аналізі результатів вимірювання можна ігнорувати.

Не слід також враховувати появу таких деформацій осцилограми, як скошування нижньої частини переднього фронту прямокутних імпульсів (рис. 2.115, а), якщо, звичайно, сам факт появи такого фронту не є ознакою порушення справності функціонування компонента, що перевіряється.

**Частота.** Частота повторення сигнальних імпульсів залежить від робочої частоти джерела сигналів.

Форма сигналу, що знімається, може бути відредагована і приведена до зручнішого для аналізу вигляду шляхом перемикання на осцилографі масштабу часової розгортки зображення. При спостереженні сигналів у ко-

лах змінного струму часова розгортка осцилографа залежить від частоти джерела сигналу, що визначається обертами валу двигуна (рис. 2.115, б).

Як уже було згадано, для приведення сигналу до зручного для читання вигляду достатньо перемкнути масштаб часової розгортки осцилографа. У деяких випадках осцилограма сигналу виявляється розгорнутою дзеркально відносно еталонної залежності, що пояснюється реверсивністю полярності підключення відповідного елемента й у разі відсутності заборони на зміну полярності підключення, може бути проігноровано під час аналізу.

### 2.9.5. Типові сигнали компонентів систем керування двигуном

Сучасні осцилографи звичайно обладнані лише двома сигнальними проводами разом з набором різноманітних щупів, що дають можливість підключити прилад практично до будь-якого пристрою. У більшості випадків червоний провід підключений до плюсового полюса осцилографа і звичайно під'єднується до клеми (ЕСМ) електронного модуля керування. Чорний провід слід під'єднувати до надійно заземленої точки (маси).

**Форсунки.** Керування складом повітрянопаливної суміші у сучасних автомобільних електронних системах впорскування пального здійснюється шляхом своєчасного коригування тривалості відкривання електромагнітних клапанів форсунок. Тривалість перебування форсунок у відкритому стані визначається тривалістю електричних імпульсів, які виробляє модуль керування і що подаються на вхід електромагнітних клапанів. Тривалість імпульсів вимірюється в мілісекундах і звичайно не виходить за межі діапазону 1-14 мс. Типова осцилограма імпульсу, що управляє спрацьовуванням форсунки, представлена на рис. 2.116. Часто на осцилограмі можна спостерігати також серію коротких пульсацій, які слідуєть безпосередньо за ініціюючим від'ємним прямокутним імпульсом і підтримують електромагнітний клапан форсунки у відкритому стані, а також стрімкий позитивний кидок напруги, що супроводжує момент закривання клапана.

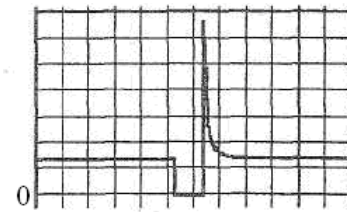


Рис. 2.116. Імпульс керування відкриванням форсунки

Справність функціонування ЕСМ можна легко перевірити з допомогою осцилографа шляхом візуального спостереження за зміною форми управляючого сигналу при варіюванні робочих параметрів двигуна. Так, тривалість імпульсів при прокручуванні двигуна на холостих обертах повинна бути дещо вищою, ніж при роботі агрегату на низьких обертах. Підвищення обертів двигуна повинне супроводжуватися відповідним збільшенням часу перебування форсунок у відкритому стані. Ця залежність особливо добре проявляється при відкриванні дросельної заслінки короткими натисканнями на педаль акселератора.

З допомогою тонкого щупа, що є в наборі до осцилографа, слід під'єднати червоний провід приладу до клеми форсунки ЕСМ системи керування двигуном. Щуп другого сигнального проводу (чорного) осцилографа треба надійно заземлити.

Проаналізуйте форму зчитуваного сигналу часу прокручування двигуна. Запустивши двигун, перевірте форму управляючого сигналу на холостих обертах.

Різно натиснувши на педаль акселератора, підніміть частоту обертання до  $3000 \text{ хв}^{-1}$ , - тривалість управляючих імпульсів в момент акселерації повинна помітно збільшитися з наступною стабілізацією на рівні, що дорівнює або трохи менший, який властивий обертам холостого ходу.

Швидко закривання дросельної заслінки повинне спричинити спрямлення осцилограми, що підтверджує факт перекивання форсунок (для систем з відсіканням подачі пального).

При холодному запуску двигуна потрібне деяке збагачення повітряно-паливної суміші, що забезпечується автоматичним збільшенням тривалості відкривання форсунок. По мірі прогрівання тривалість управляючих імпульсів на осцилограмі повинна безперервно скорочуватися, поступово наближуючись до типового для холостих обертів значенню.

У системах впорскування, в яких не застосовується форсунка холодного запуску, при холодному запуску двигуна використовуються додаткові управляючі імпульси, які проявляються на осцилограмі у вигляді пульсацій змінної довжини.

У табл. 2.32 подана типова залежність тривалості управляючих імпульсів відкривання форсунок від робочого стану двигуна.

Таблиця 2.32

#### Типові залежності

Стан двигуна	Тривалість управляючого імпульсу, мс
Холості оберти КВ	1,5-5
2000-3000 $\text{хв}^{-1}$	1,1-3,5
Повне навантаження	8,2-3,5

**Індуктивні датчики.** Запустіть двигун і порівняйте осцилограму, що знімається з виходу індуктивного датчика, з наведеною на рис. 2.117 еталонною. Збільшення обертів КВ двигуна повинне супроводжуватися збільшенням амплітуди імпульсного сигналу, що видає датчик.

**Електромагнітний клапан стабілізації обертів на режимах холостого ходу (ІАС).** В автомобілебудуванні використовуються електромагнітні клапани ІАС різних типів, які видають сигнали також різної форми. Загальною відмінною рисою усіх клапанів є той факт, що скважність сигналу



Рис. 2.117. Типова осцилограма сигналу, який видає індуктивний датчик

повинна зменшуватися зі зростанням навантаження на двигун, пов'язаним із включенням додаткових споживачів потужності, що викликає зниження обертів на режимах холостого ходу. Якщо скважність осцилограми змінюється зі збільшенням навантаження, але при увімкненні споживачів з'являється порушення стабільності обертів КВ на режимах холостого ходу, перевірте стан кола електромагнітного клапана, а також

правильність командного сигналу, який видається ЕСМ.

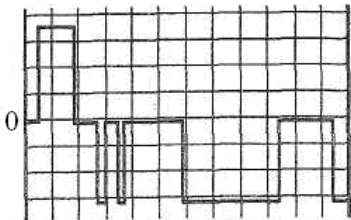
Звичайно в колах стабілізації обертів КВ на режимах холостого ходу використовується чотириполюсний кроковий електродвигун. Перевірку двоконтактних і триконтактних клапанів ІАС виконують аналогічно, однак осцилограми сигнальних напруг, які вони видають, зовсім несхожі.

Кроковий електродвигун, реагуючи на пульсуючий управляючий сигнал, що видає ЕСМ, виконує ступінчасте коригування обертів КВ на режимах холостого ходу двигуна згідно з робочою температурою охолоджувальної рідини та поточним навантаженням на двигун.

Рівні управляючих сигналів можуть бути перевірені з допомогою осцилографа, вимірювальний щуп якого під'єднується по чергово до кожної з чотирьох клем крокового електродвигуна.

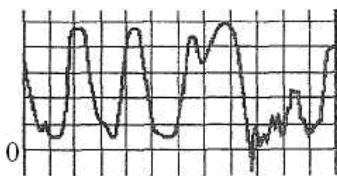
Прогрійте двигун до нормальної робочої температури і залиште його працюючим на холостих обертах. Для збільшення навантаження на двигун увімкніть головні фари, кондиціонер повітря (або на моделях з гідропідсилювачем керма поверніть кермове колесо). Оберти КВ на режимах холостого ходу повинні на короткий час упасти, однак зразу ж стабілізуватися за рахунок спрацювання клапана ІАС.

Порівняйте зняту осцилограму з наведеною на рис. 2.118.



**Рис. 2.118.** Осцилограма управляючого сигналу системи стабілізації обертів КВ на режимах холостого ходу (ІАС)

Для контролю датчика під'єднайте осцилограф між клемою лямбда-зонда на ЕСМ і масою. При цьому слід переконатися, що двигун прогрітий до нормальної робочої температури.



**Рис. 2.119.** Осцилограма сигналу, який видає типовий лямбда-зонд

Порівняйте виведену на екран приладу осцилограму з еталонною залежністю (рис. 2.119). Якщо сигнал не є хвилеподібним, а представляє лінійну залежність, то залежно від рівня напруги це свідчить про надлишкове Perezbіднення (0-0,15 В), або Perezbагачення (0,6-1 В) паливоповітряної суміші.

Якщо на обертах холостого ходу двигуна видається нормальний хвилеподібний сигнал, можна

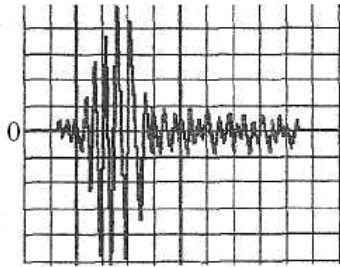
кілька раз різко натиснути педаль акселератора, - коливання сигналу не повинні виходити за межі діапазону 0-1 В. Збільшення частоти обертів КВ двигуна повинне супроводжуватися підвищенням амплітуди сигналу, зменшення – зниженням.

**Датчик детонації (KS).** Під'єднайте осцилограф між клемою датчика детонації ЕСМ і масою. Переконайтесь, що двигун прогрітий до нормальної робочої температури. Різко натисніть на педаль акселератора і порівняйте

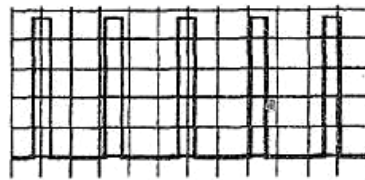


форму сигналу змінного струму, що знімається, з наведеною еталонною осцилограмою (рис. 2.120).

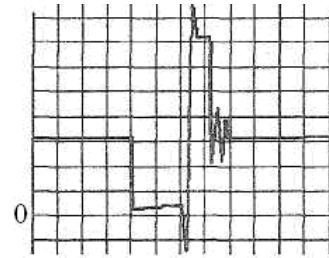
У разі недостатньої чіткості зображення легенько постукайте по блоку циліндрів у місці розташування датчика детонації. Якщо добитися однозначності форми сигналу не вдається, замініть датчик KS або перевірте стан електропроводки його кола.



**Рис. 2.120.** Осцилограма сигналу, що видає типовий датчик детонації (KS)



**Рис. 2.121.** Осцилограма управляючого сигналу підсилювача запалювання



**Рис. 2.122.** Осцилограма сигналу на клемі первинної обмотки котушки запалювання

**Сигнал запалювання на виході підсилювача запалювання.** Під'єднайте осцилограф між клемою підсилювача запалювання ЕСМ і масою. Прогрійте двигун до нормальної робочої температури і залиште його працюючим на режимах холостого ходу. На екран осцилографа повинна видаватися послідовність прямокутних імпульсів постійного струму. Порівняйте форму сигналу, що приймається, з наведеною на рис. 2.121 еталонною осцилограмою, пильно слідкуючи за збігом таких параметрів, як амплітуда, частота і форма імпульсів. При збільшенні частоти обертів КВ двигуна частота сигналу повинна збільшуватися прямо пропорційно.

**Первинна обмотка котушки запалювання.** Під'єднайте осцилограф між клемою котушки запалювання ЕСМ і масою. Прогрійте двигун до нормальної робочої температури і залиште його працюючим на режимах холостого ходу. Порівняйте форму сигналу, що приймається, з наведеною на рис. 2.122 еталонною осцилограмою, - позитивні кидки напруги повинні мати постійну амплітуду. Нерівномірність кидків може бути викликана надлишковим опором вторинної обмотки, а також несправністю високовольтного проводу котушки або свічкового проводу.

### 2.9.6. Перевірка стану електронного модуля керування

На всіх моделях електронний модуль керування (ЕСМ) кріпиться справа під панеллю приладів, позаду речового ящика. З метою забезпечення доступу необхідно зняти речовий ящик.

З працюючим двигуном кінчиками пальців треба різко постукати по стінці процесора, якщо ЕСМ несправний, постукування може призвести до порушення стабільності обертів КВ двигуна, одночасно на дисплеї підключеного до системи ОВД сканера з'являться поточні відомості про характеристики роботи двигуна. Перш ніж починати заміну модуля, слід перевірити справність стану і надійність кріплення контактних з'єднань електропроводки його кола. Кожен контактний рознімач має індивідуальний колір, що

виключає ймовірність неправильного під'єднання електропроводки під час установки ЕСМ. Якщо очевидні ознаки порушення справності функціонування ЕСМ відсутні, необхідно провести техобслуговування для детальнішої діагностики модуля.

### **Контрольні запитання**

1. Як перевіряють правильність функціонування системи бортової діагностики OBD?
2. Які засоби можна використати для контролю системи впорскування?
3. Як очистити пам'ять OBD-II?
4. Які сигнали можна виявляти з допомогою осцилографа?
5. Які форми сигналів може видавати осцилограф під час контролю системи подачі пального і як їх можна інтерпретувати?

## **2.10. Пошук несправностей у разі аварійної роботи двигуна автомобіля**

### **2.10.1. Несправності в акумуляторній системі впорскування Common Rail**

Пошук несправностей системи впорскування Common Rail рекомендується починати з перевірки системи самоконтролю (самодіагностики).

Якщо двигун працює нерівно, доцільно перевірити результати регулювання плавності обертів на режимах холостого ходу. З допомогою даної функції блок керування підтримує рівномірні оберти КВ. Для цього з допомогою датчика ВМТ визначається вклад окремих циліндрів в частоту обертання КВ. Якщо внесок у частоту обертання КВ одного з циліндрів занадто великий, то наступного разу кількість впорскуваного в цей циліндр пального зменшується, у разі меншого внеску окремого циліндра кількість впорскуваного в нього пального збільшується. Несправний циліндр, як правило, «більш повільний». Під час перевірки у цьому разі виявляється значне відхилення кількості впорскуваного пального у більший бік. Максимально допустиме відхилення складає 40%. Якщо при вимірюванні компресії було встановлено, що механічні деталі двигуна справні, скоріше за все, несправна форсунка. У цьому разі її потрібно перевірити як електрично, так і гідравлічно, що дасть можливість запобігти передчасній заміні форсунок.

Деякі несправності не призводять до втрати роботоздатності системи впорскування пального, але через них знижується повна подача пального або взагалі встановлюється частота обертання КВ на режим холостого ходу. До таких несправностей належать несправності датчиків температури, занадто низький тиск наддування, неполадки з вимірюванням витрати повітря або вихід з ладу датчика педалі подачі пального. З міркувань безпеки або з метою зменшення можливих наслідків поломки двигуна, він зупиняється за таких умов:

- несправна форсунка або сильно падає тиск в акумуляторі (двигун «не тягне»);

- постійно відкрита форсунка призводить до падіння тиску в камері згоряння до 300 бар, через це двигун (якщо його вчасно не зупинити) за короткий проміжок часу може вийти з ладу. Порівняння циліндрів з допомогою почергового від'єднання штекерів форсунок неможливе, тому що після від'єднання штекера двигун зупиняється. Для такого способу тестування необхідна додаткова форсунка, яка підключається до відкритого штекера форсунки, після чого чотирициліндровий двигун працює на трьох циліндрах;

- у разі раптового падіння тиску пального в системі впорскування двигун так само перестає працювати, оскільки порушення ущільнення сполучень можуть призвести до загоряння;

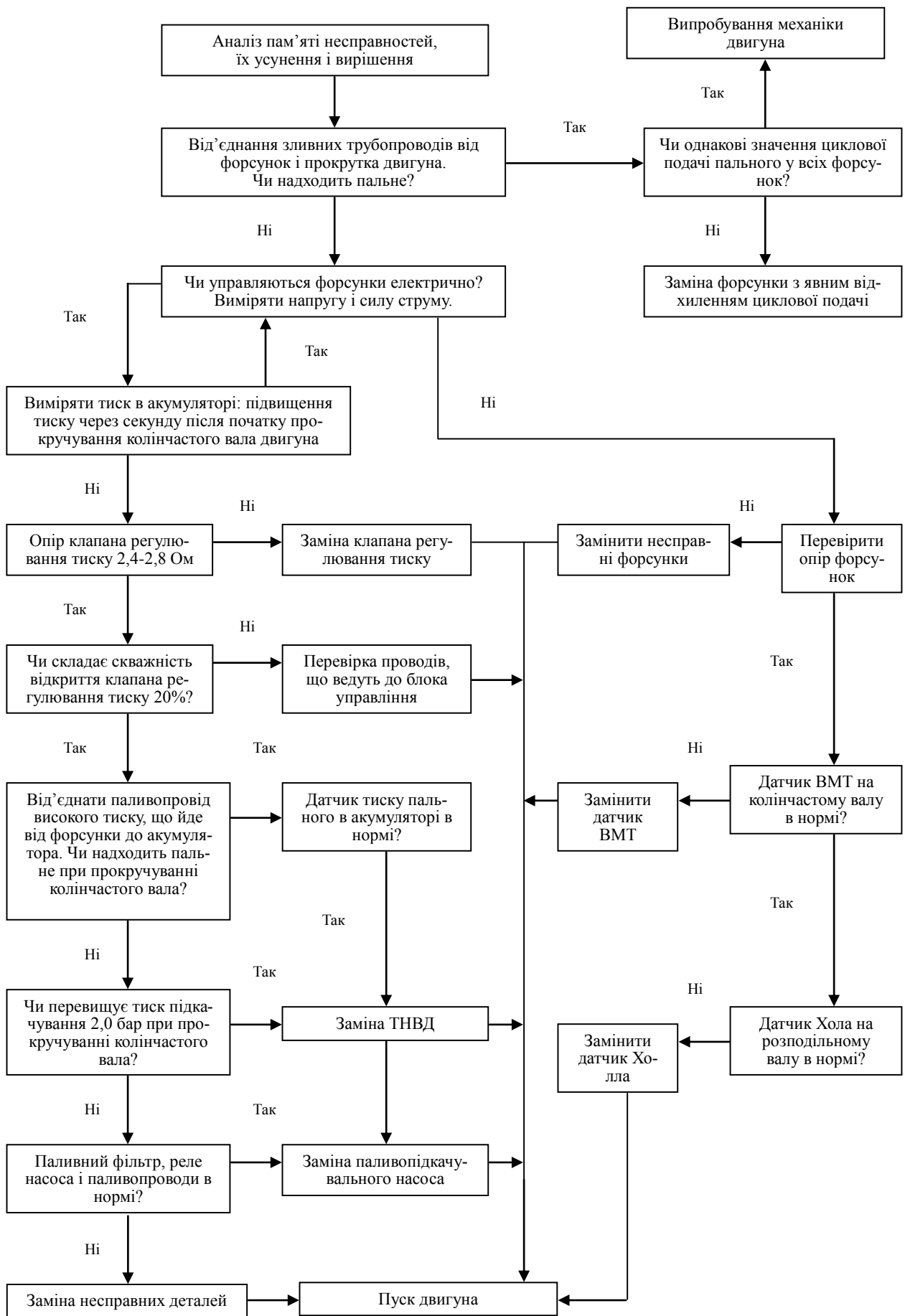
- якщо тиск в акумуляторі підвищується більше 1400 бар також відбувається примусова зупинка двигуна;

- у разі виходу з ладу електромагнітного клапана регулювання тиску неможливо встановити тиск в акумуляторі. Двигун зупиняється і не може більше запускатися;

- при виході з ладу датчика ВМТ на маховику або датчика Холла на розподільному валу двигун не може бути запущений. Якщо датчик Холла на розподільному валу відмовляє під час руху автомобіля, двигун продовжує працювати. Але після зупинки більше не запускається.

Несправності, що виникають в апаратурі впорскування і не визначаються у більшості випадків самодіагностикою, можуть бути виявлені з допомогою манометра. Кожна апаратура впорскування має контури високого і низького тиску. В контурі низького тиску знаходиться електричний або механічний підкачувальний насос, який подає пальне через фільтр у контур високого тиску. У разі проблем з пуском або при втраті потужності слід провести вимірювання тиску підкачування на проблемному робочому режимі.

Якщо після установки й усунення несправності яких-небудь конструктивних елементів двигун не запускається, передбачається певний порядок перевірки. Можливе проведення експрес випробування паливоподачі, коли від форсунок від'єднують паливопроводи зворотного зливання пального і двигун запускають. Після нетривалого прокручування КВстартером із штуцерів паливопроводів зворотного зливання форсунок повинна виступити невелика кількість пального. Якщо цього не відбувається, слід перевірити, чи немає електричних або гідравлічних несправностей. Вимірювання, що потрібні за планом пошуку несправностей, представлені на рис. 2.123 ([7]). У разі нестабільної роботи («поштовхи») двигуна і короткочасних пропусків впорскування пального під час руху автомобіля після зупинки слід перевірити підведення напруги до блока керування та його контакт з «масою».



**Рис. 2.123. План пошуку несправностей в акумуляторній системі впорскування пального**



Якщо в цьому несправності немає, головною причиною залишається датчик педалі подачі пального. Провідна доріжка потенціометра датчика може бути спрацьована або пошкоджена, і датчик не буде плавно видавати зміну навантаження.

### 2.10.2. Логічна послідовність розпізнавання несправності «аварійна робота двигуна»

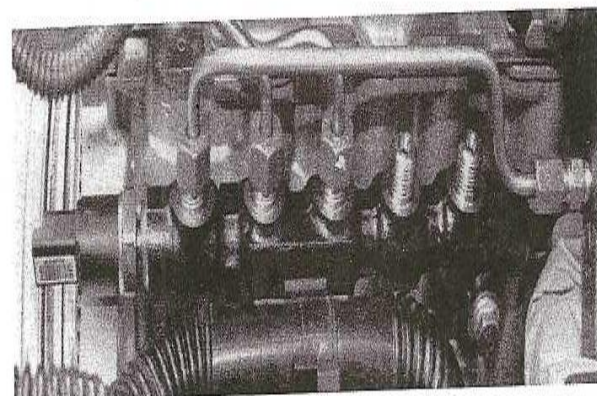
**Аварійна робота двигуна (на прикладі автомобіля Ford).** Двигун не заводиться, якщо несправний датчик ВМТ або датчик положення розподільного валу. Інша причина – несправні обидва магнітних клапани паливного насоса високого тиску (ПНВТ). Форсунки функціонують лише, якщо тиск має значення від 150 бар. Несправний ПНВТ, який не в змозі створити при запуску двигуна потрібний тиск, також перешкоджає запуску двигуна. Перед перевіркою ПНВТ потрібно попередньо переконатися, що в баку достатньо пального. Для попередити вихід з ладу ПНВТ у разі, якщо рівень пального менший мінімального, двигун відключається. Вихід з ладу датчика тиску у сферичному гідроаккумуляторі (ДСГ) виражається не тільки у зниженні потужності, що визначається на слух. Блок керування переключається з режиму регулювання на режим керування і двигун працює більш «жорстко». Тиск у сферичному гідроаккумуляторі на холостому ходу збільшується з 220 до 350 бар, що помітно за сильними детонаційними стуками (рис. 2.124).

Якщо на блоці керування відсутня напруга, двигун відключається і доступ до реєстратора несправностей неможливий. Заблокований протиугінний пристрій можна визначити з того, що двигун незадовго після запуску знову глухне.

Якщо несправний датчик положення педалі акселератора, оберти двигуна на тривалий час збільшуються до  $1200 \text{ хв}^{-1}$  для того, щоб водій зміг доїхати до авторемонтної майстерні. У разі недостатнього надходження повітря, що може бути спричинено несправністю витратоміра повітря або занадто тривалим відкриттям клапана рециркуляції ВГ, потужність двигуна падає [33; 38].



а



б

**Рис. 2.124. Контакти (1, 2, 3) датчика тиску (а) у сферичному гідроаккумуляторі (б) двигуна Ford Fiesta:**

1 – напруга живлення 5 В; 2 – сигнальна напруга; 3 – маса

**Гідравлічна перевірка.** При діагностуванні паливної системи перше, що необхідно зробити – перевірити якість використовуваного пального.

Під час діагностування системи впорскування можна обмежитися невеликою групою деталей, оскільки Siemens або інша фірма-виробник автомобіля поставляють як запчастини тільки ПНВТ в комплекті, сферичний гідроаккумулятор з датчиком ДСГ, трубопроводи високого тиску і форсунки. Тому перевірки, чи справний паливопідкачувальний насос або магнітні клапани в ПНВТ зайві, оскільки його можна замінити тільки у комплекті. Паливопроводи високого тиску та всі ущільнення після кожного демонтажу підлягають заміні. Зусилля затягнення складає 25 Нм.

У разі заправки автомобіля неякісним паливом спочатку слід перевірити паливопроводи і паливний фільтр. Паливоподавальний насос відразу реагує на негерметичність з боку всмоктування, оскільки він всмоктує паливо з паливного бака через фільтр. Великі повітряні бульбашки у всмоктувальному паливопроводі – ознака негерметичності, що може призвести до нерівномірного впорскування.

**Перевірка паливного насоса.** Паливоподавальний насос створює тиск у 4 бар, який не завжди може бути вимірний. Однак можна перевірити об'ємну подачу насоса, для чого потрібно зняти штекер з магнітного клапана впускного дроселя і на рознімачі зливної магістралі ПНВТ вимірювати об'ємну подачу протягом 15 с при запуску двигуна. Об'ємна подача повинна складати не менше 25 см<sup>3</sup>. Якщо подача занадто низька, необхідно замінити ПНВТ.

**Перевірка контуру високого тиску** здійснюється шляхом перевірки датчика ДСГ, через поточні дані якого або вимірюванням напруги можна визначити тиск у сферичному гідроаккумуляторі. Якщо під час запуску двигуна тиск у сферичному гідроаккумуляторі досягає всього 50 бар, імовірно несправний регулювальний клапан і потрібна заміна ПНВТ. Однак перш слід переконатися, що на магнітні клапани насоса надходять електричні сигнали (рис. 2.124). Якщо негерметична форсунка (інжектор), ПНВТ також не в змозі розвивати необхідний тиск у сферичному гідроаккумуляторі. Негерметичну форсунку можна визначити вимірюванням кількості пального на зливання. Для цього до зливної магістралі форсунок підключають по одному прозорому паливопроводу, які опускають у мірний посуд. Кількість пального на зливанні під час запуску двигуна або на режимі холостого ходу може складати максимум 1-2 краплі в секунду. Якщо це значення вище, клапан у форсунці негерметичний. Форсунку необхідно замінити. Негерметичність форсунки з боку камери згоряння визначають за ознаками детонаційного згоряння під час запуску двигуна.

