

МИГАЛЬ В. Д.

ДІАГНОСТИКА МЕХАТРОННИХ І ТЕЛЕМАТИЧНИХ СИСТЕМ ТРАКТОРА

*Навчальний посібник
для здобувачів ступеня
вищої освіти
закладів вищої освіти*



**Міністерство освіти і науки України
Державний біотехнологічний університет
Факультет мехатроніки та інжинірингу
Кафедра тракторів і автомобілів**

Мигаль В. Д.

**Діагностика мехатронних
і телематичних систем
трактора**

Навчальний посібник
для здобувачів ступеня вищої освіти
закладів вищої освіти

**Харків
«Майдан»
2024**

УДК 631.372:629.3.05:004.89:681.5](075.8)

М 57

Затверджено

Вченою радою Державного біотехнологічного університету

Протокол № 11 від 26.04.2024 р.

Рецензенти: **Калінін Є. І.** д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою тракторів і автомобілів та біоенергоресурсів Національного університету біоресурсів і природокористування України

Бажинов О. В., д-р техн. наук, професор кафедри «Технічної експлуатації і сервісу автомобілів» Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Шуляк М. А., д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою агроінжинірингу Сумського національного аграрного університету

М 57 Мигаль В. Д. Діагностика мехатронних і телематичних систем тракторів: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х., ДБТУ, вид-во «Майдан», 2024. – 326 с.

ISBN 978-966-372-916-9

Розглянуті показники якості створюваних тракторів, недоліки в оцінюванні проектного рівня і технологій виробництва та ефективного їх діагностування.

Наведені типові несправності, їх діагностичні параметри, методи і засоби їх діагностування, а також необхідні знання діагносту для підвищення ефективності діагностування.

Охарактеризована структура мехатронних систем керування трактором: датчики і виконавчі органи, системи ДВЗ, силового приводу, трансмісії, автоматичних коробок передач, рульового керування та гальмівної системи.

Наведені мехатронні, телематичні системи тракторів фірми John Deere, склад і структура електронних блоків керування трактором, CAN-шини, обладнання внутрішньої та зовнішньої телематики, систем дистанційного діагностування й управління парком тракторів і сільськогосподарських машин.

Описані типові несправності електронних і мехатронних систем, їх діагностичні параметри, методи і засоби їх діагностування, надані приладові та комп'ютерні системи діагностування мехатронних і телематичних систем трактора, а також функціональне призначення систем самодіагностики.

ISBN 978-966-372-916-9

© В. Д. Мигаль, 2024

© ДБТУ, 2024

Зміст

Перелік прийнятих скорочень.....	7
Іноземна аббревіатура	9
Вступ.....	11
1. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТРАКТОРІВ ТА КРИТЕРІЇ ЇЇ ОЦІНЮВАННЯ...	12
1.1. Споживчі властивості тракторів	12
1.2. Вимоги до проектного рівня якості тракторів.....	14
1.3. Оцінювання проектного рівня створюваних тракторів.....	23
1.4. Критерії оцінки проектного рівня трактора	26
1.5. Сфера застосування та завдання технічної діагностики тракторів.....	30
1.5.1. Види застосування діагностики тракторів	30
1.5.2. Завдання технічного діагностування	35
1.5.3. Знання, необхідні діагносту для ефективного діагностування тракторів	39
Контрольні запитання	43
2. ТЕХНІЧНІ СТАНИ ТРАКТОРІВ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ЇХ РОБОТОЗДАТНІСТЬ.....	44
2.1. Фактори, які визначають якість та експлуатаційну надійність створюваних тракторів	44
2.2. Дефекти проектування і виготовлення тракторів	46
2.3. Експлуатаційні несправності	52
2.4. Основні джерела впливу на трактор в експлуатації	55
2.5. Відмови тракторів	58
2.6. Дефекти ремонтного виробництва	62
2.7. Процеси зміни технічного стану тракторів в експлуатації	65
2.7.1. Стадії розвитку відмов	65
2.7.2. Види і форми зміни технічного стану трактора.....	66
2.7.3. Залежність зміни технічного стану трактора від напрацювання	69
Контрольні запитання	75
3. СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ МЕХАТРОННИХ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТРАКТОРА.....	76
3.1. Призначення і види діагностики механічних систем	76
3.2. Види діагностичних параметрів	79
3.3. Взаємозв'язок структурних і діагностичних параметрів	83
3.4. Методи і засоби діагностування трактора	85
3.5. Діагностування за загальними і функціональними ознаками	87
3.6. Класифікація засобів діагностування.....	91
3.7. Системи діагностування	97
3.8. Мінімальний набір засобів загального контролю і діагностики механічних систем трактора	98
3.9. Об'єкти першочергового контролю стану трактора щодо забезпечення його технічної та екологічної безпеки	101
3.10. Характеристика режимів діагностування (контролю) і граничних станів трактора	104

3.11. Методи діагностування гідравлічних систем.....	105
3.11.1. Контроль гідронавісної системи органами чуттів людини	105
3.11.2. Інструментальні методи діагностування гідросистем і гідроприводів.....	107
3.12. Структура гідравлічних систем керування трактором	115
3.13. Засоби контролю і діагностування гідравлічних систем і гідроприводів.....	119
3.13.1. Діагностування органами чуттів оператора і діагноста.....	119
3.13.2. Апаратні засоби діагностування.....	120
3.14. Інтелектуальні системи методів діагностування оператором-діагностом.....	128
3.14.1. Оператор-діагност як перша ланка у прийнятті рішень щодо результатів діагностування трактора.....	128
3.14.2. Структура людських і технічних систем діагностування.....	128
3.14.3. Інтелектуальні можливості людини в системі діагностування....	130
3.14.4. Послідовність інтелектуального діагностування.....	131
3.14.5. Знання, необхідні діагносту для ефективного діагностування трактора.....	139
Контрольні запитання	141
4. ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ТРАКТОРА	143
4.1. Структура систем керування приводом трактора.....	143
4.2. Склад і властивості мехатронних систем	149
4.3. Датчики та виконавчі пристрої мехатронних систем керування	150
4.4. Режими роботи трансмісії	157
4.5. Структура мехатронних систем керування трактором	160
4.6. Системи керування ДВЗ	161
4.7. Системи керування автоматичною коробкою передач	167
4.8. Системи рульового керування	169
4.9. Структура компонентів керування гальмами.....	176
Контрольні запитання	179
5. ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАКТОРОМ.....	181
5.1. Склад і структура електронних блоків та CAN-мережі сучасного трактора.....	181
5.2. Типова структура електронного блока керування.....	190
5.3. Об'єкти мехатронних і телематичних систем керування	192
Контрольні запитання	196
6. ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАКТОРІВ.....	197
6.1. Обладнання внутрішньої та зовнішньої телематики.....	197
6.2. Склад телематичних систем трактора.....	199
6.3. Дисплеї інформаційного забезпечення керування трактором.....	200
6.4. Засоби телематичних систем керування трактором.....	202
6.5. Телематичні системи надання діагностичної інформації та керування робочим обладнанням.....	205

6.6. Телематичні системи дистанційного діагностування трактора, моніторингу та керування причіпним обладнанням	208
6.6.1. Функціональні телематичні системи	208
6.6.2. Телематичні системи керування трактором і причіпним обладнанням	209
6.6.3. Телематичні системи моніторингу ефективності експлуатації парку тракторів.....	212
6.7. Дистанційний зв'язок тракторів та їх сервісний супровід.....	219
6.7.1. Дистанційний моніторинг тракторів.....	219
6.7.2. Бортові телематичні системи контролю робочих параметрів і технічного стану тракторів	221
Контрольні запитання	224

7. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ПАРАМЕТРІВ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ТРАКТОРА

7.1. Характеристика об'єктів діагностування	225
7.2. Електричні несправності електрообладнання і методи їх пошуку	226
7.2.1. Причини несправностей електрообладнання.....	226
7.2.2. Типові несправності електрообладнання і методи їх усунення	228
7.2.3. Несправності вбудованих контрольно-вимірювальних засобів і їх компонентів	231
7.2.4. Несправності акумуляторних батарей	232
7.3. Типові моделі несправностей електронних і мехатронних систем	235
7.4. Форми проявлення несправностей мехатронних і електронних систем ..	237
7.5. Вибір діагностичних параметрів і методів діагностування несправностей.....	242
7.6. Класифікація систем контролю і діагностування	245
7.7. Методи і засоби діагностування електричних систем	246
7.8. Діагностування електронного блока керування трактора	249
7.9. Діагностування мікропроцесорних систем трактора	254
7.10. Діагностування трактора інтелектуальними системами оператора.....	256
7.10.1. Огляд трактора та технічна безпека електричних систем	256
7.10.2. Захист електронних систем від електрики та шумів	257
7.10.3. Візуальний контроль технічного стану трактора	259
7.10.4. Технічне обслуговування та безпека акумуляторних батарей.....	261
7.11. Контроль блока споживачів та заміна топких запобіжників і технічна безпека	263
Контрольні запитання	264

8. ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНОЇ

ДІАГНОСТИКИ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ТРАКТОРА	266
8.1. Структура тестових і функціональних систем діагностування.....	266
8.2. Засоби діагностування механізмів трактора за сукупністю механічних та електричних систем	270
8.3. Засоби діагностування мехатронних та електронних компонентів і систем	275

8.4. Універсальні та програмно-апаратні засоби загальної і бортової діагностики	280
8.5. Засоби комп'ютерної діагностики.....	284
8.6. Характеристика систем самодіагностики.....	288
8.6.1. Загальна характеристика	288
8.6.2. Функціональне призначення системи самодіагностики	289
8.6.3. Рівні функціонування системи самодіагностики.....	290
8.6.4. Функціональні можливості сканера в діагностичній інформації	293
8.6.5. Вилучення діагностичної інформації інтегрованих систем самодіагностики	296
8.7. Діагностика шини CAN, що зв'язує блоки керування трактора	299
8.8. Бортові системи контролю і діагностування тракторів	301
8.8.1. Бортові системи керування робочими процесами та рухом трактора.....	301
8.8.2. Бортові системи діагностичного обслуговування трактора	304
8.8.3. Загальні елементи дистанційного контролю та діагностування тракторів	308
8.8.4. Діагностичне забезпечення тракторів 8R John Deere	311
Контрольні запитання	313
Література	316
Хронологічний покажчик видань автора	319
Предметний покажчик	323

Перелік прийнятих скорочень

- АБС** – антиблокувальна система гальм.
АКБ – акумуляторна батарея.
АКП – автоматична коробка передач.
АСК – автоматизована система керування.
АТЗ – автотранспортний засіб.
АТП – автотранспортне підприємство.
АЦП – аналого-цифровий перетворювач.
БКВ – багатократне впорскування.
БСК – бортова система контролю.
БСКД – бортова система контролю і діагностики.
ВВП – вал відбору потужності.
ВГ – відпрацьовані газы.
ВД – сигнал, що видає датчик.
ВП – виконавчий пристрій.
ГЗВ – гідрозбільшувач зчпної ваги.
ГРМ – газорозподільний механізм.
ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.
ДЗ – дросельна заслінка.
ДКМР – магніторезистивний ДКПР.
ДКПР – датчик кута повороту рульового колеса.
ДСКР – датчик сумарного кута повороту рульового механізму.
ДТП – дорожньо-транспортна пригода.
ЕБ – електронний блок.
ЕБК – електронний блок керування.
ЕГСАР – електронно-гідравлічна система автоматичного регулювання.
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина.
ЕПЗП – електрично-програмований запам'ятовуючий пристрій.
ЕПС – електронні паливні системи.
ЕС – експертна система.
ЗТД – засоби технічного діагностування.
ІДС – інформаційно-діагностична система для інформування водія про технічний стан агрегатів.
ІРН – інтегральний регулятор напруги.
ІС – інтегральна схема.
КВ – колінчастий вал.
ККД – коефіцієнт корисної дії.
КМОП – (комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник; англ. **CMOS**, complementary metal-oxide-semiconductor) — набір напівпровідникових технологій побудови інтегральних мікросхем.
КП – коробка передач.
КШМ – кривошипно-шатунний механізм.
МОП-структура – напівпровідникова структура, що застосовується при виробництві мікросхем і дискретних польових транзисторів (аббревіатура від

слів «металл-оксид-полупроводник» - «метал-оксид-напівпровідник»).

МС – мікропроцесорна система.

МТА – Машинно-Тракторні Агрегати – машинні агрегати, енергетичною частиною яких є трактор.

ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій.

МТП – машинно-тракторний парк.

ОР – охолоджувальна рідина.

ПК – персональний комп'ютер.

ПММ – паливно-мастильні матеріали.

ППЗП – постійно програмований запам'ятовуючий пристрій.

ПР – поточний ремонт.

Р – ремонт.

САК – система автоматичного керування.

САРГ – система автоматичного регулювання глибини обробки ґрунту.

СД – самодіагностика.

СДВ – система допомоги водієві.

СТО – станція технічного обслуговування.

ТД – технічне діагностування.

ТЗ – транспортний засіб.

ТО – технічне обслуговування.

ТС – технічний стан.

ЦАП – цифрово-аналоговий перетворювач.

ЦПГ – циліндропоршнева група.

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція.

ЩО – щоденне обслуговування.

Іноземна абревіатура

- ABS** – Anti-block Brake System – антиблокувальна система гальм.
- AMS** – Agricultural Management Systems – система точного землеробства від John Deere.
- ACS** – Active Command Steering – система рульового керування, яка зменшує зусилля на рульове управління для водія та покращує фіксацію лінії під час транспортування.
- APS** – Automatic PowerShift – автоматична трансмісія Powershift.
- ATU200** – AutoTrac Universal 200 – комплект рульового керування (автопілот).
- AutoTrac (SF1, SF2, RTK)** – система навігації точного автоматичного водіння машини вказаною прямою, кривою або адаптивною кривою.
- BUS** – шина.
- CAN** – Controller Area Network – мережа контролерів – стандарт промислової мережі, орієнтований, перш за все, на об'єднання в єдину мережу різних виконавчих пристроїв і датчиків.
- CDC** – активна стабілізація нахилу.
- DEF** – Diesel Exhaust Fluid – індикатор сечовини для очищення вихлопних газів дизельних двигунів.
- ЕВА** – система допомоги при екстремому гальмуванні.
- ЕСО** – ECOmical (ECO-friendly) – економний (екологічний).
- ЕСУ** – Electronic Control Unit – електронний блок керування (ЕБК).
- ESP** – електронна система динамічної стабілізації.
- GPRS** – General Packet Radio Service – пакетний радіозв'язок загального користування – надбудова над технологією GSM.
- GPS** – Global Positioning System – супутникова система навігації.
- GSM** – Global System for Mobile Communication – глобальна система для мобільного зв'язку.
- ISB** – ISOBUS Shortcut Button – кнопка, яка дає можливість оператору деактивувати функції агрегату, активовані до цього через ISOBUS.
- iTC** – приймач StarFire.
- LAN** – Local Area Network – це поєднання обчислювальних пристроїв у єдину локальну інформаційну мережу з використанням засобів провідного або безпроводного зв'язку.
- LGS** – система контролю за смугою руху.
- MIL** – Malfunction Indicator Lamp – лампа індикації відмов (світловий напис «Check Engine» – «Перевір двигун» на панелі приладів).
- MTG** – Modular Telematics Gateway – модульний телематичний шлюз.
- MyJohnDeere** – веб-портал, на якому можна знайти миттєвий огляд полів, завдань, машин.

- OBD** – On-Board Diagnostics – бортова діагностика – загальна назва вмонтованих (передбачених виробником) систем діагностування транспортних засобів.
- PivotPro** – автоматичне спрямування машини по вказаним концентричним колам для полів зі шворнями поливальних секцій.
- RDA** – Remote Display Access – система дистанційного перегляду дисплея.
- RTK** – Real Time Kinematics – кінематика реального часу – сукупність прийомів і методів отримання планових координат і висот точок місцевості сантиметрової точності з допомогою супутникової системи навігації.
- SCR** – Selective Catalytic Reduction – селективне каталітичне відновлення.
- SCV** – Selective Control Valve – селективно-контрольний клапан.
- SIM** – Subscriber Identification Module – ідентифікаційний електронний модуль – модуль ідентифікації абонента.
- SMS** – Short Message Service – служба коротких повідомлень.
- Switch Control Pro** – вмикання чи вимикання агрегату або секцій стріли розпилювача в залежності від GPS і визначених меж. Працює лише на транспортних засобах з адаптивним програмним забезпеченням.
- TIA** – Tractor Implement Automation – система автоматизації робочого обладнання трактора John Deere.
- TONI** – Telematics ON Implement – додатковий модуль до системи Telematics; це функція, яка на додачу до даних трактора фіксує також робочі дані причіпного робочого знаряддя.
- USB** – Universal Serial Bus – універсальна послідовна шина.
- WDT** – Wireless Data Transfer – система бездротової передачі даних.
- WEB** – (англ. павутина) - частина складних слів, що стосуються «всесвітньої павутини», тобто інтернету.
- Wi-Fi** – Wireless Fidelity – дослівно «бездротова точність» – технологія бездротової локальної мережі.

Вступ

У результаті швидкого розвитку електронних систем трактора з'явився новий науково-технічний напрямок – діагностування мехатронних та телематичних систем. Розвиток цього напрямку пов'язаний з інтеграцією механіки (гідравліки, пневматики), електроніки, мікропроцесорної техніки і програмного забезпечення та інформатизації у поняттях мехатроніка і телематизація. Мехатронізація трактора дає можливість оптимізувати робочі процеси й управління рухом трактора, а також розвивати його інтелектуальні системи.

Технічна діагностика трактора покликана забезпечити високий рівень готовності до виконання широкого спектру завдань ефективного використання тракторів за показниками безвідмовності, безпеки руху, паливної економічності, зниження експлуатаційних витрат, витрат на технічне обслуговування, зменшення простоїв.

Навчальний посібник складено за матеріалами огляду сучасної навчальної літератури, опублікованих досягнень наукових досліджень та технічної інформації і каталогів щодо зарубіжних тракторів, викладених на сайтах виробників тракторів.

Зміст матеріалу орієнтований для підготовки фахівців з конструювання, діагностування та технічного обслуговування тракторів і для його опанування потрібні певні знання зі спеціальних дисциплін, що передують за навчальним планом: будови тракторів вітчизняного і зарубіжного виробництва, двигунів внутрішнього згорання, електрообладнання, мехатронних, телематичних та інтелектуальних систем тракторів.

Методика викладення матеріалу щодо діагностування агрегатів тракторів передбачає послідовність інформації щодо діагностування тракторів за таким алгоритмом: види несправностей механічних, електричних, мехатронних і телематичних систем, їх діагностичні параметри, методи і засоби їх діагностування.

Для кращого засвоєння матеріалу в посібнику наводяться структурні схеми та ілюстрації об'єктів діагностування. У текстах розділів посібника також використаний матеріал з первинних та додаткових джерел інформації (список літератури наведений в кінці тексту посібника). Після кожної теми надано перелік контрольних запитань для закріплення отриманих знань, що складені у форматі підсумкового контролю. У посібнику також наведено перелік прийнятих скорочень та іноземних аббревіатур.

Автор висловлює подяку доценту ХНАДУ Бороденку Юрію Миколайовичу за надання матеріалу для посібника і рекомендації щодо структури посібника, а також технічному редактору посібника Жадану Олександровичу Івановичу за кропітку роботу з комп'ютерної верстки та технічного редагування посібника.

1. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТРАКТОРІВ ТА КРИТЕРІЇ ЇЇ ОЦІНЮВАННЯ

1.1. Споживчі властивості тракторів

Трактор – це складна технічна система, призначена для здійснення сільськогосподарської діяльності; її характеризує багато різних технічних параметрів і споживчих показників, що визначають енергетичні, агротехнічні та експлуатаційні властивості.

Ринок тракторів зосередив в Україні різноманітність пропонованих моделей різного технічного рівня і призначення. За даних умов при інтенсивній рекламі тракторів, особливо закордонного виробництва, користувачу складно оцінити їх надійність, технічну досконалість і ефективне використання в конкретному виді сільськогосподарських робіт.

Якість трактора виражається широкою сукупністю властивостей, кожна з яких характеризується одним або кількома параметрами, що кількісно виражаються конкретними показниками, які визначають їх придатність для задоволення певних потреб відповідно до призначення. Наприклад, динамічність характеризується максимальною швидкістю трактора при перевезенні вантажів, часом розгону до заданої швидкості (км/год), гальмівними якостями і т. д. Конкретний тип трактора з певним технічним станом має певні значення експлуатаційних показників параметрів (рис. 1.1). Хоча не всі властивості можуть бути виражені кількісними показниками, наприклад, зручність керування, комфортабельність, оглядовість, здатність використовувати начіпні агрегати тощо.

Показані на рис. 1.1 числові значення показників є умовними, оскільки для конкретної моделі трактора та його призначення вони можуть значно відрізнятися [1, 2].

Споживчі властивості. Існують різні класифікації споживчих властивостей тракторів, кожна з яких може відображати різні аспекти досліджуваної проблеми. За однією з найпоширеніших класифікацій споживчі властивості трактора, незважаючи на їх суперечливість, умовно можна розділити на три групи:

- ті, що характеризують пристосованість трактора до виконання технологічних вимог, які впливають з умов роботи, або технологічні (агротехнічні);
- ті, які визначають продуктивність та економічність роботи агрегату або техніко-економічні;
- ті, що забезпечують комфорт водія і його безпеку, або загально-технічні.

Технологічні (агротехнічні) споживчі властивості – це низка властивостей, пов'язаних, в основному, з прохідністю та маневреністю трактора. Як показники для визначення прохідності використовують тиск на ґрунт, буксування, агротехнічний і дорожній просвіт, тип і конструктивні особливості рушії, габаритну висоту і ширину машини.

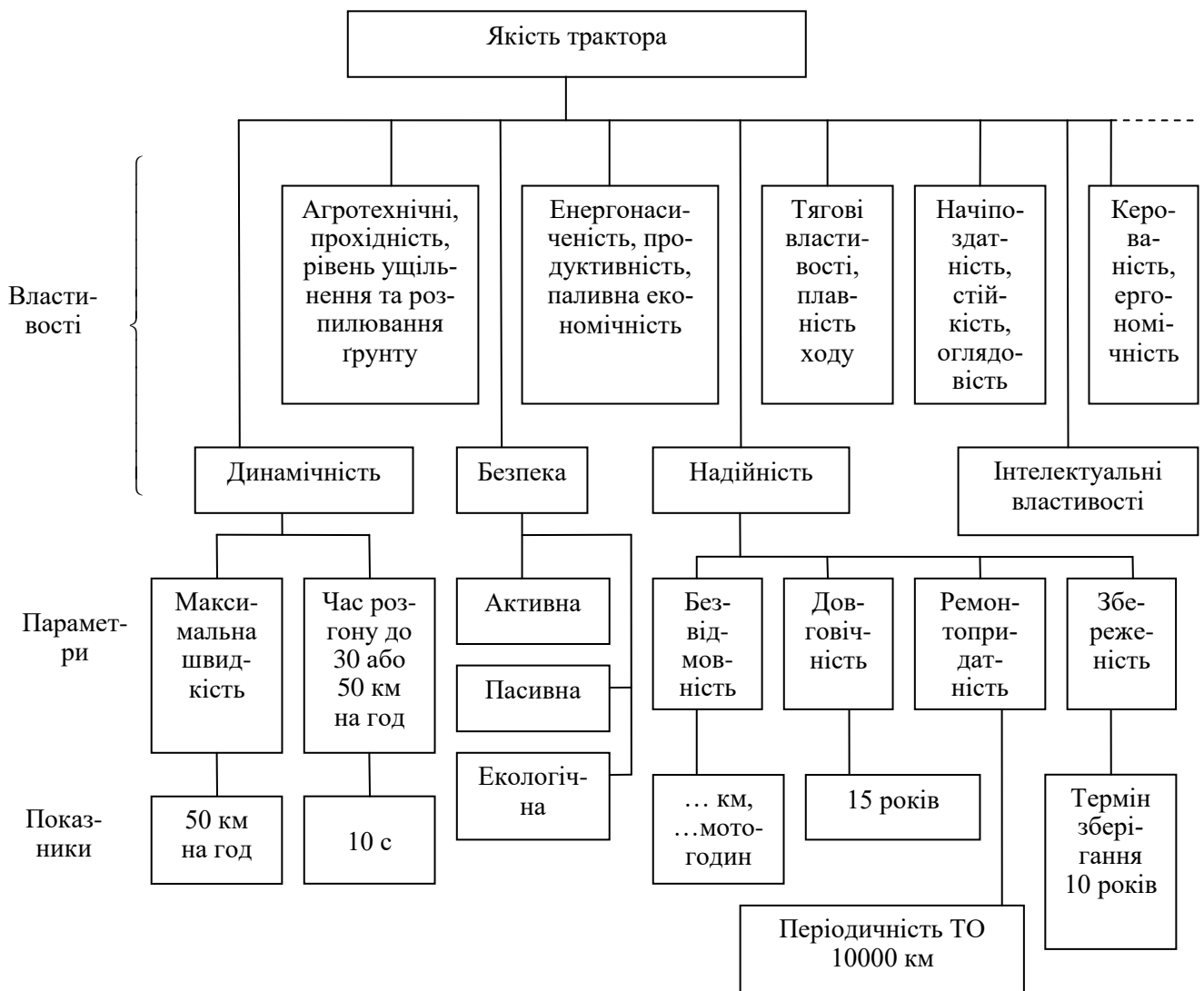


Рис. 1.1. Структура поняття «якість трактора» на прикладі аналізу деяких його властивостей

Техніко-економічні споживчі властивості визначаються, в основному, продуктивністю та економічністю трактора. Продуктивність трактора характеризується обсягом виконаної роботи за одиницю часу при дотриманні заданих умов технологічного процесу і може визначатися, наприклад, розміром обробленої площі, масою вантажу, що перевозиться за одиницю часу та ін. Згідно з цим продуктивність оцінюють такими показниками, як потужність двигуна, запас крутного моменту та коефіцієнта пристосованості, діапазон тягових зусиль і швидкостей руху, тип начіпного пристрою та вала відбору потужності тощо.

Економічність трактора визначається собівартістю виконаних робіт і залежить від: витрати пального, мастильних матеріалів та їх вартості, затрат на заробітну плату водіїв, витрат на технічне обслуговування і ремонт, розмірів відрахувань на амортизацію і т. д. В теорії трактора розглядаються, в основному, питання паливної економічності агрегату та її залежність від витрати пального при різних експлуатаційних режимах, від витрат, що виникають під час руху машини, підбору діапазонів і кількості передач, інших конструктивних та

експлуатаційних показників.

Загальнотехнічні споживчі властивості пов'язані, в основному, із забезпеченням зручності роботи й обслуговування, санітарно-гігієнічних умов та умов безпеки роботи водія. Вони оцінюються такими показниками: граничним рівнем шуму, вібрації, запиленості, загазованості та мікрокліматом в кабіні; легкістю обслуговування, готовністю до роботи і т. д.

Проектне забезпечення усіх споживчих властивостей в одній моделі трактора – це вельми складне і важке завдання. Тому користувачу часто доводиться вибирати між ціною та якістю. У практиці міжнародної торгівлі користувач (покупець) часто зупиняє свій вибір на тракторах, які прийнятні за якістю або за іншими властивостями для виконання потрібних видів робіт, порівняно з іншою продукцією того ж призначення, але продається за меншою ціною.

1.2. Вимоги до проектного рівня якості тракторів

Останніми роками кількість тракторів у сільському господарстві України постійно зростає, а вітчизняні трактори за своїми експлуатаційними показниками не в повній мірі задовольняють користувача. Прогнозується оновлення тракторного парку України за рахунок імпорту тракторів закордонних виробників. У даних умовах актуальним є питання оцінювання технічного рівня вітчизняних і закордонних виробників.

Недостатня проектна «універсальність» якісних показників тракторів, виготовлених в Україні, є однією з основних причин низької їх конкурентноспроможності. Визначення техніко-експлуатаційних властивостей та якості тракторів у цілому дозволяє вибирати той, який найкращим чином відповідає вимогам користувача для даних умов виконання сільськогосподарських робіт, дає можливість розробляти оптимальні методи підтримки експлуатаційних властивостей, закладених при проектуванні та виробництві тракторів. Ця обставина особливо важлива при виборі вітчизняного або придбанні закордонного трактора для експлуатації в умовах України.

Одним із напрямків підвищення якості тракторів є відповідність вимогам міжнародних стандартів ISO серії 9000. При цьому рекомендується оцінювати якість тракторів під час виготовлення та експлуатації за відповідністю їх показників нормативно-технічній документації.

Головним показником оцінювання технічного рівня є енергонасиченість трактора та супутні показники: експлуатаційна питома витрата пального, максимальний тиск рушіїв на ґрунт та вартість трактора.

При створенні тракторів іде постійний пошук збільшення ступеня автоматизації, удосконалення режимів роботи трактора і розгону, підвищення швидкостей, витривалості до навантажень та температур, зменшення габаритів і маси, підвищення точності та безпеки функціонування, високої ефективності роботи, продуктивності, потужності, ККД, маневреності та прохідності, підвищення тягово-швидкісних якостей, об'єднання механічних пристроїв та електроніки в системи з єдиним інформаційним керуванням.

Робота з номенклатурою цих параметрів, що визначають споживчі властивості трактора, створює об'ємне уявлення про трактор як про технологічну машину, а не машину, яка служить тільки джерелом енергії та тягової сили.

Процес вибору й обґрунтування номенклатури початкових даних, аналіз технологічних властивостей дозволяє сформулювати знання, здатні оцінити сферу використання трактора, а також підібрати енергетичний засіб з потрібними параметрами для виконання конкретного комплексу технологічних операцій сільськогосподарського виробництва.

Надійність наряду з функціональними показниками у значній мірі визначає споживчі властивості сільськогосподарських тракторів, оскільки від них залежать і річне напрацювання, і тривалість простоїв тракторів у пікові періоди, й ефективність використання тракторів у сільськогосподарському виробництві та своєчасне виконання комплексу робіт у потрібні агротерміни.

В умовах жорсткої конкуренції на світовому ринку тракторів дуже важливим є питання розв'язання проблеми оцінювання їх технічного рівня, що відображає міру їх відповідності вимогам створення інтелектуальних тракторів.

Інтелектуальні трактори характеризуються високим рівнем автоматизації робочих процесів і режимів водіння – від високого до повного автоматизованого керування трактором без участі людини (водія). Інтелектуалізація трактора дає можливість забезпечити оптимальне керування робочими процесами, адаптивні навантажувальні та швидкісні параметри.

Загальні завдання, які потрібно вирішувати при проєктуванні тракторів, наведені на спрощеній схемі рис. 1.2. Для ефективної технічної експлуатації їх вирішення вимагає високого рівня мехатронізації та телематизації тракторів. Ці технічні рішення можуть досягати рівня інтелектуального трактора.

Підвищення інтелектуального рівня тракторів сільськогосподарського призначення є одним з напрямків підвищення ресурсу, продуктивності, якості продукції й ефективності використання [2].

При оцінюванні технічного рівня трактора необхідно порівнювати значення показників, що характеризують якісні властивості, з відповідними кращими світовими зразками.

Як правило, спочатку, аналізується досягнутий світовий технічний рівень трактора, що характеризує реалізацію у виробі нових інтелектуальних технічних рішень, які забезпечують найбільшу міру задоволення користувача щодо вузлів, агрегатів і систем, що відповідають провідним світовим науково-технічним досягненням.

Кількісна оцінка якості трактора передбачає забезпечення необхідного його рівня на всіх стадіях життєвого циклу (рис. 1.3). Тобто рівень якості трактора повинен задаватися і встановлюватися під час його створення, при виробництві та використанні, підтримуватися в експлуатації і легко утилізуватися. Найефективнішими показниками якості тракторів є їх експлуатаційні властивості. Експлуатаційні показники – це показники, що визначають якість виконання трактором заданих функцій з максимальною ефективністю.

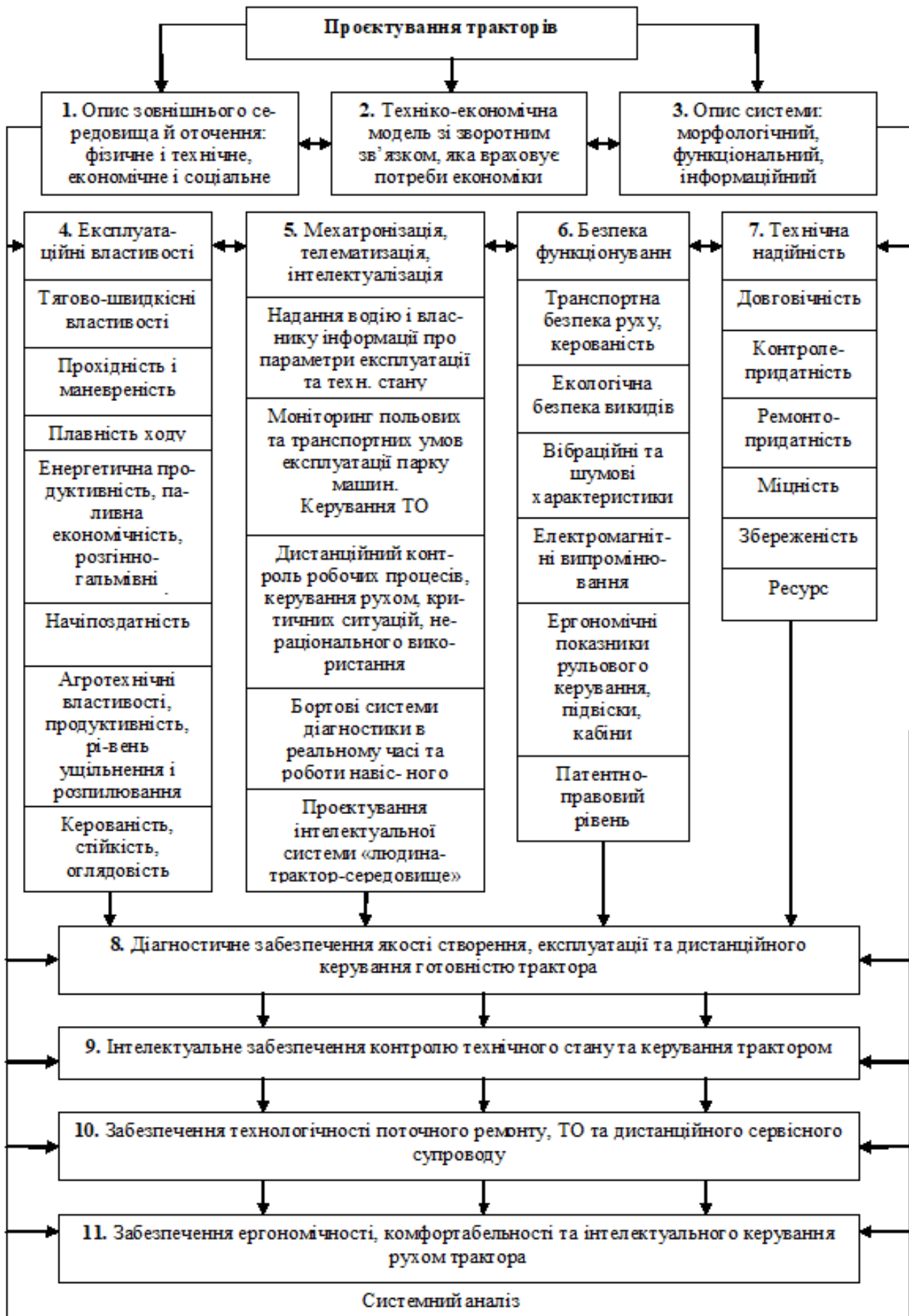


Рис. 1.2. Структурна схема основних завдань і системного підходу до їх розв'язання при проектуванні тракторів



Рис. 1.3. Сфери застосування діагностики в життєвому циклі трактора

Усі споживчі, техніко-економічні та експлуатаційні властивості трактора створюються його конструкцією і технологією виробництва. Практично кожен конструктивний елемент бере участь у формуванні кількох властивостей трактора.

Для цього необхідно визначати (оцінювати) заданий або наявний рівень якості, а потім впливати на якість конструкторськими та інженерно-технологічними методами і засобами. При цьому, з урахуванням досягнутого рівня створення тракторів, вирішуються першочергові завдання інформаційної та організаційно-технологічної структури віртуальних бізнес-процесів у сферах конструювання, технологічної підготовки виробництва, управління, збуту й експлуатації як складових частин життєвого циклу.

Процес керування якістю проектування і виготовлення трактора – це достатньо громіздка система організаційно-технічних заходів щодо встановлення потрібних технічних умов та недопущення їх порушення. Структурна схема заводських служб якості звичайно включає в себе відділи: методів контролю, технічного контролю, вхідного контролю, випробувань, аналізу дефектів. Виконання цього завдання пов'язане з планованим ефективним використанням технічних, людських і матеріальних ресурсів, які є у підприємства.

На стадії створення тракторів виконуються пошукові дослідження на фізичних моделях тракторів (або їх елементів), що відтворюють або імітують

конкретні їх властивості.

Результатом пошукових досліджень є постановка завдання проектування, що передбачає розробку технічних вимог до трактора і формування технічного завдання на його створення з нормативними показниками якості. Підставою для формування граничних значень показників якості трактора, що розробляється, є характеристики базових зразків та аналогів, вимоги національних і міжнародних стандартів, технічних умов, матеріалів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, відгуки користувачів тощо. В основу створення нових тракторів покладені висока надійність і безпека, економічність, екологічність, загальна ефективність.

Проект робочої документації на трактор розглядає його якість за такими властивостями: експлуатаційні, соціальні (що включають дорожню й екологічну безпеку), естетичні, але не завжди зачіпає престижність, особливості виконання агротехнічної і транспортної роботи і часто носить лише оцінку єдиних показників якості та узагальнену оцінку, що не дає можливості оцінити їх якість. До цих показників належать: продуктивність, рівень шкідливих викидів, витрата пального, безпека руху, технологічність, ремонтпридатність, естетичність, уніфікація, патентно-правовий рівень транспортної інтелектуалізації. Як головні техніко-експлуатаційні властивості, що визначають якість трактора, вирізняють: вагові та габаритні, паливна економічність, тяговошвидкісні, агротехнічні та технологічні властивості, динамічність, маневреність, прохідність, безпека, екологічність, надійність, ціна, начіпоздатність, керованість, стійкість, оглядовість тощо (рис. 1.2).

Для оцінювання технічного рівня розробки, діагностування тракторів, при створенні та доводці, при оптимізації технологічних процесів виробництва й експлуатації потрібен великий арсенал теоретичних, евристичних та емпіричних методів аналізу.

У табл. 1.1 приведені основні групи інтелектуальних та інструментальних методів. У кожній групі методів показані їх види, дана характеристика і вказана сфера застосування. Представлені в табл. 1.1 методи стосовно тракторів були розглянуті в роботі [3].

Усі процеси діагностування нерозривно пов'язані з використанням описаних інтелектуальних (органолептичних) та інструментальних методів. При цьому першочергову роль у діагностуванні відіграють інтелектуальні методи, включаючи необхідність отримання діагносту великого обсягу знань щодо окремих об'єктів діагностування трактора. Особливе значення інтелектуальних методів проявляється на етапах розробки діагностичного забезпечення несправностей і відмов трактора. У першу чергу необхідні знання конструкції та робочих процесів, типових дефектів і несправностей, їх діагностичних параметрів, методів і засобів їх діагностування.

Класифікація методів діагностики та сфери їх застосування

Групи методів	
1. Інтелектуальні системи оператора-діагноста	
Види методів	Сфери застосування
<p>Органами чуттів людини – органолептичні.</p> <p>Теоретичні.</p> <p>Евристичні.</p> <p>Експертні.</p> <p>Опитування й інтерв'ю.</p> <p>Когнітивний аналіз та відбір інформативних діагностичних ознак.</p> <p>Логічні, математична логіка.</p>	<p>Фундаментальні теоретичні пізнання об'єктів, методів, засобів і ключових понять діагностики на стадіях конструювання, виготовлення й експлуатації тракторів.</p> <p>Визначення взаємозв'язків, узагальнення, систематизація, обґрунтування і прийняття рішень.</p>
<p>Логічна алгоритмізація вибору діагностичних параметрів і пошуку дефектів і несправностей.</p> <p>Структурно-наслідкові та функціонально-структурні методи розпізнавання несправностей.</p> <p>Детерміновані.</p> <p>Статистичні.</p> <p>Математичного моделювання.</p> <p style="text-align: center;">• • •</p>	<p>Розробка діагностичного забезпечення, моделювання, алгоритмізація і програмування процесів діагностування.</p>
2. Неруйнівний контроль	
<p>Магнітний.</p> <p>Електричний за реєстрацією електричних полів.</p> <p>Вихровий.</p> <p>Візуально-оптичний.</p> <p>Радіохвильовий.</p> <p>Тепловий.</p> <p>Радіаційний.</p> <p>Оптичний.</p> <p>Акустичний.</p> <p>Проникаючих речовин.</p> <p>Акустичної голографії.</p>	<p>Контроль якості матеріалів, технологічних процесів, конструкцій, з'єднань деталей при виготовленні, ремонті й експлуатації тракторів, прогнозування залишкового ресурсу деталей і конструкцій.</p>
3. Розпізнавання за еталонами, масками та нормативними параметрами	
<p>Порівняння з еталонним зразком.</p> <p>Суміщення з опорним спектром процесу.</p> <p>Порівняння показників вимірювального приладу з показаннями еталонного приладу.</p> <p>Порівняння поточних значень діагностичного параметра з нормативним значенням.</p>	<p>Створення програмного забезпечення автоматизованих бортових, переносних і стаціонарних систем діагностування з елементами розпізнавання несправностей, прогнозування залишкового ресурсу.</p>

Види методів	Сфери застосування
4. Теплові й оптичні	
<p>Вимірювання теплового інфрачервоного випромінювання. Контактні методи. Неконтактні методи. Електронно-оптичні перетворювачі. Термографія. Ультразвукові. Оптико-електронні. Візуальні (ендоскопи, ентроскопи). Вимірювання відбиваного світла. Оптичні лазерні методи.</p>	<p>Тепловий контроль перегрівання деталей і вузлів тертя, електричних контактів, електричних з'єднань, електронної апаратури. Візуально-оптичний контроль, виявлення тріщин, розшарування, відхилення геометричних форм від заданих, вимірювання димності, контроль якості оливи.</p>
5. Газоаналітичні	
<p>Методи хімічного аналізу складу відпрацьованих газів двигуна. Методи інфрачервоного випромінювання (поглинання окремих газів).</p>	<p>Контроль загального технічного стану ЦПГ, складу паливної суміші, системи подачі та згорання пального, електрообладнання системи керування двигуном за складом відпрацьованих газів газоаналізаторами.</p>
6. Контроль спрацьованості деталей, що труться, і змащування	
<p>Мікрометрування. Профілеграфування. Зважування. Метод штучних баз. Віброакустичний. Тепловий. Калориметрія, хімічний, активаційний і спектральний аналіз вмісту продуктів спрацьованості в оливі.</p>	<p>Дослідження процесів спрацювання і контроль спрацьованості пар тертя в експлуатації для визначення технічного стану об'єктів діагностування.</p>
7. Трибодіагностика, фізичні та фізико-хімічні методи	
<p>Рентгенографічний. Зняття «реплік» з поверхонь тертя (штучних баз).</p> <p style="text-align: center;">Фізичні:</p> <p>Емісійна спектрометрія. Атомарно-абсорбційна спектрометрія. Атомарно-флуоресцентна спектрофотометрія. ІЧ- та УФ-спектроскопія. Абсорбційна спектрофотометрія. Пряме фотометрування. Електрооптичний метод. Мікроскопія. Світлорозсіювання. Поточна ультрамікроскопія. Ферографія. Магнітометрія. Метод ядерного магнітного резонансу. Нейтронно-активаційний аналіз. Акустичний аналіз.</p>	<p>Дослідження процесів спрацювання, розробка бортових і стаціонарних систем діагностики, спрацьованість і прогнозування залишкового ресурсу. Експлуатаційна діагностика.</p>

Види методів	Сфери застосування
<p align="center">Фізико-хімічні:</p> Седиментометрія. Поліграфія. Щільнометрія.	Експлуатаційна діагностика.
8. Методи контролю стану олив, що працюють	
Стандартні методи визначення (групи методів). В'язкісно-температурних властивостей. Спрацьованості. Забруднення оливи. Діелектричних показників.	Стандартні показники: - кінематична в'язкість; - лужне та кислотне число; - коксованість; - вміст води; - водневий показник; - угар оливи; - оптична щільність; - диспергувальна здатність; - склад продуктів спрацьованості; - діелектрична проникність.
9. Віброакустичні	
Спектральний аналіз вібрації: - частотний аналіз; - спектральний аналіз; - аналіз ударних імпульсів; - кепстральний аналіз; - аналіз спектра вібрації по обвідній; - фазове порівняння сигналів вібрації; - амплітудно-часовий аналіз сигналів вібрації; - кореляційний аналіз взаємних спектрів вібрації; - визначення акустичної емісії; - статистичний аналіз вібраційних характеристик; - модуляція вібраційних процесів; - амплітуда вібрації пік-фактора; - величина ексцесу; - резонансна частота вузла (деталі), механізму, газових і гідравлічних потоків; - порівняння спектрів.	Дослідження динамічних характеристик конструкції, технологій виробництва і технічного стану тракторів в експлуатації. Висока інформаційність вібраційних сигналів щодо зміни структурних, функціональних і динамічного стану машин. Висока універсальність, чутливість і вибірковість вібраційного сигналу до параметрів механічних, гідравлічних, газо- й аеродинамічних, електричних і магнітних систем. Великий обсяг інформації в одному вимірюванні вібрації, висока швидкість діагностування, що дає можливість автоматизувати контроль технічного стану. Нормування вібрації для контролю рівня проектування, якості виготовлення й експлуатації.

Види методів	Сфери застосування
10. Енергетичні та гідрогазоаеродинамічні методи	
<p>Механічний ККД. Індикаторні показники (потужність, ККД, витрата пального). Ефективна потужність. Нерівномірність роботи циліндрів. Швидкість і нерівномірність обертання колінчастого вала. Компресійні властивості циліндрів. Внутрішньоциклова зміна (коливання) кутової швидкості колінчастого вала. Зміна крутільного моменту та кутової швидкості вала по куту повороту при рівномірній роботі циліндрів. Амплітудно-фазові параметри (осцилограми) зміни напруги, струму, опору в первинній і вторинній мережах (перехідних процесів) запалювання, тиску в циліндрах. Температура відпрацьованих газів, відповідна визначеним робочим тактам і порядку роботи циліндрів. Величини пульсації тиску газоповітряного середовища у впускному і випускному колекторах та пального в трубопроводах високого тиску. Осцилограми швидкості наростання тиску пального у гідравлічному акумуляторі, тиску, який створює ПНВТ, і пульсація тиску в паливній системі. Витрата пального в лініях подачі та зворотного зливання.</p> <p style="text-align: center;">● ● ●</p>	<p>Діагностика ЦПГ, КШМ, елементів паливної системи (насосів, гідравлічного акумулятора, форсунок, системи згорання і витрати пального). Доводка конструкції трактора до заданих технічних характеристик, оцінка якості ремонту й експлуатації окремого трактора.</p>
11. Діагностування гідроприводів і гідросистем. Контроль рідин	
<p>Статопараметричний. Амплітудно-фазових і перехідних характеристик. Термодинамічний. Спектральний аналіз та індикація сторонніх домішок. Силовий метод. Акустичний. Віброакустичний. Швидкість наростання зусилля. Кінематичний за швидкістю переміщення виконавчого елемента (порівняння та накладення осцилограм (еталонних). Тепловий. Стану робочої рідини.</p>	<p>Діагностика гідроприводів, гідросистем і окремих елементів (насосів, паливних систем, систем охолодження двигуна). Діагностика робочих процесів у гідросистемах подачі та згорання пального. Розпізнавання джерел нестабільних режимів роботи двигуна (провалів, ривків, посмикування, в'ялого розгону).</p>

Види методів	Сфери застосування
12. Контроль електричних та електронних систем управління робочими процесами	
<p>Інтелектуальні, органами чуттів людини. Апаратні та програмні:</p> <ul style="list-style-type: none"> - допускового контролю і діагностики; - порівняння з еталоном і мажоритарного контролю («голосування») та діагностики цифрових і аналогових систем; - контроль і діагностика з використанням коригувальних кодів (роботоздатності цифрових систем) інформаційних систем. <p>Контроль достовірності максимальних і мінімальних значень напруги, струму, опору, форми, рівня, періодичності та тривалості сигналу, амплітуди і частоти вхідних та вихідних сигналів датчиків систем управління.</p> <p>Розпізнавання збоїв і власних шумів.</p> <p>Виявлення зв'язку між контрольованими параметрами і характеристиками діагностичних систем, що визначають технічний стан.</p> <p>Факторний аналіз визначення статистичного зв'язку показників якості діагностичної системи.</p> <p>Математичне моделювання.</p> <p>Експертні оцінки номенклатури контрольованих параметрів.</p> <p>Оптимальний вибір контрольованих параметрів.</p> <p>Алгоритми і програми контролю та діагностування.</p> <p>Тестове, функціональне і комбіноване діагностування.</p>	<p>Електронні системи управління процесами і режимами роботи силових агрегатів трактора.</p> <p>Електронні системи автоматичного контролю технічних систем (підвіски, коробки передач, рульового керування та ін.) трактора.</p> <p>Електронні та мікропроцесорні системи самоконтролю. Контроль датчиків і виконавчих механізмів.</p>

1.3. Оцінювання проєктного рівня створюваних тракторів

Сучасний стан. Досягнутий технічний рівень багатоваріантного створення тракторів можна представити графічно (рис. 1.4 [2]). Технічний рівень створюваних макетних, експериментальних і тих тракторів, що випускаються серійно, не завжди повністю задовольняє заданим споживчим показникам надійності та ресурсу, що відповідають високому технічному рівню Д. Часто можуть бути випущені ненадійні високовідмовні трактори технічного рівня В з проєктним ресурсом у 8 тис. мотогодин і рівня Г з ресурсом 12 тис. мотогодин. Тому на цей час експлуатуються трактори різного рівня проєктної надійності та мехатронізації, які не відповідають сучасним вимогам рис. 1.4).

На рис. 1.4 літерами позначені: А – крива стадій (1, 2, 3) еволюційного розвитку (удосконалення); Б – реалізація нових прогресивних науково-технічних рішень (відкриттів та винаходів), що дають можливість значно скоротити час проектування і доводки трактора до заданого технічного рівня (етапи 4 і 5); В – недопустимий технічний рівень; Г – допустимий технічний рівень; Д – клас тракторів, необхідного технічного рівня; Е – зона необхідного економічно обґрунтованого інтелектуального рівня за індивідуальними або універсальними показниками призначення трактора.

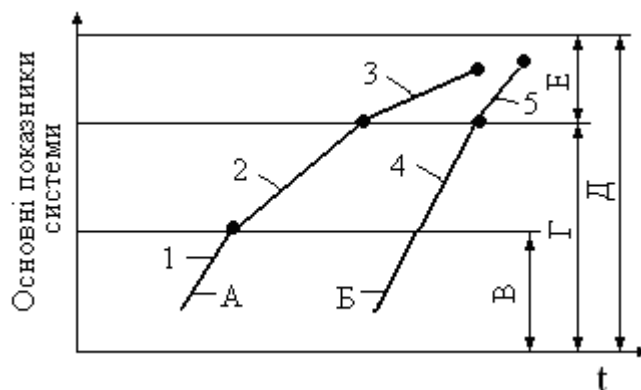


Рис. 1.4. Схема технічних можливостей проєктного удосконалення:

1-5 – цикли вдосконалення і доводки трактора; t – періоди (роки) розробки і доводки

Споживчі властивості та їх показники на стадії проектування визначаються вибраними системоутворюючими параметрами трактора такими, наприклад, як потужність двигуна, номінальне тягове зусилля (клас трактора), зчіпна і конструктивна маса, діапазон швидкостей, вантажопідйомність начіпних систем, тип рушія і т. д.

З точки зору кількості оціночних властивостей тракторів, що характеризуються, можна виділити такі види показників (рис. 1.1):

- одиничні, які характеризують яку-небудь одну властивість машини (інтенсивність розгону трактора, номінальне тягове зусилля, агрегатованість, максимальну швидкість руху, потужність двигуна);
- комплексні, які характеризують певну сукупність взаємопов'язаних властивостей (продуктивність, надійність, ресурсоемність);
- інтегральні, які характеризують сукупність властивостей, які визначають якість трактора в цілому з позицій його народногосподарської ефективності (показники, що визначають економічну ефективність трактора).

На основі аналізу технічного рівня тракторів одного тягового класу (випуску до 2012 року) сімейства тракторів ХТЗ, МТЗ і російського виробництва типу К-700 за комплексним показником не перевищують рівень Г (рис. 1.4). Проте трактор Беларус 2022.3 за індивідуальними проєктними показниками виробника витрати пального, тиску на ґрунт рушіїв, радіусом повороту, за технічним рівнем знаходиться в зоні класу Д.

Виробництво високонадійних тракторів технічного рівня Д вимагає великих витрат проєктувальника і виробника порівняно з рівнем Г, але менших витрат під час експлуатації тракторів, тобто в принципі існує оптимальна надійність тракторів, яка забезпечує мінімум сумарних витрат. Практично визначення оптимальної надійності утруднене, оскільки саме поняття надійності багатозначне і не може бути виражене єдиним показником.

Технічний рівень проектування тракторів фірмами Fendt, John Deere, Case IH, New Holland за технічним рівнем вузлів, агрегатів і систем керування

знаходяться в класі рівня Д (рис. 1.4). Вони оснащені:

- економічними двигунами з турбонаддувом і проміжним охолодженням наддувочного повітря, електронним упорскуванням пального, які мають великий запас крутного моменту, що дає можливість долати перевантаження без пониження передач;

- трансмісією з прогресивним автоматичним електронним перемиканням передач під навантаженням, що оптимально поєднується по вищих навантаженнях з крутним моментом і частотою обертання колінчастого вала двигуна;

- зносостійкими дисковими гальмами в оливній ванні з гідрокеруванням як на задніх, так і передніх колесах;

- високопродуктивною задньою гідроначійною системою, яка за максимального тиску рідини в гідросистемі 20 МПа виконується (на замовлення) вантажопідйомністю до 10000 кг;

- віброізолюваною комфортною кругового огляду кабіною з ергономічно розташованими органами керування, рівень шуму в якій не перевищує 72-75 дБА;

- засобами автоматизації у великому виборі, у тому числі сучасними системами керування (автоматика смуги розвороту, що запам'ятовує до 30-ти дій, виконуваних водієм в ході розвороту;

- електрогідравлічним регулюванням задніх начіпних систем;

- високоточним автоматичним водінням з використанням систем навігації;

- діагностикою роботи основних вузлів: двигуна, трансмісії тощо.

Ці трактори оснащені мехатронними і телематичними бортовими системами діагностування в реальному часі майже всіх технічних систем, мають автоматичне адаптивне управління робочими процесами та рухом трактора. Високий інтелектуальний рівень цих зарубіжних тракторів дає можливість підвищити їх ресурс до 15-20 тис. мотогодин, технічну й екологічну надійність, значно збільшити періодичність технічного обслуговування і зменшити обсяг робіт з його виконання порівняно з традиційними конструкціями технічного рівня Г (рис. 1.4). Телематичні системи діагностування й управління сучасних тракторів покращують їх керованість, стійкість і комфортабельність, виконують адаптивне інтелектуальне керування підвіскою, трансмісією, колесами, гальмами, підтримують оптимальні робочі режими та швидкості руху тракторів, що дає можливість підвищити їх надійність, зменшити витрату пального.

Трактори рівня Д стають все більш інтелектуальними по мірі розвитку технологій. Легший доступ до даних бортових комп'ютерів у реальному часі, а також можливість дистанційної діагностики справляють значний вплив на встановлений порядок ТО та Р.

На ринках Європи і США щорічно в прайс-каталогах пропонується до 400 моделей і модифікацій стандартних тракторів потужністю від 25 до 257,4 кВт (останнім часом до 331 кВт), до 200 моделей мінітракторів, всюдиходів тощо, потужністю від 8 до 120 к. с., характеристики яких не завжди відповідають заявленим. Тому для виходу на ринок сільськогосподарських тракторів непрофільних виробників повинні передувати (як і при розширенні ринку профільних тракторних фірм) ретельні маркетингові дослідження, а також

оцінка власних можливостей у вирішенні діалектичних протиріч у технічному плані: класичне, інтегральне або оригінальне компоновання трактора; чисто тягова або тягово-привідна (тягово-енергетична) концепція створення МТА; гусенична, колісна або змішана ходова система; двигуни рідинного, повітряного або змішаного охолодження, трансмісії та механізми повороту різних типів тощо. Такі дослідження обов'язкові для успіху виробників.

Сучасні досягнення в телематизації та інтелектуалізації тракторів дають можливість автоматизувати керування будь-якими функціями людини з контролю роботи й керування трактором та мобільними сільськогосподарськими машинами для досягнення потенційно можливої продуктивності, мінімальної витрати пального, високої якості виконання робіт та безвідмовності техніки (САК – система автоматизованого керування – рис. 1.5 [4, 5]).

На рис. 1.5: W – максимальна продуктивність САК; Q – мінімальна витрата пального на гектар; 1 – навігаційні системи; 2 – комфорт; 3 – аудіовідео; 4 – клімат; 5 – ІДС (інформаційно-діагностична система для інформування водія про технічний стан агрегатів, терміни проведення ТО, маршрути руху тощо); 6 – САРГ і компенсація нерівностей (САРГ – система автоматичного регулювання глибини обробки ґрунту); 7 – сила тяги; 8 – блокування диференціала; 9 – швидкість; 10 – буксування; 11 – АКП (автоматична коробка передач); 12 – муфта зчеплення; 13 – трансмісія; 14 – силова установка; 15 – двигун; 16 – ЕПС, БКВ (ЕПС – електронні паливні системи, БКВ – багатократне впорскування); 17 – автоматичні системи руху; 18 – автоматичні системи водіння.

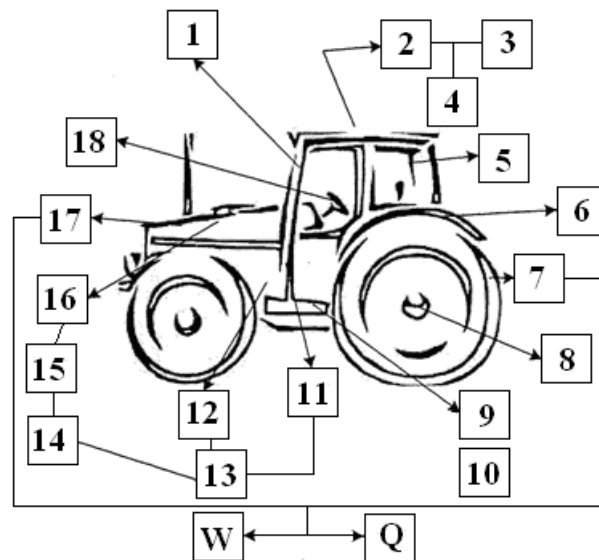


Рис. 1.5. Склад САК трактора

1.4. Критерії оцінки проектного рівня трактора

Високий рівень мехатронізації та телематизації сучасних тракторів створив можливості значно підвищити експлуатаційні та функціональні властивості тракторів: прохідність, енергонасиченість, продуктивність, паливну економічність, маневреність, плавність ходу, начіпоздатність, оглядовість, ергономічність та агротехнічність [2, 4, 5]. Також можливість створити системи забезпечення оптимальних швидкісних і навантажувальних режимів роботи в залежності від умов експлуатації трактора, можливості дистанційного діагностування.

Ефективне використання зазначених показників визначається рівнем надійності та ресурсом трактора. На практиці задані надійність і ресурс забезпечуються підвищенням міцності та зносостійкості, використанням якісних ма-

теріалів [6-19]. Але ці заходи не завжди актуальні і не забезпечують очікуваний ефект, наприклад, за наявності резонансних явищ [20, 21].

Трактор належить до складу особливо складних динамічних систем, що є сукупністю об'єктів, що взаємопов'язані механічними, кінематичними та газо-, гідро-, аеродинамічними процесами. Складною є також система зв'язків цих елементів з робочими процесами і різноманіттям заданих геометричних, структурних параметрів і реальних станів після виготовлення цих систем, експлуатаційних та статичних станів. Ці явища визначають динамічний стан механізмів, надають кожному трактору індивідуальних властивостей стану, які можна розпізнати тільки за вібраційними характеристиками механізмів трактора, тому що вібрація трактора є природною реакцією на всі форми відхилення систем трактора від ідеального стану на реально діючі внутрішні та зовнішні збурювальні сили. У вібраційному сигналі міститься вся об'єктивна комплексна інформація про вихідний стан та про зміну стану всіх компонентів систем, що визначають технічний стан конкретного механізму в реальному часі [20-44].

Тому вібраційні характеристики трактора є основним комплексним показником фактичної технічної досконалості конструкції, функціональної та технічної надійності; показником відхилення механічних, гідравлічних, пневматичних, електричних елементів і систем від оптимальних геометричних і структурних параметрів, навантажень, швидкості робочих процесів, робочих режимів, динамічних властивостей вузлів і агрегатів трактора.

Механізми трактора є інтенсивним джерелом вібрації, що в 10-20 разів вища порівняно з аналогічними механізмами інших машин більшої потужності та частоти обертання [20]. Вібрація знижує показники якості тракторів щодо надійності, ресурсу довговічності, безпеки праці й екологічних наслідків.

У проведених експериментальних і статистичних дослідженнях вібрації механізмів тракторів показано: надійність тракторів характеризується певними рівнями вібрації, перевищення яких спричиняє зміну структури матеріалів, інтенсивне накопичення утомних пошкоджень і пластичних деформацій, віброповзність в елементах конструкції, порушення нормального функціонування, зниження еластичності пружних систем механізмів, утрату жорсткості та стійкості конструкції.

Отримана залежність допустимих рівнів вібрації для трактора типу Т-150К представлена прямою АБ з рівнями вібрації 50 дБ на частоті 5 Гц і 90 дБ на частоті 10 кГц (рис. 1.6).

Допустимі значення низькочастотної вібрації обчислені розрахунковим методом [20, 21]. Точки 1, 2 та 3 на рис. 1.6 відображають відомі експериментальні значення допустимих рівнів вібрації підшипникових вузлів і зубчастих передач. Прийняті значення 5, 6 (рис. 1.6) допустимої вібрації підтверджені експериментальними дослідженнями головних передач мостів трактора.

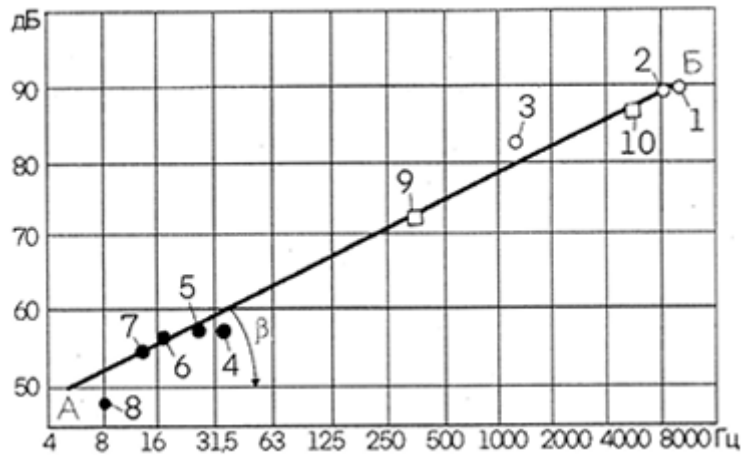


Рис. 1.6. Залежність допустимих віброприскорень від частоти для трактора Т150К:

1 – допустимі віброприскорення, що не впливають шкідливо на надійність і втомну міцність вузлів і деталей; 2 – допустимі віброприскорення, що не впливають на спрацювання підшипників кочення, отримані для проектних значень на основі експериментальних даних; 3 – рівні вібрації для «хорошого» проектного стану II класу машин згідно зі стандартом ISO 2372-74; 3, 4, 5, 6, 7, 8 – розраховані рівні вібрації [1, 21]; 9, 10 – експериментальні значення

Основним критерієм прогнозування якості проектування є клас вібрації трактора, а доводами якості доводки – усунення нестабільності вібрації та резонансних явищ, забезпечення контролепридатності до вібраційного діагностування на стадіях виготовлення й експлуатації. Збереження проектної якості трактора на стадії виготовлення забезпечується індивідуальною вібраційною доводкою технічного стану до вимог норм класу вібрації, а при експлуатації та ремонті – контролем вібрації на відповідність вимогам експлуатаційних норм зміни вібрації для прогнозування залишкового ресурсу й обслуговування за технічним станом [20, 21].

Класифікація рівнів якості проектного трактора наведена на рис. 1.7. На ньому прийняті такі позначення: В, Г, Д – класи вібрації окремих вузлів і комплектного трактора, що закладаються на стадії проектування; 16-20 дБ – граничне збільшення експлуатаційної вібрації трактора для ресурсних елементів механічного походження; 8 дБ – рівні перевищення вібрації, які визначають перехід трактора в інший клас технічного стану АБ – допустимі вібрації трактора.

У перспективних конструкціях тракторів підвищеної надійності та тривалості служби важливо, щоб рівні вібрації не перевищували допустимі значення, обмежені лінією АБ (рис. 1.7). Рівні вібрації тракторів при існуючих параметрах проектування та технології виготовлення повинні залишатися в межах діапазону вібрації, який відповідає класу Г.

Перевищення рівня вібрації більше, ніж у 2,5 рази (або 8 дБ) допустимого рівня АБ, вказує на наявність дефекту в проектованому вузлі, що знижує його надійність (ресурс) і трактора в цілому. Перехід трактора з класу В у клас Г призводить до підвищення вібрації і, відповідно, до зниження ресурсу. Механізми трактора класу вібрації Д верхнього діапазону, тобто з перевищенням

допустимої вібрації на 16-20 дБ (рис. 1.7), уже в нових виробках мають значні дефекти конструкції та технології виробництва, близькі до граничного технічного стану трактора. Тому трактори з рівнями проектної вібрації класу Д не рекомендуються до випуску.

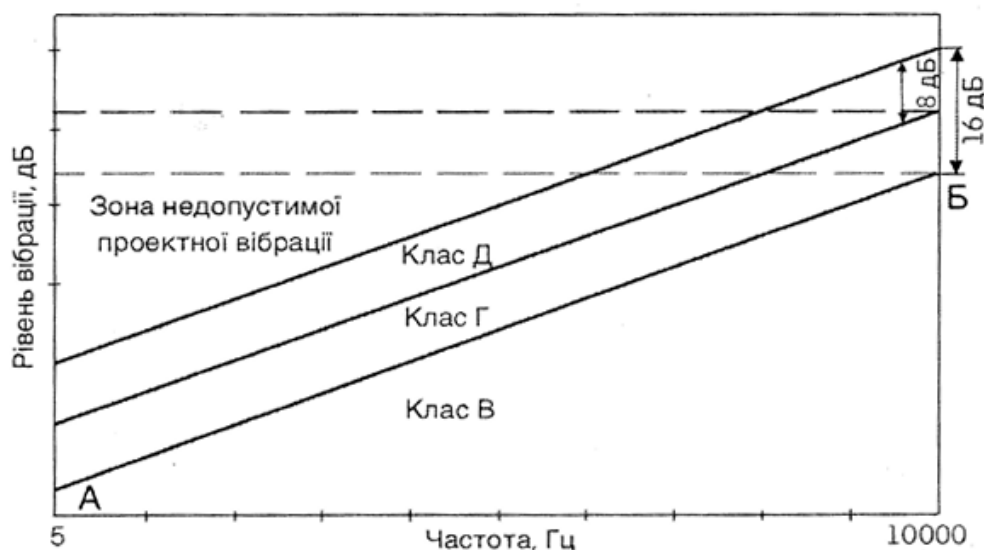


Рис. 1.7. Діапазони класів вібрації тракторів

Високий рівень оптимізації структурних, функціональних і динамічних характеристик трактора на стадії проектування і доводки, технологічного та діагностичного забезпечення визначається вже на дослідних зразках; досягненням заданих вібраційних характеристик і норм класу вібрації, що відповідають заданому ресурсу та експлуатаційній надійності трактора. Визначення фактичного технічного стану та надійності трактора при такому підході не вимагає напрацювання великої вибірки тракторів до відмов у реальній експлуатації, як це вимагається при існуючому контролі надійності й оцінки значень структурних параметрів при проведенні розбірних робіт. Таким чином, у 2-3 рази скорочуються терміни проектування і доводки та забезпечується задана проектна якість тракторів вже на період початку їх серійного випуску. Різко скорочуються терміни й обсяг робіт з доводки надійності тракторів в експлуатаційних умовах.

Нормування і розрахунок вібраційних характеристик трактора на заданий рівень вібрації на стадії проектування, а також доводка вібрації макетних і дослідних зразків до встановлених норм класу вібрації є важливими процедурами, які сприяють оптимізації структурних, функціональних і динамічних характеристик трактора з метою досягнення заданого ресурсу та надійності. Фактичний технічний стан та основні джерела вібрації дослідних зразків окремих агрегатів або комплектних тракторів можна швидко визначити на основі результатів порівняння вимірюваних вібраційних характеристик дослідних зразків із заданими (проектними) вібраційними характеристиками трактора в області частот від 5 Гц до 10 кГц.

Доводка тракторів до заданого класу вібрації виконується методами поглибленої діагностики макетних, дослідних зразків і перших зразків серійного

випуску тракторів. Вона дає можливість виявляти дефекти та слабкі вузли за допустимими структурними параметрами і характером функціональної поведінки, а також оцінити в реальному часі не ймовірнісний, а фактичний стан початкових вихідних параметрів всередині області роботоздатності трактора від початкового до граничного стану. Для цієї мети використовують автоматичні системи діагностування, які за допомогою датчиків і віброаналізаторів вимірюють необхідну кількість параметрів у заданих режимах короткочасних випробувань, обробляють ці показники, порівнюють їх з відповідними характеристиками прототипів, аналогів і заданими проєктними характеристиками, роблять об'єктивний висновок про технічну досконалість конструкції, технології виробництва або якості технічного обслуговування й експлуатації.

Після доопрацювання вузла, механізму, агрегату повторюють вимірювання вібрації у всіх призначених контрольних точках окремого агрегату і комплектного трактора і, в першу чергу, вібрацію тих елементів вузла, які безпосередньо пов'язані функціональною залежністю. Об'єктивно оцінюють зміну вібраційних характеристик після внесення змін у конструкцію, технологію виготовлення і режими випробувань, приймають необхідні рішення щодо наступного етапу доопрацювання. Доопрацювання вузлів і систем трактора проводять до тих пір, поки не отримають вібраційні характеристики потрібних рівнів вібрації.

Спектр вібрації оптимально доведеної конструкції, механізмів трактора повинен знаходитися в одному класі вібрації при збурювальних впливах усіх джерел вібрації в призначених контрольних точках.

Якщо отримані вібраційні характеристики окремих елементів трактора у заданих режимах випробувань не відповідають заданому класу вібраційних характеристик, виконують доводку конструкції, перерахунок структурних і функціональних параметрів трактора та технологію виробництва для отримання потрібних вібраційних характеристик, що відповідають заданому ресурсу.

Використання сучасних віброаналізаторів, комп'ютерних і мікропроцесорних технологій дає можливість спостерігати в реальному часі та порівнювати реакцію всіх компонент структурних, функціональних і динамічних властивостей механізмів трактора, пов'язаних кореляційною залежністю, на зміну конструкції, технології виготовлення, робочих процесів, режимів роботи; швидко отримувати інформацію про технічний стан; підвищувати точність діагнозу, знизити трудомісткість доводки конструкції, ресурсних та експлуатаційних випробувань і діагностування трактора при виготовленні й експлуатації.

1.5. Сфера застосування та завдання технічної діагностики тракторів

1.5.1. Види застосування діагностики тракторів

Технічна діагностика розглядає будь-який об'єкт як потенціальне джерело дефектів, несправностей (відмов), які повинні бути виявлені й локалізовані. Під технічною діагностикою розуміють теорію і методи [13], засоби діагнос-

тування та пошуку дефектів, несправностей у системах агрегатів, механізмів і керуванні робочими процесами в тракторі.