**Контроль датчика гідроаккумулятора та виконавчих ланок.** На практиці перевірку не слід строго поділяти на електричну, гідравлічну або механічну. Необхідно комбінувати одне з одним відповідні вимірювання. Наприклад, у регулюванні тиску в сферичному гідроаккумуляторі беруть участь датчик ДСГ, регулювальний клапан високого тиску і магнітний клапан впускного дроселя. Датчик ДСГ має три контакти. На сигнальному контакті датчик видає напругу згідно з тиском у сферичному гідроаккумуляторі, яку можна визначити не тільки за списком поточних даних, але й з допомогою вольтметра. Для швидкої перевірки потрібно з працюючим двигуном

зняти штекер датчика ДСГ. Двигун після цього повинен працювати більш «жорстко», тому що блок керування переключається з режиму регулювання на режим керування, й тиск у сферичному гідроаккумуляторі збільшується приблизно до 350 бар. Після приєднання штекера двигун знову повинен працювати нормально. Якщо двигун не реагує на зняття штекера, значить датчик ДСГ несправний. Перед заміною датчика ДСГ (включаючи сам гідроаккумулятор) слід переконатися, що до зовнішнього виводу датчика прикладена напруга живлення у 5 В і сигнальний провід до блока керування в нормі.

У разі неправдоподібних показань датчика ДСГ потрібно перевірити керування обох магнітних клапанів. Обидва магнітних клапани зі змінною скважністю імпульсів згідно з бажаним тиском у сферичному гідроаккумуляторі підключаються блоком керування на масу (скважність – відношення періоду проходження імпульсів до їх тривалості).

При увімкненні запалювання напруга на виводі «+» дорівнює напрузі акумуляторної батареї. Практичне правило: тиск у сферичному гідроаккумуляторі при збільшенні скважності імпульсів повинен збільшуватися. Кожному значенню тиску в сферичному гідроаккумуляторі відповідає певна скважність імпульсів. Якщо, наприклад, на холостому ходу скважність імпульсів магнітних клапанів значно вища звичайних значень, це вказує на негерметичність у системі високого тиску або на несправний датчик ДСГ. У разі повного виходу з ладу одного з двох магнітних клапанів двигун не заводиться. Спочатку треба перевірити на відповідному штекері підключення кожного з клапанів, чи подається на них струм при увімкненні запалювання (номінальне значення – напруга акумуляторної батареї). Після цього зі знятим штекером слід перевірити котушки магнітних клапанів на підключення їх на масу і проходження струму (номінальне значення – регульовальний клапан високого тиску  $-2,7 \pm 1$  Ом, клапан впускного дроселя  $-2,5 \pm 1$  Ом). Якщо несправний один з клапанів, необхідно замінити ПНВТ в комплекті.

**Форсунки.** Функціональну перевірку п'єзоелементів проводять з працюючим двигуном вимірюванням напруги або сили струму, причому останньому варіанту слід віддати перевагу, тому що він простіший (рис. 2.125).

Вимірювання сили струму можна виконувати безконтактно з допомогою струмовимірювальних кліщів та осцилоскопа. Таким чином можна перевірити роботу форсунки у всіх режимах експлуатації. На автомобілі, який стоїть, п'єзоелемент можна перевірити вимірюванням ємності (номінальне значення С від 3 мФ). Шунтувальний опір перевіряють вимірюванням опору (номінальне значення  $200 \pm 50$  кОм).

**Деталі системи керування впорскуванням.** Кількість впорскуваного пального встановлюється блоком керування за величиною тиску в сферичному гідроаккумуляторі та тривалістю впорскування форсунок. Для розрахунку потрібної кількості впорскуваного



**Рис. 2.125.** Перевірка шунтувального опору форсунки. Перевірка ємності п'єзоелемента здійснюється аналогічно

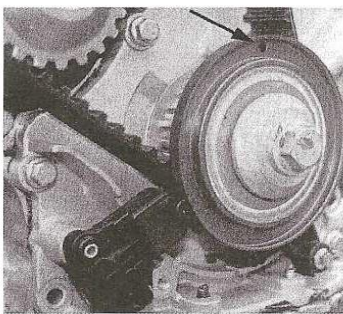


пального і визначення початку впорскування блоку керування потрібна інформація про частоту обертання КВ двигуна, положення КВ та розподільного валів, кількість всмоктуваного повітря, положення педалі акселератора і температуру пального, повітря, що надходить, і двигуна.

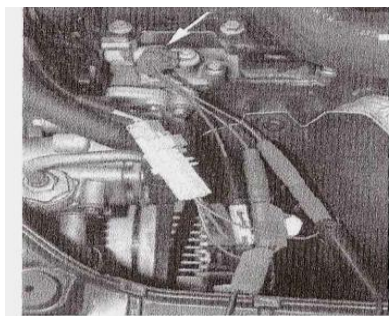
**Контроль датчика ВМТ.** Датчик ВМТ установлений на КВ й залежно від марки автомобіля має різну конструкцію. У двигуна Peugeot з робочим об'ємом 2 л – це індуктивний датчик, який монтується на картері зчеплення і сканує обертання сигнального коліщатка. Перевірити датчик можна з допомогою осцилоскопа або вольтметра під час запуску двигуна (змінна напруга мінімум 1 В) або з допомогою омметра (номінальне значення  $390 \pm 50 \text{ Ом}$ ).

Двигун Ford робочим об'ємом 1,4 л оснащений датчиком Холла, який установлений на шківі ременя (рис. 2.126). Доступ до датчика ВМТ двигуна Ford можна отримати тільки, якщо підняти автомобіль. Сигнальне коліщатко датчика складається з 58 магнітів з поперемінно протилежними полюсами. Датчик Холла має три контакти. До обох зовнішніх контактів прикладена напруга 5 В, до середнього – 12 В. У разі відсутності сигналу потрібно на знятому штекері перевірити напругу живлення датчика, проходження сигналу до блока керування і контакт з масою. Сигнальне коліщатко датчика дуже чутливе до магнітних полів. Так, торкаючись магнітною викруткою до коліщатка, можна вивести його з ладу.

Аналогічним чином перевіряють датчик розподільного валу, який у двигунах Ford і Peugeot однаковий (рис. 2.127). Датчик положення педалі акселератора у Peugeot складається з двох датчиків Холла, які залежно від положення педалі посилають сигнали напруги на блок керування. У двигуні Ford установлений подвійний потенціометр, який видає такі самі сигнали напруги. Перевірка датчика здійснюється способом так званої перевірки шумів. У разі повного виходу з ладу датчика положення педалі акселератора двигун працює при  $1200 \text{ хв}^{-1}$ . Перед заміною датчика перевіряють напругу живлення (5 В) і справність сигнального проводу до блока керування і на масу.



**Рис. 2.126.** Стрілка вказує на отвір-мітку для монтажу зубчастого ременя



**Рис. 2.127.** Датчик розподільного валу з підключеним контрольним адаптером



**Рис. 2.128.** Перевірка витратоміра повітря з допомогою мультиметра здійснюється на контактах 1 і 6

**Контроль витратоміра повітря.** Витратомір повітря зроблений у вигляді датчика з термоплівкою, який залежно від кількості всмоктуваного повітря видає сигнальну напругу між 0,5 і 4,8 В (рис. 2.128). Блок керування

перераховує це значення у міліграмах на хід і вказує його у поточних даних (табл. 2.33). Витратоміри повітря рідко повністю виходять з ладу, частіше сигнальна напруга спотворюється через спрацювання або забруднення термоплівки. Забруднення може викликати масляний шар, який припалюється до термоплівки і діє як ізолятор. У результаті показання витратоміра повітря нижчі, ніж дійсна витрата повітря. Блок керування у цьому разі для обмеження димності зменшує кількість впорскуваного пального, що знижує потужність двигуна. Така несправність не вказується у реєстраторі несправностей і може бути визначена тільки перевіркою поточних даних або з допомогою вимірювання сигнальної напруги. Якщо витратомір повітря несправний, дані відхиляються у менший бік, особливо у верхньому діапазоні обертів.

Таблиця 2.33

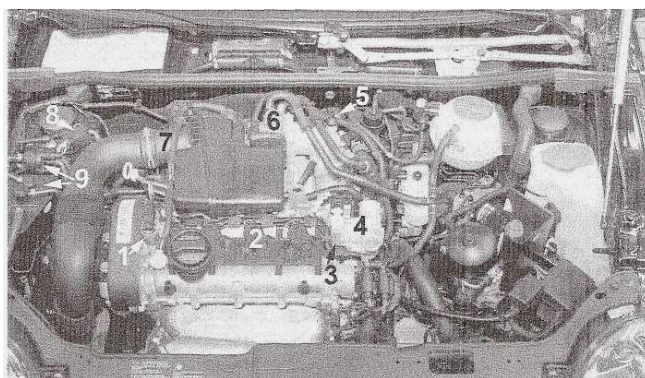
**Приклад перевірки витратоміра повітря для двигуна Peugeot об'ємом 2 л і потужністю 66 кВт**

Оберти КВ двигуна, хв <sup>-1</sup>	Витрата повітря, мг/хід	Напруга сигналу, В
Запалювання увімкнене	-	0,5-0,55
800	352	2,1-2,3
2000	382	2,8-3,2
3000	682	3,7-3,9
4000	711	4,0-4,3
Вільне прискорення	-	2,0-4,4

Умови вимірювання витрати повітря: двигун прогрітий, турбокомпресор справний, рециркуляція ВГ відключена.

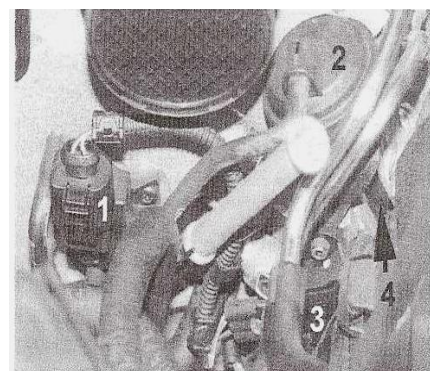
**2.10.3. Пошук несправностей у системі впуску повітря, системі живлення та рециркуляції відпрацьованих газів**

Пошук несправностей у цих системах розглядається на прикладі двигуна автомобіля Volkswagen Lupo FSI [37]. Моторний відсік цього автомобіля показано на рис. 2.129.



**Рис. 2.129. Моторний відсік автомобіля Volkswagen Lupo FSI:**

1 – магнітний клапан сервоприводу розподільного валу; 2 – котушка запалювання; 3 – датчик положення колінчастого валу; 4 – насос високого тиску; 5 – клапан рециркуляції ВГ; 6 – сервопривід дросельної заслінки; 7 – витратомір повітря; 8 – клапан дозування пального; 9 – клапан вентиляції бака



**Рис. 2.130. Система керування заслінкою у впускному трубопроводі:**

1 – магнітний клапан; 2 – вакуумна камера; 3 – потенціометр заслінки; 4 – система тяг і важелів

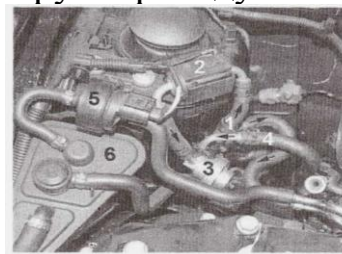
**Перевірка системи впуску.** Витратомір повітря працює зазвичай за принципом вимірювання масової витрати повітря за температурою гарячого шару. До контакту 2 прикладена напруга 12 В, через контакт 4 електроніка забезпечується напругою 5 В. На контакті 5 вимірюється сигнальна напруга на масу (контакт 3), яка змінюється згідно з масовою витратою повітря.

Дросельна заслінка управляється з допомогою синхронізованого електромагніта. Опір виконавчого двигуна повинен складати  $2 \pm 0,2$  Ом. Здвоєний потенціометр зі зворотною характеристикою повідомляє блоку керування результат. Потенціометри забезпечуються напругою 5 В. З вимкненим двигуном і увімкненим запалюванням дросельна заслінка дотримується заданих сигналів датчика педалі акселератора (рис. 2.130). Таким чином, натискаючи на педаль акселератора, можна перевірити функціонування дросельної заслінки двигуна. Потенціометри датчика педалі акселератора також забезпечуються напругою 5 В. Під час перевірки шумів сигнальна напруга потенціометра магнітного клапана 1 приблизно удвічі більша аналогічного показника потенціометра 3.

Для перевірки потенціометра заслінки 3 перемикає режимів у впускному трубопроводі необхідно почати діагностику виконавчих елементів і перевірити, чи рухається система тяг. Так як тестування виконавчих елементів виконують з виключеним двигуном, у разі позитивного результату тестування можна зразу бути впевненим, що вакуумний акумулятор у впускному трубопроводі герметичний. Якщо система тяг не рухається, зняти вакуумний шланг з акумулятора. При цьому повинно бути чутним шипіння як ознака того, що в акумуляторі було розрідження. У разі відсутності розрідження негерметичний або зворотний клапан, або вакуумний акумулятор, або магнітний клапан. Заслінка у впускному трубопроводі працює за принципом «увімкнено-вимкнено» (двопозиційний режим). На магнітний клапан подається напруга 12 В. Опір котушки магнітного клапана повинен складати  $30 \pm 2$  Ом. Потенціометр перевіряють під час тестування виконавчих елементів з допомогою осцилоскопа. Залежно від положення заслінки сигнальна напруга складає 2,2 або 3,6 В.

**Датчики тиску у впускному трубопроводі та рециркуляція ВГ.** Система впорскування двигуна FSI оснащена двома датчиками тиску у впускному трубопроводі. Перший датчик знаходиться у трубопроводі, який веде від підсилювача гальмівних сил до впускного трубопроводу.

З його допомогою блок керування контролює, чи достатнє розрідження створене у підсилювачі гальмівних сил. Другий датчик тиску змонтований безпосередньо на впускному трубопроводі (рис. 2.31). Дані датчика блок керування використовує для розрахунку кількості відпрацьованих газів (ВГ), що спрямовуються на рециркуляцію. Обидва датчики забезпечуються напругою 5 В і мають ідентичні



**Рис. 2.131. Система регулювання контуру низького тиску:**

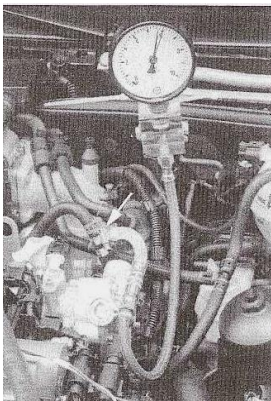
1 – підведення пального до насоса високого тиску і до клапана дозування пального (2); 3 – регулятор тиску пального; 4 – відвідний паливopовід від клапана регулювання тиску; 5 – клапан вентиляції бака; 6 – бачок с активованим вугіллям



характеристики. З вимкненим двигуном обидва датчики не видають однакові показники напруги, оскільки розрідження у підсилювачі гальмівних сил підтримується з допомогою зворотного клапана. Тиск зростає до атмосферного лише після частого натиснення на педаль гальма. Додатково слід звернути увагу на те, що тиск у впускному трубопроводі на холостому ходу при гомогенному режимі роботи складає приблизно  $-0,7$  бар, в режимі пошарового сумішоутворення  $-0,3$  бар, оскільки дросельна заслінка відкрита більше. Клапан рециркуляції ВГ (AGR) складається з електродвигуна, який збуджується від блока керування напругою 12 В. З допомогою зміни напрямку струму клапан відкривається або закривається. Найпростіше – поспостерігати роботу клапана при переході від режиму пошарового сумішоутворення до гомогенного режиму. Опір електродвигуна повинен складати  $4,7 \pm 0,2$  Ом. Як і у всіх деталей системи випуску ВГ, потенціометр інформує блок керування про рух клапана AGR. Напруга живлення потенціометра складає 5 В.

**Система живлення.** У контурі низького тиску справний насос створює тиск 3 бар, яке підтримується регулятором тиску пального (рис. 2.131). При запуску прогрітого двигуна клапан дозування пального перекриває впускний отвір до регулятора тиску. Тепер функцію регулювання тиску бере на себе запобіжний (редукційний) клапан паливного насоса. Тиск збільшується до 5,8 бар. Для функціональної перевірки контуру низького тиску треба підключити манометр до впускного отвору насоса високого тиску і в режимі тестування виконавчих елементів збудити клапан дозування пального (рис. 2.132). Тепер тиск пального повинен коливатися між 3 і 5,8 бар. Якщо тиск пального відсутній, перевірити керування паливним насосом. Для цього зняти запобіжник і замінити його приготованим кабелем. З допомогою цього кабелю можна виміряти струм насоса, який при тискові 3 бар повинен складати приблизно 6 А, а при 5,8 бар – 8 А. Якщо струм відсутній, потрібно перевірити реле насоса і сам насос.

Клапан дозування пального при запуску прогрітого двигуна безперервно збуджується напругою 12 В. Опір котушки складає  $17+1$  Ом. Клапан вентиляції бака збуджується блоком керування з варіативністю імпульсів головним чином на гомогенному режимі. Опір клапана повинен складати  $25+2$  Ом.



**Рис. 2.132. Вимірювання низького тиску**

Контур високого тиску складається з насоса, датчика, клапана регулювання тиску і форсунок. Датчик залежно від тиску пального посилає сигнальну напругу на блок керування. Якщо тиск у системі відсутній сигнальна напруга складає приблизно 0,6 В. На режимах холостого ходу при тискові пального приблизно 50 бар напруга повинна складати 1,9 В.

При обертах  $4000 \text{ хв}^{-1}$  тиск пального збільшується приблизно до 100 бар.

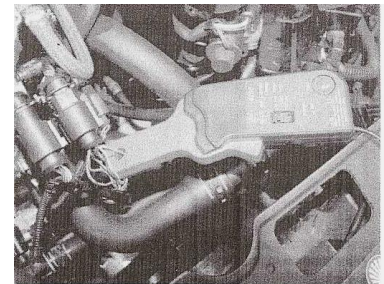
Сигнальна напруга, яку видає датчик тиску повинна тепер складати приблизно 3,8 В.

Напруга живлення датчика складає 5 В. Показники тиску можуть указуватися також у списку даних, що видає блок керування діагностичному

штекеру. Після зупинки двигуна тиск у сферичному гідроаккумуляторі збільшується майже до 100 бар, оскільки клапан регулювання тиску більше не збуджується. При вибігу двигуна (рух за інерцією до зупинки) насос високого тиску збільшує тиск до максимального. Після зупинки двигуна тиск повинен повільно падати. При занадто швидкому падінні закрити зворотний паливопровід клапана регулювання тиску. Якщо тиск більше не падає, значить клапан регулювання тиску негерметичний і його необхідно замінити. При запуску двигуна через приблизно 1 с тиск у сферичному гідроаккумуляторі повинен досягти 50 бар (напруга 1,9 В). Якщо після відповідного вимірювання тиску з упевненістю встановлено, що форсунки і клапан регулювання тиску герметичні, необхідно замінити насос високого тиску.

Негерметичні форсунки можна визначити за поганими показниками ВГ або за високими коригувальними поправкам регулювання коефіцієнта надлишку повітря. Форсунки збуджуються струмом від блока керування. У фазі пуску напруга збільшується до 100 В, сила струму – до 18-16 А. Виміряти споживаний паливним насосом струм легше, якщо запобіжник електричного паливного насоса замінити на вимірювальний кабель. Токовимірювальні кліщі (рис. 2.133) або штекер для вимірювання напруги простіше всього підключити до проміжного штекера у моторному відсіку. Опір кодушки форсунки повинен складати 1,5-5 Ом.

**Перевірка системи випуску відпрацьованих газів.** Для перевірки системи випуску ВГ можна оцінити сигнали датчиків і провести контроль ВГ на токсичність (табл. 2.34). Оскільки у двигуні з безпосереднім впорскуванням для зменшення викидів  $\text{NO}_x$  використовується накопичувальний нейтралізатор, доцільно використовувати п'ятикомпонентний газоаналізатор, з допомогою якого можна виміряти не тільки викиди  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HC}$  й  $\text{O}_2$ , але й  $\text{NO}_x$ . У гомогенному режимі роботи з коефіцієнтом надлишку повітря  $\alpha=1$  токсичність ВГ можна вимірювати як у двигуна із впорскуванням у впускний колектор з регульованим нейтралізатором. У режимі роботи з пошаровим сумішоутворенням показники коефіцієнта надлишку повітря коливаються між 2,5 та 3. Викиди  $\text{NO}_x$  залежно від завантаження накопичувального нейтралізатора можуть досягати 300 р.р.т. (часток на мільйон).



**Рис. 2.133.** Підключення струмовимірювальних кліщів до проміжного штекера в моторному відсіку для перевірки форсунок

*Таблиця 2.34*

**Показники токсичності ВГ автомобіля Volkswagen Lupo FSI**

Режими роботи	Коефіцієнт надлишку повітря, $\alpha$	$\text{CO}$ , %	$\text{CO}_2$ , %	$\text{O}_2$ , %	$\text{HC}$ , р.р.т.	$\text{NO}_x$ , р.р.т.
Режим х/х, гомогенний режим, система справна	1,000	0,00	14,8	0,00	7	3
Режим х/х, режим пошарового сумішоутворення, система справна	2,629	0,00	5,5	12,8	1	2



Режими роботи	Коефіцієнт надлишку повітря, $\alpha$	CO, %	CO <sub>2</sub> , %	O <sub>2</sub> , %	HC, р.р.м.	NO <sub>x</sub> , р.р.м.
Оберти 2300 хв <sup>-1</sup> , режим пошарового сумішоутворення, система справна	2,822	0,00	5,1	13,2	5	24
Холостий хід, гомогенний режим, несправність – збагачена паливоповітряна суміш	0,928	2,24	13,2	0,00	187	1
Оберти 1620 хв <sup>-1</sup> , гомогенний режим, несправність – неправильна кількість повітря	1,176	0,00	12,9	2,81	5	7
Режим х/х, гомогенний режим, пропуски іскроутворення у першому циліндрі	0,962	0,61	13,9	0,00	462	6
Оберти 2250 хв <sup>-1</sup> , гомогенний режим, пропуски іскроутворення у першому циліндрі	0,943	1,18	13,9	0,00	572	0

**Датчики системи випуску ВГ.** Датчик температури ВГ – температурний датчик з характеристикою РТС (позитивний температурний коефіцієнт опору). Відповідно зі збільшенням температури сигнальна напруга збільшується. При звичайній температурі навколишнього повітря опір повинен складати 200-250 Ом. При виході з ладу датчика температури та температурі ВГ нижчій 350 °С блок керування блокує режим роботи з пошаровим сумішоутворенням.

Оскільки ширококутний датчик працює без стрибків, коливання напруги датчика можна спостерігати головним чином при зміні режиму роботи. Сигнальна напруга нижча 0,42 В (виміряна між контактами штекера датчика) означає багату суміш, у режимі пошарового сумішоутворення на збідненій паливоповітряній суміші напруга складає приблизно 0,6 В.

Кисневий датчик добре пасує для перевірки системи підготовки горючої суміші, оскільки він вимірює частку кисню в неочищених ВГ. Такі несправності, як неправильна кількість повітря або пропуски іскроутворення, добре розрізняються за зміною напруги та показниками токсичності ВГ. Обігрів кисневого датчика можна перевірити за списком даних, які видає блок керування діагностичному штекеру, або шляхом вимірювання струму та напруги. Датчик забезпечується електрострумом у тактовому режимі. Опір обмотки для обігріву повинен складати 2,5-10 Ом.

Кисневий датчик можна перевірити через систему самодіагностики, те саме відноситься і до комбінованого ширококутного датчика NO<sub>x</sub>. Для останнього така форма перевірки найпростіша, тому що додатковий блок керування попередньо обробляє дані датчика й утруднює вимірювання з допомогою традиційних тестерів. При виході з ладу датчика NO<sub>x</sub> режим роботи з пошаровим сумішоутворенням блокується і повідомлення про несправність записується в реєстратор несправностей. Водій помічає підвищену витрату пального, оскільки більш економний режим роботи з пошаровим сумішоутворенням заблокований. Кисневий датчик оснащений обігрівом,

який можна перевірити безпосередньо при вимірюванні струму. Струм для обігріву не має тактового режиму і складає приблизно 1 А. При виході з ладу нагрівального елемента система самодіагностики часто вказує несправність «Повільна реакція кисневого датчика».

### **Контрольні запитання**

1. Які можуть бути несправності в акумуляторній системі впорскування пального Common Rail?
2. Наведіть логічну послідовність розпізнавання несправності паливної системи.
3. Як контролюють роботоздатність витратоміра повітря?
4. Які можуть бути несправності датчика витратоміра повітря?
5. Як контролюють датчик ВМТ?
6. Як установлюється кількість впорскуваного пального?
7. Як можна перевірити справність системи випуску ВГ?

## **2.11. Контроль і діагностування загального електрообладнання двигуна й автомобіля**

У цьому розділі розглянуті питання контролю технічного стану електричних систем керування двигуном, бортових систем самоконтролю і систем запалювання. Наводяться лише загальні методи і засоби контролю стану електрообладнання у системі автомобіля.

### **2.11.1. Діагностична характеристика електрообладнання автомобіля з електромеханічною системою керування**

Система електроживлення двигуна й автомобіля складається з генератора та акумуляторної батареї, включених паралельно один одному. Її основними діагностичними параметрами є: напруга генератора під навантаженням, натягнення ременя генератора та ступінь розрядженості акумулятора. Для визначення цих параметрів в умовах експлуатації можуть використовуватися електровимірювальні прилади загального призначення (вольтметри, амперметри), однак частіше застосовують спеціальні прилади, особливо для двигунів з мікропроцесорними системами керування.

На автомобілях, як правило, застосовується однопровідна електрична схема. Мінусовий вивід джерел живлення і частини споживачів виводиться на «масу» автомобіля, яка виконує функцію другого проводу. Для з'єднання проводів між собою, а також для під'єднання їх до приладів системи електрообладнання проводи мають штекери, які встановлені в колодках і захищені від корозії та механічних пошкоджень гумовими чохлами. Під час монтажу електропроводки на штекери наноситься захисний змащувальний матеріал.

Основна кількість несправностей припадає на систему запалювання, акумуляторну батарею і генератор з реле-регулятором: порушення контактів внаслідок обриву електричних кіл, ослаблення їх кріплень, окиснення контактуючих поверхонь, перегорання запобіжників, замикання кіл через пошко-

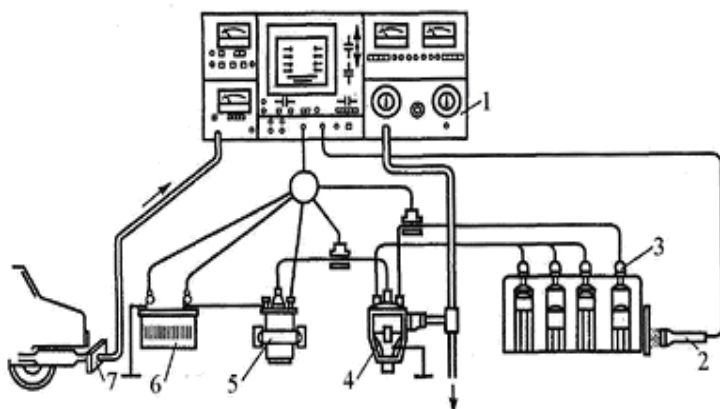
дження ізоляції, а також вихід з ладу окремих елементів: лампочок освітлювальних приладів, датчиків контрольно-вимірювальних приладів, реле і т. ін.

Під час технічного обслуговування вантажних автомобілів перевіряють стан і кріплення генератора та стартера, а також під'єднаної до них електропроводки. На автомобілях-самоскидах перевіряють справність сигналізації увімкнення коробки відбору потужності. Періодично перевіряють стан і надійність кріплення проводів, відсутність їх провисання, потертих ділянок, налипання грудок грязі або льоду.

Візуально перевіряють стан і надійність кріплення з'єднувальних колодок вимикача «маси», датчиків спідометра, тахометра, з'єднувальних колодок передніх і задніх ліхтарів, датчика увімкнення контрольної лампи блокування міжосьового диференціала. Проводи, що підходять до з'єднувальних колодок і виводів, не повинні бути обірвані, з'єднувальні колодки не повинні мати пошкоджень. Колодки до передніх і задніх ліхтарів повинні бути надійно з'єднані та закриті гумовими чохлами. Корпус і виводи датчика (увімкнення механізму блокування мостів) не повинні мати пошкоджень. Виводи проводів до датчиків спідометра і тахометра повинні бути закриті гумовими чохлами.

Контроль параметрів електрообладнання проводиться, як правило, без зняття з автомобіля окремих агрегатів і приладів. Усунення несправностей у більшості випадків полягає у визначенні (з допомогою індикаторів або тестерів) місць обриву або замикань електричних кіл і їх відновленні шляхом підтягування ослаблених з'єднань, зачищення, усунення обривів або замикань проводів і заміни елементів, що вийшли з ладу. Однак, якщо на посту ТО неможливо переконаватися у повній їх справності, необхідно знімати агрегати і прилади для всебічного контролю на спеціальних стендах (рис. 2.134).

Контроль системи електроживлення здійснюється візуально, а також прямим та непрямим методами з використанням приладів і пристроїв загального призначення у вигляді контрольної лампи, додаткового зумера, вольтметра, амперметра, омметра або мультиметра. При цьому використовуються типові алгоритми [2, 8, 26, 32, 39].



**Рис. 2.134. Схема підключення мотор-тестера до систем автомобіля:**

1 – мотор-тестер; 2 – стробоскопічна лампа; 3 – свічки запалювання; 4 – розподільник запалювання; 5 – котушка запалювання; 6 – акумуляторна батарея; 7 – зонд вимірювання СО

Основними причинами несправного стану магнітоелектричних показчиків є обриви кіл котушок у результаті перегрівання струмом при підвищеній напрузі у бортовій мережі або короткого замикання датчика чи проводів підключення. Причинами несправностей датчиків можуть бути: порушення режимів їх експлуатації (підвищення температури, тиску); спрацьованість елементів, що зазнають

тертя (повзунки, котушки реостата); окиснення контактів; порушення герметичності та руйнування діафрагми; втрата властивостей пружних елементів у результаті пластичної деформації або температурної деструктуризації (термо-біметалеві пластини). Контрольно-вимірювальні прилади автомобіля перевіряють, якщо наявні ознаки їх несправності та під час технічного обслуговування. Технічний стан датчиків температури охолоджувальної рідини, тиску масла, рівня пального, амперметра панелі приладів контролюють під час проведення кожного четвертого ТО-2. Для цього їх знімають з автомобіля і випробовують на спеціальних приладах і стендах, наприклад, типу Е-204 [9].

Перелічимо ознаки несправностей та їх можливі причини й способи виявлення [11, 39].

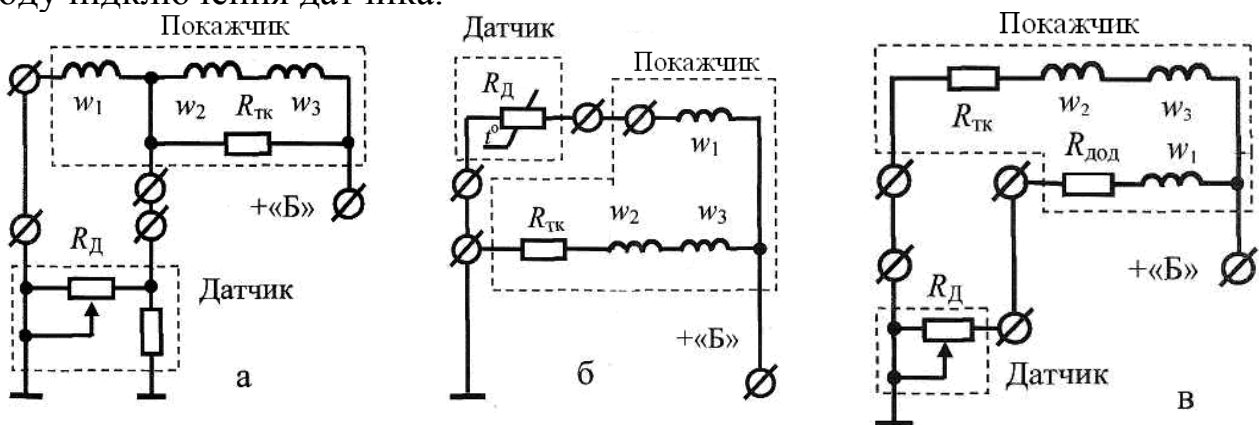
**1. Не функціонують усі вимірювальні прилади: при увімкненні запалювання стрілки приладів нерухомі, лампи сигналізаторів не горять.** Причина – відсутність живлення на приладах системи.

Якщо кола системи вимірювальних приладів живляться через один запобіжник з системою сигналізації, слід перевірити живлення увімкненням поворотів. Якщо показчики поворотів не вмикаються, по чергово перевіряють напругу на клеммах «Б» показчиків панелі приладів. Несправність кіл локалізується шунтуванням їх окремих ділянок з допомогою перемички. Наявність напруги на показчиках і відсутність реакції їх стрілок свідчить про несправності показчиків.

**2. Неточні показання або різкі коливання стрілки показчика.** Причини: ненадійний контакт у колах (випробування), несправні прилади (заміна).

**3. Відхилення стрілки показчика за межі шкали.** На борту автомобіля як штатні можуть використовуватися логометричні показчики магнітоелектричного типу. Обриви або замикання у вимірювальному колі цих приладів призводять до відхилення стрілки за межі шкали.

Відхилення стрілки показчика тиску масла (рис. 2.135, а) за межі нульової відмітки свідчить про обрив реостата датчика  $R_D$  або поганий контакт його повзунка; або про обрив кола котушок  $w_2$  і  $w_3$  або ж про обрив кола підключення датчика. Якщо стрілка відхилена за межі максимальних значень шкали, це означає обрив у колі котушки  $w_1$  або замикання на масу проводу підключення датчика.



**Рис. 2.135. Схеми вимірювальних систем з логометричними показчиками:**

а – тиску масла; б – температури охолоджувальної рідини; в – рівня пального в баку

Відхилення стрілки показчика температури (рис. 2.135, б) за межі нульової відмітки свідчить про обрив кола котушки  $w_1$  або підключення датчика  $R_d$ . Якщо стрілка відхилена за межі максимальних значень – імовірні обриви у колі котушок  $w_2$  і  $w_3$  або замикання на масу проводу підключення датчика.

Відхилення стрілки показчика рівня пального (рис. 2.135, в) за межі нульової відмітки свідчить про обрив кола котушок  $w_2$  і  $w_3$  або замикання на масу проводу підключення датчика. Відхилення стрілки за межі максимальних значень – обриви у колі котушки  $w_1$  або датчика  $R_d$ . (проводу підключення спіралі реостата).

Обриви провідників підключення визначають шунтуванням їх перемичкою, а короткі замикання – почерговим відключенням провідників кіл, які перевіряються. Підтвердження несправності показчиків досягають підключенням замість датчика контрольної лампи потужністю 1-3 Вт.

**4. Стрілка спідометра не відхиляється під час руху автомобіля, обчислювальний вузол не працює.** У спідометрах магнітно-індукційного типу така ознака вказує на поломку або розстикування гнучкого троса приводу спідометра (випробування) або заїдання у механізмі обчислювального вузла. У спідометрах з електроприводом такі ознаки проявляються через розстикування рознімача підключення датчика або обрив його провідників.

**5. Різкі коливання стрілки спідометра під час руху автомобіля.** Причини: спрацювання наконечників гнучкого троса; затискання троса у місцях кріплення у разі його значних перегинів; відсутність змащення всередині оболонки приводу. У спідометрах і тахометрах з електроприводом така ознака означає поганий контакт у колах підключення. Якщо результати огляду і випробування не дають можливість визначити несправність, необхідно замінити прилад.

За діагностичні параметри при перевірках роботоздатності приладів системи контрольно-вимірювальних приладів на борту автомобіля приймаються положення стрілок показчиків і реакція ламп сигналізаторів на панелі приладів. Для встановлення діагнозу та локалізації несправності використовуються найпростіші діагностичні засоби. Калібрування показчиків і тарування датчиків системи потребують використання спеціальних діагностичних приладів – тестерів, осцилографів, мультиметрів.

Несправність показчиків, як правило, проявляється у відсутності змін у показаннях вимірюваних і контрольованих параметрів. При відключенні електроживлення стрілки показчиків повинні повертатися у початкове положення. Якщо хоча б один з показчиків не задовольняє цій вимозі, то він несправний.

При увімкненні електроживлення відсутність показань на одному з показчиків свідчить про несправності самого показчика, датчика або про обрив проводу між ними. Для визначення місця несправності від'єднують провід від датчика і торкаються цим проводом «маси» автомобіля. Стрілка справного показчика повинна відхилитися від відмітки максимального значення параметра. Інакше можливі або обрив проводу, або несправність самого показчика. Уточняють місце обриву з допомогою вольтметра, під'єднуючи його «плюсовим» кінцем до виводу показчика, а іншим – до «маси» автомобіля. Якщо з увімкненим замком запалювання вольтметр не

показує напруги, то несправний покажчик, інакше необхідно шукати обрив проводки.

Правильність показань контрольно-вимірювальних приладів автомобіля перевіряють шляхом під'єднання до них контрольних (еталонних) приладів і датчиків. Перевіряючи падіння напруги, треба увімкнути дальнє світло фар і виміряти напругу між затискачем вимикача стартера, до якого при'єднаний провід від батареї, і затискачем мінусового виводу генератора, а потім між затискачем дальнього світла лівої фари на з'єднувальній колодці проводів і затискачем мінусового виводу генератора. Для більшості автомобілів різниця цих напруг не повинна перевищувати 0,6 В. Інакше необхідно перевірити чистоту і щільність з'єднань у колі, відсутність окиснень у патронах і контактах перемикачів.

Для перевірки бортових контрольно-вимірювальних приладів використовують переносний прилад Е-204, який дає можливість не знімаючи з машини контролювати 12- і 24-вольтові датчики, а також покажчики температури, тиску і рівня пального різних систем (електротеплові, електромагнітні та логометричні). Для перевірки датчиків та аварійних сигналізаторів тиску у приладі є повітряна система з поршневым насосом і контрольним манометром. Для перевірки датчиків рівня пального призначений спеціальний кутомір, який фіксує кут нахилу важеля з поплавком.

### 2.11.2. Несправності системи електропостачання

Вихідними діагностичними параметрами, що характеризують стан системи бортового електропостачання, є регульований рівень напруги  $U_{pn}$  і величина пульсацій  $\Delta U_{pn}$ . Величину першого параметра вимірюють вольтметром, другого – осцилографом. Для автомобілів з електромеханічною системою керування допустимі відхилення цих параметрів від номінальних значень складають  $U_{pn} \pm 3\%$ ,  $\Delta U_{pn} \leq 5\%$ . Відхилення значень указаних параметрів вище за допустимі призводить до значного зниження терміну служби, порушення режимів роботи систем автомобіля. Несправності, що виникають у системі, характеризуються переліком ознак, які відповідають цим несправностям [11, 39].

**1. Не працюють усі споживачі: не горять лампи освітлення, не функціонує звуковий сигнал, стартер не вмикається, стрілка амперметра не відхиляється у бік розряду при увімкненні запалювання.** Причини несправності та способи її виявлення:

- розряджена або несправна АКБ. Перевірку роботоздатності виконують з допомогою найпростіших приладів (пробник, вольтметр);

- порушення кола живлення через окиснення або слабе кріплення виводів АКБ, амперметра, тягового реле стартера, вимикача маси або їх несправності. Місце обриву шукають послідовним вимірюванням напруги у колі згідно зі схемою системи бортового електропостачання або перемиканням окремих її ділянок.

**2. Усі споживачі працюють з недостатньою потужністю, коли не працює двигун (стартер обертає повільно, лампи горять тьмяно, сигнал звучить слабо).** Причини несправності та способи її виявлення:

- сильно розряджена АКБ. Стан АКБ визначають за зниженням на ній напруги нижче, ніж 8 В при увімкненні стартера;

- збільшився перехідний опір контактів або виводів кола живлення. Місце порушення контактів визначають шунтуванням виводів з допомогою перемички або за падінням напруги на окремих ділянках кола живлення. Падіння напруги на кожному механічному з'єднанні провідників не повинно перевищувати 0,1 В і складати не більше, ніж 4% від номінальної напруги в цілому на всіх проводах послідовного підключення ділянок кола живлення.

**3. АКБ не заряджається при роботі двигуна, на будь-якій частоті обертання амперметр показує розрядний струм.** Причини несправності та способи її виявлення:

- обрив або слабе натягнення ременя приводу генератора. Визначається зовнішнім оглядом і вимірюванням прогину ременя під навантаженням згідно з нормативним значенням;

- обрив у колі «генератор-АКБ». Місце обриву визначають з допомогою вольтметра або пробника, коли двигун не працює, шляхом перевірки напруги АКБ на ділянках кола, яке перевіряють;

- обрив у колі збудження генератора. Пробник або вольтметр підключають до виводу «Ш» генератора і вмикають запалювання. Якщо напруга на обмотці збудження відсутня – коло її підключення обірване;

- несправний регулятор напруги (РН) або генератор. Для локалізації несправності відключають РН від генератора, запускають двигун, на нетривалий час замикають клеми «Я» і «Ш» генератора між собою. Якщо амперметр на панелі приладів показує зарядний струм – несправний регулятор. Якщо навпаки – несправний генератор.

**4. АКБ не дозаряджається, амперметр показує малий струм зарядки на будь-якій частоті обертання, вмикання фар викликає різке зниження зарядного струму, спостерігається різке коливання стрілки амперметра.** Причини несправності та способи її виявлення:

- пробуксовка ременя генератора. Перевіряють візуально, збільшують натягнення, знежирюють шків, замінюють ремінь;

- не відрегульований РН. Вимірюють значення напруги бортової мережі на середніх обертах КВ з увімкненими фарами і порівнюють показання вольтметра з регламентованими значеннями;

- замаслювання контактних кілець або нещільне прилягання щіток у генераторі. Діагноз підтверджується зовнішнім оглядом з частковим розбиранням генератора;

- порушення контакту у колі зарядки АКБ при вібраціях двигуна. Пошук місця порушення здійснюється візуально.

**5. АКБ занадто заряджається: у разі тривалої роботи двигуна та різного навантаження бортової мережі амперметр постійно показує зарядний струм, стрілка амперметра не встановлюється у нульове положення, збільшення обертів двигуна призводить до підвищення струму зарядки, спостерігається сильне газоутворення в електроліті АКБ, помітне зниження рівня електроліту, занадто яскраве світло фар.** Причини несправності та способи її виявлення:



- не відрегульований або несправний регулятор напруги. Перевіряється заміною;

- замкнуті між собою виводи «Я» і «Ш» генератора. Для локалізації несправності рівень напруги бортової мережі вимірюють з працюючим двигуном. Якщо виміряна напруга вища за норму і постійна у широкому діапазоні зміни частоти обертання КВ, - не відрегульований РН. Якщо напруга борта зростає пропорційно зростанню частоти обертів КВ, - необхідно відключити РН від генератора (розімкнути вивід «Ш»). Різде зниження напруги при цьому вказує на несправність РН. Якщо така реакція відсутня, це свідчить про замикання клем «Я» і «Ш» генератора;

- окиснення контактів замка запалювання. Для підтвердження цього діагнозу вимірюють падіння напруги на замку запалювання. Воно не повинен перевищувати 0,1 В з відключеними споживачами, що не забезпечують роботу двигуна.

### 2.11.3. Контроль кола живлення, пуску і запалювання

Коло зарядки АКБ перевіряють, підключивши один вивід контрольної лампи до виводу «+» генератора, а другий – до «маси». Під контрольною лампою розуміють самостійно виготовлений пристрій – патрон з лампою, в якому «мінусовий» вивід виконаний у вигляді затискача типу «крокодил», а другий, «плюсовий», - у вигляді щупа. Лампу потужністю 15-25 Вт можна міняти залежно від напруги бортової мережі. Якщо контрольна лампа загоряється, то можна констатувати, що коло зарядки АКБ справне.

Коло збудження перевіряють, підключивши «плюсовий» вивід контрольної лампи до виводу «+» або «В» регулятора напруги, а потім до виводу «Ш» генератора. «Мінусовий» вивід контрольної лампи при'єднують до «маси». Вимикач запалювання увімкнений. Контрольна лампа повинна горіти. Якщо справність кола збудження таким чином не підтверджується, то з працюючим на середніх частотах обертання КВдвигуном з'єднують додатковим провідником виводи «+» або «В» регулятора з виводом «Ш» генератора. Якщо зарядний струм з'являється, то несправний регулятор напруги, інакше – генератор.

У разі відсутності обриву у колі збудження перевіряють справність генератора на середній частоті обертання КВдвигуна. Для цього додатковим провідником з'єднують вивід «Ш» регулятора напруги з «масою». Якщо зарядний струм з'являється, значить несправний регулятор, а якщо відсутній – несправний генератор.

Якщо при повністю зарядженій АКБ амперметр показує зарядний струм 8-10 А протягом тривалого часу, а вольтметр – підвищену напругу, то це свідчить про несправність у колі від виводу «+» генератора до виводу «+» або «В» регулятора напруги. Причина цього – великі перехідні опори на контактах у цьому колі, коли регулятор напруги виносної конструкції.

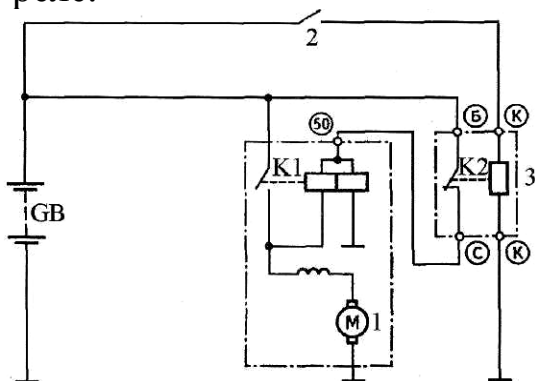
При коливаннях стрілки амперметра або вольтметра необхідно перевірити надійність кріплення проводів у місцях під'єднання в схемі електропостачання або зусилля притискання щіток до контактних кілець. Коливатися стрілки приладів можуть і у разі багатократного спрацьовування термобіме-

талевих запобіжників унаслідок коротких замикань у колах. В амперметрі коливання стрілки виходять за межі шкали приладу.

Пошук несправностей в електропусковій системі здійснюють поетапно, розділивши систему на окремі елементи: акумуляторна батарея; силове коло, що вмикає з'єднувальні проводи від «+» АКБ до «+» стартера й від «-» АКБ до корпусу автомобіля; стартер, кола керування та комутуючі вироби – реле блокування стартера, додаткове реле, вимикач запалювання, вимикач «маси» (рис. 2.136) [32].

Якщо при спробі запуску двигуна немає характерного клацання, що супроводжує вмикання тягового реле стартера, то пошук несправності проводять за далі описаним алгоритмом.

З'єднують додатковим провідником виводи «Б» і «С» додаткового реле. Якщо стартер включився, то з виводу «С» кінець додаткового проводу переносять на вивід «К». Якщо стартер не включився, то несправне додаткове реле.



**Рис. 2.136. Принципова схема керування стартером:**

1 – стартер; 2 – вимикач запалювання; 3 – додаткове реле; K1 – контакти тягового реле стартера; М – якор стартера; Б, С, К, 50 – клеми стартера і реле; GB – акумуляторна батарея

Якщо при з'єднанні виводів «Б» і «С» стартер не увімкнувся, то вимірюють вольтметром напруга на виводі «Б». Якщо ця напруга більша напруги увімкнення реле стартера, то з'єднують виводи «Б» і «50». Увімкнення стартера означає наявність обриву між виводами «С» і «50». Інакше несправний стартер. Якщо на виводі «Б» напруга менша напруги увімкнення реле стартера, то послідовно перевіряють напругу на усіх ділянках кола від виводу «Б» до «+» АКБ. Якщо напруга на виводі «Б» відсутня, шукають обрив у колі між ви-

водом «Б» і «+» АКБ. Цю процедуру починають з перевірки АКБ і, якщо вона справна, то вимірюють падіння напруги на стартері. Якщо падіння напруги більше 3 В для 12-вольтового виконання і більше 6 В для 24-вольтового, значить стартер несправний.

Якщо при увімкненні стартера тягове реле циклічно вмикається і вимикається, то це відбувається через сильну розрядженість АКБ, розрегулювання додаткового реле або обрив утримуючої обмотки реле стартера.

Якщо при увімкненні стартера чутно металевий скрегіт або колінчастий вал не обертається, то несправна муфта вільного ходу.

Пошук несправностей системи запалювання при відсутності спалахів робочої суміші в циліндрах двигуна з нормальною роботою паливної системи і стартера виконують в описаному далі порядку.

Високовольтний провід виймають з наконечника свічки і вставляють його в діагностичний розрядник із зазором між електродами розрядника від 5 до 7 мм для електронних систем запалювання, а в класичних системах запалювання – до 7 мм від високовольтного проводу до «маси» двигуна.

Якщо при прокручуванні двигуна стартером у повітряному проміжку пробивається іскра синього кольору, то висока напруга відповідає нормі й необхідно перевірити стан свічок запалювання.

Червонуватий колір іскри свідчить про недостатню вторинну напругу в класичних системах запалювання. В електронних систем запалювання така ситуація відсутня – при внутрішніх пробоях у котушці запалювання іскра на виході системи не виникає.

Якщо іскри немає або вона червонуватого кольору, то перевіряють стан високовольтних деталей розподільника, кришки котушки запалювання, високовольтних проводів, перешкодозаглушувальних резисторів, а також перевіряють роботоздатність транзисторного комутатора.

У разі втрати прийомистості, виникнення перегрівання або збільшення витрати пального перевіряють справність відцентрового і вакуумного регуляторів випередження запалювання, а також установчий кут випередження запалювання.

Для перевірки кіл системи запалювання доцільно використовувати мультиметр, а контрольну лампу застосовувати не слід. Вона може використовуватися тільки для перевірки контактних з'єднань. Датчик розподільника і транзисторний комутатор діагностувати контрольною лампою недопустимо, тому що можуть вийти з ладу мікросхеми датчика Холла і комутатора. У зарубіжних сервісних центрах з цією метою використовують спеціальні тестери або «комутатор», що являє собою пристрій з універсальними рознімачами для підключення транзисторних комутаторів та електронних блоків керування й виводами для підключення вимірювальних приладів, тобто це – універсальний з'єднувач.

До спеціалізованого обладнання раннього випуску належать акумуляторні пробники Е-107, Е-108 та Е-412, прилади Е-203, Е-214 і Е-236, стенд СПЗ-16 тощо. До універсального обладнання можна віднести: контрольно-випробувальні стенди Е-240 і 532-2М; мотор-тестери різних модифікацій, сканери й мультиметри вітчизняного й зарубіжного виробництва [9].

#### **2.11.4. Візуальний контроль системи запалювання двигуна**

На існуючих різних моделях автомобілів використовуються класичні (батареїні), контактно-транзисторні та безконтактно-транзисторні системи запалювання. За статистикою на запалювання припадає більше 40% усіх відмов щодо двигуна та його систем. Несправності системи запалювання у 80% випадків є причиною підвищення витрати пального (у середньому на 6-8%) і зниження потужності двигуна.

**Якісна оцінка технічного стану системи запалювання** двигуна може бути отримана за функціональними параметрами: відсутність іскрового розряду або наявність ознак незадовільної роботи двигуна (див. підрозділ 2.5.4). Характерними ознаками окремих видів несправностей двигуна є описані у [11, 32, 39].