Технічна діагностика є одним з найважливіших засобів управління технічною й екологічною надійністю трактора та підтримкою його ефективності в експлуатації. Вона має широку сферу застосування для оцінювання технічного стану в життєвому циклі трактора: під час проєктування, конструкторського доопрацювання та доводки, у виробництві, при контролі технологічних процесів виробництва і ремонту, в діагностуванні технічного стану (ТС) в експлуатації (рис. 1.8).

Діагностування дає можливість досягати заданої технічної й екологічної надійності трактора, з необхідним ступенем достовірності оцінити показники його якості.

Проблема діагностики – це здебільшого проблема отримання інформації про процеси, які діють у тракторі, передача, прийом та обробка цієї інформації. Чим більше отримано інформації, тим більше є можливостей оптимізувати процеси і режими роботи трактора, визначати його поточний стан.

Основне призначення діагностики при проєктуванні полягає у забезпеченні заданої надійності й ресурсу тракторів за рахунок оптимізації параметрів конструкції під час доводки та діагностичного забезпечення на стадії проєктування, діагностичного контролю технології виробництва й експлуатації.

Основне призначення діагностики тракторів в експлуатації полягає у збереженні технічної й екологічної надійності та проєктного ресурсу за рахунок своєчасного виявлення й усунення несправностей, а також оптимізації процесів технічного обслуговування (ТО) [1].

Технічна діагностика є найвищим рівнем технічного контролю і дає відповідь на найголовніші питання: коли слід припинити експлуатацію трактора і що необхідно робити для її продовження? Отримання інформації про діючі процеси та технічний стан трактора в реальному часі дає можливість визначати оптимальну стратегію ефективного технічного обслуговування, забезпечення готовності, технічної й екологічної безпеки трактора (рис. 1.9).

Під час експлуатації відбувається систематична перевірка початкових і структурних параметрів електричних і неелектричних систем трактора за допомогою бортових засобів діагностики. При цьому оперативний контроль поточних параметрів (моніторинг) розглядається як процес отримання інформації, потрібної для термінового визначення технічного стану (діагнозу) та забезпечення безаварійного режиму роботи трактора шляхом використання резервних програмно-апаратних ресурсів.

Під час технічного обслуговування відбуваються регламентні технічні впливи на агрегати трактора і здійснюється систематизований контроль структурних параметрів з метою встановлення фактичного стану, залишкового ресурсу агрегатів і підтримки роботоздатності трактора протягом періоду до наступного обслуговування.

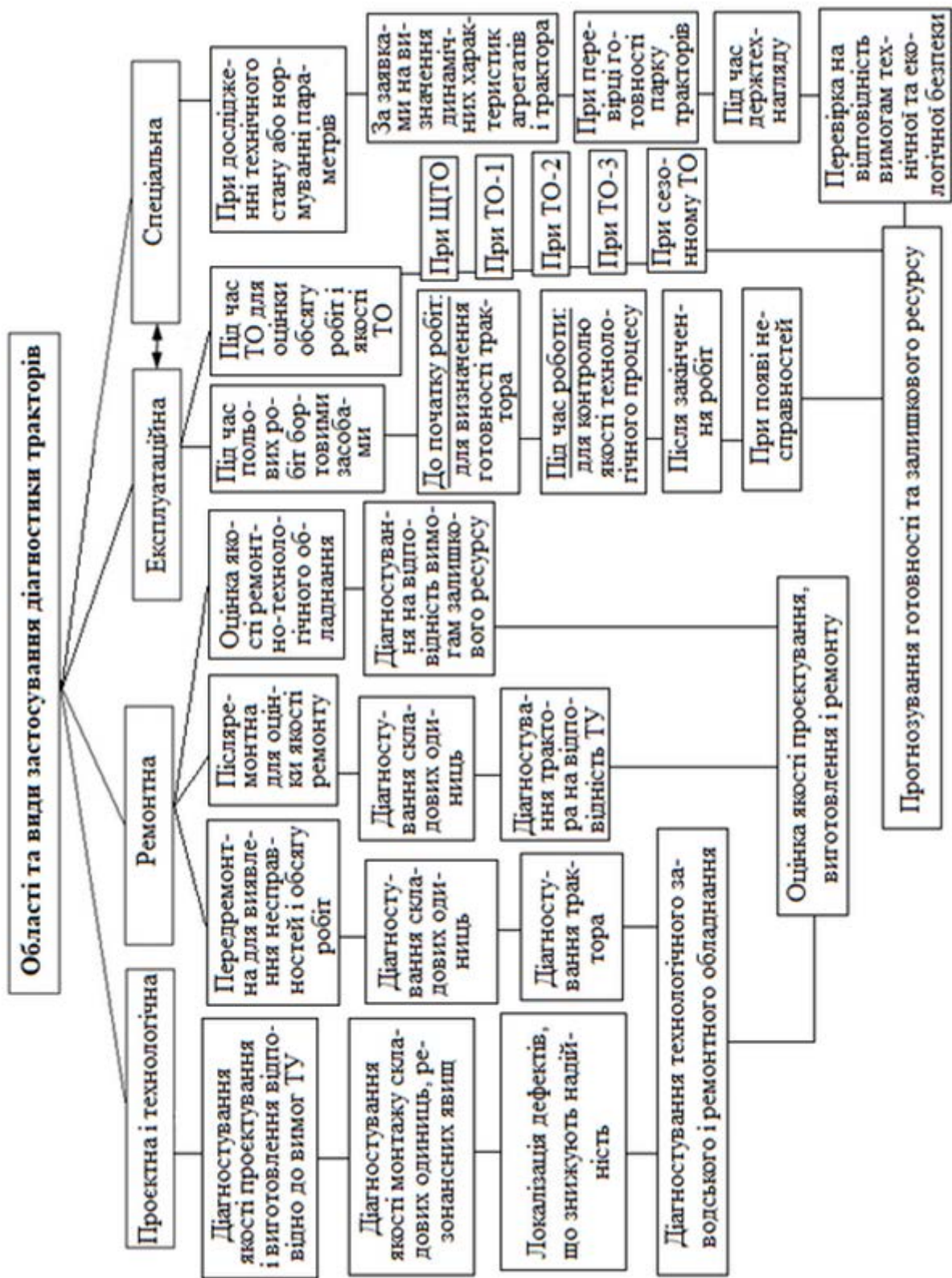


Рис. 1.8. Види технічного діагностування тракторів



Рис. 1.9. Застосування технічного діагностування в експлуатації тракторів

Проведення ремонтних робіт неможливе без оцінки структурних параметрів, значення яких не повинні виходити за межі допустимих. Після проведення ремонту також необхідно провести контроль технічного стану відновленого агрегату (пристрою), щоб оцінити якість ремонту.

Таким чином, протягом процесу експлуатації трактора оператором-діагностом вирішуються завдання, що полягають в ідентифікації типу системи й об'єкта керування, виборі та розробці діагностичної документації, підборі необхідного діагностичного обладнання і приладів для проведення діагностичних операцій.

Такий комплексний системний підхід до діагностичного забезпечення керування технічним станом тракторів дає можливість отримати максимальну ефективність процесів створення і використання тракторів.

Предметом технічної діагностики є:

- дефекти проектування, виробництва й експлуатаційні несправності;
- діагностичні параметри та ознаки дефектів і несправностей;
- методи діагностування;
- засоби діагностування;
- визначення початкових, допустимих і граничних значень діагностичних параметрів;
- методи прогнозування залишкового ресурсу;
- методи визначення періодичності діагностування;
- методи, правила й алгоритми проведення діагностичних операцій;
- режими діагностування і коди несправностей.

В основі діагностики лежать вимірювання технічних параметрів і визна-

чення зовнішніх ознак, які відображають зміни робочих процесів і технічного стану трактора.

Під час діагностики використовують різні методи і засоби, які постійно вдосконалюються. Чим вищий технічний рівень методів і засобів діагностики, тим точніше будуть визначені діючі робочі процеси та технічний стан трактора в цілому. Контроль параметрів робочих процесів дає можливість оптимізувати їх в реальному часі, керувати ними і, відповідно, підвищувати ефективність експлуатації тракторів.

Об'єктом досліджень технічної діагностики є процеси, що відбуваються в тракторі, його складових, механічних, газо-, гідро-, пневматичних, електричних і електронних системах, параметри робочих процесів, що забезпечують ефективне використання тракторів.

Технічна діагностика розглядає будь-який об'єкт трактора як потенційне джерело несправностей, які повинні бути виявлені й усунені на всіх стадіях життєвого циклу виробу.

У якості суб'єкта створення, експлуатації, використання й обслуговування тракторів виступає людина, що виконує функції прийняття рішень і вироблення керуючих впливів. У багатьох системах «людина-трактор» людина віддалена від трактора і взаємодіє з ним через деякого посередника, що уособлює інформаційну модель об'єкта керування. Цим посередником є людино-машинний інтерфейс, який втілює інтелектуальну складову системи діагностування. У багатьох випадках достовірність прийнятих рішень при діагностуванні складних несправностей зовнішніми засобами залежить від рівня знань (кваліфікації) діагноста.

Основне призначення діагностики технічних систем трактора в експлуатації полягає у збереженні їх проектної надійності та ресурсу за рахунок отримання інформації про технічний стан елементів трактора і робочих процесів у реальному часі для локалізації несправностей та оптимізації робочих процесів.

Сучасні технічні засоби діагностики дають можливість вимірювати та представляти результати вимірів у різних видах для великої кількості параметрів. Однак, щоб поставити діагноз, необхідно порівняти фактичні (виміряні) значення параметрів зі значеннями, що регламентуються технічною документацією. Для цього використовуються бази даних експертних систем, що інтегровані в бортових системах керування, інформація, яка міститься в програмних пристроях та діагностична інформація, що поставляється на зовнішніх носіях у друкованому або електронному вигляді.

Технічну інформацію, що використовує оператор у процесі діагностування, можна класифікувати за кількома ознаками (рис. 1.10).

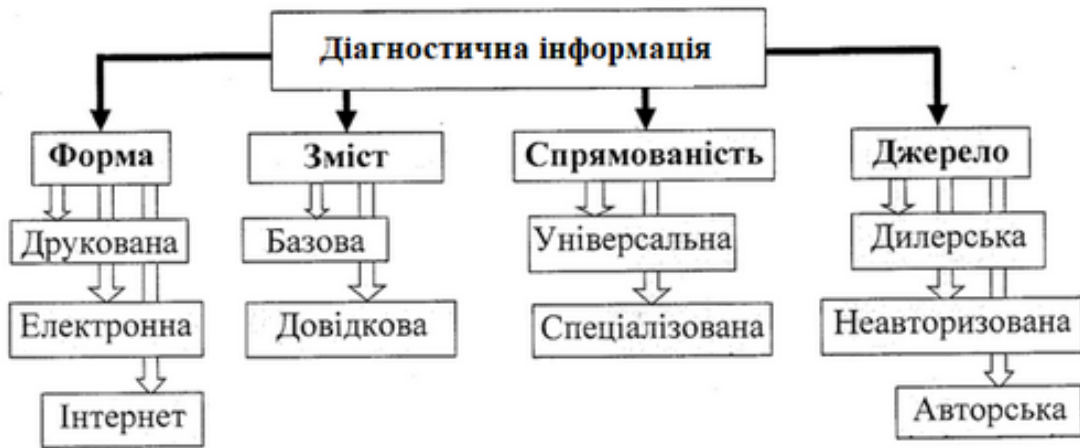


Рис. 1.10. Класифікаційна структура діагностичної інформації

1.5.2. Завдання технічного діагностування

У загальному випадку діагностичне завдання – це завдання щодо встановлення ступеня відповідності технічного об’єкта вимогам, які до нього висуваються.

Завданнями технічного діагностування, згідно з ДСТУ 2389-94 «Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення», є (рис. 1.11):

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

Термін «технічне діагностування» застосовують у найменуваннях і визначеннях понять, коли завдання, які вирішує технічне діагностування, рівнозначні або основним завданням є пошук місця і визначення причин несправності (відмови).

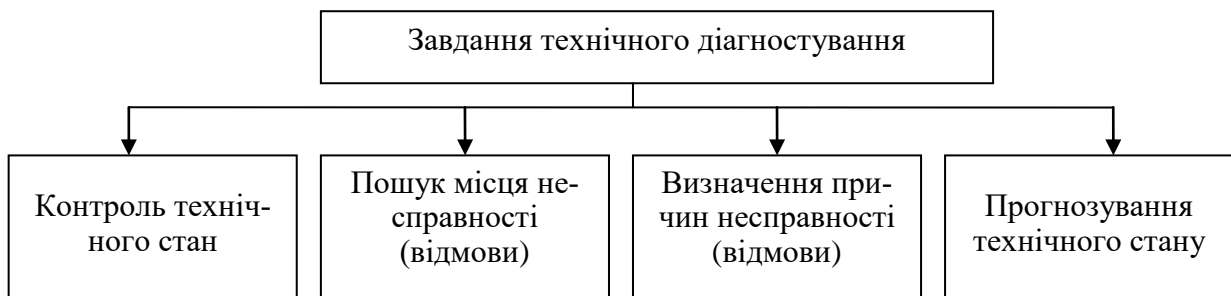


Рис. 1.11. Схема завдань технічного діагностування

Термін «контроль технічного стану» застосовують, коли основним завданням технічного діагностування є визначення виду технічного стану.

На практиці експлуатації об’єктів окремо кожне завдання технічного діагностування вирішують нечасто, звичайно завдання поєднуються. Наприклад, визначення роботоздатності об’єкта й ідентифікація несправності, що призвела

до часткової втрати роботоздатності, в результаті чого оцінюється ступінь роботоздатності об'єкта та локалізується причина несправності. Може бути такий варіант: після ідентифікації несправності переходять до вирішення завдання перспективного розвитку ситуації за умови подальшого розвитку «несправності», тобто прогнозують тенденцію зміни технічного стану об'єкта діагностування.

Вирішення будь-якого зі згаданих завдань можливе лише у разі використання відповідних засобів технічного діагностування, що включають апаратуру і програми, за допомогою яких здійснюють процедуру діагностування, а також наявності діагностичної моделі – формалізованого опису об'єкта.

Залежно від того, для якого часу проводиться діагностування, розрізняють три типи вирішення діагностичних завдань:

- **перший тип** – це завдання визначення технічного стану, в якому знаходився об'єкт у деякий момент часу в минулому – завдання генезису. Цей тип завдань вирішують при розслідуванні пригод трактора (рис. 1.12);



Рис. 1.12. Три типи завдань технічної діагностики

- **другий тип** – це завдання визначення технічного стану об'єкта в даний момент часу, що називаються завданнями діагностування. Цей тип завдань важливий при виконанні технічного обслуговування і прийнятті рішення про подальшу експлуатацію;

- **третій тип** – це завдання прогнозування технічного стану, в якому виявиться об'єкт у майбутній момент часу, – завдання прогнозування. Цей тип завдань важливий для передбачення (прогнозування) залишкового ресурсу.

В цілому технічні служби діагностики на всіх етапах експлуатації трактора вирішують значний комплекс завдань (рис. 1.13):

- визначення виду технічного стану (ТС) виробу;
- визначення місця і причин появи відмов і несправностей, видача рекомендацій щодо їх усуненню в умовах ТО та ремонту (Р) і щодо попередження їх у подальшому;
- прогнозування ТС виробу на заданий період з метою визначення довідмовного стану;
- оцінювання вироблення ресурсу з метою встановлення залишкового ресурсу;
- контроль правильності експлуатації трактора й інформування водія про зміни в технічному стані трактора для вживання заходів щодо попередження небезпечної ситуації;
- установлення причин пригод трактора або передумов до них;
- накопичення статистичних матеріалів для узагальнення досвіду, а та-

кож удосконалення систем контролю й діагностики трактора та його систем в експлуатації.



Рис. 1.13. Експлуатаційні завдання технічної діагностики

Перераховані завдання вирішують на всіх етапах експлуатації трактора. Однак, для кожного типу етапів експлуатації (поїздка, ТО, ремонт) завдання, які вирішують з допомогою систем контролю й діагностики, мають свою специфіку.

Завдання діагностування на завершальному етапі нерозривно пов'язані із завданнями класифікації, оскільки за наявною інформацією необхідно встановити діагноз, тобто вказати клас технічного стану, до якого відноситься об'єкт діагностування.

Для класифікації необхідно знати класи (діагнози), які встановлюються до початку діагностування на основі аналізу самого об'єкта, його функцій і несправностей, що виникають у ньому. В принципі, кількість класів може бути безкінечно велика. Але існують достатньо загальні принципи класифікації, відомі з теорії надійності.

У теорії надійності введені поняття для чотирьох видів технічного стану трактора: роботоздатний; нероботоздатний; справний; несправний.

У технічній діагностиці функціонування трактора вводиться два види технічного стану:

- стан правильного функціонування;
- стан неправильного функціонування.

Стан правильного функціонування означає, що об'єкт у поточний момент часу виконує приписаний йому алгоритм функціонування.

Стан неправильного функціонування означає, що об'єкт у поточний момент часу не виконує приписаний йому алгоритм функціонування.

У технічній діагностиці прогнозування залишкового ресурсу трактора вводяться параметри технічного стану:

- початкові значення діагностичного параметра;
- граничні значення зміни діагностичного параметра в експлуатації.

Допустима зміна діагностичного параметра від початкового до граничного може бути розбита на кілька класів технічного стану, наприклад:

- хороший стан; допустимий стан; потрібно вжити заходів; недопустимий стан.

Необґрунтовані перебирання порушують припрацювання вузлів і деталей і тим самим прискорюють їх спрацьованість, вносять нові непередбачені несправності у вигляді перекосів осей, підвищених або понижених зазорів, забруднень й інших технологічних дефектів, які скорочують термін служби трактора і примушують до нових ремонтних робіт, утворюючи, таким чином, замкнене коло. Розірвати це коло якраз і покликана діагностика.

Показники достовірності й точності діагностування згідно зі стандартом приведені в табл. 1.2. 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 використовують поряд з іншими близькими поняттями: самоперевірка, самотестування, самодіагностика. В іноземній літературі зустрічаються такі відповідники: self-monitoring (самоконтроль), self-verifying (самоперевірка), self-diagnosing (самодіагностика), self-testing (самотестування), built in test (BIT) – тестування АСК, яке використовує ресурси самої АСК і т. п.

Таблиця 1.2

Показники достовірності та точності діагностування

Завдання діагностування	Результат діагностування	Показники достовірності
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 буде визнано справним (роботоздатним), за умови, що він несправний (нероботоздатний). Імовірність того, що в результаті діагностування виріб буде визнано несправним (нероботоздатним), за умови, що він справний (роботоздатний)

Завдання діагностування	Результат діагностування	Показники достовірності
Пошук місця відмови або несправності	Найменування елемента (складової одиниці) або групи елементів, які мають несправний стан і місце відмови або несправності	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	Числове значення параметрів технічного стану на період часу, що задається, в тому числі й на даний момент часу. Числове значення остаточного 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 ГОСТ 27302-86. Довірча ймовірність

1.5.3. Знання, необхідні діагносту для ефективного діагностування тракторів

Оптимальні рішення завдань технічної діагностики складних об'єктів можуть бути отримані лише в результаті аналізу багатьох станів, у яких ці об'єкти можуть перебувати під час експлуатації. У зв'язку з цим потрібні спеціальні методи для теоретичного аналізу багатьох можливих станів складних технічних об'єктів на діагностичних моделях і розробка алгоритмів діагностування.

У системі діагностування трактора людина є основною ланкою. Як засоби діагностування виступають її інтелект і органи. Оцінювання технічного стану на основі органолептичних методів і логічного аналізу структурних і вихідних параметрів робочих процесів є невід'ємною частиною першого етапу будь-якого процесу діагностування. Біологічні системи людини багатьма властивостями комплексного аналізу та гнучкістю алгоритмів перевищують багато чим технічні аналоги (рис. 1.14).

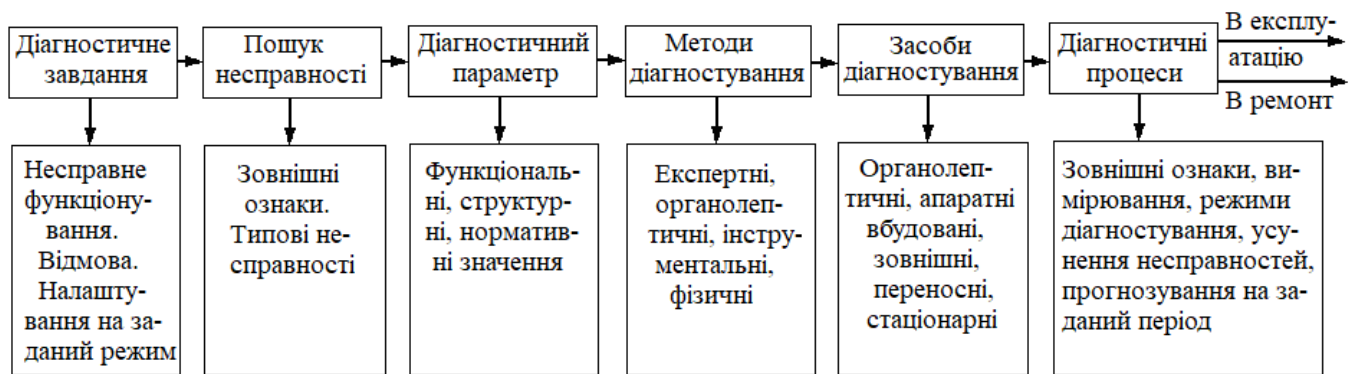


Рис. 1.14. Алгоритм діагностування вузла, системи, трактора

У сучасних складних системах трактора кількість типів несправностей може досягати кількох тисяч. У зв'язку із швидким ускладненням трактора зростання технічних знань проєктувальників відстає від розуміння рівня вирішуваних завдань діагностування, знання електричних і гідро-, газо-, аеродинамічних процесів, систем автоматизації керування технічними системами.

Визначення реального стану технічних об'єктів, що змінюється у часі через різні зовнішні та внутрішні причини, у 50–80 випадках із 100 (залежно від складності об'єкта) досвідчений оператор-діагност виконує автоматично без виділення самого етапу прийняття рішення. Методи діагностування ґрунтуються на знаннях і досвіді діагноста, а також на досконалості його чуттів і кваліфікації. При цьому інтуїтивно виконуються класифікація сукупності ознак і деякі дії щодо отримання й інтелектуальної обробки інформації, на основі чого роблять висновки про стан об'єкта діагностування. Швидкість та ефективність класифікації образів технічного стану залежить від того, наскільки добре (точно) підібрані основні ознаки несправностей (відмов) на першому етапі розумового діагностування.

Для розробки діагностичної моделі потрібен морфологічний аналіз об'єкта діагностування (рис. 1.15).

Під час розгляду структурної організації та морфологічного аналізу об'єкта діагностування технічного пристрою цікавлять його структурні та функціональні зв'язки, які визначаються організацією та способом функціонування, сукупність взаємозв'язків елементів, їх характер і властивості, що визначають роботоздатність механізму.

Спосіб функціонування пристрою проявляється у взаємодії механізму з керуючими сигналами та зовнішнім середовищем. Структурна функціональна організація пристрою і спосіб функціонування тісно пов'язані між собою, знаходяться у причинно-наслідковому відношенні одне з одним і можуть розглядатися окремо тільки абстрактно. Кожний конкретний спосіб функціонування механізму визначається його конкретною організацією і функціональними зв'язками з елементами.

У діагностичній задачі шуканими є невідомі властивості структурної організації обстежуваного процесу чи механізму, а спосіб його функціонування

вважається заданим. Властивості структури механізмів і систем трактора, що визначаються, називають станом механізму, станом і якістю робочих процесів.

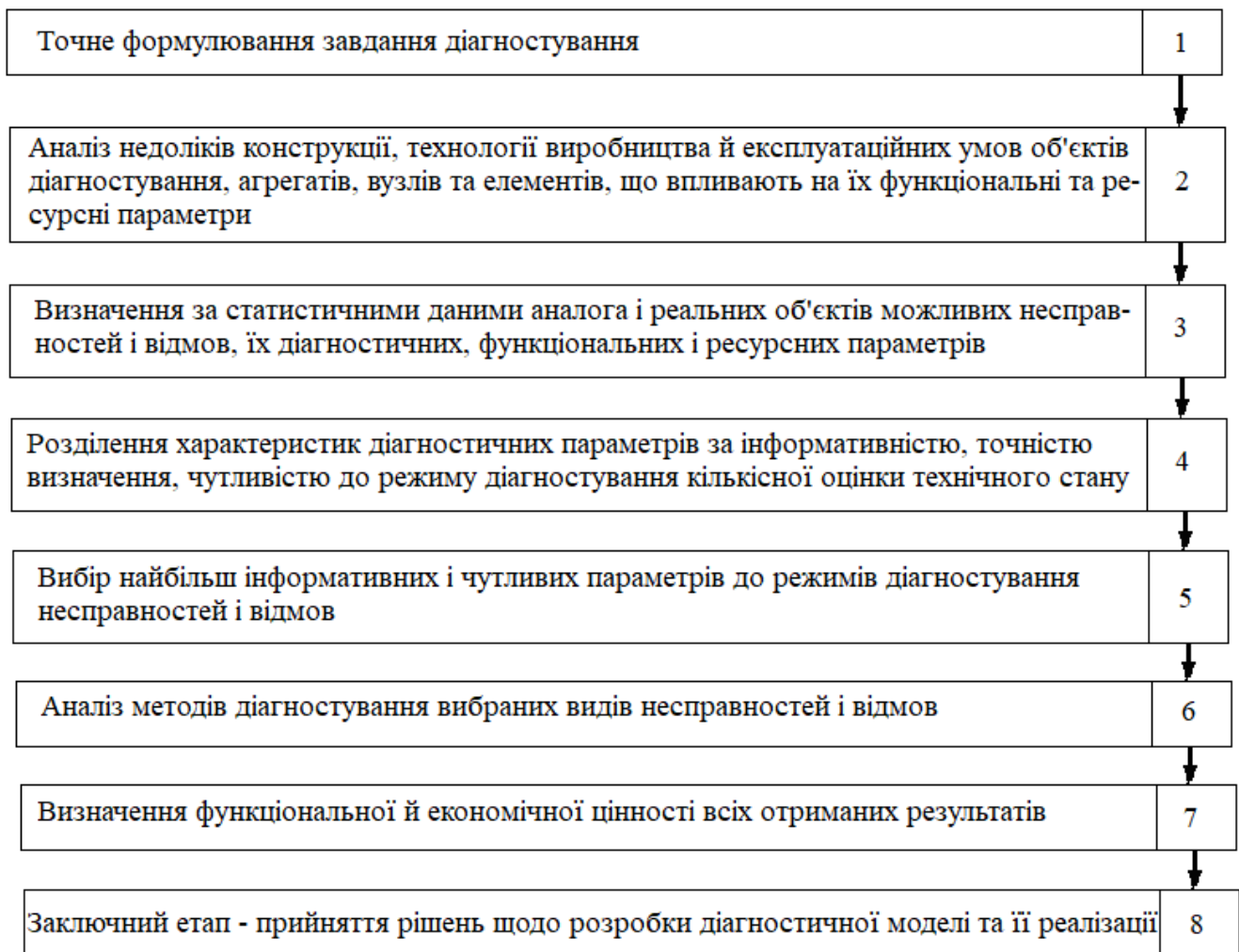


Рис. 1.15. Послідовність морфологічного аналізу об'єкта діагностування

При роботі механізму виникає велика кількість різноманітних технічних процесів, параметри яких доступні безпосередньому вимірюванню. Наприклад, для двигуна це: віддача потужності, випуск газів, температура, тиск, шум, вібрація, процеси подачі та споживання пального і т. д.

Як в простих, так і в складних реалізаціях роль аналізатора інформації та виконавця виконує оператор-діагност. Спостерігаючи за великою кількістю елементів багатомірної системи трактора, які характеризують технічний стан, діагност у більшості випадків приймає рішення швидко й ефективно, без залучення інших фахівців і спеціальних засобів. Ефективність рішення, яке він приймає у значній мірі визначається його знанням конструкції і робочих процесів об'єкта, типових несправностей, досвідом та інтуїцією. До сьогодні немає приладів і засобів, які б могли реалізувати всі функції, що виконує людина при діагностуванні.

Знання теоретичних основ діагностики необхідні спеціалісту для створення й використання бортових і зовнішніх систем діагностування, вибору

найбільш інформативного переліку діагностичних параметрів, їх граничних значень, розробки алгоритму пошуку несправностей і відмов, розробки оптимальних режимів діагностування під час технічного обслуговування трактора. Для підготовки таких фахівців до практичної діяльності необхідні знання процесів зміни властивостей тракторів протягом їх експлуатації, уміння оцінювати вплив цих властивостей на зниження ефективності експлуатації, технічної й екологічної надійності, прогнозувати залишковий ресурс.

Для ефективного використання теоретичних і практичних знань щодо діагностування трактора і прийняття рішень діагносту необхідно знати:

- конструкцію об'єктів діагностування трактора, розуміння їх внутрішніх властивостей, принципів функціонування і діагностування технічних систем, взаємодії з довкіллям, вплив їх на технічний стан, робочі процеси та мікропроцесорні системи керування ними, на технічну й екологічну безпеку трактора;
- закономірності зміни технічного стану трактора в експлуатації;
- дефекти матеріалів, конструкції, технології виробництва окремих вузлів і комплектного трактора;
- типові несправності механічних, газо-, гідро-, аеродинамічних, електричних і електронних систем, перебіг робочих процесів, систем керування трактора;
- діагностичні параметри і нормативні значення стану технічних систем трактора;
- методи діагностування технічних систем трактора;
- засоби діагностування (прилади і технологічне обладнання) технічних систем трактора.

Ефективне діагностування можливе лише при наявності знань:

- принципів забезпечення надійності тракторів, властивостей вимірюваних сигналів фізичних величин, залежностей зміни стану тракторів в експлуатації;
- побудови діагностичних моделей робочих процесів зі зворотним зв'язком, розробки алгоритмів діагностування та діагностичного забезпечення;
- методів вибору діагностичних ознак і параметрів, взаємозв'язку структурних і діагностичних параметрів, визначення змін діагностичних параметрів щодо напрацювання;
- методів нормування початкових і граничних діагностичних параметрів, нормування класів якісного та кількісного оцінювання технічного стану об'єктів діагностування;
- методів визначення періодичності діагностування та технічного обслуговування, оцінювання похибок при діагностичних вимірюваннях, оптимізації періодичності діагностування;
- методів і засобів діагностування, форм організації діагностування, систем технічного діагностування зовнішніми і вбудованими засобами;
- процесів діагностування та постановки діагнозу, побудови алгоритмів діагностування, постановки діагнозу за нормативними значеннями та комплексом діагностичних параметрів, оцінювання достовірності результатів діагностування, принципів самоконтролю несправностей вбудованими засобами;

– прогнозування стану трактора, критерії й етапи прогнозування залишкового ресурсу, методів аналітичного і лінійного прогнозування, прогнозування за середньостатистичною зміною діагностичного параметра, допустимим значенням параметрів та за реалізацією індивідуального прогнозування.

Основним кроком при виявленні причин будь-якої відмови є алгоритми пошуку несправностей. У разі відпрацьованих алгоритмів на стадії доводки об'єктів трактора причина відмови (несправності) може знаходитися «на поверхні». Якщо алгоритми пошуку несправностей для експлуатаційної документації не відпрацьовані, на стадії доводки доводиться попрацювати, проводячи інколи складне дослідження. При цьому ефективним виявляється спокійний логічний підхід до пошуку вузла чи компонента, що вийшов з ладу. Обов'язково слід взяти до уваги всі попередні несправності, інколи незначні ознаки і сигнали, що насторожують, такі, як втрата потужності, яку розвиває двигун, зміна показань вимірювачів, виникнення незвичних звуків, запахів тощо. Відмова таких компонентів, як, наприклад, запобіжники або форсунки, можуть бути лише ознакою більш глибоко прихованого порушення технічного стану інших систем трактора.

Незалежно від природи несправності в основу дослідження її причини завжди покладені однакові базові принципи. Необхідно переконатися у правильності визначення ознаки несправності. Це дає можливість з більшою достовірністю визначати межі й обсяг пошуків несправності, що особливо важливо у діагностуванні несправності, складних відмов.

Контрольні запитання

1. Наведіть споживчі властивості трактора.
2. За якими ознаками визначають економічність трактора?
3. Визначте вимоги до проектного рівня трактора.
4. За якими ознаками оцінюють технічний рівень трактора?
5. У чому полягають інтелектуальні властивості трактора?
6. Охарактеризуйте телематичні властивості трактора.
7. Наведіть сфери застосування діагностики.
8. Поясніть схему проектних рівнів створюваних тракторів за ресурсним показником.
9. Наведіть склад систем автоматичного керування трактором.
10. Наведіть показники надійності трактора.
11. Чим відрізняються показники надійності за вібраційними характеристиками від інших показників?
12. Охарактеризуйте переваги показників рівнів вібрації від інших показників оцінки якості трактора.
13. Що розуміють під допустимою вібрацією трактора?
14. Які впливає власна вібрація трактора на його технічний стан?
15. Яке основне призначення діагностики трактора під час експлуатації?
16. Назвіть три типи завдань технічної діагностики.
17. Перелічіть знання, які необхідні діагносту для ефективного діагностування трактора.
18. Наведіть алгоритми діагностування трактора.
19. Поясніть послідовність морфологічного аналізу об'єкта діагностування.

2. ТЕХНІЧНІ СТАНИ ТРАКТОРІВ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ЇХ РОБОТОЗДАТНІСТЬ

2.1. Фактори, які визначають якість та експлуатаційну надійність створюваних тракторів

Основними поняттями технічної діагностики машин вважають: дефект, несправність, об'єкт діагностування, технічний стан, параметри діагностування, діагностичне завдання, методи діагностування, технічні засоби діагностування, система діагностування. Рівень знань цих понять по всій системі трактора визначає кваліфікацію фахівця-діагноста.

Знання типових дефектів, несправностей і відмов, їх види і причини, а також діагностичні параметри є першочерговим завданням діагностики.

Оскільки основні функціональні характеристики та якісні показники тракторів закладаються на стадії проектування (Π) і доводки (\mathcal{D}), втілюються в життя при виготовленні та складанні (I), а також при введенні в експлуатацію (B) та реалізуються в процесі складних умов експлуатації (E), то досяжна надійність і ресурс трактора в часі визначаються комплексом фактичного стану якості (K):

$$K=f(\Pi,\mathcal{D},I,B,E)\pm F. \quad (2.1)$$

Звідси випливає, що досягти підвищення надійності та ресурсу можливо шляхом удосконалення якості Π і методів контролю (збереження) заданої проектною якістю на стадіях I , \mathcal{D} та E . Але фактично кожна складова якості трактора має n невідомих структурних параметрів стану нестабільності діючих процесів та похибок їх визначення (F). Достовірність знань про статистичні структурні параметри і характеристики ресурсів великої кількості елементів трактора уже на стадії Π не може бути повною через недостатні знання, рекомендації стандартів, розрахункові методики, допуски на виготовлення, наявність компромісних конструктивних рішень і велику ймовірність припущання помилки при оптимізації функціональних характеристик, робочих процесів і динамічних характеристик окремих агрегатів і комплектних тракторів та технологічних факторів їх використання. Але навіть задані конструктором параметри, як правило, не можуть бути з достатньою точністю відтворені при виготовленні та складанні. Забезпечення надійності та ресурсу трактора за загальноприйнятими моделями, багатоцикловими ресурсними випробуваннями – це трудомісткий і тривалий випадковий процес лабораторних випробувань і експлуатаційної доводки. При зниженні обсягів лабораторних діагностичних випробувань за рахунок доводки в експлуатаційних умовах дефекти конструкції можуть бути усунені лише за явними відмовами механізмів тракторів. Більша частина прихованих дефектів і резонансних явищ, пов'язаних кореляційною залежністю з режимами роботи, робочими процесами та експлуатаційними умовами залишається в тракторах, що серійно випускаються. Через це початковий (проектний) технічний стан вже на стадії надходження трактора в експлуатацію не може бути однаковим.