**1. Двигун не запускається.** Причини несправності та способи її виявлення:

- обрив у колі «АКБ-стартер-амперметр-замок запалювання» підтверджується вмиканням фар. Локалізують місця обриву кола з допомогою про-

бника або вольтметра послідовним шунтуванням ділянок у колі перемичкою. На несправність замка запалювання вказує відсутність реакції стрілок показчиків на панелі приладів при увімкненні живлення;

- несправні свічки запалювання, що перевіряється послідовним відключенням високовольтних проводів від свічок, потім провід підводять із зазором 7 мм до корпусу двигуна, відключають усіх споживачів і з увімкненим запалюванням примусово прокручують колінчастий вал. Наявність іскри на відповідних проводах свідчить про справність свічки. Відсутність іскри на усіх роздавальних проводах потребує подальшої локалізації несправності. Потрібно знати, що такий спосіб перевірки свічок небезпечний на двигунах з електронними системами запалювання, тому що може призвести до втрати роботоздатності і подальшого дорогого ремонту електронних блоків;

- несправний розподільник запалювання. Від'єднують центральний високовольтний провід від кришки розподільника і підводять до корпусу двигуна. Діагноз підтверджується, якщо в результаті випробування наведеним способом іскра з'являється. Відсутність іскри свідчить про несправність центрального високовольтного проводу котушки запалювання або її первинного кола;

- обрив або пробій центрального високовольтного проводу підтверджується заміною проводу. Можуть спостерігатися іскрові пробії проводу на корпус двигуна;

- обрив первинного кола. При прокручуванні КВу межах циклу комутації контактів переривача стрілка амперметра нерухома і знаходиться на нулі. Причиною відсутності струму в первинному колі можуть бути: несправність переривача (заїдання валика на осі й поломка притискної пружини, обгоряння або замаслювання контактів); порушення з'єднань елементів у колі; обрив первинної обмотки котушки запалювання; механічне розстикування ротора переривача-розподільника з колінчастим валом. Перераховані несправності визначаються зовнішнім оглядом при частковому розбиранні переривача-розподільника. Обриви зовнішнього кола і первинної обмотки котушки запалювання локалізуються перемиканням окремих ділянок кола за реакцією амперметра;

- шунтування контактів переривача або їх нерухомих замкнутий стан. При увімкненні запалювання стрілка амперметра відхиляється на розряд і залишається нерухомою при прокручуванні колінчастого валу. Цим ознакам відповідають такі несправності: механічне розстикування ротора розподільника з колінчастим валом; замикання обкладок конденсатора первинного кола; пробій виконавчого транзистора у комутаторі струму. Перша причина підтверджується або спростовується під час зовнішнього огляду переривача зі знятою кришкою розподільника. Для підтвердження другої причини відключають конденсатор і виконують випробування (прокручування). Якщо стрілка амперметра при цьому реагує на оберти колінчастого валу, несправний конденсатор (іскра високовольтного розряду з відключеним конденсатором буде слабкою або не виникатиме зовсім);

- несправна котушка запалювання (обрив, замикання або пробій на корпус вторинної обмотки, замикання витків первинної обмотки). Спостерігається коливання стрілки амперметра при прокручуванні колінчастого валу,

іскра відсутня. Такі самі ознаки виникають у разі обриву обкладок конденсатора. Несправність локалізується заміною елементів.

**2. Ускладнений пуск двигуна: нерегулярні спалахи робочої паливоповітряної суміші в окремих циліндрах. Після запуску і прогрівання двигун працює нормально.** Причини несправності та способи її виявлення:

- розряджена АКБ; це підтверджується зниженням напруги в режимі запуску. Для полегшення запуску слід перемкнути додатковий опір первинного кола котушки запалювання (клеми «ВК» і «ВК-Б»);

- утворення нагару на нижній частині або волога на верхній частині свічок запалювання, волога на роторі або кришці розподільника. Встановлюється візуально після часткового розбирання розподільника та викручування свічок.

**3. Нестійка робота двигуна на різних обертах.** Причиною появи такої ознаки може бути спрацювання рухомих деталей системи або ненадійний контакт високовольтних проводів при вібраціях двигуна. Несправність локалізується зовнішнім оглядом і випробуванням.

**4. При плавному відкритті дросельної заслінки відбувається нерівномірне збільшення частоти обертів двигуна.** Причини несправності та способи її виявлення:

- динамічний обрив або пробій провідників. Несправність локалізується зовнішнім оглядом і заміною проводів;

- окиснення або забруднення контактів переривача, підтверджується зовнішнім оглядом у неробочому стані двигуна зі знятою кришкою розподільника;

- порушення оптимального зазору між контактами переривача або свічок запалювання, підтверджується вимірюванням зазорів з допомогою каліброваних щупів.

**5. Значні коливання двигуна на опорах при обертах холостого ходу.** Причини несправності та способи її виявлення:

- зменшення ємності конденсатора або замикання між витками первинної обмотки котушки запалювання. Локалізація несправності здійснюється заміною елементів;

- тріщини у кришці розподільника. Провести зовнішній огляд стану кришки. Якщо двигун працює, можуть спостерігатися електричні розряди в місцях пошкоджень;

- утрата пружності пружини переривача. Проводиться зовнішній огляд стану пружини та її випробування. У разі необхідності вимірюють тиск пружини з допомогою динамометра на момент розмикання контактів (з непрацюючим двигуном), порівнюючи його з нормованими значеннями.

**6. Двигун запускається, але після вимкнення стартера глухне.** Така ознака викликана обривом або перегоранням додаткового резистора котушки запалювання. Контроль здійснюють перемиканням виводів «ВК» і «ВК-Б» на котушці запалювання або додатковому резисторі. Якщо при цьому двигун після вимкнення стартера не глухне, діагноз підтверджується. Якщо глухне, можлива втрата контакту в мережі живлення системи (замок запалювання, вивід «ВК-Б» котушки запалювання або додаткового резистора) при збільшенні напруги борта на момент вимкнення стартера. Перевіряється шунтуванням ділянок кола перемичкою.

**7. Спостерігається підвищена витрата пального і зниження потужності двигуна.** Така ознака виникає у разі відсутності іскри в одному або кількох циліндрах або при фазових порушеннях процесу запалювання суміші в циліндрах. Для локалізації несправності доцільно звернути увагу на додаткові ознаки:

- помітні коливання двигуна на опорах. Причини: несправні окремі свічки; резистори, що подавляють радіочастотні перешкоди; високовольтні проводи; пробій кришки розподільника. Несправність виявляють описаними раніше способами (огляд, заміна);

- під час руху автомобіля двигун не забезпечує достатню потужність і прийомистість. Причина – порушення оптимального зазору між контактами переривача. Контроль здійснюють перевіркою зазору з допомогою щупів. Перерахованим ознакам відповідають загальні причини: неправильна установка кута запалювання або несправність елементів випередження запалювання. Для підтвердження діагнозу та локалізації несправності у цьому разі використовують автомобільні стробоскопи.

Двигун перегрівається, працює з детонаціями, спостерігається слабка іскра високої напруги. Причини – несправний або обірваний конденсатор первинного кола, несправні деякі свічки, обгоряння або спрацювання контактів переривача.

**8. Двигун працює з перебоями.** Ознака може бути викликана цілим комплексом несправностей, розглянутих раніше: динамічні порушення контакту в колах системи запалювання, ненадійне кріплення ротора розподільника до двигуна, обрив провідника між рухомим і нерухомим дисками механізму переривача, втрата пружності пружини, окиснення або забруднення контактів переривача, нещільне кріплення до корпусу або втрата ємності конденсатора первинного кола, частковий пробій витків вторинної або замикання між витками первинної обмотки котушки запалювання, тріщини та пробой кришки розподільника, порушення оптимального зазору між контактами переривача або свічок, тріщини або значний нагар на свічках. Локалізацію несправності за даними ознаками здійснюють раніше описаними способами.

**9. Раптова зупинка двигуна, перед зупинкою відбувається нерівномірна робота двигуна.** Ця ознака відповідає несправностям, що пов'язані з обривом первинного кола системи, шунтуванням контактів переривача, порушеннями (обрив, пробій) у вторинному колі системи, обгорянням або забрудненням контактів переривача. Локалізацію несправності здійснюють раніше описаними способами.

**Несправності котушки запалювання розпізнаються за описаними далі ознаками.**

1. Відсутність іскрового розряду дає можливість зробити висновок про розрив у первинній обмотці, у з'єднувальних проводах або в задавальному каскаді запалювання, або про внутрішнє коротке замикання високовольтного кола на «масу».

Не генерується висока напруга.

2. Нагрівання котушки запалювання, якщо двигун не працює, вказує на наявність короткого замикання у задавальному каскаді запалювання або на «масу» між клемою і задавальним каскадом запалювання.

При цьому можлива небезпека загоряння проводів і виходу з ладу катушки запалювання.

3. Сильне нагрівання катушки запалювання при роботі двигуна вказує на коротке замикання між кількома витками однієї з обмоток або неправильне їх підключення.

При цьому можлива небезпека загоряння проводів і виходу з ладу катушки запалювання.

4. Перебої в запалюванні або нерівномірна робота двигуна на певних діапазонах навантаження/частоти обертання КВ можуть бути причиною пониження високої напруги. При цьому катушка запалювання не забезпечує встановлених характеристик запалювання.

Пошкоджена ізоляція високовольтних елементів або спрацювання електродів свічок запалювання можуть також призвести до описаних наслідків.

Катушка запалювання є складовою частиною системи запалювання, у якій усі елементи за своїми електричними характеристикам адаптовані один до одного. Тому при заміні катушки запалювання дуже важливо забезпечити сумісність електричних характеристик катушки та решти елементів системи запалювання.

Використання катушки запалювання з невідповідними характеристиками може призвести до таких несправностей або пошкоджень системи:

- вихід з ладу задавальних каскадів запалювання у блоці керування двигуном через струми занадто великої сили;
- руйнування катушки запалювання струмами занадто великої сили;
- передчасне спрацювання електродів свічок запалювання;
- збої в роботі двигуна і перебої в запалюванні;
- пошкодження або вихід з ладу каталітичного нейтралізатора;
- пошкодження двигуна, наприклад, через відсутній діод EFU.

**Перевіряючи катушку запалювання на двигуні автомобіля**, треба зняти кришку з розподільника запалювання і, прокручуючи колінчастий вал двигуна, встановити контакти переривача у замкнутий стан. Увімкнути запалювання. Високовольтний провід, що йде від катушки запалювання, потрібно підвести до «маси» двигуна на відстань 5-7 мм і періодично розмикаючи контакти переривача рукою.

Якщо катушка запалювання справна (заряджена акумуляторна батарея та справний конденсатор), кожне розмикання контактів повинне супроводжуватися безперебійною іскрою.

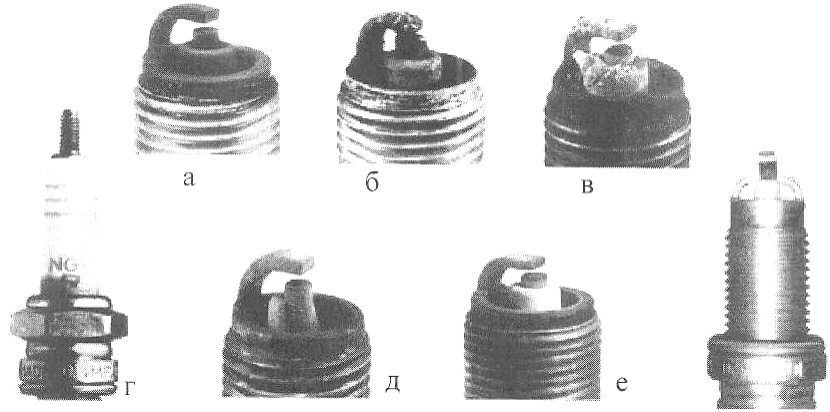
**Перевірка катушки запалювання на стенді.** Перевірку максимальної частоти обертання валика розподільника, при якій катушка запалювання забезпечує безперебійне іскроутворення, виконують на стенді для перевірки приладів системи запалювання, що обладнаний триелектродними голчастими розрядниками з іскровим проміжком 7 мм.

**Оцінка стану свічки запалювання за її зовнішнім виглядом** дає можливість оцінити умови роботи її самої і двигуна. Зовнішній вигляд електродів та ізоляторів свічки запалювання інформує про режим роботи свічки, про склад робочої суміші та про процес згоряння у двигуні.

За зовнішнім виглядом можна визначити стан свічок запалювання, наведений на рис. 2.137.



З приводу вигляду свічок слід додати, що відхилення процесів згоряння з різних причин викликають несправності свічки, які у свою чергу стають причиною наступного погіршення роботи двигуна (прояв ознак несправності). У такому разі визначити, що є причиною, а що наслідком не завжди вдається. Так, виток під високою напругою або пробої по корпусу свічки (рис. 2.137, г, ж) відбуваються через забруднення поверхні свічки або головки блока циліндрів і призводять до зменшення енергії іскрового розряду (якості підпалювання суміші) та, як наслідок, утворення нагару (рис. 2.137, а), який у подальшому зростає (рис. 2.137, б) і викликає розжарювальне запалювання (рис. 2.137, в) або детонацію (рис. 2.137, д). Сірий колір незначного покриття електродів (рис. 2.137, е) вказує на наявність присадок або домішки з'єднань заліза.



**Рис. 2.137. Зовнішні ознаки несправних свічок запалювання:**

а – відкладення нагару; б – зміна кольору теплового конуса; в – крихкі відкладення; г – наслідки витоків під високою напругою; д – поломка (розтріскування) ізолятора; е – світле покриття електродів; ж – наслідки пробою на корпус

Основними зовнішніми ознаками несправ-

ностей і пошкоджень свічок є:

**1. Нормальний стан.** Основа ізолятора від сіро-білого/сіро-жовтого кольору до рижуватого. Двигун у хорошому стані. Розжарювальне число вибране правильно. Склад робочої суміші й установка моменту запалювання оптимальні, немає перебоїв у запалюванні, пристрій для збагачення суміші при запуску холодного двигуна функціонує нормально.

Немає відкладень від дії паливних присадок, що містять свинець, або присадок до моторного масла. Перегрівання відсутнє.

**2. Закопчена свічка.** Тепловий конус ізолятора, електроди та корпус свічки запалювання покриті крихкою, матово-чорною кіптявою. Причина: неправильний склад робочої суміші (карбюратор, система впорскування) – суміш занадто багата, повітряний фільтр сильно забруднений, повітряна заслінка з автоматичним керуванням або трос повітряної заслінки пошкоджені, автомобіль працює переважно на коротких дистанціях пробігу, свічка запалювання занадто холодна і її розжарювальне число занадто низьке.

Наслідки: перебої в запалюванні, поганий запуск холодного двигуна.

Потрібне регулювання складу суміші до оптимального рівня, перевірка повітряного фільтра.

**3. Замаслений стан.** Тепловий конус ізолятора, електроди та корпус свічки запалювання замаслені або покриті блискучим маслянистим нагаром.

Причина: потрапляння великої кількості масла в камеру згоряння. Рівень масла у піддоні двигуна занадто високий, сильно спрацьовані поршневі кільця, циліндри та напрямні клапанів. У двотактних двигунах занадто багато масла в робочій суміші.

Наслідки: перебої в запалюванні, поганий запуск холодного двигуна.

Потрібен ремонт двигуна, оптимізація складу робочої суміші, установка нових свічок запалювання.

**4. Відкладення свинцю.** Тепловий конус ізолятора місцями покритий жовто-коричневою глазур'ю, яка може бути також зеленуватого кольору.

Причина: наявність присадок, що містять свинець, у пальному. Глазур утворюється в умовах, коли двигун працює з великим навантаженням після тривалого часткового навантаження.

Наслідки: у разі підвищеного навантаження наліт стає електропровідним і викликає перебої в запалюванні.

Потрібно встановити нові свічки запалювання, тому що очищення електродів неможливе.

**5. Великі відкладення свинцю.** На тепловому конусі ізолятора місцями є товстий шар жовто-коричневої глазури, колір якої може переходити у зеленуватий відтінок.

Причина: наявність присадок у пальному, що містять свинець, – глазур утворюється в умовах, коли двигун починає працювати з великим навантаженням після тривалого часткового навантаження.

Наслідки: у разі підвищеного навантаження наліт стає електропровідним і викликає перебої в запалюванні.

Потрібно встановити нові свічки запалювання, тому що очищення електродів неможливе.

**6. Утворення сажі.** Утворення великого шару сажі на тепловому конусі ізолятора відбувається через наявність присадок у змашувальному маслі та пальному, у кільцевому зазорі термічного розширення і на «масовому» електроді. Структура – від крихкої до шлакоподібної.

Причина: частки присадок, що наявні у пальному й особливо в маслі, можуть утворювати частки сажі в камері згоряння та на електродах свічки.

Наслідки: це призводить до розжарювального запалювання із втратою потужності та виходом з ладу двигуна.

Потрібен ремонт двигуна, заміна свічок запалювання на нові, використання інших сортів масла.

**7. Розплавлення центрального електрода.** Центральний електрод розплавлений, тепловий конус ізолятора пористий, губчастий і розм'якшений.

Причина: теплове перевантаження в результаті розжарювального запалювання. Наприклад, через установку занадто раннього запалювання, осад від згоряння у камері згоряння, дефектні клапани, несправний розподільник запалювання та недостатньої якості пальне. Можливе занадто низьке розжарювальне число.

Наслідки: перебої у запалюванні, втрата потужності (вихід з ладу двигуна). Потрібна перевірка двигуна, систем запалювання, впорскування і випуску, установка нових свічок запалювання з правильним розжарювальним числом.

**8. Оплавлення центрального електрода.** Центральний електрод оплавлений, одночасно дуже сильно пошкоджений масовий електрод.

Причина: теплове перевантаження внаслідок розжарювального запалювання, наприклад, через установку занадто раннього моменту запалю-

вання, нагароутворення в камері згоряння, дефектні клапани та розподільник запалювання, використання низькоякісного пального.

Наслідки: перебої в запалюванні, втрата потужності, можливий вихід з ладу двигуна, системи запалювання, впорскування та випуску. Тепловий конус ізолятора може бути пошкоджений через перегрівання центрального електрода. Потрібна перевірка двигуна, установка нових свічок запалювання.

**9. Розплавлені електроди.** Електроди за зовнішнім виглядом нагадують цвітну капусту. Можливий осад чужорідних для свічки запалювання матеріалів.

Причина: теплове перевантаження в результаті розжарювальне запалювання, наприклад, через установку занадто раннього моменту запалювання, нагароутворення в камері згоряння, дефектні клапани та розподільник запалювання, використання низькоякісного пального.

Наслідки: від зниження потужності до повного виходу з ладу двигуна.

Потрібна перевірка двигуна, систем запалювання, впорскування і випуску, установка нових свічок запалювання.

**10. Значне спрацювання центрального електрода.** Причина: не дотримуються терміни заміни свічок запалювання.

Наслідки: перебої в запалюванні, особливо у разі прискорення (напруга запалювання в умовах збільшеного зазору між електродами уже недостатня), погіршення пускових характеристик двигуна.

Потрібна заміна свічок запалювання на нові.

**11. Сильне ерозійне спрацювання «масового» електрода.** Причина: наявність хімічно агресивних присадок у пальному й маслі, несприятливий вплив на переміщення робочої суміші у камері згоряння за рахунок відкладень та інших чинників, детонація двигуна. Теплове перевантаження відсутнє.

Наслідки: перебої в запалюванні, особливо при прискореннях (напруга запалювання в умовах збільшеного зазору між електродами уже недостатня), погіршення пускових характеристик двигуна.

Потрібна установка нових свічок запалювання.

**12. Розтріскування теплового конуса ізолятора.** Причина: механічне пошкодження (наприклад, удар, падіння або натискання на центральний електрод у разі некомпетентного поводження). У крайньому разі тепловий конус ізолятора може бути розщеплений через відкладення між центральним електродом і тепловим конусом або за рахунок корозії центрального електрода (особливо коли не дотримуються встановлені терміни заміни свічок).

Наслідки: перебої в запалюванні. Іскровий розряд утворюється у тих місцях, які недостатньо доступні для робочої суміші.

Потрібна установка нових свічок запалювання.

У зв'язку з цим оцінка цього зовнішнього вигляду свічок запалювання є суттєвим елементом діагностики двигуна. Але правильність цієї оцінки пов'язана з деякими важливими передумовами. Для проведення оцінювання автомобіль повинен мати певний пробіг – приблизно 10 км. При цьому двигун повинен працювати на режимі змінної частоти обертання КВ з середньою потужністю. Слід уникати тривалої роботи двигуна на режимах холостого ходу перед його вимкненням. Попередня тривала робота двигуна на режимах холостого ходу, особливо в тому разі, якщо запускається холодний

двигун, може призвести до того, що електроди будуть покриті шаром сажі, що не дасть можливості точно оцінити стан свічки.

Методи усунення описаних можливих несправностей наведені у табл. 2.36.

Таблиця 2.36

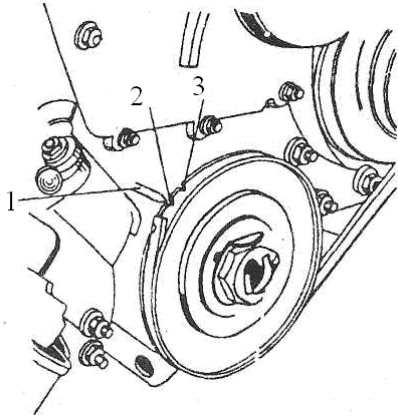
**Можливі несправності системи запалювання,  
їх причини і методи усунення**

Причина несправності	Метод усунення
<i>Двигун не запускається</i>	
1. Струм не проходить через контакти переривача: - забруднені, окиснені або пригоріли контакти переривача; утворився горбок і кратер на контактах (ерозія), занадто великий зазор між контактами або ослабла притискна пружина	Зачистити контакти й відрегулювати зазор між ними; якщо ослабла притискна пружина, замінити контактну групу
- ослабло кріплення або окиснені наконечники проводів у колі низької напруги, обрив проводів або замикання їх з масою; - несправний вимикач запалювання: не замикаються контакти («15/1» і «30/1»)	Перевірити проводи та з'єднання, замінити пошкоджені проводи. Перевірити і у разі необхідності замінити вимикач запалювання або його контактну частину
- пробитий конденсатор (коротке замикання); - обрив у первинній обмотці котушки запалювання	Замінити конденсатор. Замінити котушку запалювання
2. Не розмикаються контакти переривача: - порушене регулювання зазору між контактами переривача; - дуже спрацьовані текстолітова подушечка або втулка важілька переривача	Відрегулювати зазор між контактами. Замінити контактну групу
3. Не подається висока напруга до свічок запалювання: - нещільно посаджені в гніздах, відірвались або окиснені наконечники проводів високої напруги, проводи дуже забруднені або пошкоджена їх ізоляція; - спрацювання або пошкодження контактної вуглика, зависання його у кришці розподільника запалювання	Перевірити і відновити з'єднання, очистити або замінити проводи. Перевірити, у разі необхідності замінити кришку
- витік струму через тріщини або прогари в роторі розподільника запалювання, через нагар або вологу на внутрішній поверхні кришки; - витік струму через тріщини або прогари в роторі розподільника запалювання; - обрив або замикання на «масу» вторинної обмотки котушки запалювання	Перевірити, очистити кришку від вологи і нагару, замінити кришку, якщо на ній є тріщини. Перевірити, у разі необхідності замінити ротор. Замінити котушку запалювання
4. Порушений порядок приєднання проводів високої напруги до контактів кришки розподільника запалювання	Перевірити, при'єднати проводи відповідно до порядку роботи циліндрів 1-3-4-2
5. Зазор між електродами свічок не відповідає нормі або замаслені свічки запалювання	Очистити свічки або відрегулювати зазор між їх електродами

Причина несправності	Метод усунення
6. Пошкоджені свічки запалювання (тріщини на ізоляторі)	Замінити свічки новими
7. Неправильна установка моменту запалювання	Перевірити і відрегулювати установку моменту запалювання
<b><i>Двигун працює нестійко або зупиняється на режимах холостого ходу</i></b>	
1. Занадто раннє запалювання в циліндрах двигуна	Перевірити і відрегулювати установку моменту запалювання
2. Великий зазор між електродами свічок запалювання	Перевірити і відрегулювати зазор між електродами свічок запалювання
3. Ослаблені пружини тягарців регулятора випередження запалювання	Замінити пружини, перевірити роботу відцентрового регулятора на стенді
<b><i>Перебої в роботі двигуна при будь-якій частоті обертання КВ</i></b>	
1. Пошкоджені проводи в системі запалювання, ослаблене кріплення проводів або окиснені їх наконечники	Перевірити проводи і з'єднання, пошкоджені проводи замінити
2. Забруднені, окиснені, прогоріли або зміщені контакти переривача	Зачистити контакти і відрегулювати зазор між ними
3. Зниження ємності конденсатора або обрив у ньому	Перевірити конденсатор й у разі необхідності замінити
4. Спрацювання або пошкодження контактної вуглика у кришці розподільника запалювання, ослаблені пружини вуглика	Замінити кришку розподільника запалювання
5. Значне підгоряння центрального контакту ротора розподільника запалювання	Зачистити центральний контакт
6. Тріщини, забруднення або прогари в роторі або кришці розподільника запалювання	Перевірити, замінити ротор або кришку
7. Занадто велике биття валика, підвищене спрацювання втулки валика	Замінити розподільник запалювання
8. Спрацювання електродів або замаслювання свічки запалювання, тріщини на ізоляторі свічки	Перевірити свічки, очистити від нагару, відрегулювати зазор між електродами, пошкоджену свічку замінити
<b><i>Двигун не розвиває повної потужності і не має достатньої прийомистості</i></b>	
1. Неправильна установка моменту запалювання	Перевірити і відрегулювати установку моменту запалювання
2. Заїдання тягарців регулятора випередження запалювання, ослабли пружини тягарців	Перевірити і замінити пошкоджені деталі
3. Велике спрацювання втулки рухомого контакту переривача	Перевірити і замінити контактну групу

### 2.11.5. Перевірка моменту запалювання, свічок запалювання і розподільника запалювання

**Установка моменту запалювання.** Для перевірки установки моменту запалювання є мітки (рис. 2.126, 2.138). На рис. 2.138 наведено положення установочних міток 2 і 3 на шківі КВв момент знаходження поршня першого циліндра у ВМТ.



**Рис. 2.138. Положення установочних міток**

частиною кузова автомобіля, який перевіряють;

- вставити між проводом свічки запалювання першого циліндра і свічкою перехідник для підключення стробоскопічної лампи й позначити крейдою для більшої видимості мітку на шківі колінчастого валу;

- запустити двигун, спрямовуючи блимаючий потік світла стробоскопа на мітку на шківі; якщо момент запалювання установлений правильно, при холостому ході двигуна видима мітка 1 (установочний приливочок) повинна знаходитися навпроти мітки 3. Якщо момент запалювання установлений неправильно, слід зупинити двигун, ослабити гайку кріплення розподільника і повернути його на необхідний кут. Для збільшення кута випередження запалювання корпус розподільника слід повернути проти годинникової стрілки, а для зменшення – за годинниковою стрілкою. Потім знову перевірити установку моменту запалювання.