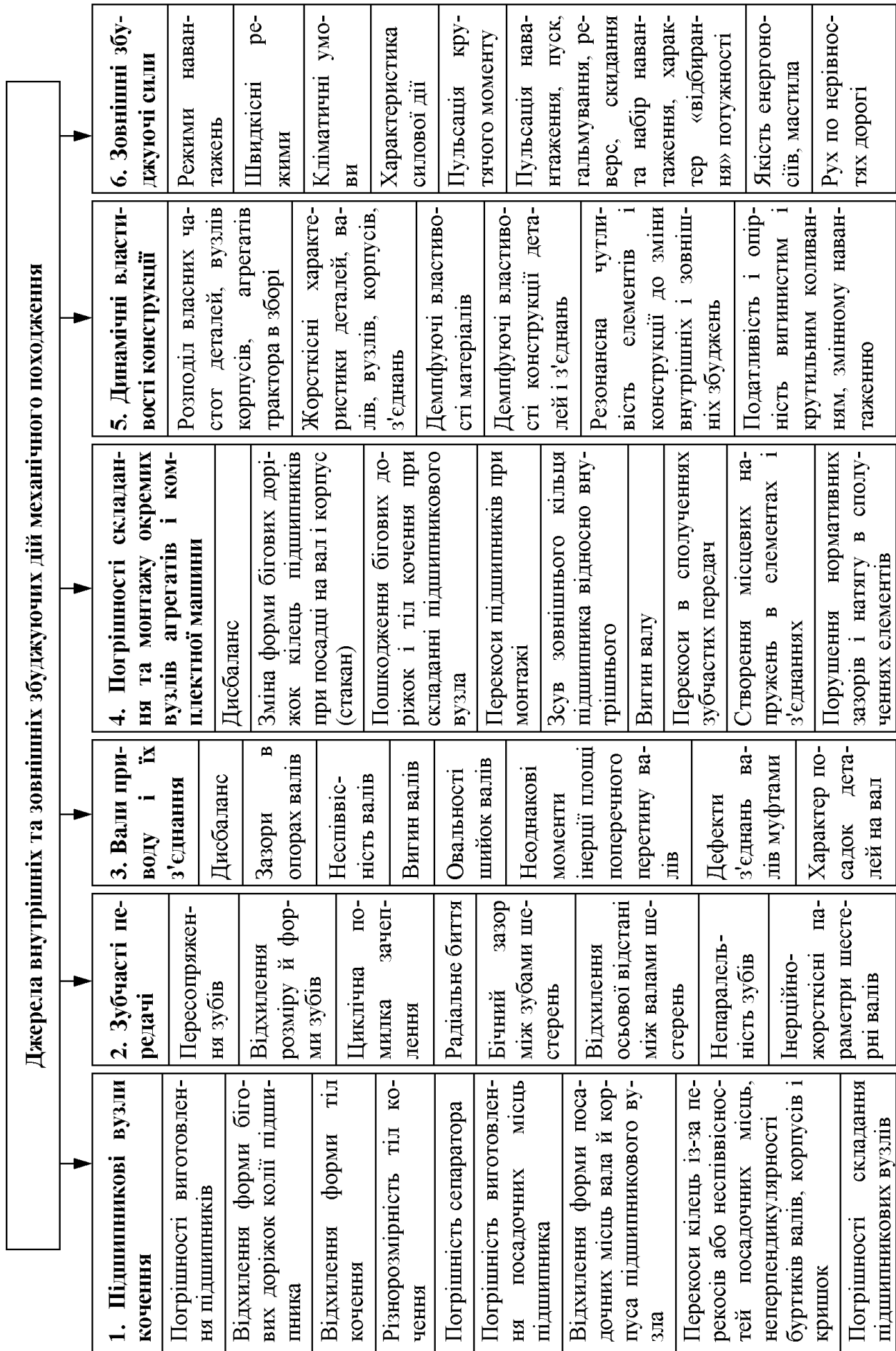


Рис. 2.1. Структурна модель конструктивних і виробничих дефектів та експлуатаційних несправностей

Таким чином, властивості структури механізмів тракторів на стадіях *П, Д, І, В* можуть бути охарактеризовані великим набором конструктивних, технологічних і функціональних параметрів стану. Причина кожного дефекту й несправності трактора зумовлена об'єктивними або суб'єктивними чинниками. У різних умовах експлуатації показники надійності трактора будуть різними. Конструктивні та виробничі чинники – це найчастіше приховані дефекти та потенційні несправності (рис. 2.1). Відмови вітчизняних тракторів через недосконалість конструкції та технології виготовлення складають 50-65%, внаслідок порушення правил експлуатації – 35-37% усіх експлуатаційних відмов. Напрацювання на відмову з наявним технічним обслуговуванням складає 40-100 год, на складну відмову – 100-200 год.

У процесі експлуатації трактора його технічний стан ще більше стає індивідуальним. На зміну технічного стану істотно впливають важкі режими та індивідуальні умови експлуатації (*Е*) трактора (технологічні, природні). До природних умов слід віднести стан оброблюваного середовища (грунт, добрива, їх фізико-механічні, хімічні та біологічні властивості, вологість та ін.); поверхні поля і дороги (рельєф, мікропрофіль), щільність ґрунту. Таке різноманіття факторів суттєво впливає на тяговий опір трактора, зміну опору в часі.

Тому особливістю проблем діагностики та надійності є їх зв'язок з усіма етапами проектування, виготовлення і використання трактора, починаючи з моменту формування та обґрунтування ідеї створення нового трактора і закінчуючи прийняттям рішення про його списання. Особливо важливим є виявлення зв'язків між показниками надійності та можливостями їх підвищення на кожному етапі проектування, виготовлення, експлуатації і ремонту трактора.

2.2. Дефекти проектування і виготовлення тракторів

Надійність і ресурс тракторів закладається на стадії проектування. Вони залежать від проектного рівня (рис. 1.2) конструкції трактора та його вузлів, закладених міцнісних і контактних навантажень, використовуваних матеріалів, закладених допустимих швидкісних і навантажувальних параметрів, методів захисту від різних шкідливих впливів, системи змащування, пристосованості до ремонту й технічного обслуговування та інших конструктивних, інтелектуальних властивостей конкретного трактора.

Причинами дефектів проектування трактора можуть бути такі:

- невдалий вибір форми деталей, наприклад, з концентраторами напруження і різкою зміною перетинів;
- невдалий вибір матеріалів і їх поєднань;
- недооцінка навантажень і діючих сил;
- неврахування можливих змін навантажень і діючих сил в процесі експлуатації машини і т. д. (рис. 2.1).

Інша часта причина відмов – зміни конструкції при модернізації чи ремонті або технології виготовлення, вплив яких на надійність трактора важко визначається під час розробки і впровадження та виявляється в ході експлуатації трактора. Наприклад, невелика зміна параметрів фланкування зубців ко-

ліс планетарного редуктора посилює динамічні навантаження в редукторі та його віброактивність.

При виготовленні трактора забезпечується його надійність. Вона залежить від якості виготовлення деталей (форм і розмірів), методів контролю продукції, що випускається, можливостей керування ходом технологічного процесу, технології та правил складання трактора та його вузлів, методів випробувань агрегатів і комплектного трактора й інших показників технологічного процесу, усунення монтажних дефектів.

До технологічних чинників, які знижують якість трактора (вузла) слід віднести: якість матеріалу, термообробку деталей, використовуване зміцнення, чистоту робочих поверхонь, точність виготовлення посадочних шийок, якість складання, неефективність контрольних операцій вживаного устаткування і т. п.

З підвищенням точності виробництва підвищується технічний рівень трактора, його безвідмовність і довговічність, скорочуються витрати на обслуговування, простій і ремонт. Підвищення точності виготовлення деталей скорочує трудомісткість складання; внаслідок часткового або повного усунення пригонювальних робіт, сприяє досягненню взаємозамінності елементів, забезпечує можливість поточного складання та скорочення термінів ремонту.

При складанні механізмів трактора виникають похибки взаємного положення його елементів, неякісні з'єднання і деформації з'єднаних деталей і складових одиниць. Ці похибки погіршують функціональні характеристики трактора. Від якості складання залежить надійність роботи вироблених тракторів за показниками безвідмовності та довговічності.

Порушення правил складання та монтажу призводять до зміни динамічних характеристик трактора, до збудження власних частот вібрації деталей, вузлів та агрегатів, до підвищення вібрації. Підвищення рівня вібрації створює додаткові динамічні навантаження і сприяє прискореному спрацюванню поверхонь тертя, порушенню точності роботи виконавчих механізмів, збільшенню втрат на тертя і, відповідно, пониженню ККД, зниженню ресурсу, надійності та терміну служби.

До дефектів складання належать результати порушення вимог технічних умов на складання, неспіввісності, перекося, параметри регулювань, наприклад, порушення плоскості корпусу двигуна в результаті нерівномірного зусилля або перевищення зусилля затягування різьбових з'єднань; порушення балансу мас деталей шатунно-поршневої групи двигуна в результаті недотримання правил їх селективного складання; установка кришки корпусної деталі без потрібної прокладки і т. д.

Відмови можуть виникати:

– через неправильно встановлену плями контакту конічних зубчастих коліс, коли зростання навантажень в процесі експлуатації призводить до руйнування передачі;

– при зсуві заданого положення зубчастої передачі відносно підшипників, що призводить до додаткових навантажень, вигину вала і руйнувань;

– при недостатній фіксації підшипника на валу, малого натягу посадки.

Основні види прояву дефектів сполучень деталей представлені на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Схема класифікації дефектів сполучень

Причиною появи дефектів є порушення правил складання, застосування недосконалих технологій та обладнання при виробництві тракторів.

За ознакою порушення встановленого взаємного розташування деталей дефекти сполучень проявляються в таких формах:

- збільшення або зменшення зазору чи натягу, тобто відхилення від установленої характеристики посадки деталей;

- перекіс деталей, який характеризується неспівпадінням (несуміщенням) осей деталей, а значить, непаралельністю з'єднаних посадочних поверхонь обойми підшипника або сальника відносно посадочного гнізда (отвору);

- зміщення (зсув) деталей відносно встановленого положення. Зміщення деталей може відбуватися при початковій установці для з'єднання або при з'єднанні деталей під час виконання операцій із складання. Зміщення деталей відносно встановленого початкового положення може відбутися в процесі випробування об'єкта;

- непаралельність або неперпендикулярність, сполучених поверхонь деталей, зумовлена конструкторською документацією.

За ознакою неміцності з'єднання дефекти сполучень проявляються в таких формах:

- ослаблення зусилля, що стягує деталі (наприклад, ослаблення зусилля затяжки різьбового з'єднання);

- порушення цілісності матеріалу, що з'єднує деталі (наприклад, клею

або епоксидної композиції, ослаблення міцності заклепочного з'єднання).

За ознакою негерметичності з'єднання дефекти сполучень проявляються в таких формах:

- нещільність примикання сполучених поверхонь деталей (наприклад, внутрішньої поверхні гумового шланга до поверхні штуцера);
- неплоскісність сполучених поверхонь;
- нерівність сполучених поверхонь.

При оцінюванні роботи з'єднання важливу роль відіграє поєднання похибок деталей, що складаються і похибок у вигляді пружних деформацій, які виникають у ході складання. Останні часто можуть перевищувати допустимі відхилення на виготовлення деталей, в результаті чого може бути обезцінений труд, затрачений для досягнення високої точності. Так, наприклад, для високоточних валів, що подаються на складання, характерні відхилення від круглості шийок порядку 1 мкм, відхилення від циліндричності 0,5-1 мкм, за розміром діаметрів – 10 мкм. Відхилення від циліндричності зовнішніх поверхонь деталей типу гільз можуть бути 2-3 мкм, а для отворів під підшипники – 2 мкм. Биття посадочних отворів відносно зовнішніх поверхонь – 2-3 мкм, відхилення від співвісності – приблизно 3 мкм. Для корпусних деталей відхилення від паралельності осей головних отворів і напрямних поверхонь приблизно 3 мкм. Відхилення від прямолінійності та паралельності напрямних поверхонь на всій довжині – не більше 3 мкм.

Несправності та дефекти складальних механічних, електричних, електронних і пневмогідролічних одиниць (вузлів, механізмів, агрегатів і систем) поділяються з урахуванням форм їх проявлення.

До дефектів механічної частини складальних одиниць з урахуванням форм їх проявлення належать:

1. З'єднання з натягом, болтових і гвинтових:

- ослаблене зусилля з'єднань деталей, що характеризується недостатнім зусиллям нагвинчування гайки або закручування шпильки (гвинта) та (або) самодовільним відгвинчуванням (викручуванням);

- ослаблене зусилля прилягання деталей, з'єднаних заклепками, штифтами, шпонками, внаслідок чого може бути биття або люфт у з'єднаннях;

- невідповідність маси деталей установленим конструкторською документацією вимогам (наприклад, з'єднувальних болтів муфт або групи деталей, що включають поршень, палець і шатун), що може спричинити дисбаланс системи;

- невідповідність параметрів посадки з потрібним зазором, зумовлене невідповідністю величин розмірів з'єднуваних деталей;

- невідповідність посадки з натягом, наслідком чого може бути ослаблення натягу, провертання деталі, зміна власних частот розділених деталей;

- невідповідність установки (зміщення) деталей або складальних одиниць, що може призвести до втрати вихідного початкового положення установки (при складанні або регулюванні налаштування), а також може відбутися в процесі випробування складальної одиниці (наприклад, неправильна установка розподільника запалювання);

- неплоскісність сполучених поверхонь. Неплоскісність поверхонь може бути у деталей як до, так і після їх з'єднання. Також неплоскісність поверхонь може бути порушена при з'єднанні деталей в результаті перевищення стягуючого зусилля;

- завищення зусилля посадки натягу з'єднаних деталей, що може призвести до деформації деталей, наприклад, кільця підшипника або вінця шестірні;

- перекося з'єднаних деталей з натягом, що може порушити потрібне (оптимальне) взаємне розташування деталей у вузлі, наприклад, внутрішнього кільця підшипника відносно зовнішнього при посадці внутрішнього кільця до неперпендикулярного торця вала;

- порушення форми деталей і підвищення локальних напружень при їх посадці з натягом на вал з овальністю, гранністю, наприклад, кільця підшипника, що може призвести до порушення нормальної роботи підшипника.

Такі дефекти окремо або разом змінюють жорсткість і розцентровку з'єднань, створюють несиметричні навантаження у сполученнях деталей, змінюють власні частоти деталей, вузлів та агрегатів, порушують розрахункові параметри конструктивного демпфування, вібрації, податливості елементів, вузлів і трактора в цілому, появу неврахованих у проєкті початкових значень параметрів.

При складанні механізмів трактора виникають похибки взаємного положення його елементів, неякісні сполучення і деформації з'єднаних деталей. Ці похибки погіршують функціональні характеристики трактора. Від якості складання залежить надійність роботи вироблених тракторів за показниками безвідмовності та довговічності.

Порушення складання та монтажу призводять до зміни динамічних характеристик трактора, до збудження власних частот деталей, вузлів та агрегатів, до підвищення вібрації і появи резонансних явищ. Підвищення рівня вібрації створює додаткові динамічні навантаження і сприяє прискореному спрацюванню поверхонь тертя, порушенню точності роботи виконавчих механізмів, збільшенню втрат на тертя і, відповідно, пониженню ККД, зниженню ресурсу, надійності та терміну служби.

2. До порушень правил складання, комплектації та організації виконання поточного ремонту належать:

- некомплектність складання, яка характеризується тим, що до складу складальної одиниці при складанні включаються (з'єднуються) не всі передбачені конструкторською документацією деталі (наприклад, не встановлене стопорне кільце обойми підшипника, не встановлене проставочне кільце шестірні на валу коробки передач, на шпильці не закручена гайка і т. п.);

- наявність стороннього предмета в зоні функціонування деталей (наприклад, наявність стороннього предмета у місці зачеплення двох шестерень і т. п.);

- нерівність сполучених поверхонь, яка зумовлена наявністю на поверхнях нерівностей (подряпин, ум'ятин, впадин, забоїн тощо).

- невідповідність характеристик пружного елемента, до яких можуть на-

- лежати початкові висота або стріла прогину пружного елемента, зусилля стиску до певної лінійної величини;
- перекіс осей або площин складальних одиниць, недопустимий за вимогами конструкторської документації, який може відбутися через порушення правил складання;
 - порушення (невідповідність) параметрів регулювання (наприклад, зміщення плями контакту зубців шестерень або зміна установки гальмівних колодок і т. п.);
 - дисбаланс як характеристика технічного стану деталей і (або) складальних одиниць, обертальні частини яких не зрівноважені. Дисбаланс можуть мати різні вали, маховик у складі зі зчепленням і т. п.;
 - поломка деталей. Цей дефект характеризується порушенням цілісності деталей складальних одиниць. Поломка деталей може бути з частковим порушенням цілісності та тимчасовим збереженням їх роботоздатності (пошкодження) або з повним порушенням цілісності й втратою їх роботоздатності (відмова). Поломка деталей складальних одиниць може бути зумовлена як впливом внутрішніх, так і зовнішніх факторів у процесі складання або випробування складальних одиниць;
 - відшарування (відставання) покриття на деталі складальної одиниці характеризується розривом зв'язку покриття з поверхнею деталі, що спричиняє зміну характеристики сполучення деталей, а це впливає на функціонування складальної одиниці;
 - заїдання деталей як дефект складальної одиниці характеризується порушенням можливості відносного переміщення деталі (наприклад, тяги перемикачів передач у коробці передач або синхронізатора перемикачів передач). Такий дефект інколи називають заклинюванням деталей, однак слід враховувати особливість цієї форми прояву дефекту;
 - заклинювання деталей характеризується порушенням можливості обертального руху двох деталей в результаті попадання в зону їх контакту стороннього предмета. На відміну від форми проявлення дефекту «наявність стороннього предмета», де предмет потрапляє в зону функціонування деталей з вини виконавця робіт із складання деталей, дефект у формі заклинювання деталей відбувається внаслідок впливу стороннього предмета, що знаходиться в робочому середовищі і потрапив туди не з вини виконавців складальних робіт;
 - деформація деталей і складальних одиниць, яка характеризується порушенням їх форми та розмірних параметрів (наприклад, погнутість вала, жолоблення ведучого диска зчеплення);
 - прихоплення (схоплення) поверхонь, яке відбувається в результаті їх місцевого приварювання (спікання) під впливом високих температур (перегрівання деталей) або тиску, що відбувається внаслідок тертя деталей, які знаходяться у такому тісному контакті, що починає діяти міжмолекулярне зчеплення. Прикладом такого дефекту є нерознімне з'єднання (прихоплення) поверхонь вала, що труться, та втулки, яка ковзає. Попередньою стадією такого дефекту може бути обгорання поверхонь, що труться;
 - обгорання поверхонь – це дефект однієї з деталей складальної одиниці,

який характеризується зміною властивостей її матеріалу, що супроводжується появою кольорів мінливості;

- відмова електричної частини, що зумовлює зупинку функціонування електронної частини складальної одиниці, яку вона забезпечує.

Похибки монтажу – послаблення посадки підшипника, овальність посадочної поверхні, удари по підшипнику, перекіс валів – проявляються у вигляді слідів провертання кілець підшипника, сколів і тріщин, слідів фретинг-корозії, зсуву слідів спрацьованості.

Діагностувати більшість дефектів складання та монтажу вельми складно, оскільки вони взаємопов'язані, знаходяться в кореляційній залежності. Найефективнішим методом діагностування дефектів складання та монтажу є спектральний аналіз вібрації в третьоктавних та вузьких смугах в області частот, що збуджуються конкретним дефектом (несправністю).

Під час складання тракторів виникають похибки взаємного положення їх елементів, неякісні сполучення та деформації з'єднаних деталей. Ці похибки погіршують функціональні характеристики тракторів. Від якості складання залежить надійність роботи тракторів, що випускаються, за показниками безвідмовності та довговічності. Відмови і зниження довговічності виникають у результаті:

- неякісного виконання з'єднань, регулювальних і припасувальних робіт;
- ослаблення кріпильних деталей;
- порушення регулювання у процесі роботи;
- неякісного очищення деталей, які сполучують, та інших причин.

3. До дефектів та несправностей пневматичних та гідравлічних систем належать:

- ослаблення щільності прилягання поверхонь через нерівності цих поверхонь (випуклості, вм'ятини, забоїни тощо), а також через порушення форми профілю поверхонь (пластична деформація, жолоблення) і ослаблення кріплення (зусилля стягування поверхонь);

- порушення цілісності прокладок через їх розрив, руйнування, прогорання і т. п.;

- порушення цілісності та невідповідність властивостей матеріалу ущільнень (наприклад, висока твердість гумової кромки сальника або ущільнювального кільця);

- порушення цілісності корпусних деталей (наприклад, картера механічної коробки) та деталей-ємкостей для зберігання робочої рідини;

- застосування ущільнювальних матеріалів і прокладок з невідповідними властивостями щодо пружності, температури, хімічної та агресивної стійкості та ін.

2.3. Експлуатаційні несправності

Технічний стан і техніко-економічні показники роботи тракторів у процесі експлуатації зазнають змін. Ці зміни залежать від багатьох факторів, які впливають не ізольовано, а комплексно, знаходячись у складній залежності

один від одного (2.1).

При експлуатації трактора реалізується його надійність. Показники безвідмовності та довговічності проявляються тільки в процесі використання трактора і залежать від методів та технологічних і природних умов експлуатації трактора, законів старіння, прийнятої системи методів технічного обслуговування, ремонту, режимів роботи і зберігання та інших експлуатаційних чинників і використовуваних експлуатаційних матеріалів (пального, мастильних, рідин). При експлуатації: можливі застосування надмірних навантажень, можливі пошкодження ущільнень, порушення правил зберігання, ТО і водіння трактора.

Несправності і пошкодження механізмів в експлуатації виникають після деякого напрацювання виробу в результаті початкових дефектів металу, втоми металу деталей, корозії, окрихчування під дією радіації, спрацювання і т. п., а також неправильного технологічного обслуговування при експлуатації. В результаті прояву численних дефектів і несправностей у тракторі діють складні деградаційні процеси, які важко враховуються розрахунковими методами.

Введені такі види несправностей: незначна несправність, значна несправність, часткова несправність, повна несправність, критична несправність, несправність через перевантаження, несправність через неправильну експлуатацію, несправність через неміцність, несправність через спрацювання і/або старіння, конструктивна несправність, прихована несправність, маскована несправність.

До експлуатаційних чинників, які впливають на інтенсивність спрацювання і появу несправностей, належать: режим навантаження (передавана потужність, оберти, характеристики циклу навантаження при вигині, крученні і зовнішня динаміка), умови змащування рухомих з'єднань, температурний режим, кліматичні та експлуатаційні умови, якість технічного обслуговування, агресивність навколишнього середовища.

У разі важких польових і кліматичних умов (запиленість, мінусова або дуже висока температура повітря, заболоченість ґрунту тощо) використовують покращеної конструкції повітроочисники, фільтри оливних систем, ущільнювальні пристрої, системи охолодження, спеціальні водо- та оливопідігрівачі, теплі капоти, багатофункціональні сорти олив, спеціальні шини і т. п.

Експлуатаційно-виробничі чинники визначають вплив реального технічного стану трактора й ефективності системи підтримки в технічно справному стані трактора на інтенсивність зміни характеристик його елементів. Під експлуатаційно-виробничими розуміють такі чинники, як вік і пов'язаний з ним реальний технічний стан трактора, якість використовуваних експлуатаційних матеріалів (пального, оливи, рідин), кваліфікація водія, а також чинники, які характеризують рівень якості технічного обслуговування та ремонту.

В процесі експлуатації трактори взаємодіють з навколишнім середовищем, а їх елементи взаємодіють між собою. Цю взаємодію викликає навантаження деталей, їх взаємні переміщення, які викликають тертя, вібрації, нагріви, хімічні та інші перетворення і, як наслідок, зміну в процесі роботи фізико-

хімічних властивостей матеріалів і конструктивних параметрів; зміну стану поверхонь тертя, розмірів деталей і їх взаємного розташування, зазорів, електричних та інших властивостей.

Внаслідок багатofакторного впливу різних умов стан змінюється від справного до несправного, який при певних обставинах може перейти в нероботоздатний або граничний стан. При цьому нероботоздатний і граничний стани також є певною характеристикою несправного стану трактора.

В експлуатації на трактор впливають зовнішні та внутрішні сили. Зовнішні сили поділяють на сили робочого опору та опору на перекачування. Робочий (тяговий) опір – це такий опір, який чинить трактор під час свого руху у робочому стані з виконанням робочого процесу. Холостий тяговий опір виникає, коли трактор рухається у транспортному режимі.

У процесі експлуатації трактора внутрішні та зовнішні фактори, що безперервно змінюються (рис. 2.3), і визначають його роботоздатність, тобто його здатність зберігати задані технічними умовами експлуатаційні показники. До першої групи зовнішніх факторів (a) належать кліматичні умови (a_1) експлуатації трактора, які визначають витрати енергії на пересування трактора, режими роботи (a_2) та інші (a_i) фактори, що визначають продуктивність, витрату пального a_2 й a_i – якість виконання трактором технологічного процесу. Друга група зовнішніх факторів (b) визначається, в основному, організаційно-технічними умовами експлуатації трактора, зокрема, виконанням правил обкати (b_1), заправки оливою (b_2), дотриманням вимог інструкції з технічного обслуговування (b_3), ремонту (b_4) трактора, а також виконанням правил водіння й інших правил (b_i) технічної експлуатації. До внутрішніх факторів відноситься технічний стан, який визначається якістю проектування, правильним введенням в експлуатацію та якістю технічної експлуатації (фактори a і b).

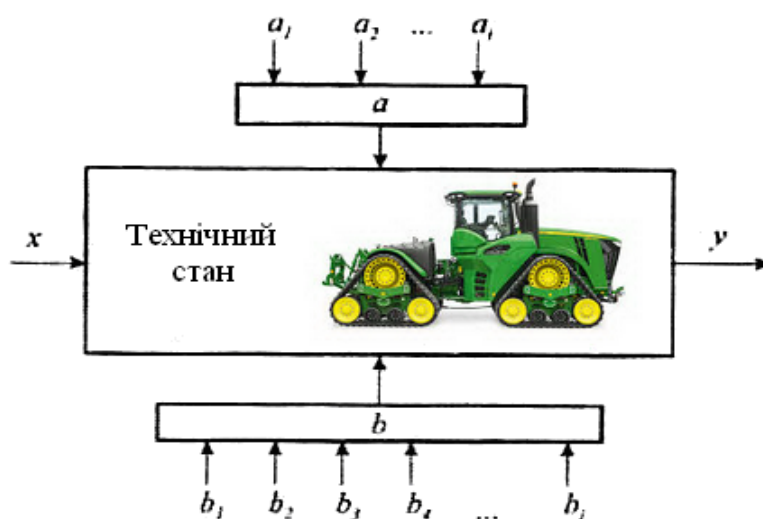


Рис. 2.3. Структурна схема енергетичних впливів на трактор:
 x, y – вхідний і вихідний параметри

Під умовами експлуатації трактора розуміють все те, що оточує цей трактор і знаходиться у тісній взаємодії з ним. Різноманіття умов експлуатації рі-

зних тракторів, що змінюються у просторі та в часі, істотно визначає їх якість. Система «трактор-водій» проявляє свої властивості у процесі взаємодії із зовнішнім середовищем. Трактор не можна ізолювати від умов експлуатації, робочих процесів, що протікають в його агрегатах та манери водіння трактора. На рис. 2.4 представлена схема взаємодії системи «трактор-водій» із зовнішнім середовищем.

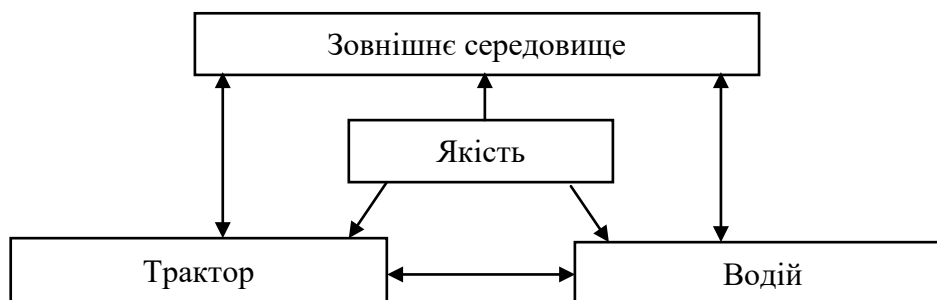


Рис. 2.4. Взаємодія елементів системи «якість-трактор-зовнішнє середовище-водій»

2.4. Основні джерела впливу на трактор в експлуатації

Основними джерелами енергетичних впливів на трактор є:

- динамічні, швидкісні та навантажувальні режими експлуатації;
- внутрішні джерела енергії, пов'язані з кінематичною взаємодією деталей і робочими процесами, що відбуваються в тракторі (рис. 2.1, 2.5);
- вплив енергії довкілля, в якому знаходиться трактор у процесі експлуатації (велика запиленість, забрудненість, вологість, температура, сонячна енергія);
- потенційна енергія, яка накопичена в матеріалах і деталях трактора у процесі його виготовлення (внутрішні напруження у відливках і зварних з'єднаннях, монтажні напруження);
- вплив водія, обслуговуючого персоналу на трактор під час експлуатації, технічного обслуговування та ремонту;
- вплив польових і дорожніх умов, рух трактора, особливо зі знаряддям і причіпним вантажем.

Вплив проєктного технічного рівня (стану) конструкції, якості виготовлення, діючих робочих процесів у тракторі та умов експлуатації на його технічний стан в експлуатації можна представити моделлю, що наведена на рис. 2.5.

Згадані джерела взаємовпливу в тракторах породжують на поверхнях контакту та в об'ємах матеріалу окремих деталей і систем такі види енергії: механічна, теплова, хімічна, електромагнітна. Тому технічний рівень проєктування і технології виробництва визначає велике різноманіття термінів ресурсу та спрацювання одних і тих самих деталей і надійності навіть однотипних деталей і тракторів.

Прогресуюча деградація стану трактора відбувається тому, що під час експлуатації всі види енергії – механічна, вібраційна, теплова, хімічна, електромагнітна – впливають на трактор не окремо одна від одної, а спільно і викликають у ньому зворотні й незворотні процеси, які змінюють його початкові

характеристики з різною швидкістю (1, 2, 3, рис. 2.5) і відповідають класам вібрації В, Г, Д (рис. 1.7). У початковому стані ці процеси визначають проектний рівень трактора В, Г, Д (рис. 1.4). Найбільш характерними незворотними процесами є спрацювання, корозія, утомленість, перерозподіл внутрішніх напружень, жолоблення деталей, утрата параметрів матеріалів із плином часу та ін. Ці процеси зумовлюють прискорення деградації трактора.

Якість трактора, що визначає його надійність, є функцією випадкового поєднання багатьох і нестабільних внутрішніх та зовнішніх факторів і, як правило, змінюється з часом (2.1). Повільні процеси (рис. 2.5, 3) поступово переходять у швидкі (рис. 2.5, 1).

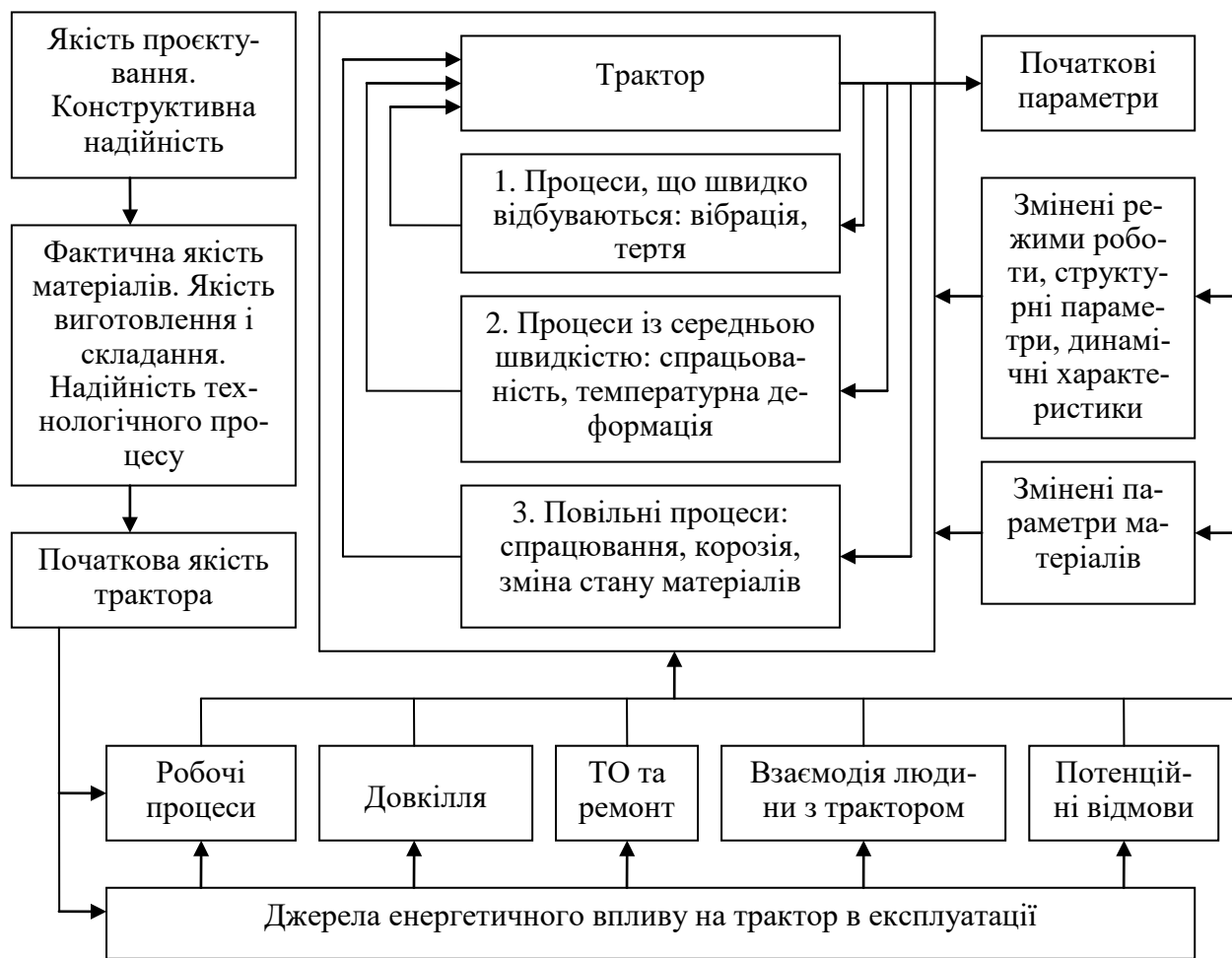


Рис. 2.5. Фізико-ймовірнісна модель енергетичних впливів на трактор у процесі експлуатації

Розглядаючи різні швидкості процесів спрацювання, що відбуваються (див. рис. 2.5), можна зробити висновок, що для багатьох елементів механічних систем інтенсивність зміни параметрів стану функціонально пов'язана з вібраційними характеристиками трактора (рис. 1.6, 1.7).

Вібраційні процеси, що швидко протікають (рис. 2.5, 1) і зумовлені початковими кінематичними, конструктивними і технологічними похибками руху елементів трактора, розмірів і форм деталей, гідро-, газо-, аеродинамічними процесами, змінними швидкісними та навантажувальними режимами роботи механізмів, виникають відразу як тільки трактор починає функціонувати (дже-

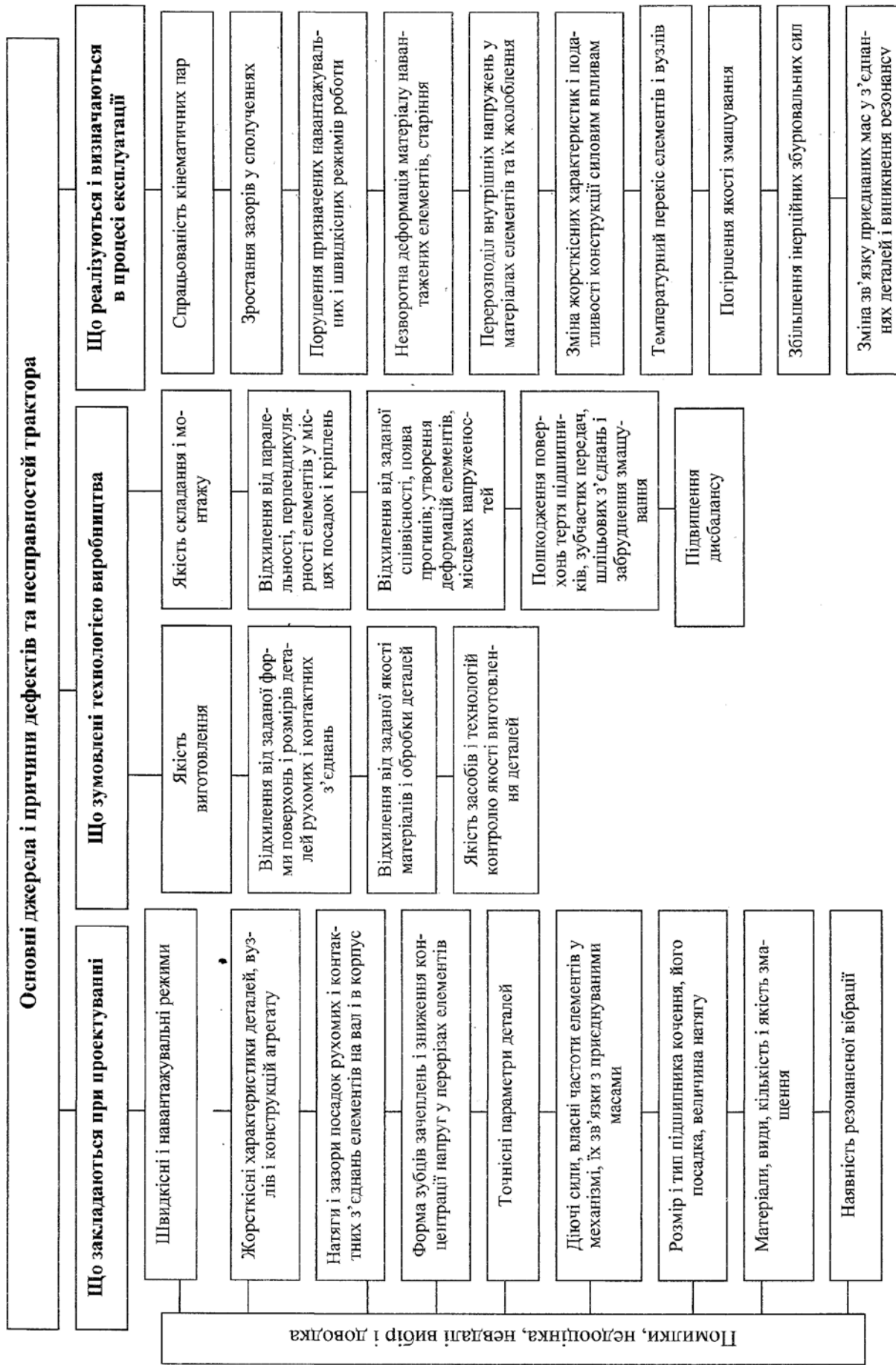


Рис. 2.6 Основні конструктивні, технологічні та експлуатаційні фактори механічного походження, які впливають на технічний стан трактора

Запропоновані в багатьох роботах швидкості спрацювання і втрати міцності деталей не універсальні, їх практичне застосування ускладнюється багатьма згаданими експлуатаційними чинниками. Швидкість вібраційних процесів механічного руйнування деталей залежить від структури і властивостей матеріалу, геометричної форми та стану поверхні, від напруженості, яка викликана навантаженням, температури, режимів і умов експлуатації трактора. Фундаментальною властивістю міцності є її залежність від часу, деформація і руйнування повинні характеризуватися не граничною напруженістю, а швидкістю деформації, руйнування і, зокрема, довговічністю – часом, необхідним для руйнування. Межі пружності, текучості, міцності є, з цієї точки зору, тільки певними умовними характеристиками.

2.5. Відмови тракторів

Основні внутрішні джерела дефектів закладаються при проектуванні, обумовлюються технологією виробництва, а несправності визначаються зовнішніми умовами і режимами експлуатації (2.1). Ці недоліки конструкцій, технологій виробництва і експлуатації діють не окремо, а спільно. Результати такої енергетичної дії на трактор в експлуатації і визначають види поточних процесів, які зумовлюють різні швидкості зміни технічного стану (рис. 2.5).

Відмова – подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібні функції, тобто у порушенні роботоздатності стану об'єкта.

Існують такі види відмов: часткова відмова, повна відмова, ресурсна відмова, критична відмова, конструктивна відмова, виробнича відмова, систематична відмова, повторювана відмова, збій, відмова через перевантаження, відмова через неправильну експлуатацію, відмова через неміцність, деградаційна відмова, раптова відмова, поступова відмова, залежна відмова, неявна відмова, явна відмова, прихована відмова, критерії відмови, причини відмови, вид відмови, критичність відмови, механізм відмови.

Відмова трактора – це його технічний стан, при якому неможливо почати або продовжити польові роботи або транспортний процес. Одним з важливих показників, який об'єктивно відтворює старіння трактора, є інтенсивність потоку його відмов у процесі експлуатації.

При розгляді відмов слід виходити з урахування головного – утворилися ці дефекти в процесі виробництва (виготовлення або ремонту) чи до виробництва. За походженням або причинами появи дефекти, несправності та відмови поділяють на три види (рис. 2.7):

- конструктивні (з вини конструктора);
- виробничі (внаслідок погано організованого виробничого процесу);
- експлуатаційні (внаслідок неправильної експлуатації або несприятливого поєднання режимів експлуатації – порушення діючих правил, перенавантаження трактора, несвоєчасне проведення ТО і т. д.).

Для встановлення причин відмов та розробки заходів щодо зниження ймовірності виникнення відмов слугує класифікація відмов (рис. 2.8).

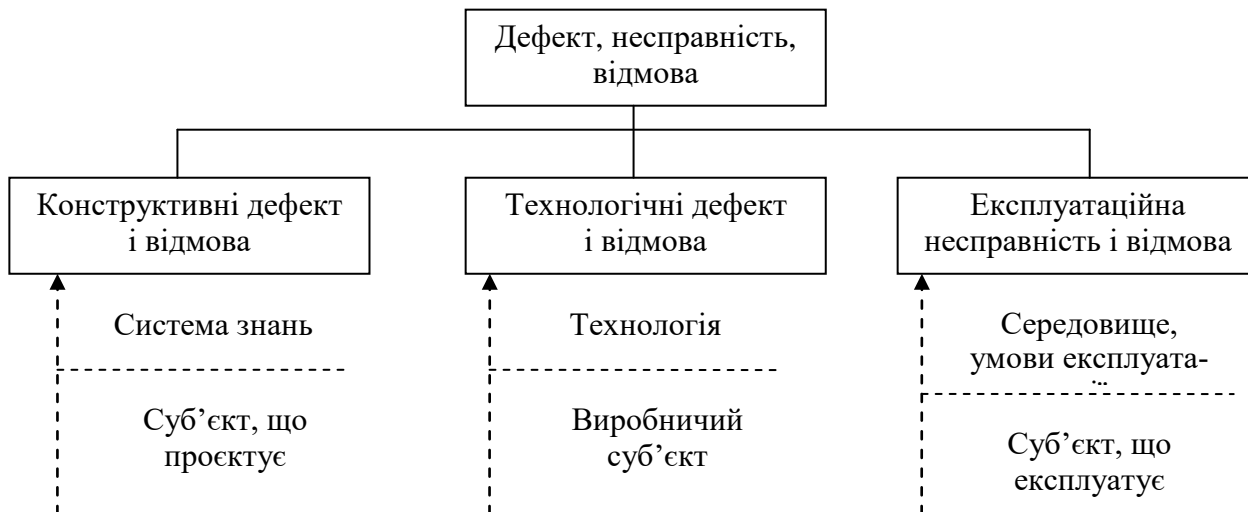


Рис. 2.7. Класифікація дефектів, несправностей і відмов

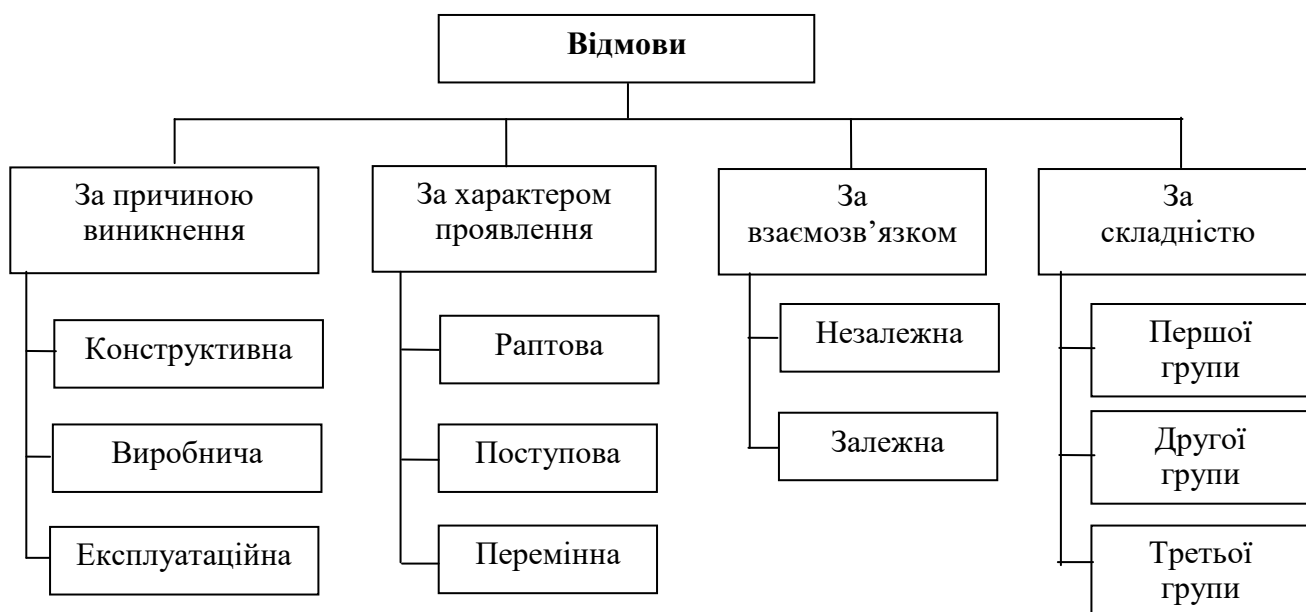


Рис. 2.8. Класифікація відмов

Конструктивна відмова – це відмова, яка виникає внаслідок наявності дефекту, обумовленого недосконалістю або порушенням встановлених правил і (або) норм проектування і конструювання (недосконалістю задуму і творчого рішення, втілених в технічному завданні, помилкою та ін.).

Наприклад, причиною дорожньо-транспортної пригоди може бути відмова рульового керування, яка відбулася через облом (поломку) сошки або рульової тяги. Причинами дефектів цих деталей можуть бути:

- недосконалість конструкторських рішень (вибору форми і розмірних параметрів);
- неправильний вибір матеріалу;
- порушення встановленої технології виготовлення, наслідком чого може бути або невідповідність властивостей матеріалу, або порушення цілісності (наприклад, мікротріщина).

Через різні обставини ці дефекти можуть бути не виявлені в процесі виробництва і в подальшому відіграти негативну роль у функціонуванні трактора. При їх розгляді слід виходити з урахування головного – утворилися ці дефекти в процесі виробництва (виготовлення або ремонту) чи до виробництва.

Причинами дефектів проектування трактора також можуть бути такі:

- невдалий вибір форми деталей, наприклад, з концентраторами напруження і різкою зміною перетинів;
- невдалий вибір матеріалів і їх поєднань;
- недооцінка навантажень і діючих сил;
- неврахування можливих змін навантажень і діючих сил в процесі експлуатації трактора і т. д.

Виробнича відмова – це відмова, яка виникає внаслідок наявності дефекту, пов'язаного з недосконалістю або порушенням встановленого процесу виготовлення або ремонту, що виконується на ремонтному підприємстві.

Дефекти не завжди можуть бути причинами відмов, але наявність дефекту (нехай навіть невиявленого) завжди свідчить про несправність об'єкта.

Причинами дефектів виготовлення трактора можуть бути, наприклад, невдалі допуски, використання бракованих деталей, порушення технології виробництва, неповнота контролю.

Експлуатаційні відмови – це відмови, зумовлені порушеннями правил експлуатації та зовнішніми впливами, що невластиві нормальній експлуатації.

Збій – відмова, яка усувається сама (наприклад, при утворенні парових пробок у паливопроводі).

За ознакою «ступінь впливу на роботоздатність» відмови та несправності розподіляються на три групи:

- що впливають на рухомість трактора (відсутність подачі пального, відсутність тиску в системі змащування тощо);
- що знижують експлуатаційні якості (час підготовки до руху, середня швидкість руху, вантажопідйомність, прохідність, витрата ПММ і т. п.);
- що не впливають на роботоздатність трактора (незначні підтікання змащувального матеріалу через ущільнення, відшарування лакофарбових покриттів, тріщини елементів облицювання тощо).

Відмова трактора, пов'язана з його технічним станом, фіксується у таких випадках:

- запізнення при виході на лінію;
- припинення вже початого транспортного процесу (лінійна відмова);
- передчасне повернення з лінії (неповне виконання завдання);
- примусове обґрунтоване недопущення трактора до роботи або її припинення на лінії контрольними органами, транспортною інспекцією, дорожнім патрулем або екологічними органами.

Решту відхилень технічного стану трактора від норми класифікують як несправності.

Частота появи відмов відображає властивість безвідмовності об'єкта. Усунення відмов пов'язане з виключенням трактора з експлуатації на деякий період часу (простоем), трудовими і матеріальними затратами. Час простою і

затрати залежать від властивості та ремонтпридатності технічної системи. Час роботи деталі до появи відмови називається її ресурсом і характеризує її довговічність. Для такого складного об'єкта, як трактор, відмова елемента (деталі, складальної одиниці, агрегату) не визначає, як правило, довговічності трактора в цілому. Однак, збільшення кількості відмов призводить до необхідності вилучення цього трактора з експлуатації, що зменшує загальний час використання трактора.

Функціональна відмова – подія, яка призводить виріб у нероботоздатний стан. Функціональна відмова переважно пов'язана з руйнуваннями і неприпустимими деформаціями конструкції, з обривами, розгерметизацією і т. п.

Параметрична відмова – подія, яка призводить до неприпустимих змін параметрів або характеристик виробу. Параметричну відмову не обмежує можливість подальшого функціонування виробу, проте він стає нероботоздатним з погляду технічних вимог до нього.

Раптова відмова – відмова, яка характеризується стрибкоподібною зміною значень одного або кількох заданих параметрів об'єкта. Раптові відмови виникають внаслідок цілком визначених причин (утомне руйнування деталей, поломка деталей через внутрішні дефекти або через перенавантаження, пробиття прокладки головки циліндрів у результаті її жолоблення через місцеві значні перегріву і т. д.). Однак, установити їх завчасно, як правило, не вдається, і тому пов'язані з цими причинами відмови з точки зору експлуатації виникають раптово, неочікувано. Характерні приклади раптових відмов – аварійні: поломки деталей, пробивання прокладки головки циліндрів, зіскакування ланцюгів і т. п.

Поступова відмова – відмова, що характеризується поступовою зміною значень одного або кількох заданих параметрів об'єкта.

Поступова відмова виникає в результаті поступової зміни властивостей об'єкта. Головна причина поступової відмови – природне старіння і спрацювання (збільшення зазорів, ослаблення посадок). До характерних прикладів відмов двигунів відносять граничну спрацьованість деталей, підвищена витрата оливи, низький тиск у змащувальній системі, зниження потужності і т. п. Під час технічних обслуговувань та ремонтів вживають заходів, що попереджують або збільшують напрацювання до виникнення поступової відмови шляхом регулювання, заміни деталей, які швидко спрацьовуються і т. п. Наприклад, при дотриманні рекомендованого тиску в шинах, своєчасного балансування коліс та регулювання їх установки можна значно збільшити напрацювання до відмови шини.

Перемінна відмова – відмова об'єкта одного й того самого характеру, що багатократно виникає та самоусувається. Тобто відмова у цьому разі багатократно виникає і сама усувається. Приклад такої відмови – забивання та самоочищення робочих органів комбайнів і сільськогосподарських машин. За взаємозв'язком відмови поділяють на незалежні та залежні.

Незалежна відмова – відмова об'єкта трактора, не зумовлена відмовою іншого об'єкта.

Залежна відмова – відмова об'єкта, зумовлена відмовою іншого об'єкта.

Наприклад, поломка зуба шестірні оливного насоса двигуна відноситься до незалежних відмов. Але відмова насоса може призвести до задирання або виплавлення підшипників колінчастого вала, а їх відмова відноситься до залежних.

За складністю відмови поділяють на три групи.

Відмови першої групи складності усувають заміною або ремонтом деталей, розташованих зовні агрегатів чи складальних одиниць, або шляхом позачергового проведення операцій щозмінного та періодичних технічних обслуговувань (ТО-1 і ТО-2). Як правило, ці відмови усувають механізатори в польових умовах.

Відмови другої групи складності усувають заміною або ремонтом легкодоступних складальних одиниць та агрегатів, з розкриттям внутрішніх порожнин основних агрегатів або проведенням операцій позачергового ТО-3. Ці відмови можна усунути в польових умовах, але з участю персоналу пересувних ремонтних майстерень.

Відмови третьої групи складності усувають, розбираючи основні агрегати (двигун, ведучі мости, коробки передач) в стаціонарних майстернях.

Наприклад, злам по зварному шву важеля вмикання переднього моста трактора Т-150К – відмова першої групи складності; тріщини трубок оливного радіатора гідросистеми – відмова другої групи; гранична спрацьованість підшипника вала ходозменшувача – відмова третьої групи складності.

2.6. Дефекти ремонтного виробництва

При ремонті трактора забезпечується підвищення (збереження) рівня його проектної надійності, близького до номінального значення. Показники ремонтпридатності та збереженості проявляються тільки в процесі ремонту трактора і залежать від технологічності конструкції трактора та його вузлів, технологічних способів і процесів ремонту та складання, системи організації складання і методів випробування відремонтованої продукції, а також від інших показників якості технологічного процесу ремонту.

Дефекти ремонтного виробництва деталей і вузлів аналогічні описаним для заводського виробництва. Але у більшості випадків якість виготовлення деталей ремонтними підприємствами нижче, тому загальними рекомендаціями поточного і капітального ремонту є використання оригінальних технологій заводського виробництва.

Класифікація дефектів ремонтного виробництва наведена на рис. 2.9.



Рис. 2.9. Схема класифікації дефектів ремонтного виробництва

У процесі технічного обслуговування (і поточного) виконують регулювання багатьох механізмів, регулювання осьового натягу підшипників кочення в опорах, зазорів у зубчастих конічних передачах, величини моменту залишкового зтягнення гвинтів (болтів), кріплення кришок, фланців, корпусів підшипників розподільного вала та інших сполучень.

Нерівномірність зтягнення, особливо за наявності порушень геометрії та форми з'єднаних деталей, призводить до перекосів. Забоїни гвинтів і різьб призводять до випинання посадочних поверхонь під підшипники, плунжерні пари та інших деталей.

Проведення регульовальних робіт, часткове розбирання під час діагностування та поточного ремонту часто є причиною появи несправностей, порушення початкових структурних і діагностичних параметрів.

Розбирання компонентів. Розбирання всіх компонентів слід виконувати так, щоб під час монтажу кожна деталь могла бути встановлена на своє попереднє місце і правильним чином. Необхідно запам'ятовувати характерні зовнішні особливості складеного вузла, й у разі необхідності, виконувати посадочне маркування деталей, установка яких на місце може бути виконана неоднозначним чином. Хорошим способом є розміщення знятих деталей на чистій робочій поверхні у тому порядку, в якому виконувалось їх зняття. Корисним виявиться також складання простіших схематичних замальовок або покрокове фотографування компонента, який розбирають.

При розбиранні кріплення бажано виконувати маркування його початкового положення на складанні. Часто установка кріплення і шайб на старе місце зразу після зняття відповідної деталі дає можливість уникнути плутанини при складанні. Якщо така можливість відсутня, все кріплення слід складати у спеціально підготовлений для цього розбитий на секції та відповідним чином промаркований ящик або просто по окремим промаркованим коробочкам. Такий підхід виявляється особливо корисним при роботі з компонентами, що складаються з багатьох дрібних деталей таких, як генератор, клапанний механізм, панель приладів або декоративні елементи кабіни. При від'єднанні електричних контактів і рознімачів слід приділяти увагу маркуванню дротів або джгутів за допомогою скотча з нанесеним на нього цифровим чи буквеним кодом.

Зтягування з надмірним зусиллям може призвести до порушення цілісності кріплення, тоді як його недотягування призводить до ненадійності зчленування сполучуваних компонентів. Болти, гвинти і шпильки в залежності від матеріалу, з якого вони виготовлені, та діаметру різьбової частини звичайно мають цілком визначені допустимі зусилля зтягування. Необхідно суворо дотримуватися наведених рекомендацій щодо зусиль зтягування застосовуваного на тракторі кріплення. Щоб запобігти деформації деталі, слід відпускати та зтягувати у суворо визначеному порядку, який приписаний технічною документацією.

До дефектів випробування належать результати порушення правил випробувань, наприклад, неприпустимо швидка спрацьованість поверхонь тертя деталей двигуна (при гарячому випробуванні), який пройшов ремонт без про-

ведення його холодного обкатування; підвищена спрацьованість, задирки робочих поверхонь деталей, розбухання деталей з гуми, а також несправності агрегатів і систем, випробування яких проводилося з використанням неприпустимих робочих рідин.

Відсутність конструктивних і виробничих дефектів обумовлює задану надійність автотракторної техніки. У роботі із забезпечення надійності машин важливе місце займає виявлення дефектів з урахуванням їх поділу на явні та приховані.

До дефектів комплектуючих належать виробничі і конструктивні дефекти нових запасних частин і складальних одиниць, які підлягають установці на машину при складанні. Ці дефекти повинні виявлятися в процесі вхідного контролю технічного стану нових складових частин; до таких дефектів належать також експлуатаційні несправності деталей (наявність яких неприпустима за технічними умовами на ремонт), за яких-небудь причин визнаних придатними до подальшого використання без відновлення і встановлених у відремонтований об'єкт.

Пошкодження матеріалу виробу – це відхилення його контрольованих властивостей від їх початкових значень, яке виникло внаслідок процесів старіння, відхилень від оптимальних методів отримання заготовок і технологічних процесів виготовлення. Виріб з технологічним дефектом є відразу непридатним для використання за призначенням. В протилежність цьому пошкодження виявляється лише в процесі експлуатації і може через деякий період часу привести до відмови. Процес старіння може зачіпати весь об'єм матеріалу деталі але виявлятися лише в поверхневих шарах або при контакті двох сполучених поверхонь. Руйнування матеріалу деталі призводить, як правило, до неприпустимих відмов, оскільки воно носить лавиноподібний характер і протікає з великою швидкістю.

До дефектів відновлення належать:

- результати порушення технологічних процесів розбирання і складання;
- порушення положення притертих поверхонь;
- результати порушення технології відновлення деталей, наприклад, несуцільність матеріалу зварного шва;
- невідповідність наплавленого металу;
- недотримання температурного режиму пластичної деформації;
- неміцність з'єднання з поверхнею деталі шару напиленого металу і т. д.

При розробці заходів щодо збереження надійності тракторів слід враховувати всі згадані чинники. Їх спрямована зміна і використання зумовлюють сприятливі умови роботи тракторів, що знижує швидкість зміни параметрів їх стану і збільшує період збереження високої надійності. Однак, не всі чинники можна змінювати й використовувати. У першу чергу це стосується характеру та обсягу робіт, які виконує трактор.

2.7. Процеси зміни технічного стану тракторів в експлуатації

2.7.1. Стадії розвитку відмов

Складність будови трактора, множина його властивостей і конструкцій, різноманітні залежності від виду і умов експлуатації практично не дають можливості оцінити трактор одним загальним показником, який однозначно виражав би його якість. Тому якість трактора визначається комплексом його найбільш значних експлуатаційних якостей (рис. 1.1, 1.2).

Характерні стадії розвитку несправностей і відмов, представлені на рис. 2.10, мають свій комплекс діагностичних параметрів. Несправності діагностують за параметрами, які характеризують причини, тривалість і ступінь їх дії. Їх виявляють за параметрами, які характеризують ступінь їх розвитку. Розвиток несправності, яка спричиняє вторинні пошкодження, додатково виявляють за діагностичними параметрами цих пошкоджень.

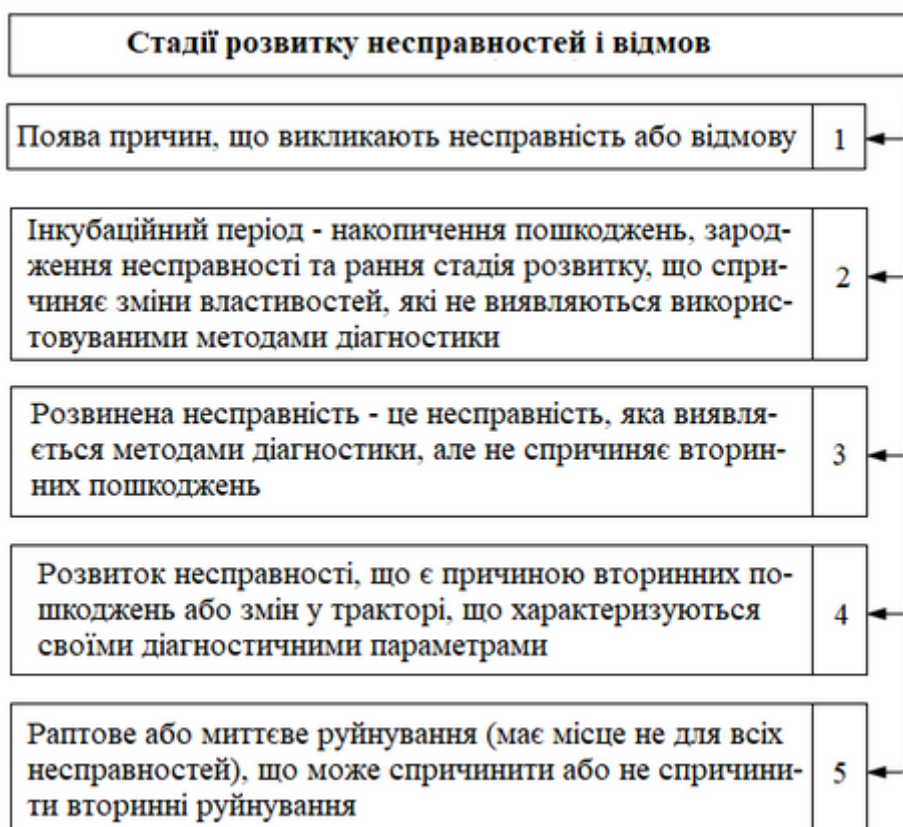


Рис. 2.10. Стадії розвитку несправностей і відмов

Для умов експлуатації важливим є поняття роботоздатного технічного стану об'єкта. Об'єкт роботоздатний, якщо він може виконувати всі задані йому функції зі збереженням значень заданих параметрів (ознак) в необхідних межах. Переконаватися в роботоздатності об'єкта необхідно, наприклад, при його профілактиці, після транспортування і зберігання.

Відмовостійкість – властивість об'єкта зберігати роботоздатність за наявності відмов його складових частин. Відмовостійкість закладається при про-

ектуванні об'єкта з метою недопущення критичних відмов і забезпечення безпеки.

2.7.2. Види і форми зміни технічного стану трактора

Сучасний трактор складається з кількох десятків тисяч деталей, з яких третя частина втрачає під час роботи свої початкові властивості, причому приблизно 3-4 тисячі деталей мають термін служби менший, ніж сам трактор. В конструкції трактора використовуються різноманітні матеріали: метали з різними властивостями, пластмаси, гума. Сотні деталей є «критичними» щодо надійності – вони частіше за інші вимагають заміни, найчастіше призводять до простоїв тракторів, до ресурсних затрат під час експлуатації. З усієї кількості багато деталей впливають на безпеку руху.

Умови формування експлуатаційної надійності тракторів описані залежністю (2.1), а основні впливи на зміну технічного стану тракторів в експлуатації показані на рис. 2.5, 2.6.

Технічний стан трактора (агрегату, механізму, з'єднання) визначається сукупністю властивостей його елементів, що змінюються і характеризуються поточним значенням конструктивних параметрів. Звичайно поточні значення конструктивних параметрів пов'язують з напрацюванням.

Напрацювання – тривалість роботи трактора, яка вимірюється одиницями наробітку (кілометри), часом (години), кількістю циклів. Розрізняють напрацювання з початку експлуатації трактора, напрацювання до певного стану (наприклад, граничного), напрацювання інтервальне та ін. На трактор, як правило, напрацювання виражається в наробітку, рідше в мотогодинах, у разі транспортних робіт – у кілометрах пробігу.

Основні причини зміни конструктивних параметрів і технічного стану:

- навантаження елементів;
- взаємне переміщення елементів;
- вплив теплової й електричної енергії;
- вплив хімічно активних компонентів;
- вплив зовнішнього середовища (волога, вітер, температура, сонячна радіація тощо).

Причинами підвищеної інтенсивності зміни технічного стану трактора є: якість виробництва тракторів, умови експлуатації та технічного обслуговування, помилки оператора.

Наслідки і форми зміни конструктивних параметрів у часі: спрацьованість; корозія; утомні руйнування; пластичні деформації; температурні руйнування та зміни; старіння тощо.

Спрацьованість. Процес спрацьовання виникає під впливом тертя, що залежить від матеріалу та якості обробки поверхонь, змащування, навантаження, швидкості відносного переміщення поверхонь і теплового режиму роботи сполучення. Спрацьовання – це процес руйнування і відділення матеріалу з поверхні деталі та (або) накопичення її залишкової деформації при терті, що про-

являється у поступовій зміні розмірів і форми деталей. Результат спрацювання, що визначається в установлених одиницях, називається спрацьованістю, яка може бути лінійною, об'ємною, масовою. Інтенсивність спрацювання – це відносні величини спрацьованості (відношення спрацьованості до шляху тертя або до показнику, який пов'язаний з роботою виробу, наприклад, кілометру пробігу або часу роботи трактора, кількості циклів тощо).

Звичайно у практиці технічної експлуатації трактора виділяють абразивну, утомну, корозійно-ерозійну, окислювальну, електроерозійну спрацьованість, а також спрацьованість у разі заїдання, фретингу та фретинг-корозії. Спрацьованість у разі фретингу, абразивна, ерозійна й утомна належать до механічного виду спрацьованості, а окислювальна та у разі фретинг-корозії – до корозійно-механічної.

Абразивна спрацьованість – це наслідок ріжучої або дряпаючої дії поверхонь тертя та твердих часток, що знаходяться між поверхнями. Такі частки, потрапляючи із зовні у вигляді пилу і піску між деталями, що труться, (наприклад, гальмівними накладками колодок і дисками чи барабанами) або у мастильні матеріали відкритих вузлів тертя (шворневе з'єднання, ресорні шарніри), різко збільшують їх спрацьованість. У низці механізмів, наприклад, кривошипно-шатунному, як абразивні частки виступають також самі продукти спрацювання, що відділилися від деталей, що труться.

Ерозійне спрацювання відбувається у результаті впливу на поверхню потоку рідини, газу або твердих часток. Такого спрацювання на тракторі зазнають, у першу чергу, робочі поверхні тарілок випускних клапанів двигуна і т. п.

Утомне спрацювання полягає в тому, що поверхневий шар матеріалу в результаті тертя й циклічного навантаження стає крихким і руйнується, оголюючи менш крихкий матеріал, що лежить під ним. У результаті утворюються тріщини та ямки (пітінг). Такий вид спрацьованості можна спостерігати на бігових доріжках підшипників, шестерень, на зубцях.

Спрацьованість у разі заїдання відбувається у результаті схоплювання, глибинного виривання матеріалу, перенесення його з однієї поверхні на іншу та впливу нерівностей, що виникли, на сполучену поверхню. Це призводить до утворення глибоких борозен, наростів, оплавлень, задирок, до заклинювання і руйнування механізмів. Така спрацьованість зумовлена наявністю місцевих контактів між поверхнями тертя, на яких унаслідок великих навантажень і швидкостей відбуваються розрив оливої плівки, сильне нагрівання і «зварювання» часток металу. При подальшому відносному переміщенні поверхонь відбувається розрив зв'язків. Типовий приклад – заклинювання колінчастого вала у разі недостатнього змащування.

Окислювальна спрацьованість відбувається у результаті поєднання механічного спрацювання й агресивного впливу середовища, під дією якого на поверхні тертя утворюються неміцні плівки окислів; при механічному терті вони знімаються, а поверхні, що оголюються, знову окислюються. Така спрацьованість спостерігається на деталях циліндропоршневої групи, гідропідсилювачів, гальмівної системи з гідроприводом та ін.

Спрацьованість під час фретингу – це механічне спрацювання стичних деталей під час зворотно-поступальних переміщень з малими амплітудами. Якщо при цьому агресивно впливає середовище, то відбувається спрацювання під час фретинг-корозії. Таке спрацювання може відбуватися в місцях контакту вкладиша шийок колінчастого вала і постелі у картері та кришці, в заклепочних, болтових, шліцьових і шпонкових з'єднаннях, ресорах.

Електроерозійна спрацьованість проявляється в ерозійному спрацюванні поверхні у результаті впливу розряду під час проходження електричного струму, наприклад, між електродами.

Пластичні деформації і руйнування. Такі пошкодження пов'язані з досягненням або перевищенням меж текучості або міцності відповідно у в'язких (сталь) або крихких (чавун) матеріалах. Звичайно, цей вид руйнувань є наслідком або помилок при розрахунках, або порушень правил експлуатації (перенавантаження, неправильне керування трактором, дорожньо-транспортні пригоди і т. п.). Іноді пластичним деформаціям або руйнуванням передують механічне спрацювання, яке призводить до зміни геометричних розмірів і скорочення запасів міцності деталі.

Утомні руйнування. Цей вид руйнувань виникає у разі циклічного прикладання навантажень, що перевищують межу витривалості металу деталі. При цьому відбуваються поступове накопичення й зростання утомних тріщин, які призводять при певній кількості циклів навантаження до утомного руйнування деталей. Удосконалення методів розрахунку й технології виготовлення тракторів (підвищення якості металу і точності виготовлення, виключення концентраторів напруги) привело до значного скорочення випадків утомного руйнування деталей. Як правило, воно спостерігається в екстремальних умовах експлуатації (тривалі перенавантаження, низькі або високі температури) в ресорах, півосях, рамах.

Корозія. Це явище відбувається внаслідок агресивного впливу середовища на деталі (заіржавлення), що призводить до окислення металу і, як наслідок, до зменшення міцності та погіршення зовнішнього вигляду. Основними активними агентами зовнішнього середовища, що викликають корозію, є сіль та інші хімічні речовини, якими обробляють дороги взимку, кислоти, що містяться у воді та ґрунті, а також компоненти, що входять до складу відпрацьованих газів тракторів, і їх хімічні сполуки. Корозія головним чином уражає деталі кузова, кабіни, рами. Корозія деталей кузова, розташованих внизу, супроводжується абразивним спрацюванням в результаті впливу на поверхню під час руху трактора абразивних часток піску, гравію. Сприяє корозії збереження вологи на металевих поверхнях, у тому числі під шаром дорожньої грязі, що особливо характерно для всякого роду скритих смуг і ніш.

Корозія сприяє утомному спрацюванню та руйнуванню, так як створює на поверхні металу концентратори напруги у вигляді корозійних виразок. Такий вид руйнувань можна спостерігати, наприклад, у місцях зварювання, кріплення кронштейнів ресор. У тракторах розрізняють місцеву корозію, яка уражає, в основному, кузовні панелі, і загальну, результатом якої є, крім того, руйнування несних конструкцій кузова або рами.

Старіння. Технічний стан деталей та експлуатаційних матеріалів змінюється під дією зовнішнього середовища. Так, гумотехнічні вироби втрачають міцність та еластичність в результаті окислення, термічного впливу (розігрівання або охолодження), хімічного впливу оливи, пального та рідин, а також сонячної радіації та вологості. В процесі експлуатації властивості мастильних матеріалів та експлуатаційних рідин погіршуються в результаті накопичення в них продуктів спрацьованості, зміни в'язкості та втрати властивостей присадок.

Деталі й матеріали змінюються не тільки при їх використанні, але й під час зберігання: знижуються міцність та еластичність, наприклад, гумотехнічних виробів, пального, мастильних матеріалів і рідин.