Якщо є діагностичний стенд з осцилоскопом, то з його допомогою також можна легко перевірити установку моменту запалювання, керуючись інструкцією на стенді.

**Розподільник запалювання.** Перевірку й регулювання розподільника запалювання виконують з допомогою контрольного стенда для перевірки приладів системи запалювання, який дає можливість змінювати швидкість обертання валика розподільника запалювання до  $3000 \text{ хв}^{-1}$ .

**Перевірка кута замкнутого стану контактів (КЗСК) переривача** виконується, коли частота обертання валика розподільника запалювання, встановлена  $(1000 \pm 100) \text{ хв}^{-1}$ ; величина кута визначається за показанням стрілкового покажчика.

Якщо КЗСК не відповідає технічній характеристиці, його регулювання виконують таким чином:

- ослабити гвинти, що кріплять контактну стійку до рухомої пластини переривача;

- вставити викрутку в паз на стійці та збільшити (або зменшити) КЗСК наближенням (або віддаленням) контакту стійки до (від) контакту на важільці переривача;

- закінчивши регулювання затягнуть гвинти, які закріплюють контактну стійку.

В експлуатації, якщо спеціального стенда для перевірки КЗСК немає, допускається перевіряти та регулювати замість кута зазор між контактами переривача.

**Перевірку зазору між контактами переривача** виконують таким чином:

- повернути валик розподільника до положення, коли текстолітова подушка важільця переривача встане на виступ грані кулачка, при цьому зазор між контактами буде найбільшим;

- перевірити зазор між контактами щупом і в разі необхідності відрегулювати його. Регулювання зазору виконують таким самим чином, як і регулювання КЗСК.

Після регулювання КЗСК або зазору між контактами переривача порушується правильність установки моменту запалювання. Тому після регулювання зазору треба перевірити і, якщо необхідно, відрегулювати установку моменту запалювання.

Перевірку характеристики відцентрового регулятора розподільника виконують при поступовому збільшенні частоти обертання валика розподільника запалювання.

У контрольних точках зафіксувати величини кутів випередження запалювання, що встановлюються відцентровим регулятором. У разі необхідності регулювання виконують рихтуванням стійок тягарців наступним чином:

- стійку тягарців, на якій кріпиться тонка пружина, слід рихтувати при регулюванні відцентрового регулятора на малій частоті обертання;

- на частоті обертання більшій за  $1000 \text{ хв}^{-1}$  необхідно підгинати стійку, на якій кріпиться товста пружина.

**Перевірку характеристики вакуумного регулятора розподільника** виконують при установці частоти обертання валика розподільника вищій за частоту, при якій відцентровий регулятор розкривається на максимальний кут.

Перевірку необхідно виконувати таким чином:

- створити у камері вакуумного регулятора розрідження, використовуючи для цього вакуумний насос;

- виміряти величини кутів випередження запалювання спочатку плавним збільшенням розрідження, потім його плавним зменшенням.

У разі необхідності характеристику вакуумного регулятора можна змінити, змістивши його відносно корпусу по горизонтальній осі регулятора. Крім того, характеристику вакуумного регулятора можна змінити, натиснувши на кільцеву поверхню його штампованого кожуха.

**Перевірка зусилля притиснення контактів переривача.** Перевірку необхідно виконувати у такому порядку:

- підключити «+» джерела через автомобільну лампу напругою 12 В до його низьковольтного затискача;

- замкнути контакти переривача поворотом валика розподільника до загоряння контрольної лампи;

- виміряти динамометром натягнення пружини переривача в момент розмикання контактів. Момент розмикання контактів визначається припиненням світіння лампи. Зусилля динамометра прикладати по осі контактів.

**Перевірку безперебійності іскроутворення розподільника** виконують на стандартних триелектродних голчастих розрядниках з іскровим проміжком 7 мм при частоті обертання валика до  $3000 \text{ хв}^{-1}$ .



Під час перевірки виводи високої напруги з'єднати високовольтними проводами з розрядниками. Напруга постійного струму на затискачах первинного кола котушки запалювання (при замкнутих контактах переривача) повинна бути 12-12,3 В.

При поступовому підвищенні частоти обертання валика розподільника від  $200 \text{ хв}^{-1}$  до максимальної частоти обертання не повинно бути помітних на око (і на слух) перебоїв в іскроутворенні. Перевірку відхилення у чергуванні іскор (асинхронізм) виконувати при частоті обертання валика розподільника не більшої  $100 \text{ хв}^{-1}$ .

**Огляд і перевірка свічок запалювання.** Свічка запалювання складається з керамічного ізолятора 5 (рис. 2.139), всередині якого знаходиться центральний електрод 2, зроблений із жаростійкого сплаву, та металевих корпусу 4, до якого приварений боковий електрод 1.

Для герметичності з'єднання свічки запалювання з головкою циліндра на свічку запалювання встановлюється ущільнювальне кільце 3.

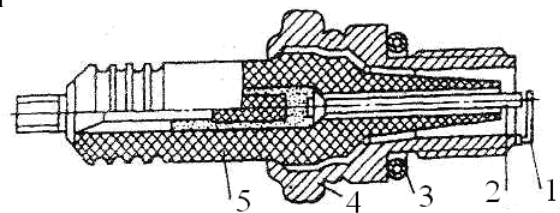
Після зняття свічки запалювання з двигуна переконайтесь у відсутності яких-небудь механічних пошкоджень теплового конуса ізолятора й електродів свічки. Якщо на теплому конусі ізолятора є кіптява, треба очистити свічку запалювання на піскоструминному апараті, промити щіткою в чистому бензині та продути стиснутим повітрям.

Потім слід перевірити зазор між електродами, який повинен бути в межах  $0,8 \pm 0,15 \text{ мм}$ .

Під час регулювання зазору не можна натискати на центральний електрод, тому що це може призвести до поломки носика ізолятора.

Перевіряти справність свічки треба на спеціальному приладі під тиском.

У справних свічках запалювання при тиску  $834 \pm 49 \text{ кПа}$  ( $8,5 \pm 0,5 \text{ кгс/см}^2$ ) повинне забезпечуватися безперебійне іскроутворення між електродами при тиску  $1031 \pm 48 \text{ кПа}$  ( $10,5 \pm 0,5 \text{ кгс/см}^2$ ) нова свічка повинна бути герметичною – повітря не повинно проходити в місцях з'єднання центрального електрода з ізолятором та корпусу з ізолятором.



**Рис. 2.139. Свічка запалювання А20Д2:**

1 – боковий електрод; 2 – центральний електрод; 3 – ущільнювальне кільце; 4 – корпус; 5 – ізолятор

### 2.11.6. Локалізація несправностей системи запалювання

Основними несправностями систем запалювання є: руйнування ізоляції проводів низької та високої напруги і замикання їх на масу; порушення контакту в місцях з'єднань; обгорання або окиснення контактів переривача; зміна зазору між контактами; ослаблення пружин рухомого контакту; підвищення люфту валика розподільника; пробій конденсатора; забризкування маслом контрольних і бокових електродів свічок запалювання й покриття їх нагаром; зміна зазору між електродами свічок запалювання; міжвиткові замикання, особливо у первинній обмотці котушки запалювання, що призводять до перегорання обмотки; неправильна початкова установка моменту

випередження запалювання і несправність відцентрового та вакуумного регулятора.

Електричні процеси в колах системи запалювання аналізують з допомогою автомобільного осцилографа з метою визначення технічного стану елементів системи та її монтажу. При цьому розглядаються два етапи: порівняння рівнів сигналів з використанням послідовної розгортки та порівняння форми сигналів спотворення часових функцій електричних процесів з використанням накладеної розгортки осцилографа. На першому етапі відслідковуються рівні напруг пробою і горіння іскри, тривалості накопичення енергії та іскрового розряду по циліндрам, на другому аналізується деформування осцилограм відносно їх нормованої форми по кожному циліндру.

Рівень пікового значення напруги пробою, в першу чергу, визначається величиною зазору іскрового проміжку свічки запалювання. З цього приводу можна відмітити наступне.

Якщо зазор між електродами свічки запалювання менше оптимального, пробій відбувається при меншій напрузі. При цьому умови для підпалювання паливоповітряної суміші погіршуються і, як наслідок, знижуються потужнісні та паливна економічність двигуна.

У разі збільшеного зазору навпаки пробій відбувається при більш високій напрузі, але при цьому скорочується тривалість іскрового розряду й виникає ймовірність пробою (витоків струму) в елементах високовольтної лінії системи. Ці фактори призводять до перебоїв запалювання і неможливості запуску двигуна.

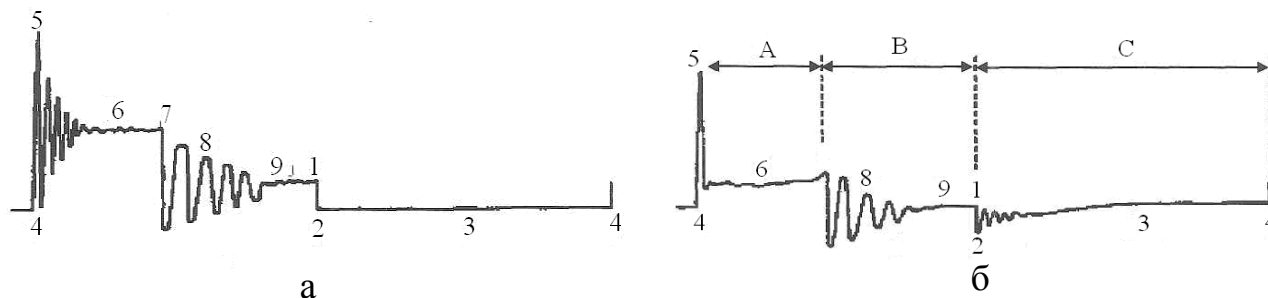
Якщо при нормованому зазорі свічок спостерігається зниження рівня напруги пробою (до 4-6 кВ), це свідчить про зниження електричної густини газового проміжку за рахунок збагачення паливоповітряної суміші в циліндрі. У цьому разі увагу приділяють системі паливопостачання (карбюратору або системі впорскування). І навпаки, підвищений рівень напруги пробою (більше 13-15 кВ) є наслідком збіднення паливоповітряної суміші. При цьому з'являються зупинка двигуна на режимах холостого ходу і втрата потужності на робочих режимах. Такі самі наслідки можуть бути викликані причинами електричного характеру (неповний контакт у високовольтній лінії, тріщини у кришці розподільника, пробій бігунка). Якщо напруга пробою перевищена в окремих циліндрах, можливою причиною може бути підсмоктування повітря в ці циліндри.

Рівень напруги і тривалість іскрового розряду при фіксованій потужності котушки запалювання визначають енергію іскри та, відповідно, і якість згоряння паливної суміші в циліндрі. Щоб детально проаналізувати перелічені параметри щодо кожного циліндра, збільшують масштаб на екрані мотор-тестера і виконують накладену розгортку осцилографа.

Під час діагностування, на осцилограмах напруг по колах системи запалювання у межах одного робочого циклу розглядають три ділянки: А – горіння іскри; В – затухання коливань; С – накопичення енергії (рис. 2.140 [39]). Згідно з позиціями на рис. 2.140 розглядаються електричні процеси за моментами, вказаними на осцилограмах:

1. Момент замикання контактів.

2. Початок накопичення енергії, зростаючий струм через первинну обмотку утворює магнітний потік у котушці запалювання.



**Рис. 2.140. Осцилограми напруг справної системи запалювання з механічним переривачем:**

а – первинного кола; б – вторинного кола

3. Ділянка накопичення енергії характеризується часом накопичення або кутом замкнутого стану контактів (КЗСК).

4. Момент розмикання контактів переривача (припинення струму первинного кола), магнітний потік різко згасає, індукується ЕРС взаємоіндукції високої напруги у вторинній обмотці.

5. Пікове значення вторинної напруги на момент пробою іскрового проміжку свічки запалювання, початок горіння іскри.

6. Ділянка горіння іскри характеризується значенням напруги і тривалістю іскрового розряду.

7. Момент припинення іскрового розряду через нестачу енергії, накопиченої у котушці запалювання.

8. Ділянка коливального процесу обміну енергією між котушкою запалювання і конденсатором первинного кола.

9. Коливальний процес затухає, струм у первинному колі припиняється.

Осцилограми первинної та вторинної напруги електронних систем запалювання (систем із транзисторним комутувальним елементом) подібні осцилограмам систем з механічним переривачем. Розбіжність з'являється у формі коливань на лінії іскри первинного кола. Це пояснюється різним підключенням обмоток котушки запалювання і конденсатора первинного кола. У системах з механічним переривачем обмотки підключені за автотрансформаторною схемою, а конденсатор підключений паралельно контактам переривача, утворюючи послідовний коливальний контур з первинною обмоткою котушки запалювання. В електронних системах обмотки котушки запалювання підключені за трансформаторною схемою, а конденсатор підключений паралельно первинній обмотці, утворюючи з нею паралельний коливальний контур. Спираючись на наведену інформацію, локалізують несправність системи запалювання шляхом аналізу окремих ділянок осцилограм.

У період накопичення енергії (ділянка С) первинний сигнал (поз. 1) повинен з'являтися у певний час (при певному куті) для усіх циліндрів. Якщо це не так, слід перевірити профіль кулачкового валу механізму переривача (в електронних системах датчик кутового положення КВі модуль керування системою запалювання).

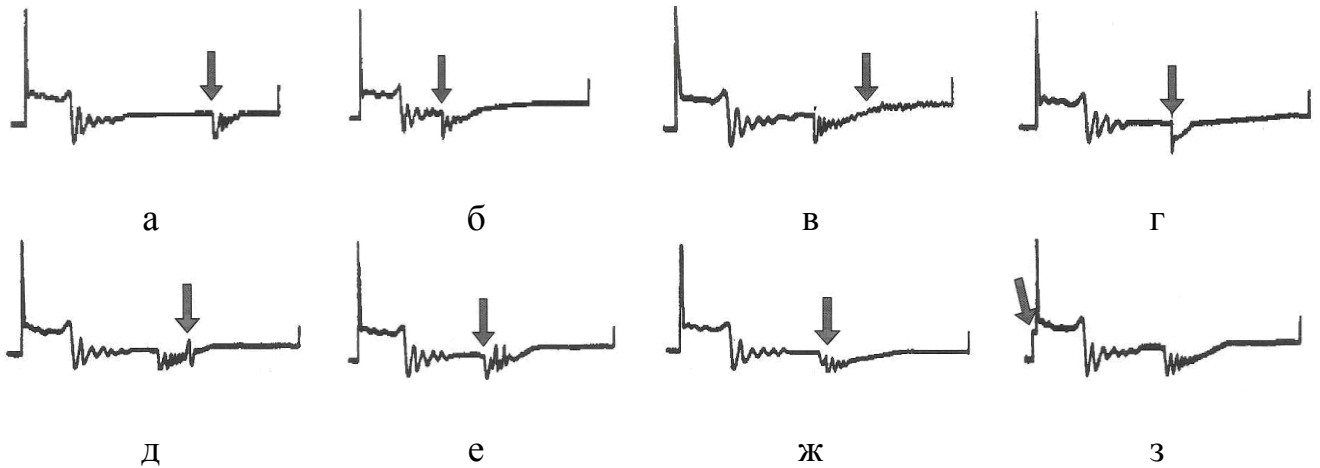
Тривалість накопичення енергії (або КЗСК) повинна бути однаковою для усіх циліндрів. Занадто великі значення цих параметрів можуть бути викликані спрацюванням кулачків валу і контактів переривача. При збільшенні частоти обертання колінчастого валу, тривалість накопичення енергії (або КЗСК) може збільшуватися, бути постійною або зменшуватися залежно

від типу системи запалювання. Якщо ці параметри не відповідають нормованим характеристикам, необхідно шукати несправність в управляючому модулі системи запалювання, який відповідає за нормування часу накопичення енергії.

На рис. 2.141 наведені осцилограми, отримані у разі появи характерних несправностей, що реєструються.

Згідно з позиціями рис. 2.141 можна вказати на причини порушення електричних процесів:

а, б) неправильно відрегульований (спрацьований) механізм переривача (сигнал замикавання контактів переривача відбувається занадто рано або пізно);



**Рис. 2.141. Викривлення осцилограми вторинної напруги на ділянці накопичення енергії, що відповідають характерним несправностям системи запалювання**

в) порушений контакт заземлення котушки запалювання (нестійка лінія замкнутого стану контактів переривача);

г) несправна котушка запалювання або зруйновані контакти переривача (порушення згасаючого коливального процесу);

д) пошкоджена робоча поверхня кулачкового валу механізму переривача (помилковий сигнал у зоні замикавання контактів);

е) забруднені або підгоріли контакти переривача, спрацювання кулачка переривача або неправильне регулювання зазору контактів переривача, що викликає вібрації контактів на високих обертах двигуна («биття» осцилограми у зоні замикавання контактів переривача);

ж) контакти переривача мають надлишковий опір, спричинений підгорянням, (перший викид напруги під час замикавання контактів менший, ніж другий);

з) несправний конденсатор або ненадійний контакт між конденсатором і переривачем (момент підвищення вторинної напруги не збігається з моментом переривання первинного кола).

У період горіння іскри (ділянка А) рівень напруги пробою іскрового проміжку (рис. 2.140, поз. 5) звичайно складає 4-8 кВ у швидкісному діапазоні двигуна. Напруга горіння іскри не повинна перевищувати 40% допустимої напруги котушки запалювання, величина якої зумовлюється її електричною міцністю. В електронних системах котушка запалювання вважається-

ся справною, якщо при швидкості обертання  $KB1500 \text{ хв}^{-1}$  вона генерує напругу не менше 5 кВ і підтримує горіння іскри протягом не менше 0,85 мс.

У системах запалювання з механічним переривачем випробування колушки дозволяється проводити шляхом відключення свічкового проводу. При цьому на екрані осцилографа буде реєструватися пікове (амплітудне) значення вторинної напруги відключеного циліндра (режим холостого ходу системи запалювання). Імпульс вторинної напруги буде відображатися на осцилограмі в зоні горіння іскри. Амплітуда цього імпульсу перевищує амплітуду напруги пробою в 1,3-1,5 рази (коефіцієнт запасу на пробій).

Тривалість іскрового розряду та значення напруги її горіння зворотно пов'язані через фіксовану енергію іскрового розряду. На значення цих параметрів впливають однакові дестабілізуючі фактори. Таким чином, рівень напруги і тривалість горіння іскри у справній системі повинні підтримуватися однаковими для усіх циліндрів. Якщо це не так, слід перевірити стан свічкових проводів та ідентичність свічок запалювання (типу, величині зазору, ступеню ерозії електродів). Контрольні вимірювання проводять на фіксованих обертах (звичайно  $2000 \text{ хв}^{-1}$ ). Під час діагностування системи запалювання можна скористатися таблицею ознак несправностей (табл. 2.37).

Таблиця 2.37

**Таблиця відхилень напруги іскрового розряду**

Дестабілізуючий фактор	Відхилення напруги
<b>Параметри кіл</b>	
Підвищення напруги у первинному колі	+
Підвищення опору первинного кола	-
Підвищення опору вторинного кола	+
Обрив вторинного кола	+
Зниження опору вторинного кола	-
Замикання на корпус вторинного кола	-
<b>Свічки</b>	
Збільшення робочого зазору	+
Зменшення робочого зазору	-
Підгоряння електродів	+
Загострення центрального електрода	-
Занадто гаряча свічка	-
Занадто холодна свічка	+
<b>Момент запалювання</b>	
Занадто пізно	+
Занадто рано	-
<b>Паливоповітряна суміш</b>	
Збіднена	+
Збагачена	-
Висока турбулентність у циліндрі	+
<b>Ступінь стиснення</b>	
Завищене	+
Занижене	-

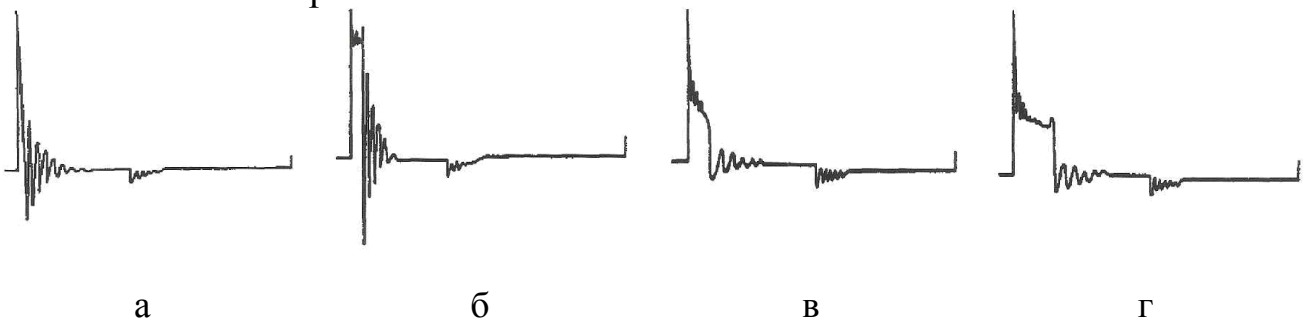
Як додаткову інформацію під час аналізу процесу горіння іскри розглядають характер зміни напруги горіння (форми осцилограми) за наявності

несправностей. Спадна лінія горіння іскри спостерігається, якщо є витoki енергії вторинного кола на корпус через несправні елементи. Висхідна лінія горіння іскри свідчить про проблеми в механічних вузлах двигуна (несправності ЦПГ і ГРМ).

Надмірні коливання (мішанина) лінії іскри може бути викликана несправностями механічного або електричного походження:

- спалений клапан або зламана його пружина;
- дефектна прокладка головки блока циліндрів;
- несправний ковпачок свічки, свічковий провід, кришка розподільника або бігунок;
- коливання режимів роботи двигуна;
- високе розташування свічки в камері згоряння.

Осцилограми вторинної напруги, що відповідають типовим несправностям, які є причиною підвищення напруги пробою іскрового проміжку свічки показані на рис. 2.142.



**Рис. 2.142. Викривлення осцилограми напруги на ділянці горіння, спричинені значним підвищенням опору у вторинному колі**

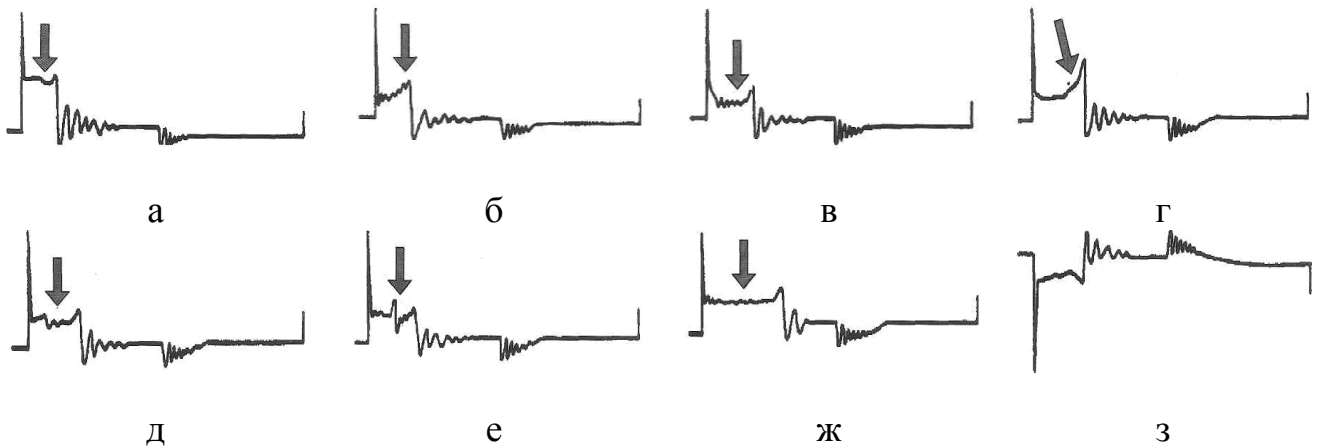
Згідно з позиціями рис. 2.142 можна вказати на причини порушення електричних процесів:

- а) обрив вторинного кола (ділянка горіння відсутня, амплітуда напруги вища за норму, спостерігається високовольтний коливальний процес);
- б) тріщина в корпусі свічки (спостерігається горіння недостатньої тривалості, але напруга пробою й іскри вища за норму);
- в) високий опір свічкового ковпачка (підвищена напруга іскри, тривалість менша за норму, спостерігається ухил лінії горіння іскри);
- г) збільшений зазор між електродами свічки або контактами розподільника (напруга пробою й іскри вища за норму).

Осцилограми вторинної напруги, що відповідають типовим несправностям, які є причиною деформування ділянки горіння показані на рис. 2.143. Згідно з позиціями рис. 2.143 можна вказати на причини порушення електричних процесів:

- а) високий опір свічкових ковпачків, збіднена паливна суміш або підсмоктування повітря (підвищена напруга горіння іскри);
- б) збагачена паливоповітряна суміш і збільшений зазор між електродами свічок (підвищення напруги в кінці горіння іскри);
- в) збагачена паливоповітряна суміш (напруга горіння нижча за норму, а тривалість іскри перевищує норму);
- г) занадто збільшений зазор між електродами свічок (підвищення напруги в кінці горіння іскри);





**Рис. 2.143. Викривлення осцилограми вторинної напруги на ділянці горіння, пов'язані із втратами потужності**

д) забруднені контакти свічки, занадто низька компресія, збіднена паливна суміш;

е) несправність кришки розподільника запалювання (перехідні процеси під час горіння іскри);

ж) забруднені контакти свічки запалювання, занадто малий зазор між ними (підвищена тривалість іскри) або пробиває на масу високовольтний провід (додатково напруга пробую й іскри нижча за норму);

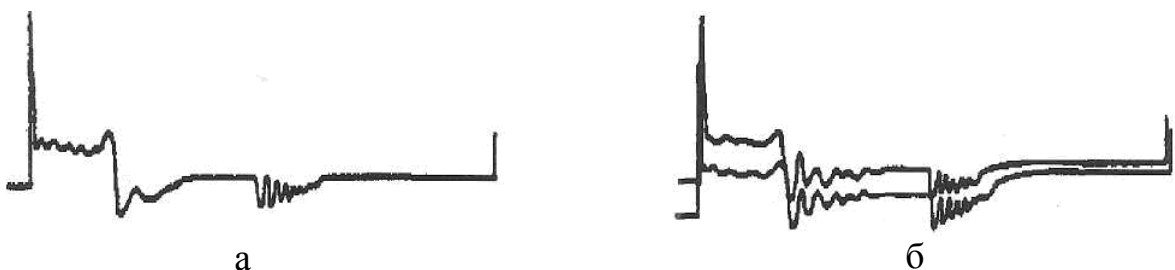
з) неправильне підключення котушки запалювання (інвертоване зображення осцилограми).