2.7.3. Залежність зміни технічного стану трактора від напрацювання

Роботоздатність елементів трактора визначається його технічним станом. Це сукупність змінюваних у процесі експлуатації властивостей об'єкта, які характеризуються у певний момент ознаками, що встановлені технічною документацією. Технічний стан трактора та його елементів визначається кількісними показниками конструктивних параметрів P_1, P_2, \dots, P_r та їх зміною з часом експлуатації.

Для попередження відмов і несправностей, а також для визначення їх джерел, пред'явлення рекламацийних претензій виробнику або продавцю виробу мало констатувати сам факт виникнення відмови або несправності. Необхідно знати причини, механізми їх виникнення та прояву, а також вплив різних відмов елементів на роботоздатність трактора в цілому, тобто на здатність виконати транспортну роботу. Іншими словами, необхідно знати закономірності зміни технічного стану.

Процеси в природі та техніці (в тому числі й під час технічної експлуатації) можуть бути двох видів: процеси, що характеризуються функціональними залежностями, і випадкові ймовірнісні, стохастичні процеси.

Для функціональних процесів характерний жорсткий зв'язок між функцією (залежною змінною величиною) і аргументом (незалежною змінною величиною), коли певному значенню аргументу (аргументів) відповідає певне значення функції. Наприклад, залежність пройденого шляху від швидкості та часу руху.

Випадкові процеси відбуваються під впливом багатьох змінних факторів, значення яких часто невідоме. Тому результати ймовірнісного процесу можуть мати різні кількісні значення (тобто спостерігається розсіювання або варіація) і називаються випадковими величинами.

Пари тертя є елементами складних механічних систем – тракторів, агрегатів, механізмів. Тому вплив характеристик спрацьованого сполучення на роботоздатність всього трактора і, відповідно, призначення гранично допустимої спрацьованості для кожної пари, є дуже важливим. Гранична спрацьованість

сполучення визначається на основі таких положень:

1. Спрацьованість сполучення може призвести до втрати роботоздатності самої кінематичної пари.
2. Спрацьованість сполучення лімітується впливом наслідків спрацьовання на роботоздатність інших систем і механізмів.
3. Спрацьованість сполучення впливає на зміну початкових параметрів машини.

Ці три умови є критеріями для вибору гранично допустимої спрацьованості сполучення.

Зниження і втрата роботоздатності вузлів, агрегатів і трактора в цілому може бути викликаним багатьма несправностями, змінами регулювальних розмірів і граничними величинами спрацьованості.

На практиці для визначення граничних величин спрацьованості багатьох деталей і вузлів трактора керуються такими критеріями: технічними, функціональними, техніко-економічними та технологічними.

Спрацьованість сполучених деталей двигуна трактора залежить від тривалості його роботи, тобто від напрацювання (км, мотогодини).

Оцінка якості та надійності трактора, який сходить з конвеєра заводу на сьогодні носить досить умовний характер і ґрунтується на припущенні про стабільність ходу серійного виробництва.

Під час експлуатації критерієм оцінки якості функціонування тракторів є стабільність систем і агрегатів, які обумовлюють здатність виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом терміну служби трактора. Від функціональної стабільності трактора, його здатності працювати тривалий час без відмов, частих зупинок на профілактичні огляди і на ремонт, від трудомісткості ремонту, а також від повсякденної готовності трактора до роботи залежать витрати часу і коштів на обслуговування і ремонт при експлуатації. Надійність – це властивість виробу виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом необхідного проміжку часу або напрацювання. Надійність характеризується терміном служби трактора.

Причини виникнення несправностей можуть бути такими:

- порушення технічних умов надійності при проектуванні та виготовленні (конструктивні та технологічні фактори);
- спрацьованість деталей трактора;
- складні (важкі) умови експлуатації;
- порушення правил експлуатації, технічного обслуговування та ремонту трактора.

Спрацьованість деталей трактора під час експлуатації немінуча. При цьому деталі змінюють не тільки розміри, а й форму. Спрацьованість зростає зі збільшенням терміну служби t деталі. У зростанні спрацьованості сполучених деталей відмічаються, як правило, три характерних періоди (рис. 2.11).

На рис. 2.11 показана схема залежності зміни параметрів технічного стану сполучених деталей від напрацювання трактора. На кривій залежності є три області різкої зміни процесу спрацьовання (від 0 до t_1 ; від t_1 до t_2 ; від t_2 до t_3). Це

пов'язано з тим, що в початковий період експлуатації трактора відбувається припрацювання деталей (А). У цей час велика кількість мікронерівностей поверхонь деталей мовби «відшліфовується». При цьому продукти спрацювання потрапляють у змащувальний матеріал. Саме тому в період припрацювання передбачені нормовані значення заміни оливи залежно від напрацювання агрегатів трактора.

Фактична площа контакту деталей, які труться, в початковий період мала, тому відбувається їх припрацювання. На період припрацювання деталей призначають режим обкатки трактора.

У зоні Б (рис. 2.11) спрацьованість наростає відносно рівномірно і є межею найбільшої допустимої спрацьованості деталей $t_{пр}$:

$$t_{пр} = t_0 + (i_{пр} - i_n) t g \alpha, \quad (2.2)$$

де t_0 – тривалість припрацювання деталей;

$i_{пр}$ – спрацьованість, що відповідає граничному стану деталей;

i_n – спрацьованість, що відповідає закінченню припрацювання деталей;

$t g \alpha$ – характеристика темпу (швидкості) спрацювання деталей.

На темп спрацювання у зоні Б впливають такі фактори:

- умови роботи – питомі опори, характер навантаження, відносні швидкості, температура та ін.; властивості матеріалів, їх співвідношення та змінність у роботі;
- умови сполучення, характер контакту та обробки матеріалу;
- вид і властивості продуктів спрацювання, своєчасність і якість технічного обслуговування;
- якість використовуваних масел і пального.

Аналізуючи графік спрацювання типових деталей (рис. 2.11) можна зробити такі висновки:

- період нормальної експлуатації (зона Б) тим більше, чим менше спрацьованість під час обкатки та менше інтенсивність спрацювання під час роботи сполучень після обкатки;
- знання закономірностей спрацювання деталей дає можливість визначити термін необхідного відновлення початкових параметрів;
- не можна допускати спрацьованість сполучених деталей зверх певної межі, за якою виникає відмова.

Для тракторів характерний відносно короткий початковий період ($0-t_1$)

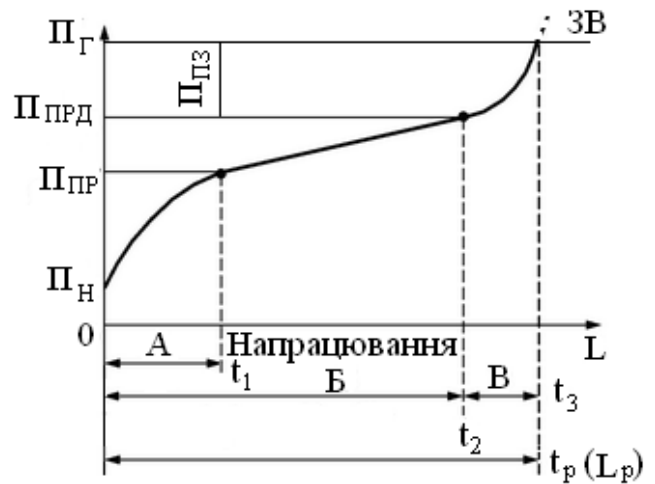


Рис. 2.11. Залежність зміни технічного стану від напрацювання трактора:

А – зона припрацювання; Б – зона нормальної роботи; В – зона прогресуючого спрацювання (аварійного); P_n – номінальний початковий параметр (зазор); $P_{пр}$ – параметр (зазор) в кінці припрацювання; $P_{прд}$ – гранично допустимий параметр; P_g – граничний стан; $P_{пз}$ – параметр передвідмовної зони; t_2 – початкова передвідмозна зона; ЗВ – зона відмови

експлуатації, протягом якого виникає значна кількість «ранніх» відмов, спричинених конструктивними і виробничими дефектами. Після «випалювання» цих дефектів інтенсивність відмов знижується і зберігається на приблизно постійному рівні протягом тривалого періоду (t_1-t_2) експлуатації трактора.

Спрацьованість на стадії Б (рис. 2.11) збільшується, але дуже повільно (кут α). Кут α залежить від проектної та експлуатаційної якості трактора. Причому спрацьованість сполучених деталей трактора може бути неоднаковою через використання різних матеріалів, різної якості проектування, виготовлення, технічного обслуговування та експлуатації. До кінця періоду (t_1-t_2) починають проявлятися відмови, спричинені спрацюванням деталей, накопиченням утомних пошкоджень, зростанням динамічних навантажень внаслідок збільшення зазорів у сполученнях, появи ударів, які призводять до підвищених вібрацій механізмів і вузлів трактора. Тому інтенсивність відмов починає зростати, що свідчить про наближення граничного стану агрегатів і вузлів трактора, при досягненні якого потрібне буде проведення ремонту або заміни складових частин, які вичерпали свій ресурс.

Якщо продовжувати експлуатацію виробу за межами його ресурсу t_p (рис. 2.11), а саме у разі напрацювання $t > t_p$ настає відмова, тобто подія, яка полягає у порушенні або втраті роботоздатності.

По мірі збільшення напрацювання (L, t) параметри технічного стану виробу змінюються від номінальних P_n , властивих новому виробу, до граничних P_g , у разі чого подальша експлуатація виробу з точки зору технічних, конструктивних, економічних, екологічних або інших причин недоцільна або недопустима.

Отже, з усієї сукупності параметрів технічного стану (конструктивних Y і діагностичних S) особливе значення для експлуатації мають такі чотири:

- $Y_0 = Y_n, S_0 = S_n$ – номінальне або початкове значення, яке визначається проектно-конструкторською документацією та якістю виготовлення виробу;
- Y_n, S_n – граничне значення, перевищення якого призводить до відмови виробу і тому недопустиме;
- Y_{nd}, S_{nd} – гранично допустиме значення, яке передуює граничному і сигналізує користувачеві про необхідність вживання заходів щодо відновлення технічного стану;
- Y_i, S_i – поточне значення параметра, величина якого, визначена в експлуатації, свідчить про фактичний технічний стан виробу.

Перелік несправностей та умов, у разі яких заборонена експлуатація трактора, встановлюється інструкцією з експлуатації та стандартами.

Зв'язок між граничною зміною і відмовою має ймовірнісний характер. Проте з метою спрощення приймають, що втрата роботоздатності елементів трактора (рис. 2.12, а) – це момент перетину кривої параметра стану елемента лінії P_g , яка відповідає граничній величині параметра, встановленою нормативно-технічною документацією.

Реальні деградаційні процеси не бувають плавними, особливо в тракторах проектного рівня В (рис. 1.4). Це відбувається через низьку якість виготовлення, нестабільність робочих процесів та умов експлуатації, проведення ТО і

регулювальних робіт, появи несправностей. При низькій якості проектування і виготовлення зона нормальної роботи Б (рис. 2.11) стає короткою, а інтенсивність спрацювання (кут α) великою (рис. 2.11, 2.13).

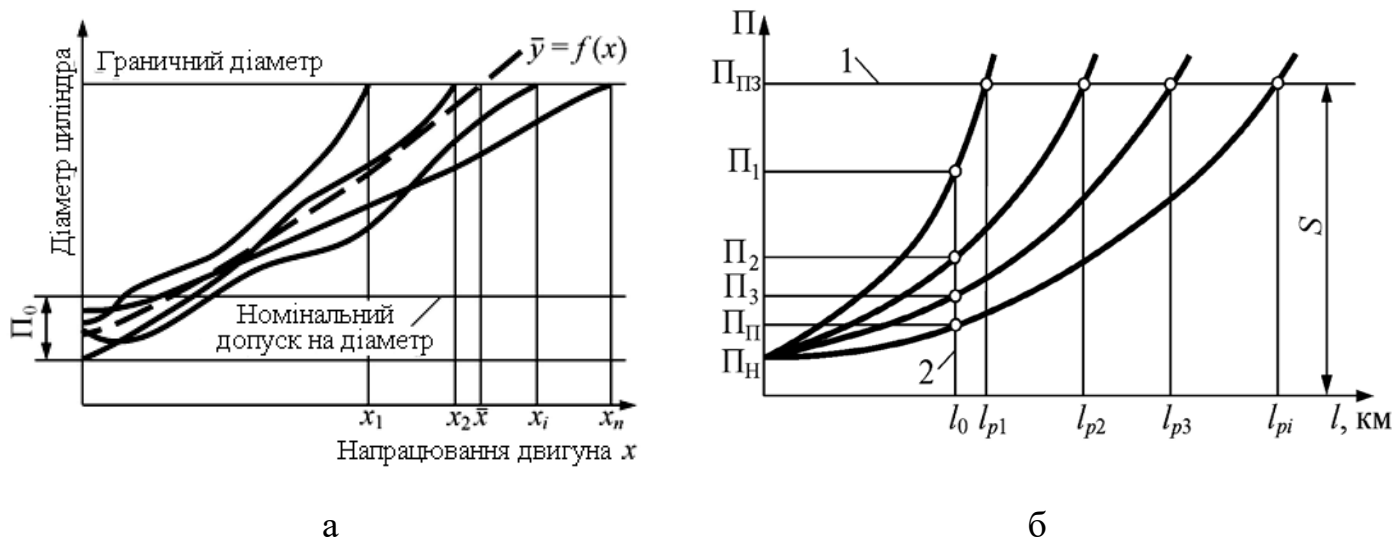


Рис. 2.12. Можливі зміни діаметру циліндрів двигуна (а) і варіації ресурсу (б) різних елементів двигуна при експлуатації:

1 – зріз випадкового процесу за діагностичним параметром Π граничного зазору S ; 2 – перетин випадкового процесу за пробігом l ; l_0 – момент контролю ТО; Π_n – номінальний параметр; Π_{II} – параметр після припрацювання; Π_{n3} – граничне значення діагностичного параметра (у разі перевищення зазору)

Залежність зміни спрацьованості від напрацювання й інтенсивність спрацювання можна представити схемою, що наведена на рис. 2.13.

Величина спрацьованості деталі збільшується протягом усього періоду напрацювання (пробігу) трактора, але інтенсивність спрацювання (v_{II} , мотогодини) різна на різних етапах роботи (рис. 2.13).

На рис. 2.13 прийняті такі позначення: v_{II} – інтенсивність спрацювання, мм/1000 км; I – спрацьованість, мм; $v_{II}(L)$ – залежність інтенсивності спрацювання деталі від напрацювання; $I(L)$ – залежність спрацьованості деталі від напрацювання; $I_{гр}$ – величина граничної спрацьованості деталі; α – кут, що характеризує зміну величини інтенсивності спрацювання деталі;

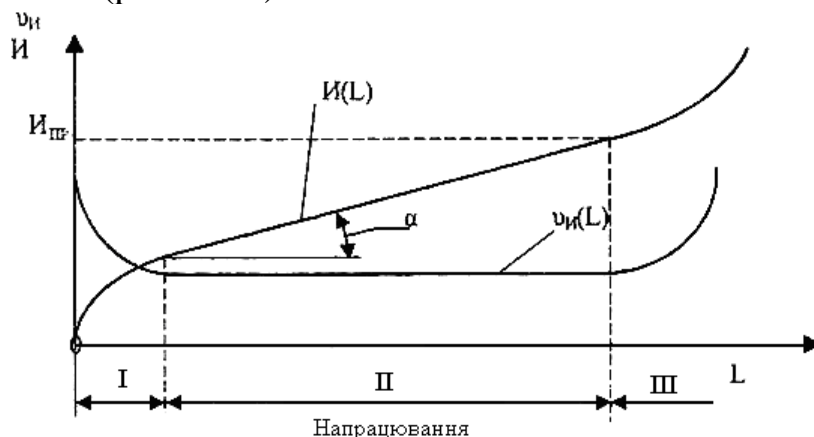


Рис. 2.13. Залежність спрацьованості та інтенсивності спрацювання деталі від напрацювання трактора

I – період припрацювання деталі; II – період спрацювання деталі, що встановилося, (період гарантійної експлуатації); III – період поступового збільшення спрацьованості деталі (аварійний період після гарантійної експлуатації)

ції).

Вимушені простої вітчизняних тракторів у зв'язку з технічними несправностями складають до 62% від загального часу використання.



Рис. 2.14. Схема основних елементів деградаційної кривої:

1 – стабільна якість; 2 – стабільна деградація; 3 – збій і регулювання; 4, 5 – відновлення під час технічного обслуговування або профілактики; 6 – поступова відмова; 7 – раптова відмова; $K(t)$ – узагальнюючий показник якості технічної системи; $K_{ГР}$ – гранично допустиме зниження кількісного або якісного показника

Економічна оцінка експлуатаційних властивостей тракторів і якість їх експлуатації визначається коефіцієнтом вартості експлуатації, як відношення вартості експлуатації трактора протягом року C_E до вартості виробництва C_B

$$K_E = \frac{C_E}{C_B}.$$

Вартість експлуатації C_B включає в себе витрати часу на збої та регулювання, профілактичне обслуговування, ремонт, витрати, пов'язані з простоями трактора, на витратні матеріали і запасні частини, різні накладні витрати та ін.

Економічна оцінка експлуатаційних властивостей трактора дуже важлива при обґрунтуванні вимог до його експлуатаційної надійності. Відомо, що для створення більш надійного трактора необхідні додаткові витрати на його виробництво. Сюди входять витрати на утримання служб і лабораторій надійності, де розробляють більш надійні деталі, системи контролю роботоздатності та прогнозування відмов, виконують спеціальні випробування. Але при цьому необхідно враховувати, що збільшення початкової вартості приводить, як правило, до зниження вартості експлуатації C_E , внаслідок того, що більш надійний трактор потребує менших експлуатаційних витрат. Тому при обґрунтуванні вимог до надійності та оптимізації за економічним критерієм необхідно виходити із сумарної вартості економічних витрат, що визначається формулою

$$C = C_B + C_E.$$

Із зростанням надійності трактора вартість виготовлення збільшується, а вартість експлуатаційних витрат зменшується. Мінімальне значення C відповідає оптимальному значенню надійності трактора за економічним критерієм.

Контрольні запитання

1. Наведіть фактори, які визначають якість створюваних тракторів і надійність їх в експлуатації.
2. Перелічіть можливі конструктивні і виробничі дефекти тракторів.
3. На якій стадії проектування чи виробництва в більшій мірі закладається надійність трактора?
4. Наведіть технологічні чинники, які знижують якість трактора.
5. Наведіть конструктивні та проєктні чинники, які знижують якість трактора.
6. Які дефекти можуть утворитися на стадії складання деталей агрегатів і трактора?
7. Наведіть можливі дефекти з'єднань деталей з натягом.
8. У чому полягають порушення правил складання трактора?
9. За якими параметрами визначають дефекти і несправності пневматичних і гідравлічних систем трактора?
10. Наведіть ознаки появи несправностей механізмів трактора в експлуатації.
11. Які чинники впливають на інтенсивність експлуатаційних несправностей трактора?
12. Наведіть чинники впливу навколишнього середовища на технічний стан трактора.
13. Визначте експлуатаційні наслідки появи несправностей трактора.
14. Які умови водіння трактора та робочі процеси впливають на технічний стан трактора?
15. Перелічіть основні джерела енергетичного впливу на трактор при експлуатації та як вони впливають на його технічний стан.
16. За якими трьома походженнями або причинами поділяють появу відмови трактора?
17. Назвіть стадії розвитку відмови.
18. Наведіть класифікацію відмов.
19. Наведіть види конструкторських відмов.
20. Наведіть види виробничих відмов.
21. Що є експлуатаційними відмовами?
22. Поясніть поняття «відмова», «раптова відмова», «поступова відмова», «перемінна відмова».
23. Наведіть дефекти ремонтного виробництва.
24. Визначте дефекти відновлення.
25. Наведіть види і форми зміни технічного стану трактора.
26. Наведіть типову залежність зміни технічного стану трактора від напруження.
27. Наведіть схему основних елементів де градаційної кривої трактора.

3. СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ МЕХАТРОННИХ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТРАКТОРА

3.1. Призначення і види діагностики механічних систем

Сучасні трактори разом з їх системами керування режимами роботи є найскладнішими об'єктами сільськогосподарських машин. Вони мають складні механічні системи, поєднані з мехатронними пристроями і мехатронні системи керування приводом (рис. 3.1), вузли тертя, кочення та ковзання, зубчасті, ремінні й інші передачі, гідро-, газо-, аеродинамічні системи наддуву.

Діагностика та технічне обслуговування тракторів – це система організаційних, технічних, технологічних та інших заходів, що виконують під час технічного обслуговування та використання машинно-тракторного парку.

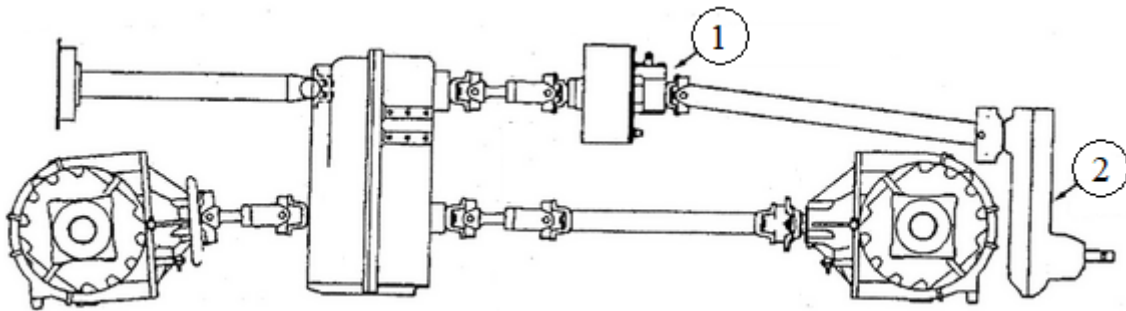


Рис. 3.1. Привід трактора 9R John Deere з валом відбору потужності (ВВП) на 1000 хв^{-1} :
1 – муфта ВВП; 2 - ВВП

Структура системи технічного діагностування (ТД) тракторів приведена на рис. 3.2.

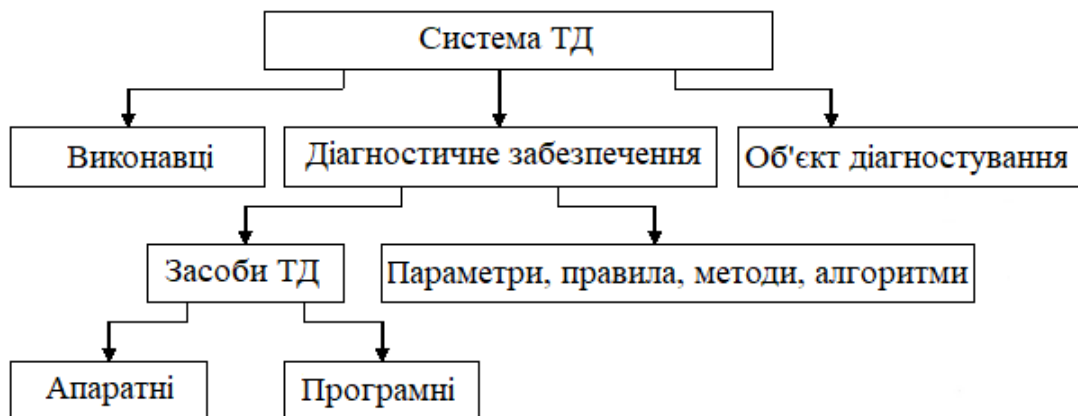


Рис. 3.2. Структура системи технічного діагностування

Технічний стан у першу чергу оцінюється рівнем безпеки руху, впливу на довкілля, паливної економичності, тягово-економічних характеристик і ресурсу.

Діагностування трактора в цілому проводять для визначення рівня показників його експлуатаційних властивостей: потужності, паливної економичнос-

ті, безпеки руху та впливу на довкілля. Виявивши зниження цих показників порівняно з установленими нормами, і проводять діагностування.

Обов'язковою умовою керування станом тракторів в експлуатації є знання динаміки параметрів стану та прогнозування їх зміни. Теорія прогнозування технічного стану тракторів дає можливість враховувати причинний зв'язок елементів у часі, синтезувати відхилення параметрів стану та несправності кількох елементів, розповсюджуючи результати на трактор в цілому.

Процес ефективного керування технічним станом трактора ґрунтується на безперервній, повній та достовірній інформації про внутрішні зміни його стану та навколишньої обстановки – польових і транспортних умов. Достатня якість і достовірність інформації забезпечується її надходженням від бортових телематичних електронних контролюючих систем водію, відповідним органам керування та технічним службам. Це дає можливість приймати обґрунтоване рішення.

Під час прийняття рішень щодо обслуговування та ремонту тракторів використовують два види інформації: ймовірнісну (статистичну) та індивідуальну (діагностичну). Ймовірнісна інформація характеризує стан сукупності (тракторів, агрегатів, деталей) і дає уявлення про середні значення показників. Індивідуальна інформація характеризує стан або показники роботи конкретного об'єкта при діагностуванні: трактора в цілому, агрегату, деталі.

Статистична та діагностична інформації доповнюють одна одну в процесі прийняття рішення.

Інформаційне забезпечення технічної експлуатації тракторів та умов їх експлуатації включає складовою нормативно-правові документи, які регламентують діяльність сільськогосподарських служб та інших пов'язаних з тракторним транспортом підприємств. Нормативна база – це система законів, інструкцій, нормативів на ТО і ПР та положень, які встановлюють порядок взаємодії, кількісні значення використовуваних ресурсів, показників параметрів стану тракторів і пов'язаних з ними процесів.

Для поглибленого діагностування необхідно використовувати діагностичні сигнали і параметри об'єктів, які дають можливість комплексно оцінювати стан структурних, функціональних і динамічних параметрів контрольованих об'єктів. Визначають номенклатуру контрольованих діагностичних параметрів, яка дає можливість отримати повну і достовірну інформацію про функціональні та структурні параметри, які визначають технічний стан складових частин трактора. Визначають кореляційний зв'язок контрольованих несправностей.

Технічне діагностування має значний вплив на інтенсивність використання тракторів, що враховується коефіцієнтом готовності. Попередження відмов, їх оперативне усунення різко знижують простой тракторів (рис. 2.14) з технічних причин, збільшують їх продуктивність і якість виконання сільськогосподарських операцій, що позитивно позначається на термінах виконання робіт, сприяє отриманню додаткового прибутку виробниками сільськогосподарської продукції (рис. 3.3). Тому діагностування практично застосовується в тому чи іншому обсязі при всіх видах ТО та ремонту техніки. Крім традицій-

них робіт (періодичні ТО, ПР і КР, зберігання машин) останнім часом діагностування застосовують у процесі передпродажного обслуговування, при сертифікації сервісних робіт, технічному огляді, оцінці вартості при придбанні та продажу старих тракторів і агрегатів (табл. 3.1).

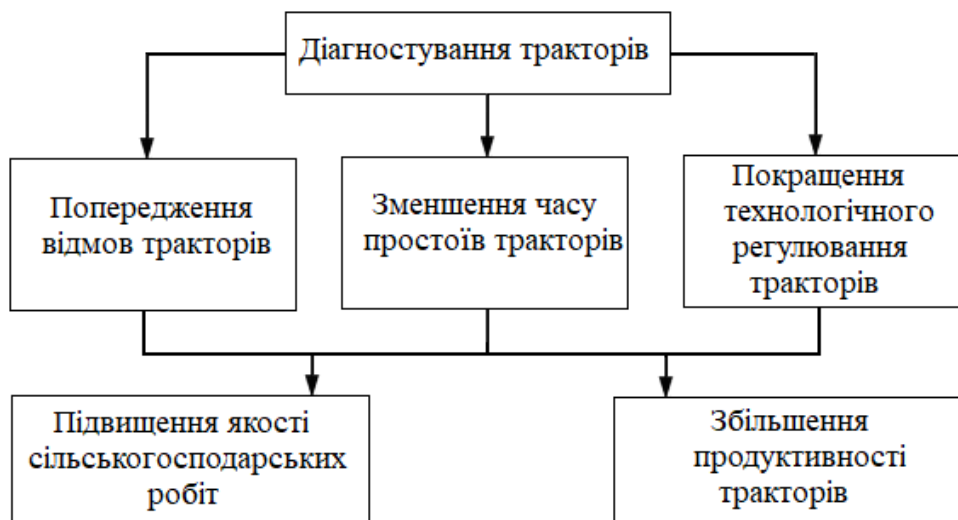


Рис. 3.3. Призначення діагностики

Таблиця 3.1

Види діагностування тракторів

Вид діагностування	Призначення	Основний зміст
Перед продажем	Контроль тракторів з метою визначення їх відповідності технічним вимогам	Перевірка відповідності параметрів стану тракторів технічним вимогам при продажу
При ТО	Визначення готовності тракторів до роботи протягом зміни, до чергового ТО при сезонних ТО	Контроль справності та роботоздатності механізмів і складових частин, які забезпечують безвідмовність за зміну роботи до чергового ТО та в наступному сезоні
Заявочне	Пошук розрегулювань, дефектів або контроль роботоздатності при надходженні заявки на несправність чи нероботоздатність трактора	Визначення виду, місця та причини дефекту, розрегулювань або контроль роботоздатності трактора
Ресурсне	Визначення залишкового ресурсу складових частин перед ремонтом	Перевірка технічного стану ресурсних агрегатів або ресурсних складових частин
Перед і під час ремонту	Визначення складових частин і агрегатів, які підлягають ремонту чи відновленню	Виявлення параметрів, значення яких перевищують допустимі, при даному ремонті
Після ремонту	Оцінка якості ремонту	Контроль справності та роботоздатності механізмів і складових частин на їх відповідність технічним вимогам на ремонт

Вид діагностування	Призначення	Основний зміст
При утилізації тракторів	Визначення складових частин, які придатні для подальшої експлуатації після ремонту чи відновлення	Контроль складових частин, які можуть бути використані після їх ремонту чи відновлення

3.2. Види діагностичних параметрів

Для оцінки технічного стану об'єкта діагностування необхідно визначити поточне значення структурного параметра і порівняти його значення з нормативним. У разі невідповідності нормі проводять діагностування – визначення місця і виду несправності.

Діагностичні параметри, які визначають технічний стан об'єкта, прийнято поділяти на прямі та непрямі. Прямі параметри безпосередньо характеризують технічний стан об'єкта. За непрямыми параметрами роблять висновок про стан об'єкта на підставі кореляційних зв'язків цих показників з показниками технічного стану.

Не тільки в механічних, а в більшості гідравлічних і газоаеродинамічних системах у якості міри порушення їх структури у більшості випадків виступає величина зазора між деталями, з'єднаними в кінематичну пару.

Структура механізму визначається приписаними йому функціями. Це розміри і форма деталей, зазори в кінематичних парах і низка інших елементів механізму, що забезпечують його нормальну роботу, стан механізму.

Ця група параметрів пов'язана зі способом організації об'єкта, тобто сюди відносяться фізичні, хімічні, електричні, геометричні властивості структурних блоків, характеристики динамічних ланок та інші відомості. Спосіб функціонування тісно пов'язаний зі структурою організації об'єкта (елемента, змінного блока і т. п.), під якою розуміють сукупність взаємопов'язаних і взаємодіючих структурних елементів, властивості та характер яких мають суттєве значення для роботоздатності об'єкта (змінного блока).

Властивості структури механізмів можуть бути охарактеризовані різними наборами параметрів, що обмежують ресурс і функціональні стани їх складових частин та визначають техніко-економічні показники і техніку безпеки трактора.

Структурна організація характеризується низкою кількісних параметрів, які й відносяться до класу структурних. Відображення структурної організації об'єкта через структурні параметри відображає його технічний стан, виявлення якого і є одним із завдань технічного діагностування і який змінюється під впливом зовнішніх умов, впливів управління об'єктом, природного спрацювання та якості виготовлення об'єкта (початкові умови стану).

Діагностичний параметр – параметр об'єкта, що використовується при

його діагностуванні (контролі) для визначення технічного стану. Такими параметрами можуть бути температура, зазор, шум, вібрація, ступінь герметичності, тиск, витрата пального, витрата оливи та ін. Більшість вимірюваних діагностичних параметрів непрямо характеризують структурні параметри елементів трактора (табл. 3.2, 3.3). Тому основним завданням технічної діагностики є вибір діагностичних параметрів, які б забезпечували максимальну інформацію про технічний стан об'єкта діагностування.

Таблиця 3.2

Структурні параметри та їх діагностичні параметри

Структурні параметри	Діагностичні параметри
Зазори у сполученнях циліндропоршневої групи	Кількість газів, що прориваються в картер; угар картерної оливи
Зазори в підшипниках колінчастого вала	Тиск в оливній магістралі
Густина електроліту	Ступінь розрядженості акумуляторної батареї

Таблиця 3.3

Характеристика діагностичних ознак і параметрів

Структурний параметр	Діагностична ознака
Ранній кут випередження подачі пального в циліндри	Жорстка робота двигуна, димний вихлоп (неповне згорання пального) при роботі під навантаженням
Спрацьованість фрикційних накладок муфти зчеплення	Нагрівання корпусу муфти при роботі під навантаженням
Відсутність зазору в зачепленні шестерень (при порушенні регулювання після ремонту)	Надмірне нагрівання корпусу

Більшість вимірюваних діагностичних параметрів непрямо характеризують структурні параметри елементів трактора.

У багатьох випадках діагностичні параметри більш правильно характеризують технічний стан об'єкта діагностування, ніж структурний параметр, наприклад, стан циліндропоршневої групи краще визначити за вібраційним параметром; кількість газів, що прориваються в картер, за угаром картерної оливи, за компресією, а не за зазорами у сполученнях та іншими структурними параметрами.

Структурний параметр – параметр, що безпосередньо характеризує роботоздатність або справність об'єкта діагностування (спрацьованість, розмір деталі).

Між структурними та відповідними їм діагностичними параметрами існує певний кількісний зв'язок, що ґрунтується на відомій закономірності. Усі структурні параметри стану можна розділити на ресурсні та функціональні (рис. 3.4).

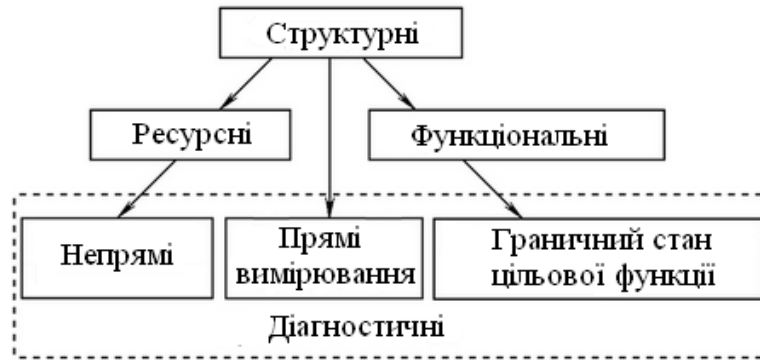


Рис. 3.4. Параметри стану трактора

За структурними (конструктивними, геометричними) параметрами визначають стан сполучених деталей і механізмів (спрацьованість, величина зазорів, люфтів, биття, вільний хід (наприклад, педалі), тепловий зазор в клапанних механізмах, розмір і форма деталі, натяг у сполученнях деталей та ін.).

На реальний процес зміни структурних параметрів впливає низка конструктивних, технологічних та експлуатаційних чинників, що їх визначають.

До ресурсних структурних параметрів стану об'єкта належать зазори у підшипникових вузлах, зубчастих передачах, клапанних механізмах; биття валів, прогин ресор, висота протектора шини, натяг у сполученнях, фізико-хімічні властивості матеріалів і т. п., що безпосередньо зумовлюють технічний стан механізму і трактора в цілому.

Ресурсний параметр – це параметр, зміна якого вище за граничне значення, зумовлює втрату роботоздатності складової частини (елемента) трактора через вичерпання ресурсу і який відновлюється шляхом ремонту або заміни елемента.

Як ресурсні параметри в основному виступають окремі структурні або їх сукупність, наприклад: зазори у сполученнях, вал-підшипник ковзання, у підшипнику кочення, підшипник кочення-корпус, спрацьованість підшипників, шестерень, шліців, валів та ін. (графіки 1, 2, рис. 3.5).