На проміжній ділянці В, коли іскра гасне (рис. 2.140, поз. 7), відбувається коливальний процес, який із часом згасає. Недостатня кількість коливань при цьому вказує на несправність котушки запалювання (наявність замкнутих витків первинної обмотки) або конденсатора (утрата ємності, поганий контакт). Типові несправності, які можуть бути виявлені на проміжній ділянці осцилограми вторинної напруги показані на рис. 2.144.

Згідно з позиціями рис. 2.144 можна вказати на причини порушення електричних процесів:

а – частково замкнуті витки котушки або несправний конденсатор (порушено коливальний процес після припинення іскри);

б – понижений опір ізоляції вторинної обмотки котушки запалювання (нестійка напруга у вторинній обмотці котушки).



**Рис. 2.144. Викривлення осцилограми вторинної напруги на проміжній ділянці**

Якщо ознаки спостерігаються для окремих циліндрів, необхідно перевірити свічкові ковпачки, розподільні високовольтні проводи і кришку розподільника запалювання. Якщо ознаки загальні для усіх циліндрів, переві-



ряють котушку й елементи первинного кола системи запалювання, центральний високовольтний провід, бігунок і центральний контакт кришки розподільника.

### 2.11.7. Несправності системи запуску двигуна

Під час діагностування системи запуску визначають частоту обертів колінчастого валу, значення крутильного моменту на валу стартера, потужність, що споживається стартером у режимі повного гальмування, для чого в автомобілі включають пряму передачу та загальмовують машину. Приладом КИ-11140 вимірюють струм  $I_{СТ}$  у колі стартера і напруга  $U_{СТ}$  на його клеммах протягом 10 с. Нормативні значення цих параметрів для деяких типів стартерів наведені в табл. 2.38.

Таблиця 2.38

Номінальні параметри стартерного кола

Тип стартера	Напруга на клеммах, $U_{ном}$ , В	Споживаний струм, $I_{ном}$ , А
СТ 103 А	7,0	825
СТ 130	9,0	250
СТ 142	18	800
СТ 230 К	9	650
СТ 212 А	7	1450
СТ 353	8,5	230

За результатами проведених вимірювань оцінюють стан системи запуску. Якщо  $I_{СТ} < I_{ном}$  і  $U_{СТ} < U_{ном}$ , акумуляторна батарея розряджена. Якщо  $I_{СТ} < I_{ном}$ , а  $U_{СТ} > U_{ном}$ , опір у колі стартера підвищений. Причинами можуть бути поганий контакт щіток з колектором, ослаблення кріплення виводів обмоток стартера, порушення зовнішніх і внутрішніх контактів тягового реле.

Залежність між переліченими параметрами визначається робочими характеристиками стартера. Вимірювання крутильного моменту стартера на борту автомобіля без використання спеціальної вимірювальної системи неможливе, тому основною ознакою при оцінюванні стану системи є частота прокручування КВДвигуна. Наведемо характерні ознаки, що вказують на наявність несправності системи або її елементів, визначимо причини та способи виявлення несправностей [11, 32, 39].

**1. Стартер вмикається, потім самовільно відключається, не набравши обертів, може спостерігатися повторний цикл, при цьому чутно спрацьовування обох реле стартера.** Причини та способи виявлення несправності:

- несправна або розряджена АКБ. Реєструється за зниженням напруги на клеммах АКБ менше 8 В при увімкненні стартера. Якщо немає вольтметра, зниження напруги можна бачити за світлом фар;

- ненадійний контакт у колі «АКБ-тягове реле-корпус автомобіля». Для локалізації місця порушення контакту вимірюють падіння напруги на перехідних опорах контактних з'єднань при увімкненому стартері. Сумарне падіння напруги у з'єднаннях елементів стартерного кола не повинне перевищувати 1,5 В;

- несправне реле увімкнення або тягове реле стартера. Для перевірки реле увімкнення стартера на ньому замикають між собою виводи «С» і «Б». Якщо при цьому спрацьовує тягове реле і відбувається пуск стартера – несправне реле увімкнення стартера, якщо навпаки, - несправне тягове реле стартера.

**2. Стартер не вмикається, яскравість світла фар при увімкненні стартерного режиму не змінюється).** Причини несправностей та способи їх виявлення:

- порушений контакт на клеммах АКБ. Очистити і затягнути клемами;  
- порушений контакт у колі живлення тягового реле. Виконати послідовне шунтування ділянок кола з допомогою перемички та локалізувати несправність;

- заїдання якоря тягового реле у втулці електромагніта. Провести випробування примусовим введенням шестірні приводу стартера у зачеплення з вінцем маховика;

- несправний замок запалювання. Виконати шунтування відповідних виводів замка запалювання перемичкою й перевірити;

- несправний щітко-колекторний вузол електродвигуна стартера. Діагноз підтверджують при частковому розбиранні стартера у знятому з автомобіля стані.

**3. Стартер вмикається, але не прокручує колінчастий вал або ж прокручування відбувається з недостатньою частотою обертання, світло увімкнених фар при увімкненні стартера послаблюється.** Причини несправностей та способи їх виявлення:

- порушений контакт у колі керування або у силовому колі стартера. Локалізують несправність послідовним шунтуванням ділянок кола з допомогою перемички;

- несправний стартер. Можливі несправності: коротке замикання в обмотках збудження або якоря; заїдання ротора за полюсні башмаки статора через пошкодження підшипників; пошкодження щітко-колекторного вузла. Несправності локалізуються при розбиранні;

- розряджена АКБ. Визначається раніше описаним методом.

**4. Вал стартера обертається, але не прокручує колінчастий вал двигуна – чутно характерний шум обертання стартерного електродвигуна.** Причини несправностей та способи їх виявлення:

- пробуксовка муфти вільного ходу через пошкодження роликів або обойми, заїдання штовхачів. Діагноз підтверджується при розбиранні стартера, знятого з автомобіля;

- зруйновані зубці вінця маховика або шестірні. Визначається зовнішнім оглядом на борту автомобіля;

- зруйнування буферної пружини або засмічення шліцьових пазів валу. Діагноз підтверджується після розбирання стартера.

**5. При обертанні стартера чутно скрегіт.** Причини несправностей та способи їх виявлення:

- забоїни на зубцях вінця маховика або шестірні, перекіс стартера через погане кріплення його до картера. Визначається зовнішнім оглядом;

- неправильне регулювання ходу шестірні приводу й моменту замикання силових контактів тягового реле, що підтверджується при проведенні операцій регулювання у знятому з автомобіля стані;
- ослабла або зруйнована буферна пружина механізму приводу. Діагноз підтверджується при розбиранні стартера.

**6. Після запуску двигуна стартер не вимикається.** Причини несправностей та способи їх виявлення:

- перекіс стартера. Визначається зовнішнім оглядом;
- заїдання приводу на шліцьовій частині валу, спікання контактів тягового реле або реле блокування, зігнутий вал якоря, зруйнована повертальна пружина. Несправність локалізується при розбиранні стартера;
- заїдання фіксуючої частини замка запалювання. Визначається відключенням провідника живлення обмотки додаткового реле стартера від клеми замка запалювання.

**7. Надмірне нагрівання середньої частини корпусу стартера.** Така ознака свідчить про короткі замикання в обмотках статора або ротора.

### 2.11.8. Параметри, методи і засоби діагностування електрообладнання двигуна й автомобіля

Види і засоби діагностування електрообладнання двигуна й автомобіля класифікують на дві основні групи: вбудовані або бортові засоби та зовнішні пристрої (рис. 2.145).



**Рис. 2.145. Класифікація методів діагностики електричних систем автомобіля**

У свою чергу, вбудовані засоби поділяються на інформаційні, сигнальні та ті, що програмуються (запам'ятовуючі). Зовнішні засоби класифікують на стаціонарні та переносні.

**Застосування мікропроцесорів та мікро-ЕОМ** у системах автомобільного електрообладнання стало причиною його ускладнення, а, отже, привело до необхідності використання спеціальних знань для правильного його конструювання, експлуатації та технічного обслуговування.

Діагностичні параметри електричних і електронних пристроїв можна поділити умовно на кілька груп: параметри постійних значень, параметри чинних значень, часові параметри, параметри форми.

До пристроїв оцінювання параметрів постійних значень можна віднести вимірювачі електричного опору  $R$  (омметри), постійної напруги  $U$  (вольтметри) та струму  $I$  (амперметри).

Омметри використовують для «холодної» перевірки кіл і дискретних елементів схеми (прилад, що перевіряють, вимкнений). Вольтметри і амперметри використовують для оцінювання діагностичних параметрів на увімкненому об'єкті діагностики («гаряча» перевірка кіл).

Діагностичні параметри чинних значень, до яких відносять напругу змінного струму та змінний струм, вимірюють амперметрами і вольтметрами змінного струму (генератори змінного струму, сигнальні кола електронних блоків).

Часові параметри електричних сигналів (частота  $f$ , тривалість імпульсу  $t$  та їх скважність  $q$ ) дають можливість оцінювати роботу часозадавальних, формувальних та релаксаційних кіл і каскадів електронних пристроїв систем керування і вимірюються з допомогою частотомірів та осцилографів.

Параметри форми сигналу (амплітуда, крутизна фронтів, нерівність вершини імпульсу) використовуються для оцінювання значень розподілених реактивних параметрів імпульсних кіл (електронні блоки, система запалювання) і вимірюються з допомогою осцилографів.

Фазовий зсув між періодичними гармонічними сигналами однакової частоти (напруги та струму) характеризує реактивну складову опору кола змінного струму, вимірюють з допомогою осцилографів. У імпульсних пристроях фазовий зсув періодичних сигналів взагалі розглядається як функціональний параметр. Інформація про фазові зсуви у робочих процесах двигуна (кути випередження запалювання  $\alpha$ , подачі пального, випуску газів) дає можливість оцінити оптимальність функціонування його систем (вимірюють з допомогою стробоскопів).

Інформаційні бортові засоби є конструктивним елементом автомобіля і здійснюють контроль безперервно або періодично за певною програмою. Прикладом інформаційної системи є блок індикації бортової системи контролю (рис. 2.146).

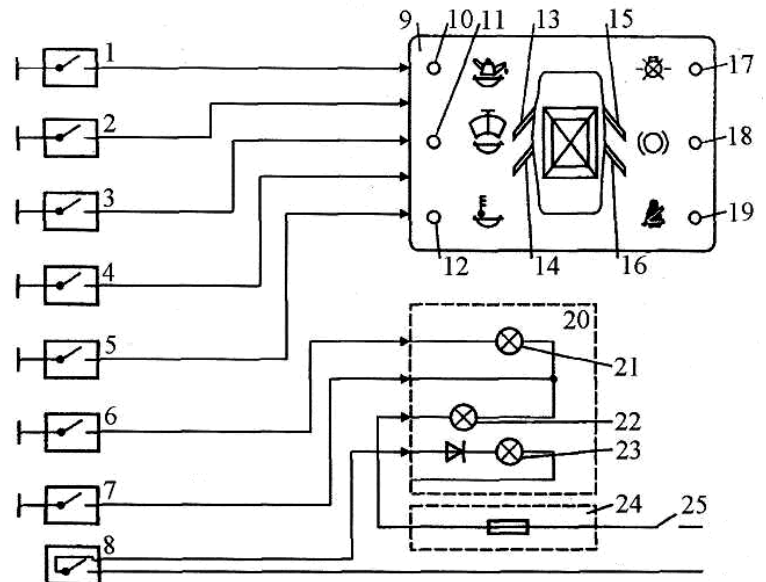
Блок індикації – це електронна система діагностування, звукової та світлодіодної сигналізації про стан основних систем двигуна й автомобіля, наприклад, про спрацювання гальмівних колодок, непристібнуті паси безпеки, рівень масла в картері двигуна, аварійний тиск масла, незакриті двері салону, несправності ламп габаритних вогнів або сигналів гальмування тощо (рис. 2.146).

Блок має п'ять режимів функціонування: вимкнено, режим очікування, тестовий режим, передвиїзний контроль і контроль параметрів під час роботи двигуна. При відкриванні будь-яких дверей салону блок вмикає внутрішнє освітлення. Коли ключ не вставлений у замок запалювання, блок знаходиться у режимі «вимкнено». Після того як ключ вставляють у замок запалювання, блок переходить у «режим очікування» і залишається в ньому, поки ключ знаходиться в положенні «вимкнено» або «0». Якщо в цьому режимі відкриті двері водія, то виникає несправність «забутий ключ у замку запалювання» і сигналізатор подає переривчастий звуковий сигнал протягом  $8 \pm 2$  с. Сигнал буде вимкнений, якщо двері закриті або ключ вийнятий із замка запалювання чи повернутий у положення «запалювання увімкнено».

Режим «тестування» вмикається після повороту ключа у вимикачі запалювання в положення «1» або «запалювання». При цьому протягом  $4 \pm 2$  с подається звуковий сигнал і вмикаються всі світлодіодні сигналізатори для перевірки їх справності. Одночасно контролюється і запам'ятовується стан датчиків рівнів охолоджувальної, гальмівної та омивальної рідин. До закінчення тестування сигналізація про стан датчиків не вмикається.

Після закінчення тестування настає пауза і блок переходить у режим «передвиїзний контроль параметрів». Якщо є несправності, блок працює за таким алгоритмом:

- світлодіодні сигналізатори параметрів, що вийшли за межі встановленої норми, починають блимати протягом  $8 \pm 2$  с;
- після чого горять постійно, поки замок запалювання не буде переведений у положення «0» або вимкнений;
- синхронно зі світлодіодами вмикається звуковий сигналізатор, який вмикається через  $8 \pm 2$  с.



**Рис. 2.146. Електрична схема з'єднань вбудованих сигналізаторів аварійних режимів:**

1 – датчик спрацьованості гальмівних колодок; 2 – датчик пристебнутих пасів безпеки; 3 – датчик рівня омивальної рідини; 4 – датчик рівня охолоджувальної рідини; 5 – датчик рівня масла; 6 – датчик аварійного тиску масла; 7 – датчик стоянкового гальма; 8 – датчик рівня гальмівної рідини; 9 – блок індикації бортової системи контролю; 10 – сигналізатор рівня масла; 11 – сигналізатор рівня омивальної рідини; 12 – сигналізатор рівня охолоджувальної рідини; 13, 14, 15, 16 – сигналізатори незакритих дверей; 17 – сигналізатор несправності ламп габаритних вогнів та гальмування; 18 – сигналізатор спрацьованості гальмівних колодок; 19 – сигналізатор непристебнутих пасів безпеки; 20 – комбінація приладів; 21 – контрольна лампа аварійного тиску масла; 22 – сигналізатор стоянкового гальма; 23 – сигналізатор рівня гальмівної рідини; 24 – монтажний блок; 25 – вимикач запалювання

Якщо несправність виникає в процесі руху автомобіля, то вмикається режим «контроль параметрів під час роботи двигуна».

Якщо протягом  $8 \pm 2$  с після початку світлової та звукової сигналізації з'явиться ще один або кілька сигналів «несправність», то блимання перетворюється у постійне горіння й алгоритм індикації повториться.

Крім розглянутої системи вбудованого діагностування на автомобілях широко застосовується набір сигналізаторів аварійних режимів, що попереджують про можливий стан перед відмовою або про виникнення прихованих відмов, таких як: перегрівання двигуна, аварійний тиск масла, несправність робочих гальм та стоянкове гальмо включене, акумуляторна батарея не заряджається тощо.

### **2.11.9. Принципи діагностування електронних пристроїв**

До електронних блоків (ЕБ) автомобіля належать: транзисторні комутатори струму котушок запалювання; електронні регулятори напруги бортової мережі; блоки керування економайзером примусового холостого ходу (ЕПХХ); електронні тахометри; електронні реле блокування стартера (РБС), реле покажчиків повороту (РПП), склоочисників (РСО), захисту від перевищення частоти обертів; електронні сигналізатори контролю справності ламп та аварійного падіння рівня масла тощо.

Перш ніж почати локалізацію несправності ЕБ в умовах ділянки відновлення, необхідно отримати підтвердження діагнозу (впевнитися, що блок дійсно нероботоздатний), щоб виключити помилкові та зайві втручання. Помилковий діагноз про несправність ЕБ, установлений на борту автомобіля, може бути через: порушення проводки підключення ЕБ; несправності інших пристроїв, що мають електричний зв'язок з ЕБ, який перевіряють, (датчики, виконавчі пристрої); неправильний режим вимірювань; несправності (або невідповідності) діагностичного приладу на підставі якого поставлено діагноз, помилки оператора [39].

Щоб підтвердити або спростувати попередній діагноз, необхідно випробувати електронний блок, імітуючи умови борта автомобіля (перевірка блока за вихідними діагностичними параметрами). Для цього до рознімачів (виводів) електронного блока, який перевіряють, підключають: джерело живлення з контролем рівня напруги та струму споживання; еквівалент навантаження блока; імітатори вхідних впливів (генератори електричних сигналів, комутуючі пристрої). Як вихідні діагностичні параметри ЕБ при цьому розглядаються: значення опору на виводах рознімача зовнішніх підключень; сила струму споживання або у навантаженні; значення напруги, підведеної до навантаження; параметри форми та часові параметри управляючого сигналу. Якщо діагноз про несправності ЕБ підтверджується, його вибраковують або відновлюють.

При локалізації несправності в ЕБ (пробоїв елементів схеми або пошкодження монтажу) як діагностичні вибирають структурні електричні параметри (напруга або опір), які вимірюють у контрольних точках схеми пристрою.

Процес діагностування ЕБ сполучає «холодні» (без підключення живлення) та «гарячі» (з підключенням живлення) перевірки. Під час «гарячих»

перевірок пристрій тестують у режимі спокою (без подачі вхідних сигналів керування) або в активному режимі (з подачею вхідних сигналів). При цьому навантаження пристрою забезпечується (робочий режим) або ні (режим холостого ходу). За результатами перевірок відбувається структурна (роботоздатний або нероботоздатний) і параметрична (задовольняє чи не задовольняє нормованим значенням параметрів) ідентифікація несправності. Загальний алгоритм процесу діагностування ЕБ, незалежно від призначення (типу) електронного блока, наведений на рис. 2.147.

Звичайно спочатку перевіряють опір на виводах рознімача з допомогою омметра. Низький опір на виводах рознімача відносно маси у багатьох випадках свідчить про пробій транзисторів (вхідного або вихідного) або замикання монтажу, надмірне значення – про обрив кіл.

При подачі живлення з номінальною напругою оцінюють силу струму споживання ЕБ і порівнюють з номінальним значенням за паспортними даними. У колі навантаження ЕБ також передбачають амперметр і вимикач для його відключення. Таким чином забезпечується контроль струмів у колах ЕБ на холостому ходу та під навантаженням.

Якщо сила струму споживання перевищує номінальне значення, це свідчить про наявність замикань (пробоїв). Недостатня сила струму або його відсутність указують на перегорання елементів або гальванічні порушення монтажу.

Якщо струм споживання відповідає паспортним значенням у режимі спокою (без впливу вхідних сигналів), переходять до наступного етапу. На входи ЕБ подають інформаційні сигнали (від імітаторів сигналів датчиків) з контролем їх параметрів (амплітуди, частоти, скважності) та забезпечують номінальний режим функціонування ЕБ. При цьому спостерігають за реакцією амперметра у колі навантаження.

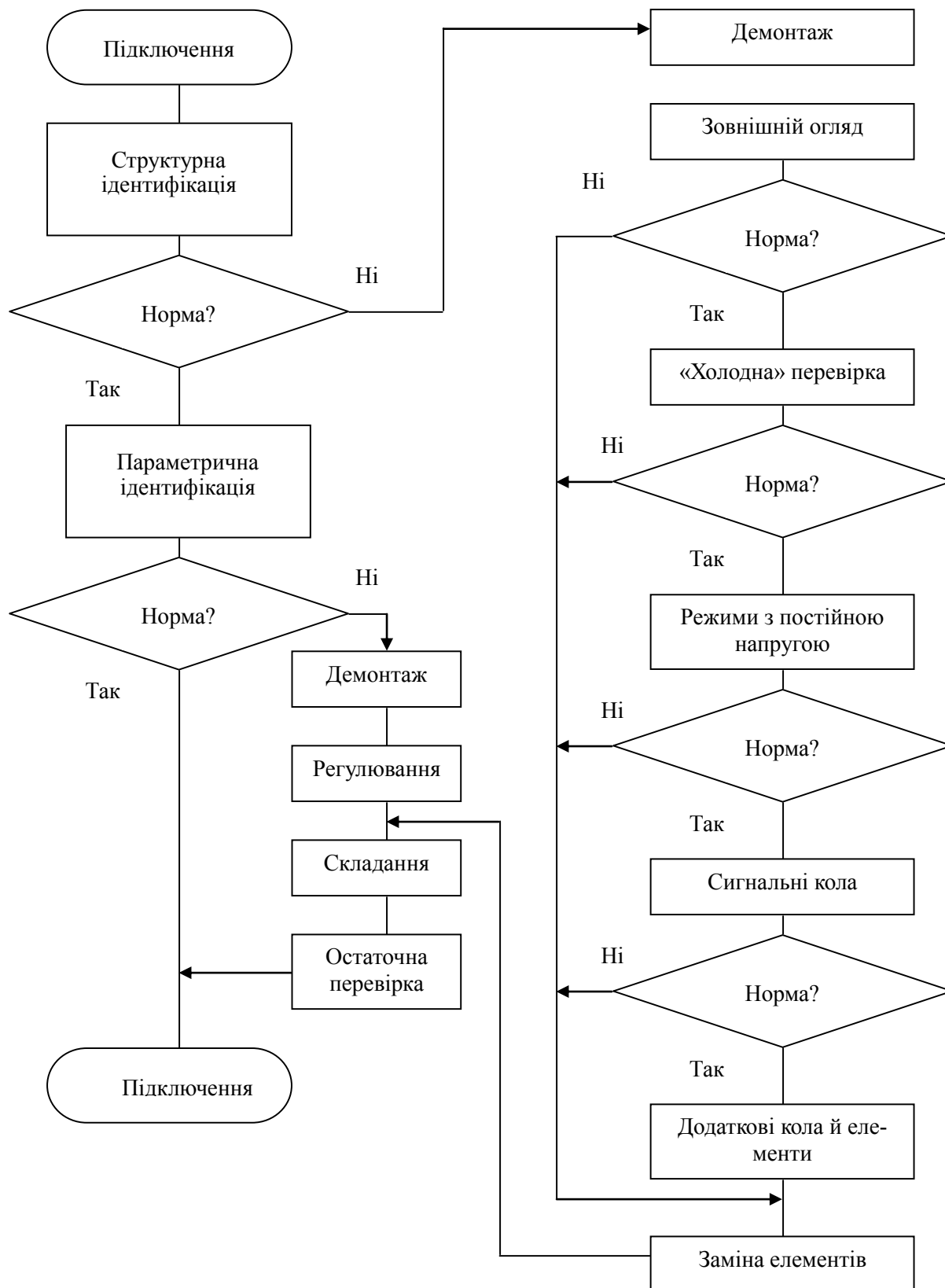
Якщо алгоритм функціонування ЕБ відповідає його призначенню, вважають пристрій роботоздатним (структурна ідентифікація). У цьому разі проводять кількісне оцінювання вихідних параметрів ЕБ (параметричну ідентифікацію) і, якщо необхідно, виконують його регулювання (настроювання).

Для виконання операції регулювання забезпечують доступ до монтажного блока ЕБ. Процес регулювання (калібрування) полягає у налагодженні параметрів елементів, які визначають режими функціонування ЕБ. Під час регулювання ЕБ контролюють його вихідні параметри. Після регулювання ЕБ складають і остаточно перевіряють.

При відхиленні значень струму споживання від норми або якщо ЕБ не функціонує, підтверджується діагноз про його несправність, і переходять до другого етапу діагностування за структурними параметрами. У цьому разі виконують часткове розбирання блока та зовнішній огляд його елементів і монтажу.

Якщо наявні ознаки несправностей окремих елементів або монтажу (обгорання, оплавлення, зміна кольору, механічні пошкодження, руйнування) діагноз про несправності елемента підтверджують шляхом «холодної» перевірки (з допомогою омметра) і у разі необхідності елемент замінюють. Потім повторюють перевірку функціонування ЕБ в робочому стані.

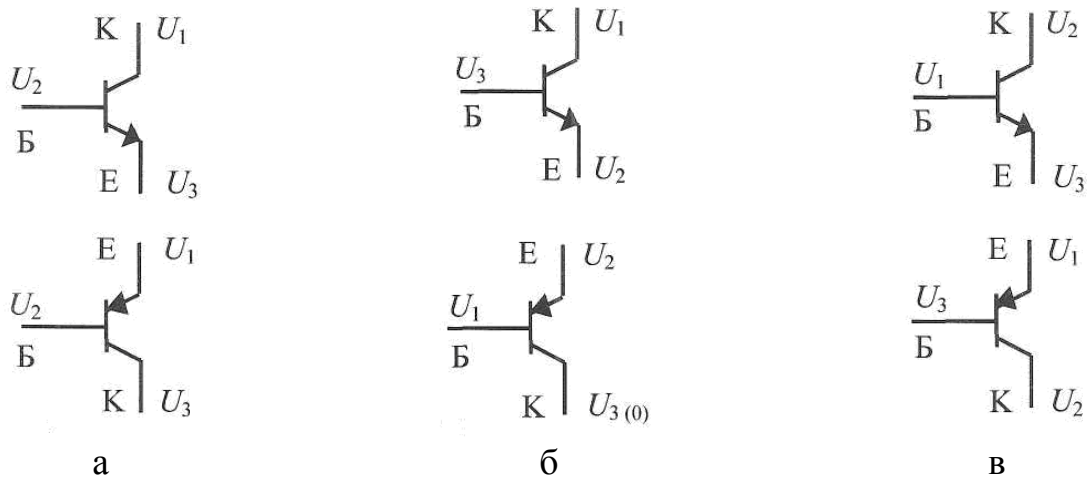




**Рис. 2.147. Загальний алгоритм процесу діагностування електронних блоків на ділянці відновлення**

Якщо ЕБ при цьому не функціонує, його відключають від живлення і перевіряють схему пристрою (в першу чергу напівпровідникових приладів) омметром з використанням карти опорів. У разі необхідності виводи елементів випаюють для вимірювання опору окремих ділянок.