Параметри процесу функціонування об'єкта утворюють характеристики багатьох підпроцесів, що складають основний процес функціонування структурного блока (елемента), який дає можливість виконати йому своє функціональне призначення.

Функціональні параметри – це звичайно технічні та робочі характеристики трактора і його складових частин, які інтегрально відображають певну сукупність структурних параметрів. Якщо систему трактора характеризує сукупність елементів, то функціональні параметри як раз і визначають ці зв'язки.

Зміна функціонального параметра вище за граничне значення зумовлює втрату роботоздатності або несправність складових частин у результаті зміни показників технічної характеристики об'єкта, що відновлюються при технічному обслуговуванні. Функціональні параметри характеризують зв'язки між елементами систем трактора: зниження ефективної потужності двигуна або частоти обертання вала, продуктивності оливного насоса, тиску відкриття перепускного та запобіжного клапанів, напруги на клеммах акумуляторної батареї (див. рис. 3.5, графік 3), тепловий зазор у клапанному механізмі, зазор в олив-

ному насосі, у сполученні «гільза-поршень».

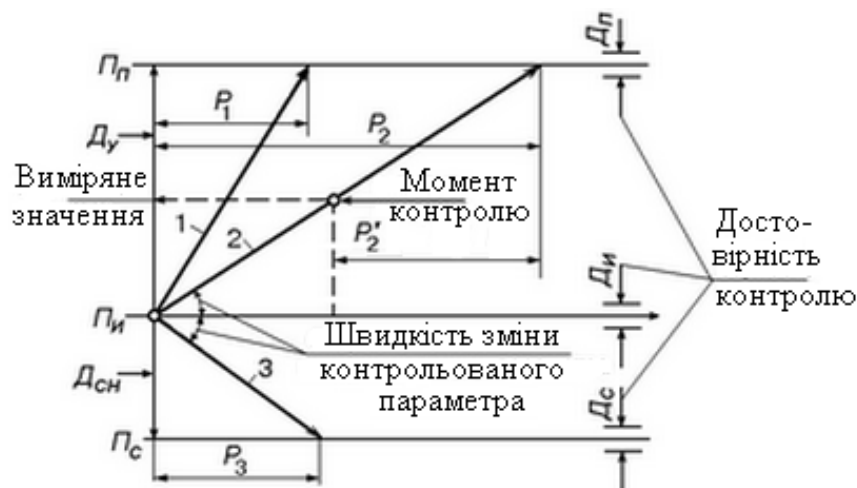


Рис. 3.5. Схематична ілюстрація параметрів технічного стану трактора:

1, 2, 3 – лінійні тренди діагностичного параметра; P_1, P_2, P_3 – ресурси окремих елементів; P_p – граничне збільшення діагностичного параметра; P_c – граничне зниження діагностичного параметра; D_y – допустиме збільшення; $D_{сн}$ – допустиме зниження; $P_{п}$ – початкове значення діагностичного параметра; P'_2 – залишковий ресурс; $D_{п}, D_{с}, D_{п}$ – достовірність визначення початкових ($D_{п}$), граничних ($D_{п}$) параметрів зниження ($D_{с}$)

Якісний технічний стан можна визначити сукупністю діагностичних параметрів. Розрізняють такі параметри: вихідні робочих процесів, супутніх процесів і структурні (геометричні). Фізична характеристика діагностичних ознак, діагностичних параметрів і сфера їх використання приведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Характеристика діагностичних ознак і параметрів

Діагностичні ознаки	Діагностичні параметри	Об'єкти діагностування
1. Зниження ефективності	Потужність, гальмівний шлях, сила тяги і швидкість. Інтенсивність розгону, зниження частоти обертання колінчастого вала при відключенні циліндрів	Двигун, гальмівна система, коробка передач, зчеплення, ведучий міст
2. Правильність геометричних сполучень	Лінійні та кутові зазори (люфти), вільний і робочий хід	Рульове керування, механізми приводів, підшипники коліс
3. Ступінь герметичності робочих об'ємів	Компресія, витрата газів, тиск пального в системі, тиск повітря, тиск охолоджувальної рідини	Двигун, шини, компресор пневмосистеми, паливна система, система охолодження
4. Порушення правильності циклічних процесів	Зміна сили струму і напруги в електричних колах, зміна амплітуди коливання підресорених мас, зміна установки запалювання і кута випередження впорскування пального	Система запалювання, система впорскування пального, генератор, стартер, підвіска двигуна і трактора

Діагностичні ознаки	Діагностичні параметри	Об'єкти діагностування
5. Відхилення від норми акустичних процесів	Віброімпульси, частота і фази коливань, амплітуда коливань, звуковий тиск	Двигун, агрегати трансмісії, паливна апаратура дизелів
6. Зміна складу картерної оливи	Показники оливи (в'язкість, густина, лужність, наявність води)	Двигун, система охолодження, паливна система, агрегати трансмісії трактора
7. Зміна складу відпрацьованих газів	Вміст у випускних газах сажі, окису вуглецю, окису азоту та вуглеводнів	Двигун, система запалювання, система фільтрації повітря, система подачі пального
8. Тепловий стан	Температура і швидкість її зміни	Система охолодження, система змащування, агрегати трансмісії, підшипники коліс
9. Зміна ККД агрегатів трактора	Вибіг трактора, зусилля на рульовому колесі, опір коченню коліс	Трансмісія, рульове керування, підшипники коліс
10. Зміна виду поверхонь агрегатів	Візуально видні деформації, зміна забарвлення, сліди підтікання рідин, пального й оливи, спрацьованість	Кабіна, двигун, агрегати трансмісії, системи трактора, шини

Параметри вихідних робочих процесів визначають основні функціональні властивості трактора, наприклад: потужність, витрата пального, гальмівні властивості тощо. За значеннями цих параметрів можна робити висновки щодо стану трактора в цілому.

Параметри супутніх процесів супроводжують роботу двигуна, агрегатів, систем і непрямо свідчать про стан трактора при функціонуванні, наприклад: температура агрегату, матеріалу, рівень шуму або вібрації, вміст продуктів спрацьованості в оливі, вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах. Низька компресія і підвищений прорив відпрацьованих газів двигуна свідчать про спрацьованість циліндропоршневої групи. Ці параметри дають більш конкретну інформацію про стан тих чи інших вузлів і механізмів трактора.

На реальний процес зміни структурного параметра впливає значна кількість факторів. Їх можна розділити на дві групи: внутрішні та зовнішні або конструктивні, технологічні й експлуатаційні.

3.3. Взаємозв'язок структурних і діагностичних параметрів

Діагностичними параметрами можуть бути параметри робочих і супутніх процесів або їх похідні. За значеннями цих параметрів можна мати уяву про стан агрегату або трактора в цілому.

Структурні параметри (геометричні визначають стан сполучених деталей і механізмів за величиною зазорів, люфтів, биття, вільного ходу (наприклад,

тепловий зазор у клапанах двигуна). Взаємозв'язок структурних і діагностичних параметрів на прикладі паливної апаратури двигуна показаний у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Взаємозв'язок структурних і діагностичних параметрів паливної апаратури дизеля

Назва діагностичного параметра	Що характеризує
Остаточний тиск перед початком подачі пального	Стан нагнітального клапана і форсунки
Момент початку нагнітання пального	Стан кулачків вала паливної помпи, плунжера та розподільних шестерень
Тиск початку впорскування	Пружність пружини форсунки і спрацьованість торцевих поверхонь, на які спирається пружина
Момент початку впорскування	Стан привода паливної помпи, паливопроводів високого тиску
Інтервал часу наростання тиску	Спрацьованість пари плунжера насоса
Максимальний тиск	Регулювання зусилля пружини форсунки
Тривалість впорскування	Хід голки, пропускна здатність розпилювача
Інтервал часу спаду тиску	Стан пари плунжера і пропускна здатність розпилювача форсунки

Для поглибленого діагностування складних об'єктів вибирають і вимірюють десятки параметрів, наприклад, для двигуна такі:

- у системі запалювання;
- кут випередження і сила струму іскрового розряду;
- у системі подачі повітря – витрата повітря і розрідження у впускному колекторі;
- у системі впорскування пального – тривалість впорскування, тиск, температура і витрата пального;
- у циліндропоршневій групі – тиск в циліндрі та витрата картерних газів;
- у системі випуску – склад і оптична щільність газів.

Остаточну номенклатуру діагностичних параметрів уточнюють на етапі розробки діагностичних засобів і системи діагностування.

Між структурними (S) і діагностичними (Π) параметрами залежно від складності об'єкта можуть існувати різні взаємозв'язки (рис. 3.6).

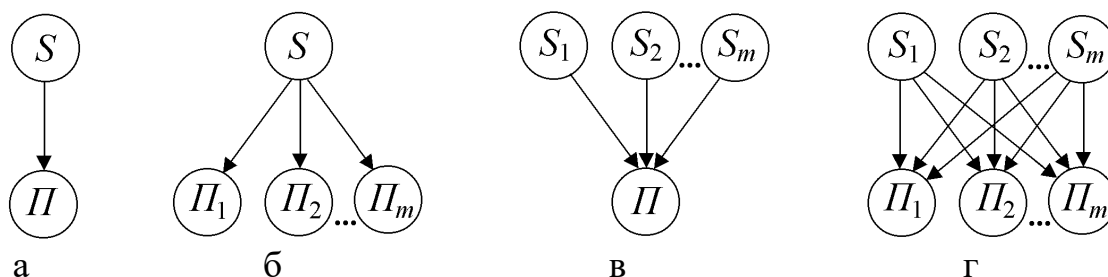


Рис. 3.6. Взаємозв'язок діагностичних параметрів із структурними

Розрізняють:

- одиничний зв'язок (рис. 3.6, а), коли зі зміною конкретного структурного параметра (S) змінюється один діагностичний (II_i);
- множинний зв'язок (рис. 3.6, б), коли зміна одного структурного параметра веде до зміни n діагностичних;
- невизначені зв'язки (рис. 3.6, в), коли один діагностичний параметр змінюється при зміні m структурних;
- комбіновані зв'язки (рис. 3.6, г), коли можливі комбінації названих зв'язків.

З усього комплексу діагностичних параметрів вибирають тільки ті, які задовольняють вимогам однозначності, стабільності, чутливості, інформативності та технологічності.

3.4. Методи і засоби діагностування трактора

Прямі та непрямі методи отримання інформації про технічний стан трактора. За характером зміни параметрів інструментальні методи діагностування поточних значень конструктивних параметрів трактора поділяють на прямі та непрямі (рис. 3.7).

Прямі методи основані на вимірюванні структурних параметрів технічного стану безпосередньо прямим вимірюванням: зазорів у підшипниках, прогину ремінних та ланцюгових передач, розмірів деталей тощо.

Непрямі методи основані на визначенні параметрів технічного стану агрегатів тракторів за діагностичними (непрямими) параметрами. У їх основі лежить вимірювання значень безпосередньо фізичних величин, які характеризують технічний стан механізмів, систем і агрегатів тракторів: тиску, перепаду тисків, температури, перепаду температур у робочому тілі системи; витрати газу, пального, оливи; параметрів вібрації складових частин тракторів; прискорення під час розгону двигуна тощо (з використанням даних самодіагностики та дистанційного діагностування).

Неелектричні вимірювання проводять за допомогою вимірювального інструмента та вимірювальних пристроїв безпосередньої оцінки (щупи, динамометри, термометри, манометри, ареометри).

Неелектричні (механічні, гідравлічні, пневматичні, оптичні) пристрої та системи в більшості випадків діагностуються за допомогою електричних вимірювальних систем з використанням датчиків неелектричних величин.

Діагностування за основними ознаками приведено в табл. 3.6.

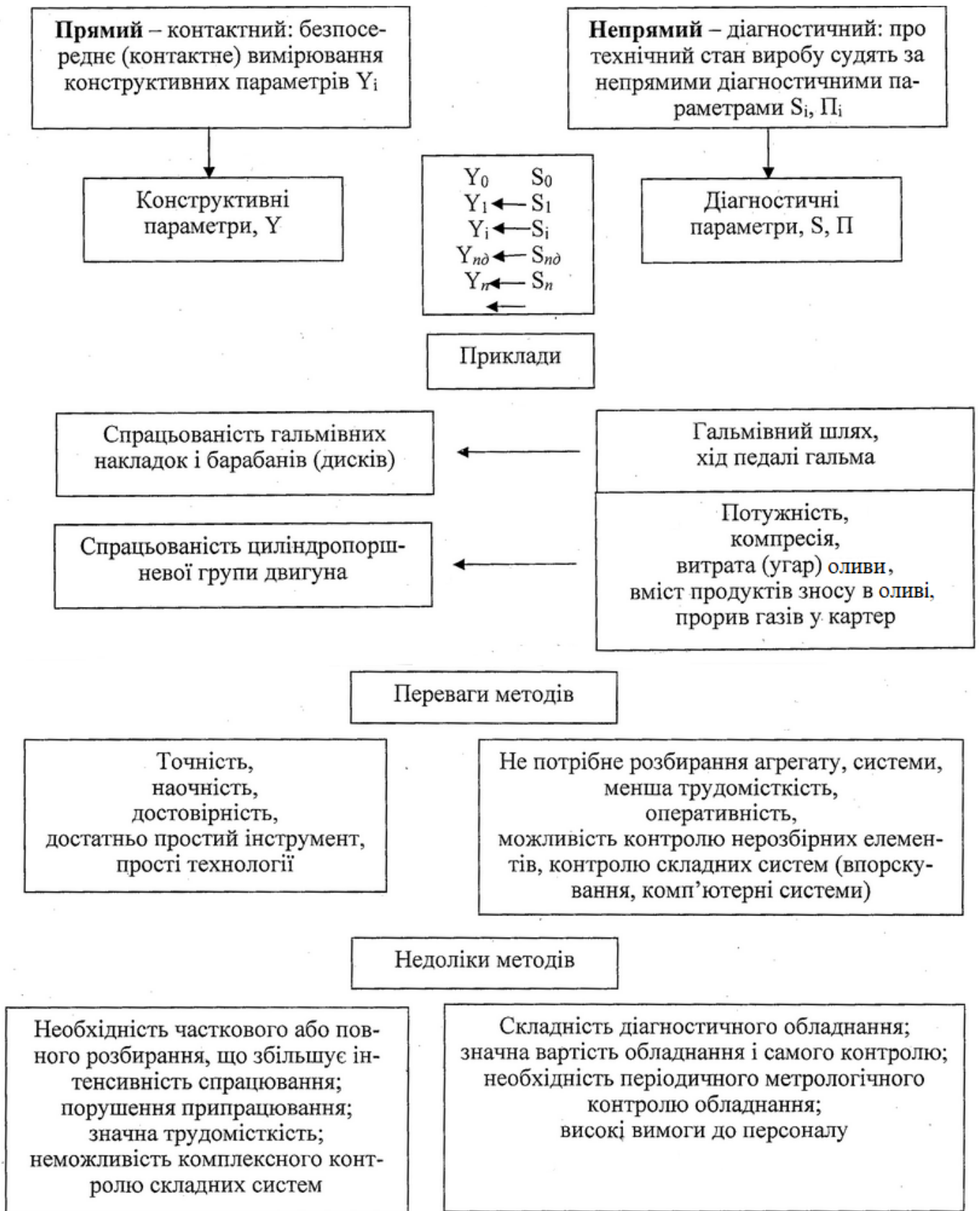


Рис. 3.7. Методи діагностування

Основними завданнями технічного діагностування є:
 - контроль технічного стану для встановлення значень параметрів вимогам технічної документації;

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

Таблиця 3.6

Класифікаційні ознаки і методи діагностування

Класифікаційні ознаки	Методи діагностування
Завдання діагностування	Перевірка роботоздатності; перевірка правильності функціонування; налаштування параметрів; пошук несправностей
Застосування діагностичних засобів	Інтелектуальні (органолептичні); інструментальні
Характер вимірювання параметрів	Прямий; непрямий
Періодичність діагностування	Регламентний; заявочний; безперервний
Умови проведення діагностування	Польові; станція технічного обслуговування; без-моторні
За ступенем розбирання об'єкта діагностування	З розбиранням; без розбирання
Режим роботи об'єкта	При усталеному режимі; при неусталеному режимі; при статодинамічному режимі
Діагностичні параметри	Параметри робочого процесу; параметри супутніх процесів; структурні параметри
Використовуваний фізичний процес	Віброакустичний; магнітний; спектрографічний; тепловий; гідравлічний; газоаналітичний; кінематичний та ін.

3.5. Діагностування за загальними і функціональними ознаками

Під назвою способу діагностики у загальному значенні розуміють кілька ознак, що можуть визначати: вид перевірок технічної системи; спосіб визначення діагнозу; вид діагностичного параметра, на підставі якого ставиться діагноз; принцип побудови діагностичної системи; місце та умови проведення діагностичних операцій; засіб діагностики, що використовується. Іншими словами, спосіб визначення діагнозу визначається методами діагностування і засобами, за допомогою яких вони реалізуються для визначеного об'єкта діагностики (табл. 1.1, рис. 3.8).

Методи діагностування технічних систем за видом перевірок можна класифікувати за: характером участі людини в процесі діагностування; способом виявлення несправності; способом відтворення при перевірках методами заміни; типом пошуку; гнучкістю реалізації алгоритмів діагностування; глибиною локалізації несправності.

Розроблені способи діагностування тестовими і функціональними методами включають:

- діагностичну модель трактора;
- алгоритм діагностування;
- правила вимірювання діагностичних параметрів;
- правила визначення структурних параметрів;

- правила аналізу й обробки діагностичної інформації та прийняття рішення.



Рис. 3.8. Класифікаційна структура способів діагностування механічних систем трактора

На практиці діагностування тракторів використовуються три групи методів (рис. 3.9).

Метод діагностування за параметрами робочих процесів. Технічний стан установлюється за динамікою зміни параметрів, наприклад, зміна тиску впорскування пального, час розгону до заданої швидкості, час до повної зупинки при гальмуванні і т. д. Такі показники безпосередньо характеризують стан агрегатів і вузлів трактора.

Вимірювані цим методом параметри утворюють багато внутрішніх параметрів і багато вихідних параметрів об'єкта діагностування.

Методи цієї групи базуються на імітації швидкісних і навантажувальних режимів роботи трактора, визначенні при заданих умовах вихідних параметрів і порівнянні їх кількісних значень з еталонними. Діагностування проводиться з використанням стендів з біговими барабанами або безпосередньо в процесі роботи трактора. Методи широко застосовують для загальної оцінки технічного стану трактора й агрегатів.

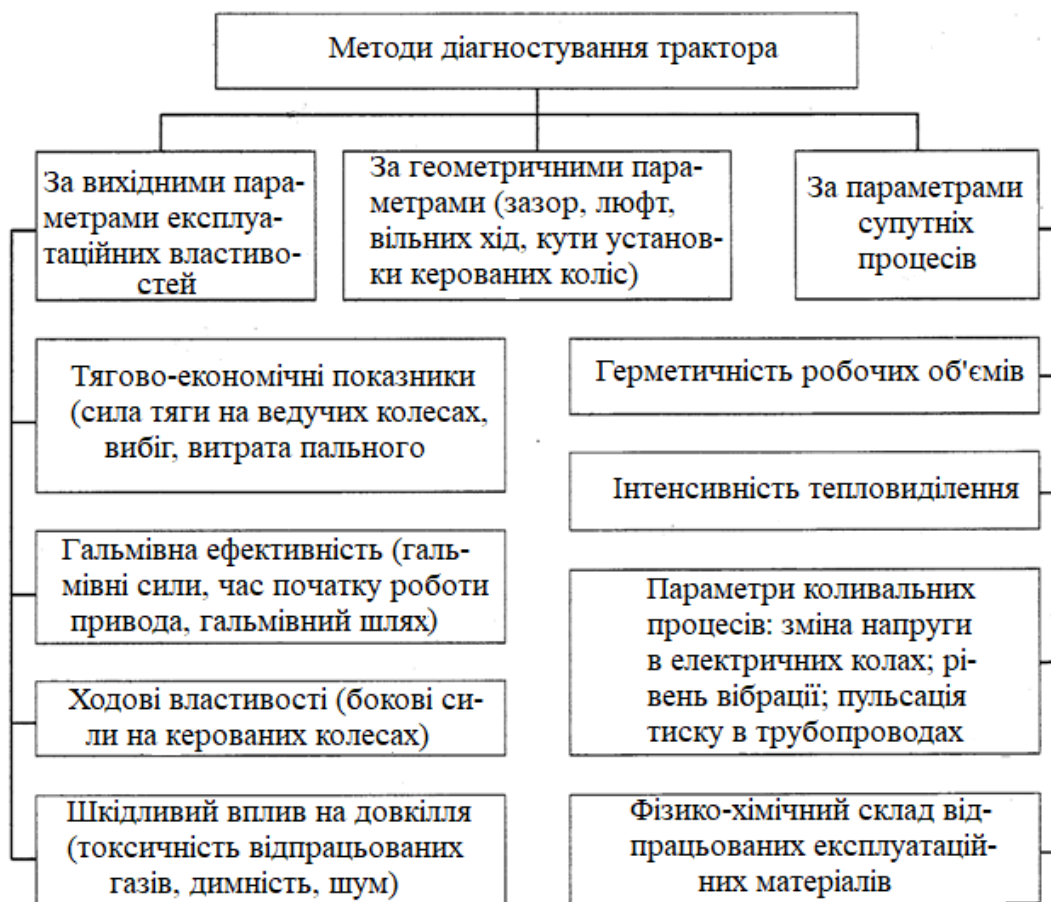


Рис. 3.9. Класифікація методів діагностування тракторів

Метод діагностування за параметрами супутніх процесів. При цьому аналізують показники, що непрямо впливають на роботу вузлів і агрегатів трактора, наприклад, теплове поле, шуми, віброакустичні процеси і т. д. Вимірювані цим методом параметри утворюють підмножину внутрішніх процесів.

До методів діагностування за параметрами супутніх процесів (третя група) відносяться такі:

- методи діагностування за герметичністю робочих об'ємів. Сутність процесу діагностування полягає у створенні в контрольованому об'ємі надлишкового тиску (або розрідження) й в оцінці інтенсивності його зниження. Таким методом діагностують циліндропоршкову групу двигуна, пневматичні приводи гальм, щільність прилягання клапанів та ін.;

- тепловий метод, який полягає у визначенні параметрів, що характеризують кількість теплоти, яка виділяється в результаті протікання процесів згорання, роботи сил тертя при заданих швидкісному та навантажувальному режимах. Такими параметрами можуть бути температура нагрівання, швидкість її зміни. Метод може застосовуватися для діагностування двигуна, агрегатів трансмісії, підшипникових вузлів;

- методи діагностування вузлів і систем за параметрами коливальних процесів. Методи широко використовують при створенні засобів технічного діагностування тракторів, їх можна розділити на методи оцінки коливань на-

пруги, струму, електричного опору в електричних мережах (на цій основі створені мотор-тестери), параметрів віброакустичних сигналів, що отримуються при роботі зубчастих зачеплень, клапанних механізмів, підшипників і т. д.; пульсації тиску в гідравлічному акумуляторі та трубопроводах (на цій основі створені дизель-тестери для діагностування дизельної паливної апаратури);

- методи, що оцінюють стан вузлів і агрегатів за фізико-хімічним складом відпрацьованих газів та експлуатаційних матеріалів. Наприклад, простий експрес-аналіз відпрацьованої оливи на забруднення, спектральний аналіз проб оливи, в результаті проведення якого за наявністю і концентрацією різних хімічних елементів в оливі можна встановити роботоздатність окремих вузлів і сполучень агрегату. Якщо в пробі картерної оливи двигуна є високий вміст свинцю, значить є спрацьованість вкладишів шатунних і корінних підшипників, якщо високий вміст заліза – спрацьованість гільз циліндрів, якщо високий вміст кремнію – засмічення повітряного фільтра і т. д.

Метод діагностування за структурними (геометричними) параметрами, які безпосередньо характеризують стан вузлів і агрегатів тракторів.

Ця група методів ґрунтується на об'єктивній оцінці геометричних параметрів (зазор, люфт, вільний хід, зміщення і т. д.). Метод може бути застосований, коли вказані параметри легкодоступні для безпосереднього вимірювання. Технічний стан установлюється за зазорами в сполученнях, значеннями регульованих параметрів і т. д. Згідно з класифікацією параметрів діагностування, що вимірюються цим методом параметри утворюють підмножину внутрішніх і вихідних параметрів.

Група методів за геометричними параметрами включає в себе методи, які оцінюють стан трактора за герметичністю робочих об'ємів, ступенем спрацьованості циліндропоршневої групи двигуна, роботоздатності пневматичного приводу гальм, щільністю прилягання клапанів та ін. шляхом створення в контрольованому об'ємі надлишкового тиску або, навпаки, розрідження, а також ці методи визначають інтенсивність падіння тиску (розрідження).

Структурні параметри, що змінюються в процесі експлуатації тракторів, оцінюють різними діагностичними методами, які можна об'єднати у дві групи:

- ті, які потребують повного або часткового розбирання;
- ті, які дозволяють без розбирання вузлів оцінити технічний стан.

Методи першої групи (мікрометрування, штучні бази, профілографування та ін. дуже трудомісткі. За впливом на досліджуваний об'єкт методи другої групи можна розділити на контактні та безконтактні.

Фізичні методи ґрунтуються на використанні різних фізичних явищ, що супутні роботоздатному або нероботоздатному стану об'єкта.

Велику різноманітність розроблених методів діагностування можна класифікувати на прямі та непрямі, ті, які виконуються органами чуттів людини й інструментальні. Інструментальні методи можна класифікувати за видом контрольованих фізичних процесів і за принципом роботи.

Усі методи діагностування розділяють: за способом визначення; за видом структурних параметрів фізичних величин; за принципом роботи об'єкта; за принципом реалізації; за способом отримання інформації; за ступенем універсальності мети та глибини діагностування; за періодичністю й оперативністю; за засобами діагностування, способами зв'язку з об'єктом та ін.

За характером взаємодії між об'єктом і засобом діагностування розрізняють функціональне і тестове діагностування.

Методи діагностування поділяють на механічні, електричні, електронні. Засоби технічної діагностики, що реалізують ці методи, бувають з ручним і програмним управлінням, автоматизовані й автоматичні.

При виборі методу діагностування важливе значення має його призначення (для комплексної оцінки технічного стану трактора чи для поглибленого діагностування, спрямованого на локалізацію й усунення виявленої несправності або відмови), точність діагнозу, кількість тракторів, які діагностують, і т. д.

Попередньо вважають, що механічні методи і засоби «малої» діагностики найбільш ефективні, якщо парк тракторів, які діагностують, невеликий, вимоги до точності вимірювання їх діагностичних параметрів не жорсткі та міжконтрольні цикли великі. Для великого парку тракторів найбільш ефективні методи діагностування, які реалізують високопродуктивні та достатньо точні автоматизовані й автоматичні системи.

Оптимальним є метод діагностування, який забезпечує мінімум сумарних витрат на одиницю напрацювання трактора (винятком є методи, що забезпечують додаткові вимоги до умов безпеки роботи та безвідмовності).

В цілому найбільш оптимальним є удосконалення конструкції тракторів з позиції підвищення контролепридатності та застосування більш перспективних методів і засобів технічної діагностики. В результаті порівняння питомих витрат при різних варіантах покращення конструкції тракторів і різних методах діагностування за всіма діагностичними параметрами вибирають варіант, що забезпечує мінімум сумарних витрат.

3.6. Класифікація засобів діагностування

Більшість засобів діагностування вітчизняних тракторів розробляються для оцінки загального технічного стану за функціональними параметрами, а також поглибленого діагностування структурних параметрів без розбирання за непрямими параметрами. Методи діагностування тракторів, їх агрегатів і вузлів характеризуються способом вимірювання і фізичною сутністю діагностичних параметрів.

За функціональним призначенням засоби технічного діагностування поділяють на такі групи: комплексні – для діагностування трактора в цілому; двигуна та його систем; органів керування; гальмівних систем; системи зовнішніх світлових приладів; трансмісії; ходової частини та підвіски; електрообладнання; гідравлічних систем; приладів і електронних систем трактора

(рис. 3.10).

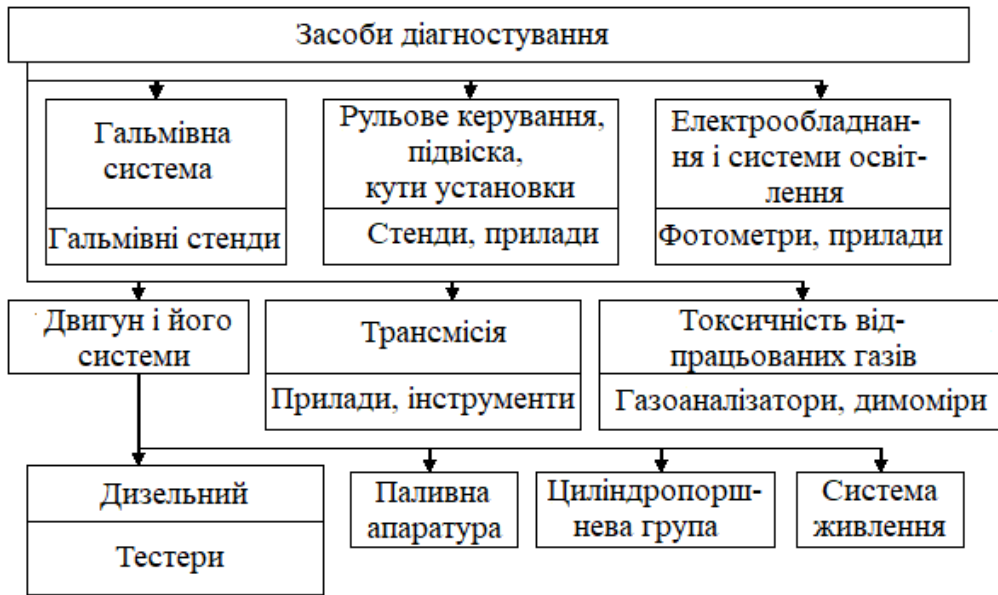


Рис. 3.10. Класифікація діагностичного обладнання

Вони можуть бути апаратними або програмними, зовнішніми або вбудованими, ручними, автоматизованими або автоматичними, спеціалізованими або універсальними, повинні мати стендове обладнання й експлуатаційно-технічну документацію.

Основним принципом класифікації засобів технічного діагностування трактора є їх функціональне призначення.

Ефективність оцінки роботоздатності трактора багато в чому залежить від засобів контролю технічного стану. Вбудовані засоби забезпечують безперервний контроль систем і складових одиниць. На сьогодні на тракторах звичайно є мінімум 6-9 засобів контролю, але разом з тим існують уже трактори і з двадцятьма і більше елементами сигналізації граничного стану систем або складових одиниць.

Процес діагностування механічних систем трактора (керма, трансмісії, підвіски, ходової частини, гальм) зазвичай потребує використання випробувальних стендів для імітації дорожніх умов, у яких перебуває трактор (стенди з біговими барабанами, вібростенди, поворотні платформи), з вимірювальними комплексами для реєстрації неелектричних діагностичних параметрів систем двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ).

Варто зазначити, що ДВЗ за функціональним складом є сукупністю механічних та електричних систем, і тому прилади для діагностування ДВЗ (мотор-тестери) розглядаються як комплекс вимірювальних приладів електричних та неелектричних параметрів систем ДВЗ. При цьому передбачається вимірювання діагностичних параметрів на робочих (тестових) режимах ДВЗ.

Якщо діагностування електромеханічних агрегатів здійснюється у знятому з трактора стані (агрегатна діагностика), застосовуються випробувальні стенди для імітації механічних впливів на електричні пристрої (апарати, агрегати) До переліку таких стендів можна віднести стенди спеціального призна-

чення (перевірки елементів трансмісії, пуску ДВЗ, електропостачання) та універсальні стенди комплексних перевірок електрообладнання.

Діагностичний стенд – стаціонарне конструктивне та функціональне поєднання діагностичного установаження та діагностичних приладів.

Діагностична система – засіб діагностики, в якому реалізоване поєднання діагностичного обладнання та устаткування на функціональному (програмному) та апаратному рівнях.

Діагностичний комплекс – функціонально пов'язане діагностичне устаткування, до складу якого належать діагностичні стенди та прилади різного призначення (діагностичні пости, лінії).

Комбіновані засоби діагностики здійснюють функції кількох спеціальних приладів (мотор-тестери).

Комплексні засоби діагностики (діагностичні комплекси) – програмно-апаратні засоби та діагностичне устаткування, що призначені для контролю комплексу діагностичних параметрів тракторів.

Класифікація засобів діагностування в залежності від технологічного розташування. Прийнято виділяти три основні групи засобів технічного діагностування (вимірювання), класифікованих залежно від технологічного розташування (рис. 3.11).

Зовнішні засоби технічного діагностування, тобто які не входять в конструкцію трактора, залежно від їх будови і технологічного призначення можуть бути стаціонарними з навантажувальними пристроями або переносними. Стаціонарні стенди встановлюють на фундаменти, як правило, у спеціальних приміщеннях, обладнаних відсмоктуванням відпрацьованих газів, вентиляцією, шумоізоляцією (гальмівний стенд, стенд для перевірки кутів установки коліс та ін.). Стаціонарні засоби імітують реальні режими функціонування.



Рис. 3.11. Класифікація засобів діагностування за технологічним розташуванням

Зовнішні засоби базуються, в основному, на імітації швидкісних і навантажувальних режимів роботи трактора і визначенні при заданих умовах вихідних параметрів. Для цього використовуються стенди з біговими барабанами або функціональні параметри визначаються безпосередньо в процесі роботи трактора в польових умовах.

Мобільні засоби пересувного або переносного типу не мають навантажувально-гальмівних пристроїв. Переносні прилади використовують як у комплексі зі стаціонарними стендами, так і окремо для локалізації й уточнення несправностей на спеціалізованих дільницях і постах ТО та ремонту (газоаналізатори, тестери, сканери, осцилографи і т. п.).

Діагностування тільки зовнішніми засобами не забезпечує попередження експлуатації трактора з несправностями, аварійних дорожніх відмов, оптимізації вибору режиму руху і проведення ТО та ремонту.

Вбудовані засоби діагностування стали невід'ємною частиною електронного оснащення тракторів. Вбудоване обладнання знаходиться безпосередньо на тракторі (вбудовується) і може здійснювати як безперервний, так і періодичний контроль в автоматичному або керованому режимі. Воно може мати методи, за допомогою яких можна оцінити за герметичністю робочих об'ємів ступінь спрацьованості циліндропоршневої групи двигуна, а також роботоздатність пневматичного приводу гальм, щільність прилягання клапанів і т. п. шляхом створення в контрольованому об'ємі надлишкового тиску (опресування) або, навпаки, розрідження; оцінити інтенсивність падіння тиску (розрідження). Вбудовані засоби діагностування у своєму складі мають пристрої для централізованого отримання інформації, оцінки параметрів стану (рис. 3.11).

Мікропроцесорним вбудованим засобам відводиться завдання контролю технічного стану агрегатів, вузлів і трактора в цілому. В результаті формуються рекомендації щодо продовження роботи трактора на лінії або постановки його на технічне обслуговування (ТО) і поточний ремонт (ПР) або ж щодо виконання дрібного ремонту самим водієм у межах щоденного обслуговування (ЩО).

Засоби діагностування за виглядом наданої інформації. Види засобів діагностування, вимірювань і надання інформації про результати контролю діагностичних параметрів систем трактора показані на рис. 3.12.

Засоби діагностування можуть під'єднуватися або працювати разом з контрольованим виробом тільки в момент контролю і не є елементом виробу. Є зовнішніми:

- гальмівний стенд, стенд для перевірки кутів установки коліс;
- пристрої контролю складу відпрацьованих газів, тестери, мультиметри, осцилографи, сканери та ін.

Інші засоби діагностування є конструктивним елементом трактора і здійснюють контроль безперервно або періодично за певною програмою.

Засоби діагностування можуть:

- інформувати про режими роботи і стан об'єкта: температура агрегатів, швидкість, частота обертів колінчастого вала, тиск оливи та ін.;
- попереджувати про можливу появу передвідмовного стану або виник-

ненні відмов: тиск оливи, заряд акумуляторної батареї і т. п.;

- відслідковувати і запам'ятовувати інформацію про стан для зчитування в стаціонарних умовах;

- здійснювати пошук несправностей, самодіагностику;

- надавати звукову, візуальну, мовну інформацію про передвідмовний стан.