Якщо «холодна» перевірка не дає можливості локалізувати несправність пристрою, переходять до перевірки ЕБ в «гарячому» стані. Перш за все, перевіряють режими активних елементів схеми з постійною напругою на їх виводах з використанням карти потенціалів. Якщо такої інформації не вистачає, режими транзисторів та їх технічний стан визначають за співвідношенням потенціалів між електродами (рис. 2.148 [39]).



**Рис. 2.148. Співвідношення потенціалів на електродах справного транзистора ( $U_1 > U_2 > U_3$ ):**

а – у лінійному режимі; б – у стані відсічки; в – у стані насичення

Для транзистора, що функціонує у лінійному режимі (рис. 2.148, а), розподіл потенціалів між електродами визначає пряме зміщення емітерного і зворотне зміщення колекторного переходів (напруга на виході транзистора більше напруги на його вході ( $U_{ке} > U_{бе}$ )). У транзистора, що перебуває у стані відсічки (рис. 2.148, б), обидва переходи зміщені у зворотному, а в режимі насичення (рис. 2.148, в) – у прямому напрямку. При цьому в стані насичення напруга на вході транзистора перевищує напругу на його виході  $U_{бе} > U_{ке}$ , а в стані відсічки – навпаки.

Якщо напруга на вході  $U_{бе}$  або виході  $U_{ке}$  транзистора дорівнює нулю (або потенціали електродів однакові), – транзистор пробитий. Якщо ці напруги значно перевищують нормовані значення (дорівнюють напрузі живлення пристрою  $U_n$ ) – у транзисторі обірвані (перегоріли) електроди підключення зон приладу. Якщо напруга на електродах транзистора відносно загального виводу (маси) дорівнює нулю, значить є обрив кіл живлення (обривані або перегоріли пасивні елементи схеми або пошкоджений монтаж).

Наступним етапом діагностування (якщо режими з постійною напругою в нормі) є перевірка режимів схеми зі змінною напругою за сигнальними колами. Для цього на блок подають входні сигнали (підключають імітатори) і спостерігають проходження сигналу за каскадами пристрою з допомогою вольтметра змінної напруги або осцилографа. До несправностей сигнальних кіл слід віднести: пошкодження, обриви, замикання міжкаскадні зв'язки (елементів), входних фільтрів, гальванічних розв'язок; руйнування монтажу; обриви електродів підключення у структурі транзисторів або мікросхем.

У деяких випадках причиною нероботоздатності ЕБ може бути несправність додаткових кіл та елементів схеми: захист транзисторів, термостабілізація режимів, зворотних зв'язків (для приладів релаксаційного типу

ці зв'язки є основними), фільтри живлення та ін. Пошук таких несправностей здійснюють згідно зі схемами ЕБ конкретного призначення з урахуванням умов їх функціонування. Після локалізації несправності її усувають, ЕБ складають та остаточно перевіряють.

До списку методів перевірок ЕБ слід додати метод діагностування за температурними потенціалами. Цей метод полягає у вимірюванні температур поверхонь елементів схеми та порівняння їх з картою температур справного пристрою у номінальному режимі функціонування. Перевищення температури будь-якого елемента схеми свідчить про наявність замикань (пробоїв, витоків), зниження – про обрив кіл (перегоряння елементів, руйнування монтажу). Метод дає можливість оперативно локалізувати несправний елемент і виключає помилкове втручання в монтаж пристрою та небережні замикання монтажу вимірювальними затискачами під час перевірки структурних параметрів. Ці передумови визначають ефективність методу при діагностуванні ЕБ зі значною кількістю активних елементів схеми. Для вимірювання температури елементів використовують спеціальні мультиметри, в яких передбачено використання температурного зонда.

Робоче місце ділянки відновлення комплектується монтажним обладнанням та універсальними вимірювальними приладами:

- монтажний інструмент і витратні матеріали;
- паяльники малої та середньої потужності;
- комутаційна апаратура для підключення приладів до ЕБ (конектори, штатні рознімачі, вимикачі, затискачі);
- джерело живлення стабілізованої постійної напруги, яке регулюється в діапазоні 4-20 В і забезпечує струм у навантаженні до 10 А з контролем цих параметрів та електронним захистом від перевантажень;
- два мультиметри (тестери) або комплект вимірювальних приладів, що їх замінюють (омметр, вольтметр і амперметр);
- генератор гармонічних коливань з вихідною напругою, що регулюється за частотою в діапазоні 10-20000 Гц та за амплітудою в діапазоні 0,2-10 В й має вихідний опір не більше 600 Ом (вимірювальний генератор звукового діапазону типу ГЗ-102);
- генератор прямокутних імпульсів з регулюванням частоти проходження 5-50000 Гц, скважності формування 5-95%, амплітуди сигналу 0,5-20 В та вихідним опором не більше 600 Ом (вимірювальний генератор прямокутних імпульсів типу Г5-54);
- двоканальний осцилограф без особливих вимог до технічних характеристик (універсальний осцилограф типу С1-93).

Для організації діагностування також необхідний комплект еквівалентів навантажень або штатних навантажень ЕБ і комплект нормативної та діагностичної документації (технічні паспорти, схеми, діагностичні карти, довідники) за переліком ЕБ (призначення, тип, модифікація), що підлягають відновленню.

**Електрообладнання двигунів з мікропроцесорним керуванням** діагностують з допомогою сучасних мотор-тестерів, осцилографів, сканерів та інших електронних систем, описаних у роботі [42]. Ці засоби мають високу роздільну здатність, а результати вимірювань більш достовірні, оскільки ді-

агностування може виконуватися комплексно, у взаємозв'язку з іншими системами й у більшості випадків безпосередньо на автомобілі.

Запам'ятовуючі вбудовані засоби діагностування або самодіагностування, що програмуються, відслідковують і заносять у пам'ять інформацію про несправності електронних систем для зчитування її з допомогою діагностичного рознімача та контрольного табло (Check engine), звукової або мовної індикації про передвідмовний стан систем двигуна. Діагностичний рознімач використовується для підключення сканера і мотор-тестера.

Алгоритм роботи діагностичної системи, що програмується, полягає у наступному. При увімкненні вимикача запалювання діагностичне табло загоряється й, поки двигун не працює, перевіряється справність елементів системи. Після запуску двигуна табло повинне погаснути. Якщо ж воно продовжує світитися, значить виявлена несправність і код несправності заноситься в пам'ять ЕБУ (контролера). Причину увімкнення табло необхідно вияснити при першій же можливості. Якщо несправність зникне, то контрольне табло або лампа гасне через 10 с, але код несправності буде зберігатися в пам'яті контролера. При проведенні діагностування коди несправностей висвічуються кожен по три рази. Стирають коди з пам'яті ЕБУ після закінчення ремонту, для чого на 10 с відключають живлення контролера від'єднавши мінусовий вивід «-» АКБ або запобіжника контролера.

До зовнішніх переносних засобів діагностування відносять прилади контролю складу відпрацьованих газів, сканери, мультиметри, мотор-тестери та інші прилади.

У практиці діагностування використовують два способи [3, 32, 40].

*Перший спосіб.* На об'єкт діагностування впливають імітатором сигналів датчиків виконавчих пристроїв у вигляді еталонних напруг, струмів або частот і фіксують реакцію об'єкта у вигляді діагностичного сигналу. Як приклад можна навести комп'ютерний діагностичний комплекс, який через діагностичний рознімач за стандартом ISO 9141 підключають до електронної системи та з допомогою програми контролюють усі параметри з виведенням інформації на дисплей комп'ютера. На дисплей виводяться як мнемосхема або конфігурація системи, так і числові дані, що зберігаються у пам'яті процесора, а також перехідні процеси у виконавчих механізмах, які можуть бути показником справності системи. На екрані дисплея можна проаналізувати несправності системи, як ті, що виникли в процесі експлуатації, так і виявлені в момент перевірки.

*Другий спосіб.* Об'єкт діагностування виводять на заданий режим роботи. З допомогою датчиків засоби діагностування аналізують сигнали, що надходять від об'єкта і характеризують діагностичні параметри, наприклад, для системи запалювання – це процеси у вторинному колі котушки запалювання, для генераторної установки – пульсації та форма вихідної напруги. Ці сигнали можна проаналізувати візуально на екрані осцилографа або дисплея у порівнянні з еталонними, які знаходяться у пам'яті ЕБУ системи. У багатьох випадках видається прогноз технічного стану об'єкта і конкретні заходи з переліком робіт щодо усунення виявлених несправностей.

У пам'яті самого діагностичного пристрою можуть бути відомості про попередні перевірки технічного стану об'єкта, про автомобіль та його пробіг, що дає можливість визначити динаміку зміни діагностичного параметра

і дати прогноз напрацювання до граничного стану технічних параметрів двигуна.

Головним критерієм вибору методу діагностування й обладнання є витрати на діагностування та обґрунтованість вибору діагностичних параметрів виробу або системи [3, 40].

### 2.11.10. Діагностування та регулювання стартерів

У процесі експлуатації в стартері виникають головним чином механічні несправності приводу, пов'язані з пробуксовкою муфти вільного ходу, спрацюванням або заклинюванням шестірні. Рідше зустрічаються несправності електричних кіл, зумовлені окисненням силових контактів і контактів реле, обривом обмоток, замазлюванням колектора, спрацюваністю щіток.

Огляд і перевірку стартера виконують у такому порядку.

1. Огляд корпусу стартера, видалення бруду та мідно-графітового пилу з внутрішньої поверхні.

2. Перевірка стану ізоляції котушок обмотки збудження, а також відсутності в них обривів і замикань. Зняття й заміну несправних котушок обмотки збудження виконують у такому порядку:

- відгвинтити з допомогою прес-викрутки чотири полюсних гвинти й вийняти полюси, попередньо відмітивши на полюсах і корпусі місця їх розташування;

- вийняти котушки збудження з корпусу.

Установку нових котушок збудження необхідно виконувати у зворотному порядку з урахуванням такого:

- опустити полюсні гвинти перед установкою в натуральну оліфу;

- установити полюси з котушками строго відповідно до міток, розвести їх по діаметру, закріпити полюсними гвинтами;

- установити й зачеканити гвинти по шліцу після затяжки гвинтів.

3. Перевірити стан щіток і легкість їх переміщення у щіткотримачах. Щітки, що мають висоту 6-7 мм, замінити.

4. Оглянути і перевірити стан обмотки якоря та робочої поверхні колектора.

Биття колектора по відношенню до цапф валу не повинне перевищувати 0,05 мм.

5. Перевірити зусилля притиснення щіток пружинами. Зусилля притиснення щіток перевіряти динамометром. Воно повинне бути у межах 10-14 Н (1,0-1,4 кг с). Регулювання виконувати закручуванням або розкручуванням пружини. Підвищене зусилля призводить до передчасного спрацювання щіток, а понижене – до зависання щіток і втрати потужності стартера.

6. Перевірити стан контактів тягового реле стартера. У разі значного підгоряння контактів зачистити їх дрібною шліфувальною шкуркою. У разі спрацювання у місці стикання з контактним диском розвернути контакти на кут 180°.

7. Оглянути привід і, якщо є забоїни на західній частині зубців шестірні, підшліфувати тонким шліфувальним кругом малого діаметра.

Вихідними діагностичними параметрами стартера є: споживаний струм  $I_{XX}$  і частота обертання приводу  $n_{XX}$ , які вимірюються на режимі холо-

стого ходу; струм якоря  $I_{\text{ПТ}}$  і момент,  $M_{\text{ПТ}}$  - на режимі повного гальмування. Вимірювання цих параметрів виконують на стаціонарних випробувальних стендах або стендах комплексних перевірок. Процес діагностування стартера на стенді полягає у порівнянні вимірних значень параметрів (показання амперметра, тахометра, вимірювача моменту) з паспортними характеристиками стартера.

Збільшення сили струму  $I_{\text{ХХ}}$  і зменшення частоти обертання  $n_{\text{ХХ}}$  порівняно з паспортними даними свідчить про несправність, що пов'язана з механічними та електричними втратами: ослаблення кріплення кришок, що є причиною перекосу валу якоря; вигинання валу; замикання пластин колектора вугільним пилом щіток, що спрацьовуються. Підтвердження діагнозу отримують при розбиранні стартера, зовнішньому огляді та випробуванні.

Надмірна сила струму  $I_{\text{ПТ}}$  і менший крутильний момент  $M_{\text{ПТ}}$  спостерігаються при замиканнях в електричних колах: провідників обмотки якоря між собою або на корпус, між витками в котушках обмотки збудження, пластин колектора між собою, ізольованих щіткотримачів на корпус.

Недостатній момент  $M_{\text{ПТ}}$  і недостатня сила струму  $I_{\text{ПТ}}$  свідчать про підвищення опору електричних кіл і можуть бути спричинені зависанням або спрацюванням щіток, окисненням або замазлюванням колектора, ослабленням притискних пружин щіткотримачів, окисненням або корозією поверхонь силових контактів тягового реле.

На випробувальному стенді також перевіряють муфту вільного ходу на пробуксовку при повному гальмуванні шестірні стартера.

Несправності, пов'язані з порушенням електричних кіл обмоток виявляються (підтверджуються) з допомогою діагностичних приладів. Обриви та замикання на корпус обмоток стартера виявляють продзвонюванням кіл пробником або омметром. Замикання між витками обмоток тягового реле визначають вимірюванням опору обмоток і порівнянням вимірних значень з паспортними даними (омметр). Щоб виявити замикання між провідниками якорної обмотки або пластинами колектора використовують спеціалізовані дефектоскопи типу ППЯ.

Після розбирання стартера перевіряють його структурні параметри. Спрацювання щіток колекторного вузла не повинне перевищувати 40% від початкових розмірів, зумовлених нормативними документами. Тиск притискних пружин щіток визначають з допомогою динамометра. Зусилля відриву щітки від поверхні колектора для стартерів різних конструкцій складає 0,75-2,0 кг с. Осьовий люфт валу якоря не повинен перевищувати 0,7-1,0 мм (залежно від конструкції механізму приводу). Надмірний люфт усувають установкою шайб між передньою кришкою й упорним кільцем. Хід шестірні приводу і стан пружини, що повертає механізм приводу у початкове положення, перевіряють примусовим переміщенням шестірні уздовж осі, спостерігаючи її вільне повернення (випробування).

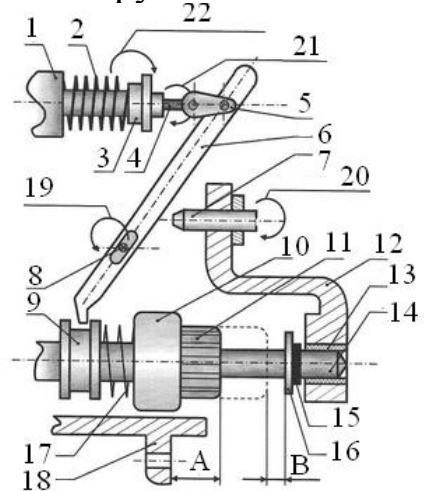
Спрацювання підшипників кріплення валу визначають за радіальним люфтом (випробуванням). Зовнішньою ознакою значного спрацювання підшипників стартера у складеному стані є ускладнене його прокручування. Після виявлення й усунення перерахованих несправностей стартер складають і регулюють.

**Регулювання стартера.** При увімкненні стартера привід повинен переміщуватися за різьбу валу якоря без заїдань і повертатися у початкове положення під дією повертальної пружини. Шестірня приводу повинна вільно від руки прокручуватися за годинниковою стрілкою на валу якоря, а при зворотному обертанні повинна крутитися разом з валом якоря.

Осьовий зазор якоря встановлюють з допомогою регулювальних шайб, розташованих на шийці валу з боку колектора, він повинен бути не більше 0,7 мм.

Регулювання стартера полягає в узгодженні моментів зачеплення шестірні з зубцями маховика й замикання силових контактів тягового реле. Положення шестірні нормується двома установчими розмірами – у початковому положенні (розмір «А») та в кінцевому положенні шестірні на момент замикання силових контактів (виліт шестірні, розмір «В»). Установчі розміри та способи їх регулювання для стартерів різної конструкції показані на рис. 2.149, на якому числами позначені:

1 – тягове реле; 2 – пружина, що повертає якір реле; 3 – регулювальна гайка; 4 – регулювальний шток; 5 – серга; 6 – важіль приводу; 7 – регулювальний гвинт; 8 – регулювальний ексцентрик; 9 – повідкова муфта; 10 – муфта вільного ходу; 11 – шестірня приводу; 12 – передня кришка; 13 – підшипник; 14 – вал електродвигуна; 15 – прокладка; 16 – упорна шайба; 17 – буферна пружина; 18 – фланцевий відлив з установчим отвором; 19 – установка В (СТ 230, СТ 142); 20 – установка А (СТ 130); 21 – установка В (СТ 130); 22 – установка В (СТ 230).



**Рис. 2.149. Схема виконання операцій регулювання стартерів**

Нормовані значення установчих розмірів залежно від типу стартера складають: А=32-45,9 мм, В=1-4,9 мм. Для окремих типів стартерів (СТ 221) регулювання приводу не передбачене.

Момент замикання силових контактів тягового реле за установчим розміром «В» реєструється з допомогою контрольної лампочки. Після замикання силових контактів відбувається подальший рух шестірні у межах стиснення пружини контактної диска (відстань до упорної шайби).

Можливі несправності стартера, їх причини і методи усунення наведені в табл. 2.39.

Таблиця 2.39

**Можливі несправності стартера, їх причини і методи усунення**

Причина несправності	Метод усунення
<b>При увімкненні стартера якір не обертається, тягове реле не спрацьовує</b>	
1. Несправна або повністю розряджена акумуляторна батарея	Зарядити батарею або замінити
2. Сильно окиснені полюсні виводи акумуляторної батареї та наконечники проводів; слабо затягнуті наконечники	Очистити полюсні виводи та наконечники проводів; змастити вазеліном і затягнути



<b>Причина несправності</b>	<b>Метод усунення</b>
3. Міжвиткове замикання в обмотці тягового реле стартера, замикання її на «масу» або обрив	Замінити реле
4. Від'єднаний наконечник проводу від штекерного затискача увімкнення тягового реле стартера з одного боку і вимикача запалювання – з іншого	Відновити з'єднання
5. Несправна контактна частина вимикача запалювання; не замикаються контакти «30» і «2»	Замінити контактну частину вимикача запалювання
6. Заїдання якоря тягового реле	Зняти реле, перевірити легкість переміщення якоря
<b><i>При увімкненні стартера якір не обертається або обертається занадто повільно, тягове реле стартера спрацьовує</i></b>	
1. Несправна або розряджена акумуляторна батарея	Зарядити батарею або замінити
2. Окиснені полюсні виводи акумуляторної батареї і наконечники проводів; слабо затягнуті наконечники	Очистити полюсні виводи та наконечники проводів; змастити технічним вазеліном і затягнути
3. Окиснені контактні болти тягового реле стартера	Зачистити контактні болти
4. Ослабили гайки кріплення наконечників проводів на контактних болтах тягового реле стартера	Затягнути гайки
5. Підгоряння колектора, зависання щіток або їх спрацювання	Зачистити колектор, замінити щітки
6. Обрив в обмотці статора або якоря	Замінити котушки статора або якоря
7. Замикання між пластинами колектора, міжвиткове замикання в обмотках якоря або статора або їх замикання на «масу»	Замінити несправні деталі
8. Замикання щіткотримача «плюсової» щітки на «масу»	Усунути замикання або замінити кришку з боку колектора
<b><i>При увімкненні стартера якір обертається, маховик не обертається</i></b>	
1. Пробуксовка муфти вільного ходу	Перевірити стартер на стенді, замінити муфту
2. Поломка важеля вимкнення муфти або вискакування його з осі	Замінити важіль або встановити на місце його вісь
3. Поломка повідкового кільця муфти або буферної пружини	Замінити муфту
<b><i>Незвичайний шум стартера при обертанні якоря</i></b>	
1. Надмірне спрацювання втулок підшипників або шийок валу якоря	Замінити спрацьовані деталі
2. Ослабло кріплення стартера або поламана його кришка з боку приводу	Підтягнути болти кріплення або відремонтувати стартер
3. Стартер закріплений з перекосом	Перевірити кріплення стартера
4. Ослабло кріплення полюса стартера (якір зачіплює за полюс)	Затягнути гвинт кріплення полюса
5. Пошкоджені зубці шестірні приводу або вінця маховика	Замінити несправні деталі

Причина несправності	Метод усунення
<p>6. Шестірня не виходить із зачеплення з маховиком:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- заїдання важеля приводу;</li> <li>- заїдання обгінної муфти на шліцах валу якоря;</li> <li>- ослабли або поламани пружини обгінної муфти або тягового реле стартера;</li> <li>- зіскочило стопорне кільце з маточини обгінної муфти;</li> <li>- заїдання якоря тягового реле стартера через перегрівання;</li> <li>- несправна контактна частина вимикача запалювання; не розмикаються контакти «30» і «50»</li> </ul>	<p>Замінити важіль.</p> <p>Очистити шліци і змастити їх моторним маслом.</p> <p>Замінити обгінну муфту або реле.</p> <p>Замінити пошкоджені деталі.</p> <p>Замінити реле.</p> <p>Перевірити правильність замикання контактів при різних положеннях ключа; несправну контактну частину замінити</p>

### 2.11.11. Діагностування стартерних акумуляторних батарей

На автомобіль установлюються різні типи акумуляторних батарей, наприклад, типу 6СТ-55 або 6СТ-55А3. Акумуляторна батарея 6СТ-55А3, на відміну від батареї 6СТ-55, поставляється на завод залита електролітом і повністю заряджена й у процесі експлуатації не потребує доливання дистильованої води.

**Вихідними діагностичними параметрами АКБ** є напруга на її клеммах під навантаженням, стартова потужність і розрядна ємність батареї. Для оцінки технічного стану АКБ застосовуються різні методи діагностування: зовнішній огляд, вимірювання густини та рівня електроліту, вимірювання напруги на банках акумулятора, проведення контрольних розряджень, зняття розряджувальних характеристик. Перелічені методи застосовуються в комплексі, уточнюють і доповнюють один одного.

**Зовнішній огляд** дає можливість виявити цілу низку несправностей АКБ: окиснення зовнішніх виводів, тріщини у мастиці та кришках, сульфитацію та руйнування пластин, понижений рівень електроліту. При візуальному контролі під час заряджання справної АКБ повинна спостерігатися однакова інтенсивність газоутворення у всіх банках батареї. Якщо це не так, АКБ несправна. Результати зовнішнього огляду та контролю заряджання дають можливість зробити якісну оцінку стану АКБ. Кількісну оцінку параметрів роблять апаратними засобами. Стан акумуляторної батареї характеризується ступенем її зарядженості.

Вимірювання густини електроліту в банках АКБ контролюють з допомогою денсиметра (ареометра) при температурі 15 °С. Така перевірка дає можливість непрямо оцінити ступінь розрядженості акумуляторів (табл. 2.40).

Якщо при вимірюванні густини електроліту його температура відрізняється від 15 °С, то у величину густини необхідно внести поправки, пов'язані зі змінам густини електроліту залежно від температури.

При температурі електроліту вищій 15 °С поправку необхідно додавати до показань ареометра, а при температурі нижчій 15 °С - віднімати. Густина електроліту в окремих елементах справної батареї не повинна відрізнятися більше, ніж на 0,01 г/см<sup>3</sup>.

Таблиця 2.40

### Нормативні значення густини електроліту

Кліматична зона експлуатації	Пора року	Густина номінальна, г/см <sup>3</sup>	Розрядженість, г/см <sup>3</sup>	
			25%	50%
Холодні райони	Зимою	1,31	1,27	1,23
	Літом	1,27	1,23	1,19
Середня смуга	Протягом року	1,29	1,25	1,21
Південні райони	Протягом року	1,25	1,21	1,17

У разі пониження рівня електроліту доливають дистильовану воду, тому що вона випаровується швидше, ніж кислота. Густина електроліту контролюють ареометром, що поміщують у скляну трубку з гумовою грушею для всмоктування електроліту. Як уже згадано, різниця у густині електроліту в окремих банках батареї не повинна бути більшою за 0,01 г/см<sup>3</sup>. Зменшення густини електроліту на 0,01 г/см<sup>3</sup> відповідає розрядженості акумуляторної батареї приблизно на 6%.

Можливі несправності АКБ, їх причини і методи усунення наведені в табл. 2.41.

Таблиця 2.41

### Можливі несправності акумуляторної батареї, їх причини і методи усунення

Причина несправності	Метод усунення
1. Проковзування ременя приводу генератора	Відрегулювати натягнення ременя
2. Несправний генератор	Перевірити генератор
3. Пошкодження ізоляції у системі електрообладнання (сила струму розряду більше 1 мА при відключених споживачах)	Найти місце витoku струму й усунути пошкодження
4. Коротке замикання між пластинами	Замінити батарею
5. Підключення нових споживачів понад допустимих меж	Відключити нових споживачів електроенергії
6. Надмірне забруднення батареї	Очистити поверхню батареї
7. Рівень електроліту нижче верхньої кромки пластин	Відновити нормальний рівень електроліту
8. Окиснення вивідних затискачів і наконечників проводів	Від'єднати наконечники проводів, очистити вивідні затискачі та наконечники, змастити їх технічним вазеліном і встановити на місце
9. Недостатньо міцно затягнуті наконечники проводів на вивідних затискачах батареї	Затягнути болти кріплення наконечників на вивідних затискачах
<b>Електроліт на поверхні батареї</b>	
1. Підвищений рівень електроліту, що призводить до його вихлюпування	Установити нормальний рівень електроліту

Причина несправності	Метод усунення
2. Просочування електроліту через тріщини в корпусі	Замінити батарею
3. Кипіння електроліту внаслідок дуже високого тиску генератора	Перевірити й у разі необхідності замінити регулятор напруги
4. Кипіння електроліту і перегрівання батареї через сульфітацію пластин	Виконати заряджання батареї малим струмом (не більшим 1 А), якщо кипіння не усунуто, замінити батарею
<b>Батарея розряджена і погано заряджається (різко підвищується температура і багато виділяється газів)</b>	
Сульфітація пластин, яка відбувається внаслідок: - тривалого використання батареї; - підвищеної густини; - пониженого рівня електроліту; - систематичної недозарядженості батареї	Якщо сульфітація незначна, слід відновити батарею. Для цього з розрядженої батареї необхідно вилити електроліт і залити новий з густиною 1,145 г/см <sup>3</sup> . Після заливки електроліту батарею зарядити струмом силою 2,5 А. До кінця заряду густину електроліту довести до нормальної величини. У разі значної сульфітації замінити батарею

За результатами вимірювання густини АКБ автомобілів, розряджені більше, ніж на 25% узимку й на 50% улітку, направляють на дозарядку. Після зарядження густину електроліту доводять до норми доливанням дистильованої води або електроліту з густиною 1,4 г/см<sup>3</sup>. Зміна густини електроліту є одним з основних показників ступеня розрядженості акумуляторної батареї.

Розрядження справної АКБ під час її експлуатації відбувається внаслідок порушення зарядного балансу АКБ. При цьому відбувається глибоке розрядження акумуляторів, що може призвести до незворотних процесів і руйнування АКБ.

Густину вимірюють з допомогою спеціального приладу денсиметра (рис. 2.150, а) або густиноміра КИ-13951 (рис. 2.150, б).

Денсиметр складається з ареометра 3, що поміщений у скляну піпетку 2, яка має гумову грушу 1 та пластмасовий наконечник 5. Ареометр має шкалу, проградуєвану від 1,1 до 1,4 г/см<sup>3</sup>.

Густиномір призначений для експрес-оцінювання густини електроліту. В його прозорому корпусі 6 знаходяться шість циліндричних поплавців 7 різної маси, що розраховані на різні значення густини: 1,19; 1,21; 1,23; 1,25; 1,27; 1,29 г/см<sup>3</sup>. Густина електроліту визначається за поплавком з найбільшою масою, що спливає. Отримане значення необхідно привести до значення густини при 25 °С.

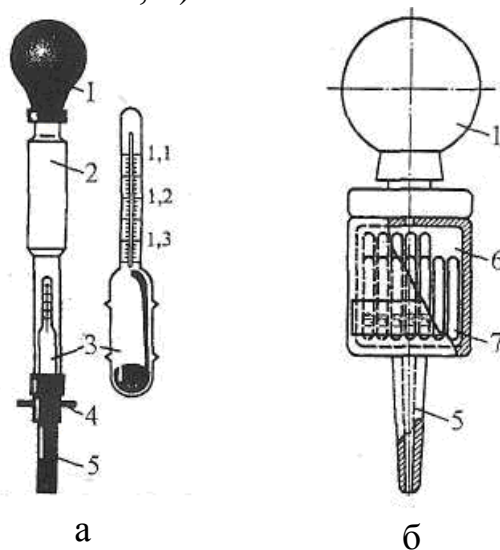


Рис. 2.150. Денсиметр (а) і густиномір КИ-13951 (б):

1 – гумова груша; 2 – піпетка; 3 – ареометр; 4 – гумова пробка; 5 – наконечник; 6 – прозорий корпус; 7 – поплавок

Для цього на кожен градус різниці температур електроліту вводиться поправка  $0,0007 \text{ г/см}^3$ . При температурі електроліту вище за  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  поправка додається, а при температурі нижче  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  – віднімається.

Ступінь розрядженості акумуляторної батареї у відсотках вираховується за формулою

$$\Delta Q = \frac{\rho_{зар} - \rho_{изм}}{\rho_{зар} - \rho_{разр}} \cdot 100,$$

де  $\rho_{зар}$ ,  $\rho_{разр}$  – відповідно густина електроліту повністю зарядженої і розрядженої батареї,  $\text{г/см}^3$ ;  $\rho_{изм}$  – виміряна густина,  $\text{г/см}^3$ .

За значенням густини електроліту  $\gamma$  можна непрямо визначити величину електрорушійної сили (ЕРС), яку утворює кожна банка батареї, за емпіричною формулою  $E=0,84+\gamma$ .

Якщо дійсна напруга АКБ, виміряна вольтметром, виявиться нижчою розрахункової, це свідчить про несправність АКБ (осипання активної маси, коротко замкнуті пластини різної полярності).

У необслуговуваних АКБ на верхній кришці розміщений вбудований ареометр індикаторного типу. Зелений колір індикатора свідчить про нормальний рівень електроліту в банках батареї та про її зарядженість вище 65%. Чорний указує на недозарядженість АКБ (нижче 65%) при нормальному рівні електроліту в банках. Світлий - на низький рівень електроліту.

Вимірювання напруги на банках АКБ під навантаженням виконують з допомогою навантажувальної вилки. Напруга на клеммах акумуляторів зарядженої батареї повинна бути не менше 1,8 В протягом 5 с процесу вимірювання. Для адекватної оцінки стану АКБ при такому діагностуванні потрібно забезпечити певне значення струму розрядження (підібрати відповідний опір навантажувальної вилки). Різниця напруг на клеммах окремих банок батареї не повинна перевищувати 0,2 В. У разі більшої різниці напруг в експлуатаційних умовах відбувається інверсне зарядження окремих банок і напруга АКБ різко знижується.

Контрольне розрядження АКБ виконують з метою визначення її фактичної ємності. Для цього повністю заряджають АКБ і розряджають її струмом, що складає 10% від номінальної ємності батареї. Розрядження зупиняють, коли на клеммах найгіршої банки напруга знизиться до 1,7 В (на всій АКБ до 10,2 В). За часом контрольного розрядження роблять висновок про стан АКБ. Для справних АКБ (що мають ємність, що наближається до номінальної) цей час повинен бути не менше 7,5 год при густині електроліту  $\gamma=1,29 \text{ г/см}^3$ ; 6,5 год при  $\gamma=1,27 \text{ г/см}^3$ ; 5,5 год при  $\gamma=1,25 \text{ г/см}^3$ . Справні АКБ після контрольного розрядження заряджають і відправляють в експлуатацію або на зберігання, а несправні – в ремонт або на утилізацію.

Для точного визначення фактичної ємності АКБ виконують двадцятигодинне їх розрядження (згідно зі стандартом). Для цього заряджену АКБ номінальної ємності  $C_{20}$  розряджають стабільним струмом  $I_p=C_{20}/20$ , реєструючи при цьому час розрядження  $t_p$  (на момент зниження напруги на банку до 1,7 В). Фактична розряджувальна ємність АКБ за результатами вимірювань визначається за формулою  $C=I_p t_p$ .

Оперативне визначення ємності та стартової потужності АКБ при короткочасному розряджанні можна тільки зі значним її навантаженні. При цьому реєструється динаміка падіння напруги на клеммах АКБ. Для реалізації таких методів екстреної діагностики використовуються мікропроцесорні тестери АКБ, які базуються на потужних стабілізаторах струму з цифровими вимірювачами поточних значень напруги.

**Рівень електроліту** повинен бути на 10-15 мм вище запобіжного щитка, встановленого над сепаратором. Для полегшення контролю рівня електроліту заливні горловини батареї мають спеціальні отвори-тубуси, що знаходяться нижче різбового отвору під пробки. Для визначення рівня електроліту в акумуляторах вивернути пробки заливних горловин.

Рівень електроліту вважається достатнім, якщо він торкається нижнього торця тубуса горловини.

Якщо рівень електроліту нижчий вказаного, то слід долити дистильовану воду. Електроліт необхідно доливати тільки в тому разі, якщо відомо, що його рівень понизився в результаті вихлюпування.

Якщо рівень електроліту вищий за норму, його надлишок можна зменшити з допомогою гумової груші, тому що надмірна кількість електроліту може призвести до його вихлюпування та корозії виводів і деталей кріплення батареї.

**Комплект акумуляторщика Е-412** призначений для обслуговування стартерних акумуляторних батарей ємністю від 45 до 190 А·год, щільністю електроліту від 1,19 до 1,31 г/см<sup>3</sup> і номінальною напругою 12 В. Комплект переносного типу і складається з акумуляторного пробника Е-107, густиноміра ПЕ-2 або ПЕ-1, поліетиленової ємкості на 2,5 л, двох гайкових ключів, скляної трубки для визначення рівня електроліту, груші для відсмоктування електроліту.

Комплект акумуляторщика Е-412 призначений для проведення таких операцій:

- вимірювання напруги АКБ як без навантаження, так і з навантаженням;
- визначення густини електроліту;
- коригування рівня електроліту;
- зняття наконечників проводів і виводів АКБ;
- установка та виймання батареї з гнізда автомобіля.

Габаритні розміри 320×210×300 мм; маса – не більше 6,5 кг.

Вітчизняні та зарубіжні фірми, наприклад, «Автоелектрика», BOSCH, АВЕСТА й ін., випускають цілу гаму пускозарядних діагностичних приладів, які забезпечують виконання таких операцій:

- заряджання АКБ з автоматичним циклом;
- підтримання роботоздатності АКБ при зберіганні;
- контроль рівня зарядженості АКБ;
- контроль роботоздатності генераторної установки, регулятора напруги і стартера;
- запуск двигуна при розрядженій АКБ.

Аналогічні прилади мають можливість підключення принтера для документування роздруку параметрів АКБ при контролі.

Виготовляють батареї з густиною електроліту  $1,26 \text{ г/см}^3$  (при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). У табл. 2.42 наведена залежність зарядженості батареї від густини електроліту. Якщо температура електроліту вища або нижча  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , вводиться відповідна поправка, тобто густина електроліту зводиться до його густини при температурі  $+15 \text{ }^\circ\text{C}$ . При підвищенні температури на кожні  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  густина зменшується приблизно на  $0,01 \text{ г/см}^3$ , а при пониженні на кожні  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  – збільшується на  $0,01 \text{ г/см}^3$ . Далі наведені поправки до показань денсиметра при відповідній температурі:

- температура, $^\circ\text{C}$	45	30	15	0	-15	-30	-45
- поправка, $\text{г/см}^3$	+0,02	+0,01	0	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04

Таблиця 2.42

### Залежність зарядженості батареї від густини електроліту

Стан батареї	Густина, $\text{г/см}^3$				
	1,30	1,28	1,26	1,24	1,22
Повністю заряджена	1,30	1,28	1,26	1,24	1,22
Розряджена на 25%	1,26	1,24	1,22	1,20	1,18
Розряджена на 50%	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14

Установлюючи нові акумуляторні батареї треба мати на увазі, що батареї, які випускаються, можуть бути сухозаряджені, у які при введенні в експлуатацію необхідно буде тільки залити електроліт, і не заряджені, які після заливання електроліту потребують проведення циклу заряджання.

### 2.11.12. Діагностування автомобільних генераторів

Автомобільні генератори діагностують кількома методами. Вибір методу діагностування визначається умовами проведення діагностичних операцій, наявністю діагностичного обладнання та глибиною локалізації несправності.

Постановка діагнозу про стан генератора може здійснюватися за вихідними діагностичними параметрами. У цьому разі генератор діагностують у складеному робочому стані. Як привід обертання при цьому може використовуватися двигун автомобіля (бортова діагностика) або електродвигун діагностичного стенда (агрегатна діагностика).

Діагностування генератора у складеному стані виконують на випробувальних стендах, що забезпечують (імітують) режими й умови борта автомобіля. Обмотка збудження підключається до постійної напруги  $U_{AKB}$  з контролем струму через неї. Електропривід стенда забезпечує необхідну частоту обертання ротора генератора (контролюється тахометром). Напруга, яку виробляє генератор  $U_G$  (вихідний діагностичний параметр), вимірюється на обертах холостого ходу генератора  $n_{ХГ}$  при відключеному навантаженні. Отримані значення порівнюють з паспортними даними.

Якщо напруга, виміряна на режимі холостого ходу, нижча за паспортні значення або відсутня – генератор несправний. У разі задовільного значення напруги продовжують випробування на номінальному режимі. Для цього встановлюють номінальні оберти генератора  $n_{НГ}$  і забезпечують номіналь-



ний струм віддачі  $I_{НГ}$  шляхом підключення реостатів навантаження. Якщо напруга, виміряна у номінальному режимі, нижча за паспортне значення – генератор несправний.

Пошук несправностей електричних кіл (обриви, замикання) генератора у складеному стані здійснюють способом осцилографування форми вихідної напруги на привідному стенді або безмоторним методом аналізу кругових осцилограм при послідовному прокручування ротора генератора.

Можливі несправності генератора, їх причини і методи усунення наведені в табл. 2.43.

Таблиця 2.43

**Можливі несправності генератора,  
їх причини і методи усунення**

Причина несправності	Метод усунення
<b><i>Під час руху автомобіля стрілка вольтметра комбінації приладів виходить за межі білої зони шкали</i></b>	
1. Обрив у колі живлення обмотки збудження	Відновити з'єднання
2. Пошкоджений регулятор напруги генератора	Замінити регулятор
3. Спрацювання або зависання щіток генератора, окиснення контактних кілець	Замінити щіткотримач зі щітками; протерти кільця ганчіркою, змоченою у бензині
4. Обрив або коротке замикання на «масу» обмотки збудження ротора генератора	Замінити ротор
5. Коротке замикання одного або кількох позитивних вентилів випрямного блока генератора	Замінити випрямний блок генератора
6. Обрив на одному або кількох вентилях випрямного блока генератора	Замінити випрямний блок генератора
7. Обрив або міжвиткове замикання в обмотці статора	Замінити статор
<b><i>Генератор працює, акумуляторна батарея слабо заряджається</i></b>	
1. Слабке натягнення ремня: проковзування при високій частоті обертання та при роботі генератора під навантаженням	Відрегулювати натягнення ремня
2. Ослаблене кріплення наконечників проводів на генераторі та акумуляторній батареї, окиснені виводи акумуляторної батареї, пошкоджені проводи	Очистити виводи батареї від оксидів, затуляти виводи, замінити пошкоджені проводи
3. Несправна акумуляторна батарея	Замінити батарею
4. Пошкоджений регулятор напруги	Замінити регулятор напруги
<b><i>Акумуляторна батарея перезаряджається</i></b>	
1. Несправний регулятор напруги	Замінити регулятор напруги
2. Несправна акумуляторна батарея	Замінити батарею
<b><i>Підвищена шумність генератора</i></b>	
1. Ослаблена гайка шківів генератора	Підтягнути гайку
2. Пошкоджені шарикопідшипники генератора	Замінити шарикопідшипники
3. Міжвиткове замикання обмотки статора (генератор «вие»)	Замінити статор
4. Скрип щіток	Протерти щітки і контактні кільця бавовняною серветкою, змоченою у бензині

Конструкція більшості типів генераторів дає можливість перевіряти стан вентилів випрямляча з допомогою омметра, не розбираючи генератор (через отвори у задній кришці).

Під час проведення ТО-2 діагностування генераторів виконують з їх частковим розбиранням. При цьому перевіряється стан щіткового вузла і контактних кілець. Щітки повинні вільно переміщуватися у щіткотримачах. Допускається спрацювання щіток до висоти не менше, ніж 8 мм. Нормативні значення тиску щітки на кільце вказуються в технічних характеристиках генератора і перевіряються таким чином. Витягають з конструкції генератора блок щіткотримача, виймають з нього одну щітку, а іншою натискають на ваги таким чином, щоб вона виступала над рівнем тримача на 2 мм. Тиск, що реєструється при цьому вагами, складає 140-440 г с залежно від типу генератора.

Обриви і замикання обмоток генератора на корпус виявляють з допомогою пробника або омметра. Стан обмотки збудження визначають шляхом вимірювання її опору й порівняння отриманих значень з паспортними даними. Для різних типів генераторів опір обмоток збудження складає 2,7-16 Ом. Витки якірних обмоток, які замкнуті між собою, виявляють з допомогою дефектоскопів типу ПДО-1 при повному відключенні виводів обмоток від зовнішніх кіл (випрямляча).

Перевірка вентилів випрямляча полягає у вимірюванні їх електричного опору в прямому та зворотному напрямках з допомогою омметра або пробника без витягання їх з моноблока радіатора.

### **Контрольні запитання**

1. Які існують прямі та непрямі методи контролю електрообладнання двигунів?
2. Розказати про склад загального електрообладнання двигунів та автомобілів.
3. Наведіть класифікацію видів і засобів діагностування загальних кіл електрообладнання двигунів автомобілів.
4. Як контролюють коло заряджання АКБ?
5. Які основні несправності систем електроживлення двигуна та їх діагностичні параметри?
6. Які ознаки якісної оцінки технічного стану двигуна органами чуттів за вимірюванням функціональних параметрів?
7. Які типові несправності котушок запалювання?
8. Як можна перевірити справність котушки запалювання на автомобілі?
9. Наведіть зовнішні ознаки, за якими можна оцінити технічний стан свічок запалювання двигуна.
10. Перелічіть основні несправності системи запалювання двигуна.
11. Які діагностичні параметри оцінки технічного стану стартера?
12. Які застосовуються методи діагностування генераторів?
13. Які несправності АКБ можна виявити при зовнішньому огляді?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання : навч. посіб. / Малащенко В.О., Стрілець В.М., Новіцький Я.М., Стрілець О.Р. – Рівне : НУВГП, 2017. – 347 с.
2. Полянський С.К. Технічна експлуатація будівельно-дорожніх машин та автомобілів. Загальні відомості. Теоретичні і організаційні основи : підручник : у 3 ч. / С.К. Полянський, М.О. Білякович. Ч. III. Діагностування, керування роботою та підвищення ефективності роботи машин. – Київ : Видавничий Дім «Слово», 2013. – 624 с.
3. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобилей : справ. пособ.: в 6 т. / В. Д. Мигаль. Т. 3. Методы диагностирования – Харьков : Майдан, 2012. – 548 с.
4. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління : підручник / О.А. Лудченко. – Київ : Знання-Прес, 2004. – 478 с.
5. Зенкін Є.Ю. Розробка методу прискореного діагностування автомобільних дизелів з акумуляторними системами паливоподачі: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / Є. Ю. Зенкін. – Харків : ХНАДУ, 2010. – 180 с.
6. Мигаль В.Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів : монографія / В.Д. Мигаль. – Харків : Майдан, 2018. – 262 с.
7. Diesel-Engine Management, 4th Edition, Robert Bosch GmbH. June 2006, 504 Pages.
8. Жерновий А.С. Нові методи та засоби діагностування двигунів внутрішнього згорання / А.С. Жерновий, К.С. Колобов // Автошляховик України. – 2006. – С. 14–16.
9. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобилей : справ. пособ. : в 6 т. / В.Д. Мигаль. Т. 5. Средства диагностирования (книга 2). – Харків : Майдан, 2012. – 460 с.
10. Пойда А.М. Технічна експлуатація автомобілів з мікропроцесорними системами керування : лабор. практикум / А.М. Пойда. – Харків : ХНАДУ, 2012. – 172 с.
11. Корогодский В.А. Влияние способа смесеобразования на индикаторный и эффективный КПД двухтактного двигателя / В.А. Корогодский // Автомобильный транспорт : сб. научн. тр. – Харьков, 2015. – Вып. 37. – С. 22–30.
12. Мигаль В.Д. Средства информационных систем автомобиля : справ. пособие / В.Д. Мигаль. – Харків : Майдан, 2012. – 444 с.
13. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобилей : справ. пособ. : в 6 т. / В.Д. Мигаль Т. 4. Средства диагностирования (книга 1). – Харків : Майдан, 2012. – 596 с.
14. Жерновий А.С. Вибір діагностичних параметрів для експрес-діагностування дизелів / А.С. Жерновий, О.Д. Климпуш // Вісник нац. транспортного ун-ту. – Київ : НТУ, 2012. – Вип. 25. – С. 175–178.
15. Говорущенко Н.Я. Техническая кибернетика транспорта : учеб. пособ. / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев. – Харків : ХГАДТУ, 2001. – 271 с.
16. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля : навч. посіб. / О.Ф. Дашенко, В.Г. Максимов, О.Д. Ніцевич та ін. ; за ред. М.Б. Копитчука. – Одеса : Наука і техніка, 2012. – 392 с.
17. Наглюк І.С. Концепція оцінки властивостей моторної та трансмісійної оливи транспортних машин за енергетичними параметрами : дис. ... докт. техн. наук : 05.22.20 / І.С. Наглюк. – Харків : ХНАДУ, 2013. – 295 с.

18. ДСТУ 2389-94 Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. – Чин. від 01.07.95. – Київ : Держстандарт України, 1995. – 75 с.
19. Романяк В.І. Дослідження токсичності відпрацьованих газів дизельних двигунів при деактивації частини циліндрів / В.І. Романяк, А.О. Келемеш, О.В. Горбенко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2019. – № 4. – С. 241–249. – URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.31>
20. Транспортна екологія : навч. посіб. / О.І. Запорожець, С.В. Бойченко, О.Л. Матвеева та ін. ; за заг. ред. С. В. Бойченка. – Київ : НАУ, 2017. – 507 с.
21. Гутаревич Ю.Ф. Екологія та автомобільний транспорт : навч. посіб. / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун. – Київ : Арістей, 2006. – 262 с.
22. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів : підручник / О.А. Лудченко. – Київ : Вища шк., 2008. – 527 с.
23. Combustion Control System Design of Diesel Engine via ASPR based Output Feedback Control Strategy with a PFC I. Mizumoto, J. Tsunematsu, S. Fujii MOVIC2016 & RASD2016 IOP Publishing Journal of Physics: Conference Series 744 (2016) 012104. doi:10.1088/1742-6596/744/1/012104
24. Air Pollution Control Technology Handbook. Karl B. Schnelle and Charles A. Brown. Publisher CRC Press 2002. Print.
25. Мікропроцесорна техніка : навч. посіб. / В.В. Ткачов, Г. Грулер, Н. Нойбергер та ін. – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 188 с.
26. Білоконь Я.Ю. Уприскувальні системи живлення бензинових двигунів сучасних автомобілів : навч. посіб. / Я.Ю. Білоконь, М.А. Вайнтрауб. – Київ : ІІТО НАПН України, 2015. – 248 с.
27. Захарчук В.І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів : навч. посіб. / В.І. Захарчук. – Луцьк : ЛНТУ, 2011. – 233 с.
28. Пиндус Ю.І. Електричне та електронне обладнання автомобілів : навч. посіб. : ч. II / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 163 с.
29. Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів : навч. посіб. / В.А. Сажко. – Київ : Каравела, 2004. – 304 с.
30. Технічна експлуатація та надійність автомобіля / Є.Ю. Форнальчик, М.С. Оліскевич, О.Л. Мастикаш, Р.А. Пельо ; за заг. ред. Є.Ю. Форнальчика. – Львів : Афіша, 2004. – 492 с.
31. Головобородько О.О. Мехатронні системи автомобільного транспорту : навч. посіб. / О.О. Головобородько, В.В. Редчиць, О.М. Коробочка. – Харків : ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 300 с.
32. Далека В.Х. Інформаційні технології на транспорті : навч. посіб. / В.Х. Далека, К.О. Сорока, В.Б. Будниченко. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 340 с.
33. Основи діагностики автомобіля : навч.-метод. посіб. / Укладачі: Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Клімов О.М. – Чернігів : ЧНПУ ім. Т.Г. Шевченка, 2013. – 188 с.
34. Зенкин Е.Ю. Анализ технического состояния топливной аппаратуры на основе колебаний давления топлива в гидроаккумуляторе / Е.Ю. Зенкин // Двигатели внутреннего сгорания : научн.-техн. журнал. Харків : НТУ «ХПИ». – 2009. – № 1. – С. 144–147.
35. Врублевський О.М. Обґрунтування методики діагностування компонентів паливної апаратури двигуна з примусовим запалюванням / О. М. Врублевський, Е.Ю. Зенкін, О.В. Денісов, М.П. Булгаков // Вісник СевНТУ : зб. наук. праць. Серія Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – Вип. 134. – С. 109-112.
36. Кисликов В.Ф. Будова й експлуатація автомобілів : підручник / В.Ф. Кисликов, В.В. Лущик. – 6-те вид. – Київ : Либідь, 2006. – 400 с.

37. COMMON RAIL YSTEM (CRS) SERVICE MANUAL : Operation TOYOTA AVENSIS Issued : January 2009 Revised : December 2009 Service Department DENSO CORPORATION1-1, Showa-cho, Kariya-shi, Aichi-ken, 448-8661, Jap. p. 55.

38. Транспорт /Двигун FSI – що це таке, опис, особливості, основні проблеми. Irinin Journal Ukraine 2021. URL: <https://irinin.com/transport/dvigun-fsi-shcho-tse-take-opis-osoblivosti-osnovni-problemi.html>

39. Бороденко Ю.М. Діагностика електрообладнання автомобілів : навч. посіб. / Ю.М. Бороденко, О.А. Дзюбенко, О.М. Биков. – Харків : ХНАДУ, 2014. – 225 с.

40. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобилей : справ. пособ. в 6 т. / В.Д. Мигаль. Т. 2. Диагностические параметры и признаки. – Харків : Майдан, 2012. – 342 с.

41. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей : учеб. пособ. : в 3 т. / В.Д. Мигаль. Т. 1. Объекты и методы диагностирования. – Харків : Майдан, 2014. – 459 с.

42. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей : учеб. пособ. : в 3 т. / В.Д. Мигаль. Т. 2. Неисправности, параметры и средства диагностирования. – Харьков : Майдан, 2014. – 403 с.

43. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей : учеб. пособ. : в 3 т. / В.Д. Мигаль. Т. 3. Практические основы диагностирования. – Харьков : Майдан, 2014. – 444 с.

---

---

Навчальне видання

МИГАЛЬ Василь Дмитрович  
КОРОГОДСЬКИЙ Володимир Анатолійович  
ВОРОНКОВ Олександр Іванович  
НІКІТЧЕНКО Ігор Миколайович

## **ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ**

*Навчальний посібник*

Відповідальний за випуск *В.А. Корогодський*

*В авторській редакції*

Комп'ютерна верстка *Н.А. Купіної*

Дизайн обкладинки *Д.Ю. Нерівні*