Рис. 3.12. Класифікація засобів діагностування, які надають інформацію про стан об'єктів діагностування

За останні роки спостерігається тенденція ускладнення та вдосконалення діагностичного обладнання за рахунок широкого застосування мікропроцесорної техніки, автоматизації робочих процесів, спрощення підключення та приведення в дію обладнання. Наприклад, усі провідні фірми перейшли до випуску автоматизованих мотор-тестерів другого покоління, у яких замість екрана осцилографа встановлюється дисплей, на якому висвітлюється певний перелік

команд оператору щодо підключення датчиків до тієї чи іншої точки об'єкта діагностування, команди про запуск двигуна, про зміну частоти обертання колінчастого вала і т. д. При цьому всі процеси вимірювання значень параметрів і постановка діагнозу проводяться автоматично за допомогою мікропроцесора, на екран дисплея в результаті виводяться оброблені результати діагностування у вигляді вказівок щодо проведення необхідних ремонтно-регулювальних операцій і заміні. Роль оператора при цьому значно спрощена при прийнятті рішень щодо технічного обслуговування або поточного ремонту. Застосування об'єктивних методів інструментального контролю забезпечує при певному підвищенні витрат на обладнання суттєву економію на підготовку кадрів.

У низці діагностичних приладів на дисплей можуть видаватися рекомендації у вигляді конкретного переліку робіт, які необхідно виконати для даного трактора.

У блоці пам'яті можуть бути відомості про попередній контроль даного трактора, що дає можливість прослідкувати динаміку зміни діагностичних параметрів і дати прогноз напруцювання до гранично допустимих значень параметрів технічного стану.

Прості вбудовані засоби технічного контролю (ЗТД) реалізуються у вигляді традиційних приладів на панелі перед водієм, номенклатура яких на сучасних тракторах постійно розширюється за рахунок введення нових ЗТД, особливо електронних таких, які забезпечують контроль стану (коди несправностей) все більш складних елементів конструкції систем тракторів. Більш складні вбудовані ЗТД дають можливість водію постійно контролювати стан елементів приводу і робочих механізмів гальмівної системи, витрату пального, токсичність відпрацьованих газів у процесі виконання транспортної роботи і вибирати найбільш економічні та безпечні режими руху трактора або своєчасно припинити рух при виникненні аварійної ситуації.

Наявність таких засобів дає можливість своєчасно виявляти надходження передвідмовних станів в призначати проведення попереджувальних дій за фактичним станом, забезпечуючи тим самим повне використання ресурсу деталей у агрегатів. Широке використання вбудованих ЗТД з достатньо розвиненими мехатронними, телематичними й інформаційними можливостями на тракторах масового випуску.

ЗТД, які встановлюються на трактор, відрізняються від вбудованих конструктивним виконанням засобів обробки, зберігання та видачі інформації. Ці елементи роблять не вбудованими в трактор, а у вигляді блока, який встановлюється на трактор періодично перед виходом його на лінію і знімається в кінці зміни після повернення трактора в парк. Оскільки планові та заявочні діагностування трактора проводяться відносно рідко, це дає можливість мати значно меншу кількість ЗТД, що встановлюються на трактор, порівняно з вбудованими ЗТД і обійти обмеження економічного порядку.

ЗТД, що встановлюються, виготовляються на базі мікропроцесорних електронних елементів. Це дає можливість ефективно використовувати комп'ютер для обробки отриманої діагностичної інформації про технічний стан тракторів і подальшого використання для вирішування завдання управ-

ліній виробництвом ТО та ремонту тракторів. Крім того, останнім часом на базі встановлюваних і вбудованих ЗТД знаходять застосування системи інформаційно-порадні (рис. 3.11, 3.12).

3.7. Системи діагностування

Системи діагностування призначені для перевірки справності, роботоздатності, функціонування і пошуку несправностей. Розрізняють такі види систем діагностування:

- за характером взаємодії між об'єктом і засобом діагностування: функціональне і тестове діагностування (у разі необхідності можуть бути одночасно використані системи функціонального і тестового діагностування);
- за використовуваними засобами діагностування: з універсальними і спеціалізованими, вмонтованими і зовнішніми засобами діагностування;
- за ступенем автоматизації діагностування: автоматичні, автоматизовані, ручні;
- за ступенем охоплення виробу: локальні та загальні.

Визначення технічного стану агрегату, вузла, трактора в цілому або об'єкта діагностування виконують за допомогою контрольно-діагностичних засобів.

Розрізняють системи універсальні, призначені для кількох різних діагностичних процесів, і спеціальні, які забезпечують тільки один діагностичний процес (рис. 3.13).

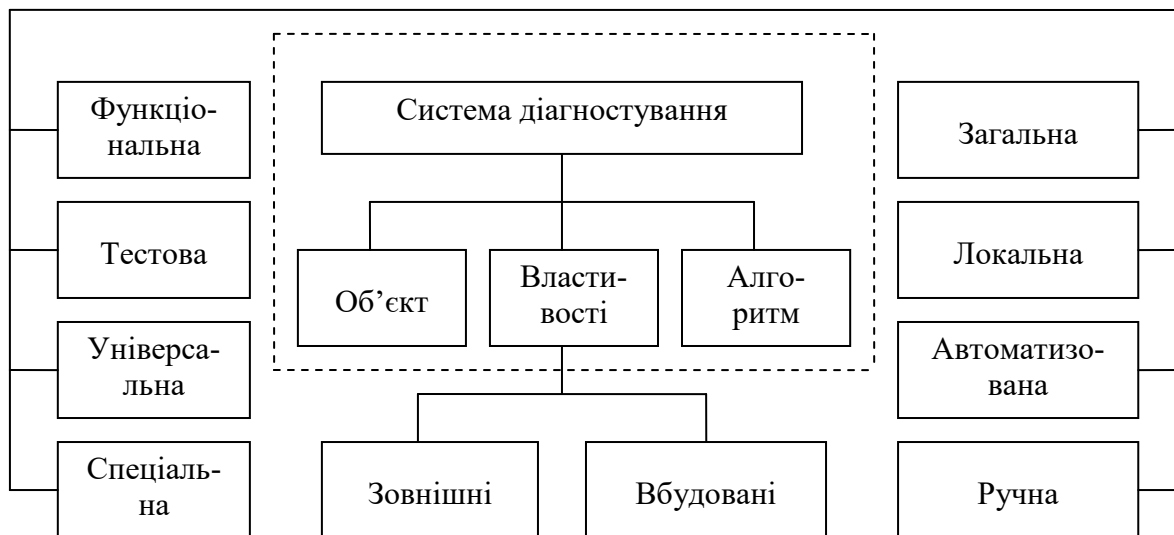


Рис. 3.13. Структура різновидів систем діагностування

Діагностичні системи можуть бути загальні, коли об'єктом є виріб у цілому, а метою – визначення його стану на рівні «придатний-непридатний»; і локальні – для діагностування складових частин об'єкта (агрегатів, систем, механізмів). Крім того, діагностичні засоби можуть бути ручними або автоматизованими (автоматичними).

Взаємодія об'єкта діагностування і контрольно-діагностичних засобів складає систему діагностування (рис. 3.13), яка полягає у подачі на об'єкт багатократних впливів (вхідних сигналів) і багатократних вимірювань і аналізу відповідей (вихідних сигналів) об'єкта на ці впливи. Впливи на об'єкт можуть надходити від контрольно-діагностичних засобів або через зовнішні сигнали, які визначаються робочим алгоритмом функціонування об'єкта.

Діагностування забезпечує систему ТО та ремонту тракторів індивідуальною інформацією про їх технічний стан і, отже, є елементом цієї системи. Діагностування об'єкта – трактора, агрегату, механізму – здійснюють згідно з алгоритмом (сукупністю послідовних дій), що встановлений технічною документацією. Комплекс, що включає об'єкт, засоби й алгоритми, утворює систему діагностування.

Об'єкт системи діагностування характеризується необхідністю і можливістю діагностування. У свою чергу, необхідність діагностування трактора визначається закономірностями зміни його технічного стану та затратами на підтримку роботоздатності.

Можливості діагностування зумовлені наявністю зовнішніх ознак, які дозволяють визначити несправність трактора без його розбирання, а також доступністю вимірювання цих ознак.

3.8. Мінімальний набір засобів загального контролю і діагностики механічних систем трактора

На сьогодні парк тракторів, що випускаються, суттєво змінився. У складі існуючих СТО (МТП) є різноманітні трактори. Їх контролепридатність суттєво відрізняється, тому для діагностування механічних, електричних і електронних систем на сьогодні на постах ТО та ремонту застосовуються як універсальні засоби «малої» діагностики, так і сучасні стаціонарні електронні системи. Їх використання при діагностуванні дає можливість виявити несправності тракторів з кількісною оцінкою їх параметрів.

Перелік діагностичного обладнання і приладів, частина яких представлена далі, дає можливість діагностувати технічний стан трактора в цілому, вузлів і систем: двигуна, трансмісії, ходової частини, підвіски, рульового керування; гідравлічних систем, електрообладнання, електронних систем і освітлення.

Діагностування трактора можливе при ходових випробуваннях в експлуатаційних режимах або при використанні стаціонарних стендових засобів. В експлуатаційних умовах ходові випробування застосовують обмежено, головним чином для інспекторської перевірки гальм і лінійної витрати пального.

Більш ефективним є стаціонарне діагностування трактора за допомогою спеціальних стендів, які дають можливість задавати швидкісні та навантажувальні тестові режими роботи трактора.

Компресометри і компресографи дають можливість реєструвати тиск в діапазоні від 0 до 60 бар (0-6 МПа), причому як газів, так і рідин в системах подачі пального, змащування, наддуву повітря двигунів. Для перевірки комп-

ресії можна скористатися сучасним універсальним тестером тиску фірми Leitenberger з цифровим дисплеєм, пам'яттю і рознімачем для підключення до комп'ютера.

Аналізатори протитиску для системи вихлопу газів дають можливість виявити зниження пропускної здатності каталізатора в результаті засмічення або перегрівання, що призводить до його спікання.

Тестер лямбда-зонда дає можливість візуально спостерігати зміну сигналу корекції складу паливної суміші. Оцінюючи величину і швидкодію сигналу, можна визначити технічний стан кисневого датчика.

Вимірювачі температури рідин і твердих поверхонь контактним і безконтактним способом, у тому числі спеціальним цифровим термометром, датчик якого розміщений на гнучкому щупі діаметром 5 мм, що дає можливість проникнути всередину двигуна або агрегату трансмісії; виміряти температуру систем охолодження, кондиціонування, гальм та ін.

Тестери для вимірювання тиску в діапазоні 1600-2000 бар (160-200 МПа) паливної апаратури сучасних дизелів дають можливість виявляти відхилення в роботі форсунок методом порівняння витрати пального через магістралі зворотного зливу.

Ручні насоси з манометром, за допомогою яких у системі охолодження та інших елементах двигуна створюється надлишковий тиск і розрідження. Про ступінь герметичності судять за темпом падіння тиску. Створення надлишкового тиску і розрідження дає можливість перевіряти справність будь-яких датчиків і виконавчих механізмів (елементів) двигунів, керованих тиском: вакуумних підсилювачів, клапанів рециркуляції, регуляторів тиску пального, наддуву повітря та ін.

Манометри різних типів – від простих аналогових до манометрів з цифровою індикацією і датчиком вимірювання температури термостата. З їх допомогою можна виконувати поглиблене дослідження системи охолодження: робочого тиску і герметичності, роботоздатності термостата, виявити тріщини в блоці циліндрів або в прокладці.

Рефрактометри для випробувань будь-яких типів охолоджувальних рідин, визначення густини електроліту та склоомивної рідини, а супутнє вимірювання температури дає можливість визначити небезпеку їх використання.

Стробоскопи для визначення частоти обертання деталей, кута випередження запалювання і кута замкнутого стану. Використовуючи дизельний адаптер з детектором впорскування разом із стробоскопом, можна виміряти випередження впорскування пального в дизельних двигунах.

Цифрові тестери для перевірки натягу зубчастих ременів, що дає можливість зберігати заданий ресурс ременів і підшипників.

Димомір – це незамінний засіб контролю екологічних показників тракторів. Усі процеси з ремонту та регулювання дизельних двигунів тракторів також супроводжуються діагностикою за допомогою димоміра. Димомір дає можливість швидко і точно провести вимірювання димності відпрацьованих газів трактора, який перевіряють; методика вимірювань – згідно з діючою нормативною документацією.

Газоаналізатори дають можливість оцінити повноту згорання пального, як показника ефективності роботи як самого двигуна, так і систем його керування. Тільки результати аналізу відпрацьованих газів, отриманих газоаналізатором, дають можливість оцінити наявність в них токсичних компонентів: оксиду вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту та сірки, альдегідів, сажі, бензапірену та сполук свинцю. За аналізом складу відпрацьованих газів також можна в повній мірі визначити справність двигуна в цілому і стан його основних систем (запалювання, паливної та механічної системи), відхилення складу паливно-повітряної суміші від стехіометричної. З урахуванням того, що процентний склад відпрацьованих газів – це інтегральний показник стану двигуна, газоаналізатор рекомендується застосовувати як для вхідного контролю, так і для перевірки якості виконаних регулювальних або ремонтних робіт.

До недоліків газоаналізатора можна віднести відсутність можливості прямо вказати на елемент, що вийшов з ладу. Тому для розширення можливостей газоаналізатора необхідне його застосування разом з мотор-тестером.

Газоаналізатор не зовсім пасує для оперативного відслідковування процесів двигуна, які швидко змінюються, через значну інерційність (час реакції сучасних газоаналізаторів лежить в межах 10 с).

Технічні ендоскопи – це сучасні високотехнологічні прилади, що дають можливість заглянути всередину двигуна без його розбирання, провести візуальну діагностику деталей, а також оглянути недоступні місця через отвори діаметром від 4 до 10 мм.

Для оцінки технічного стану внутрішніх робочих поверхонь деталей, розташованих у корпусах складових одиниць, застосовуються методи ендоскопії з використанням гастроскопів, ендоскопів і фіброскопів волоконного та лінзового типу.

Застосування ендоскопів при діагностиці дає можливість виконати обстеження стану двигуна внутрішнього згорання і контроль стану зубчастих передач, оглянути з середини будь-який трубопровід і порожнину, своєчасно виявити там відкладення і тріщини, здійснити діагностику стану системи випуску відпрацьованих газів без демонтажу її елементів. За допомогою ендоскопа можна заглянути в приховані порожнини і виявити невидимі зовні тріщини та сліди корозії. Через форсунковий отвір добре оглядаються стінки циліндра, днище поршня, клапани. Тому можна визначити спрацьованість циліндропоршневої групи, виявити нагар на стінках циліндра та днищі поршня, без розбирання двигуна встановити наявність пошкодження клапанів, з боку камери згорання переконатися у відсутності тріщин головки блока та герметичності прокладки. Через отвір зливу оливи у піддоні картера можна оглянути його стінки на кількість низькотемпературних відкладень і забруднень.

Ендоскопіювання дає можливість навіть у разі незначної спрацьованості оливознімних ковпачків або поршневих кілець, коли зовні жодна ознака неполадок не проявляє себе, виявити сліди оливи на клапанах, у камері згорання, на днищі поршня і таким чином завчасно діагностувати несправність. За допомогою технічних ендоскопів можна встановити реальну спрацьованість двигуна – початок полірування і сліди подряпин на стінках циліндра.

Можливості ендоскопів значно розширюють насадки, що входять у комплект. Три види дзеркал дають можливість змінити кут огляду під 35°, 45° і 60°.

Випускаються описані далі типи ендоскопів.

Серія FASTA або MİGS – сучасний промисловий ендоскоп з оливостійким рідкокристалічним монітором, автофокусуванням, з плавним регулюванням освітлення, з можливістю фото- і відеозйомки (діаметр зонда 5,5 мм, довжина 1 м).

Серія VİGS – сучасний промисловий ендоскоп, який працює через персональний комп'ютер, з власним програмним забезпеченням, автофокусуванням, з плавним регулюванням освітлення, з можливістю фото- і відеозйомки (діаметр зонда 8,5 мм, довжина 1 м).

Серія TİGS – ендоскопи T-типу, зручні в роботі, збільшена потужність світла, ручне фокусування.

Серія IGS – волоконно-оптичні ендоскопи з ручним фокусуванням і діаметром зонда від 4 до 10 мм.

Мінімальний набір засобів, який дає достатню можливість виконати загальне оцінювання технічного стану трактора і системи керування такий:

- компресометр або компресограф і тестер витікань;
- комплект (набір манометрів і перехідників) для вимірювання тиску в гідросистемах;
- чотири-, п'ятикомпонентний газоаналізатор з автоматичним вирахуванням параметра λ ;
- димомір, стробоскоп, віброаналізатор, мотор-тестер, осцилограф, мультиметр.

Перші три позиції даного переліку обов'язкові для оцінювання технічного стану будь-якого двигуна, а без такого контролю визначення роботоздатності системи керування двигуном затрудняється.

3.9. Об'єкти першочергового контролю стану трактора щодо забезпечення його технічної та екологічної безпеки

Основні об'єкти, електричні й електронні системи обов'язкового діагностування за критеріями безпеки та економічності експлуатування трактора наведені на рис. 3.14. Параметри систем і вузлів тракторів, які забезпечують безпеку руху наведені на рис. 3.15.

Дозвіл механіка або діагноста на виїзд з несправними системами безпеки руху трактора несе юридичну відповідальність (у разі виникнення ДТП).

На практиці застосовуються такі форми діагностування:

– комплексне, тобто перевірка всіх параметрів трактора в межах технічних можливостей обладнання. Окремим випадком комплексного діагностування є експрес-діагностування, при якому обсяг робіт обмежений у першу чергу вузлами, які впливають на безпеку руху;

– вибіркоче, при якому здійснюють перевірки, заявлені власником трактора. У цьому разі всі операції діагностування розбиваються на перевірки окре-

мих систем трактора. За власником залишається право самостійного вибору тієї чи іншої роботи. Така форма дає можливість варіювати обсяги діагностування залежно від технічного стану трактора, тому вона більш гнучка, ніж комплексне діагностування.



Рис. 3.14. Об'єкти діагностування колісних тракторів за критеріями безпеки й економічності експлуатації

Чим складніша система, тим сильніше впливають на її параметри умови або режим вимірювання діагностичних параметрів (режим діагностування – усталений, неусталений).

У процесі керування станом трактора технічне діагностування виконує такі основних функції:

- отримання інформації про технічний стан конкретного трактора;
- обробка й аналіз інформації;
- підготовка або прийняття рішення – командної інформації з урахуванням налаштування систем на оптимальну роботу.

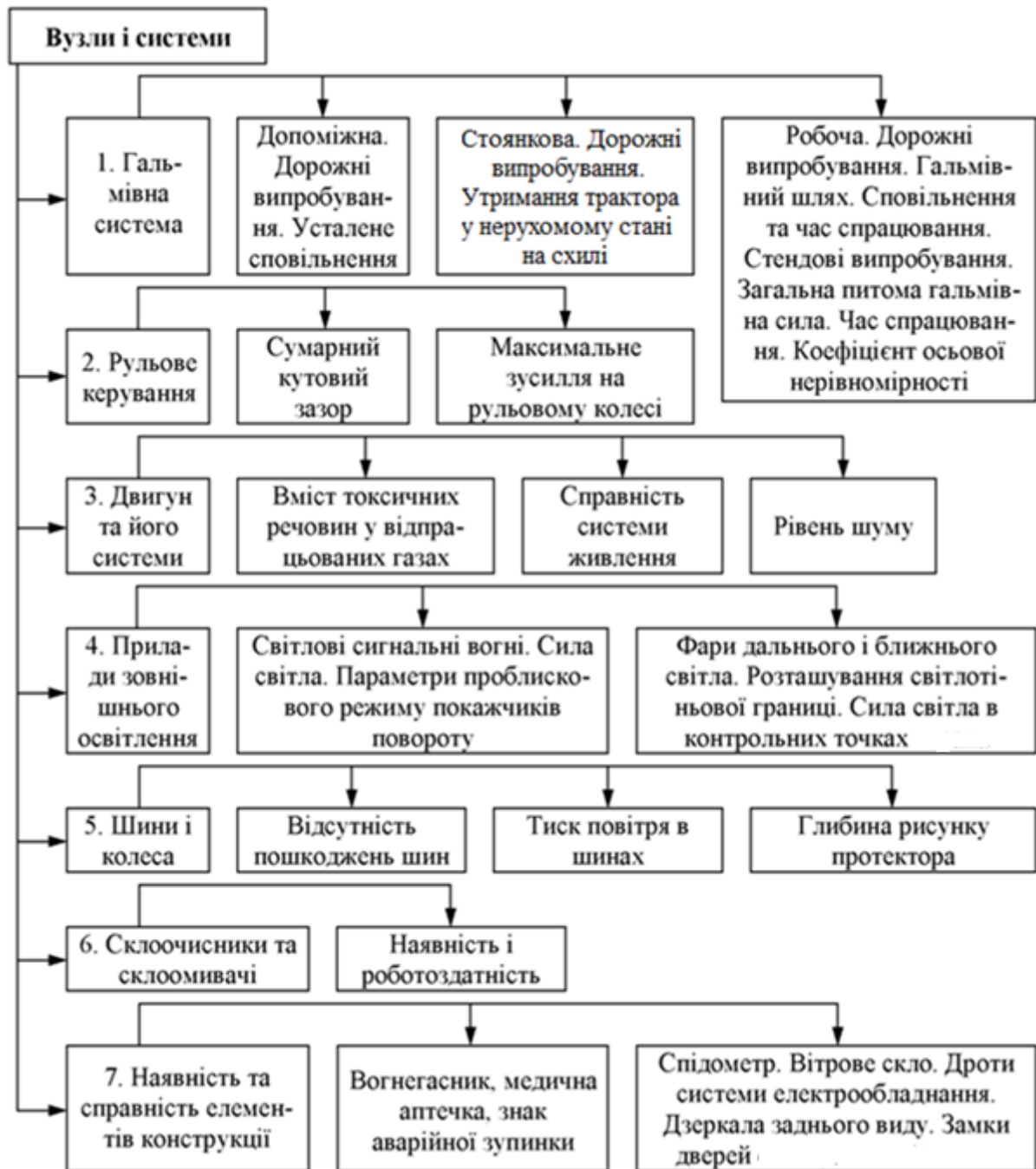


Рис. 3.15. Параметри систем і вузлів трактора, які забезпечують безпеку руху

Сутність першої функції полягає у вимірюванні діагностичних параметрів, установлення якісних ознак стану, а також напрацювання трактора та його складових частин; другої функції – в обробці та порівнянні отриманих значень параметрів з допустимими і граничними нормами параметрів стану, використанні отриманих параметрів і напрацювання для прогнозування залишкового ресурсу; третьої функції – в аналізі результатів порівняння, прогнозування, а також якісних ознак стану і встановлення характеру керування оптимальною роботою систем, агрегатів і вузлів, обсягу та термінів проведення ТО та Р трактора, тобто управляючих технічних впливів.

Технічне діагностування забезпечує отримання, обробку, аналіз і вида-

чу інформації – предмета і продукту процесу керування станом трактора, як і будь-якого іншого процесу керування. Тому діагностування – це основний зміст керування підвищенням надійності, конкурентоздатності, екологічної та технічної безпеки тракторів.

3.10. Характеристика режимів діагностування (контролю) і граничних станів трактора

Чим складніша система, тим сильніше впливають на її параметри умови або режим вимірювання діагностичних параметрів (режим діагностування).

Режим – це поєднання швидкості (лінійної або кутової), доланих сил опору (корисного та шкідливого навантаження) і робочої температури. Інколи встановлюють окремо швидкісні, навантажувальні (силові) та температурні режими. Виділяють режими часткові, реальні та повні.

Реальний – характерний робочий режим (наприклад, рух рівною дорогою з повним навантаженням і нормальною швидкістю, наприклад, 60 км/год). **Повний режим** – максимально можливий для об'єкта. **Частковий (скорочений) режим** – невелика швидкість, неповне або нульове навантаження, невелика температура і т. п. У тестовому режимі на вхід об'єкта подають сигнал, достатній, щоб отримати відгук на виході й за ним робити висновок про технічний стан об'єкта.

Наприклад, силові електричні системи перевіряють тестером с батареєю на 1,5 В.

Усталений (статичний) режим – постійна швидкість, навантаження, температура (рух горизонтальною дорогою з постійною швидкістю; рівномірний рух на зтяжному спуску з постійним пригальмовуванням).

Неусталені (динамічні) режими. Такими режимами можуть бути: розгін, рух по інерції з відключеним двигуном або роз'єднаною трансмісією (вибіг), гальмування із втратою швидкості.

Одні діагностичні операції виконують на об'єкті, що не працює. Інші – на працюючому в часткових режимах. Операції діагностування часто потребують повних режимів, оскільки:

- деякі несправності проявляються тільки в повних режимах;
- вимоги установлені нормативними документами для реальних або повних режимів і передбачають перевірку роботоздатності об'єкта в реальних умовах, а не в умовах перевірки на стендах діагностики.

Нарешті є група перевірок, пов'язаних з безпекою руху, коли краще довести трактор до поломки при діагностуванні й тим попередити більш небезпечний випадок – раптову поломку в умовах реальної роботи. Тому, коли починають ранжирувати вимоги до трактора, завжди потрібно ставити на перший план вимоги безпеки для людей і роботи тракторів.

Основним критерієм граничного стану трактора є те екстремальне значення параметра, яке допускається технічними умовами. Проте сам хід

процесу зміни початкових параметрів і наявність зон їх різкого зростання також є критеріями для встановлення максимально допустимих значень.

3.11. Методи діагностування гідравлічних систем

3.11.1. Контроль гідронавісної системи органами чуттів людини

Перевірка зовнішнім оглядом проводиться при технічному обслуговуванні безпосередньо в процесі експлуатації та у разі відмов у роботі.

В залежності від конкретних умов і поставлених завдань застосовують методи, які передбачають визначення:

- оптимального допустимого відхилення параметра технічного стану за умови забезпечення мінімуму питомих витрат на експлуатацію і ремонт при заданому міжконтрольному наробітку;
- оптимального допустимого відхилення параметра технічного стану і оптимального міжконтрольного наробітку за умови забезпечення мінімуму сумарних витрат на експлуатацію і ремонт;
- оптимального допустимого відхилення параметра технічного стану за умови забезпечення максимальної безвідмовності.

Діагностування органами чуттів людини (органолептичні методи) дають можливість за оглядом, контролем елементів на дотик, за запахом визначати якісні відхилення стану складових гідравлічних систем від норми.

Будь-яке діагностування гідравлічного приводу при експлуатації починають із зовнішнього огляду справності всіх оливопроводів і з'єднань. Перевіряють зовнішню герметичність системи гідроприводу (відсутність підтікань робочої рідини), виявляють механічні пошкодження елементів гідроприводу (забоїни, тріщини, потертості шлангів і трубопроводів), а також контролюють виробку люфтів тарифних з'єднань, наявність пломб, контрувань і т. п.

Об'єктивність діагностування органолептичними методами підвищується при використанні спеціальних засобів і найпростішої апаратури. Наприклад, недопустиме підвищення температури виявляється за допомогою спеціальних фарб, термошупів; виникнення шумів при збільшенні зазорів – за допомогою стетоскопів; наявність тріщинкорпусів агрегатів визначається за зміною магнітних ліній, що можна виявити за допомогою порошків; деякі параметри контролюють візуально за показаннями приладів (манометрів, тахометрів тощо).

Залежно від оснащення експлуатаційного підрозділу засобами діагностики візуальні методи заміняють приладовими. Цей самий процес відбувається й у разі вдосконалення систем вбудованого контролю гідравлічних приводів різного призначення.

Органами чуттів людини можна виявити підвищену температуру, порушення герметичності, механічні пошкодження, забоїни елементів гідросистеми та гідроприводу, здуття і потертості шлангів, порушення кріплень, збільшення шумів, вібрації тощо.

Під час діагностики гідронавісної системи перевіряють нагрівання насоса, розподільника, силових циліндрів, трубопроводів, гідрозбільшувача зчіпної

ваги, силового (позиційного) регулятора; стан запірних пристроїв і розривних муфт; час підйому й опускання сільськогосподарської машини, а також величину усадки поршня гідроциліндра (з навішеним знаряддям у транспортному положенні).

У несправного насоса нагріваються корпус і ділянки трубопроводів, що прилягають до нього. Якщо несправний розподільник (олива повністю або частково потрапляє не в силовий циліндр, а в бак), – гріються всі трубопроводи великого діаметра, насос і бак. У несправного силового циліндра нагріваються металеві трубопроводи малого і великого діаметрів.

Технічний стан гідрозбільшувача зчіпної ваги (ГЗВ) визначають за нагріванням його корпуса під час роботи з повним підпором оливи (маховичок ГЗВ повернутий проти годинникової стрілки до упору). Якщо деталі спрацьовані, то збільшується витік оливи з порожнини високого тиску магістралі «гідроаккумулятор-гідрозбільшувач-силовий циліндр». Крім цього, погіршується підзарядка гідроаккумулятора і золотник ГЗВ частіше «зависає» між початковим і робочим положеннями. Це спричиняє «дроселювання» оливи і підвищене нагрівання корпуса ГЗВ у зоні зливної порожнини.

Слід пам'ятати, що дроселювання оливи в ГЗВ, силовому (позиційному) регуляторі спричиняє перегрівання оливи, знижує тиск підпірання, зменшує чутливість ГЗВ і регулятора до зміни глибини обробки ґрунту навісними машинами.

Стан запірних пристроїв і муфт гідронавісної системи перевіряють при температурі оливи 45-50 °С. Для цього поперемінно перемикають розподільник в положення «Підйом» і «Опускання» та на дотик визначають напруженість шлангів. Якщо знаряддя не піднімається й обидва шланги не напружуються, значить «залягла» кулька в муфті з боку нагнітальної магістралі до шланга підйому. Якщо знаряддя не піднімається, а шланги напружуються, – це вказує на «залягання» кульки в муфті зливної магістралі з боку розподільника. Якщо знаряддя не опускається і шланги знаходяться під напруженням, – «залягла» кулька муфти нагнітальної магістралі з боку гідроциліндра.

При відсутності наведених несправностей муфт і запірних пристроїв перевіряють час повного підйому й опускання знаряддя. Ці вимірювання повторюють не менше 10 разів. Середня тривалість повного підйому й опускання знаряддя не повинна перевищувати значень, приведених у табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Показники, необхідні для діагностування гідросистем тракторів

Марка трактора	Маса машини або знаряддя, кг	Допустима тривалість, с		Допустима усадка поршня за 39 хв, мм		Допустима різниця усадок, мм
		повного підйому осі підвісу	повного опускання осі підвісу	при підключеній магістралі	при відключеній магістралі	
К-701, К-700, Т-4А, Т-100М, Т-150К	1600	5	3	50	30	20

Марка трактора	Маса машини або знаряддя, кг	Допустима тривалість, с		Допустима усадка поршня за 39 хв, мм		Допустима різниця усадок, мм
		повного підйому осі підвісу	повного опускання осі підвісу	при підключеній магістралі	при відключеній магістралі	
ДТ-75М, ДТ-75, Т-74	1400	5	3	50	30	20
«Беларус» серій 800, 900, 1000, Т-40М, Т-40А	800	4	2	40	25	15
Т-25, ДТ-20, Т-16, Т-16М	500	4	2	40	25	15

При повільному підйомі або різкому опусканні визначають роботоздатність окремих вузлів і агрегатів гідросистеми трактора. Для цього навішене знаряддя піднімають у транспортне положення і через кожні 30 хв вимірювальною лінійкою вимірюють відстань між упором штока і кришкою силового циліндра. Допустима усадка штока приведена в табл. 3.7. Якщо вона надмірна, відключають магістраль і повторюють дослідження. При цьому необхідно попередньо переконатися у відсутності підтікання оливи через запірний клапан з'єднувальної муфти.

Якщо і в цьому разі усадка перевищує допустимі значення, значить, спрацьовані ущільнювальні кільця поршня або клапан обмеження ходу штока. Різниця усадок, замірених при включеній і відключеній магістралі, що перевищує значення, приведені в табл. 3.7, характеризує порушення герметичності золотника розподільника.

3.11.2. Інструментальні методи діагностування гідросистем і гідроприводів

Основні методи діагностування гідросистем і гідроприводів приведені на рис. 3.16.

Методи діагностування гідроприводу за трудомісткістю умовно можна розділити на такі групи:

- діагностування органами чуттів людини;
- статопараметричний метод – найбільш трудомісткий, що потребує відведення з гідросистеми потоку робочої рідини;
- методи амплітудно-фазових і перехідних характеристик та термодинамічний, які потребують установки в гідросистему датчиків, що мають контакт з робочою рідиною;
- спектральний аналіз та індикація сторонніх домішок, тобто методи, які потребують відбору проб робочої рідини;

- акустичний, віброакустичний, силовий і метод вимірювання швидкості наростання зусилля на виконавчому елементі, тобто методи, які потребують установки датчиків, що не мають контакту з робочою рідиною;
- кінематичний метод – найменш трудомісткий, який не потребує установки спеціальних датчиків.



Рис. 3.16. Основні методи діагностування гідросистем і гідроприводів

Статопараметричний метод ґрунтується на вимірюванні параметрів функціонування гідроприводу: тиску P (МПа) і подачі робочої рідини Q (л/хв).

При діагностуванні вираховують об'ємний ККД насоса, що дорівнює відношенню його фактичної подачі (л/хв) до теоретичної:

$$\eta = Q_{\Phi} / Q_T.$$

На практиці замість Q_{Φ} визначають $Q_{НОМ}$ – подачу при номінальній частоті обертання вала насоса $n_{НОМ}$ і навантаженні насоса до номінального тиску $P_{НОМ}$. Враховуючи, що у разі невеликого тиску витоки в гідроагрегатах можна не брати до уваги, замість Q_T при частоті обертання n_0 визначають подачу Q_0 (у разі тиску $P_0 \leq 0,05 P_{НОМ}$). При цьому вимірювання слід проводити при

$n_{НОМ} = n_0$. Так як на транспортних засобах, оснащених дизелями з відцентровими регуляторами частоти обертання, цю умову практично не можна виконати, для підвищення точності вимірювань при вирахуванні η_0 зміну частоти обертання коригують:

$$\eta_0 = \frac{Q_{НОМ} n_0}{Q_0 n_{НОМ}}.$$

Навантаження, як правило, у цьому разі встановлюється зовнішнім дроселем. Статопараметричний метод широко використовується на практиці та дає можливість точно визначити стан кожного елемента гідросистеми.

Статопараметричний метод ґрунтується на вимірюванні тиску, витрати і т. п. задросельованого потоку робочої рідини, що встановився. Цей метод дає можливість оцінювати об'ємний ККД насоса і за його величиною прогнозувати технічний стан більшості складових частин привода. Він отримав широке розповсюдження для діагностування гідравлічних приводів тракторів, а також іншого гідравлічного обладнання. Метод може бути використаний для оцінки технічного стану і прогнозування остаточного ресурсу більшості агрегатів гідравлічного приводу.

Загальний технічний стан гідроприводу характеризується відношенням корисної витрати робочої рідини, яку використовує виконавчий агрегат, до теоретичної подачі насосом, що живить виконавчий орган. Об'ємний ККД гідроприводу та його окремих основних вузлів є вихідними параметрами. Вони характеризують два найважливіших показника діагностованих елементів – величину структурного параметра й одночасно економічну доцільність подальшої експлуатації гідроприводу або окремого вузла.

Для вимірювання витрати робочої рідини використовують лічильникові витратоміри (турбінні, об'ємні), основані на змінному перепаді тиску, на струминному методі, електромагнітні, ультразвукові й інших типів.

На основі розповсюдженого статопараметричного методу розроблені переносні та стаціонарні засоби діагностування гідроприводу.

Найбільш широко використовуються витратоміри змінного перепаду тиску. В цьому разі діагностичний пристрій – це дросель-витратомір, фізично моделюючий на практиці залежність виду: $Q = \mu F_0 \sqrt{2\Delta P / P}$, тобто залежність втрат тиску на місцевому опорі (дроселі) від його прохідного перерізу і потоку (витрати) робочої рідини. У низці таких пристроїв витрату контролюють непрямо за ступенем дроселювання потоку при заданому перепаді тиску (пристрої КИ-1097 (ДР-70), «Поток» та ін.). В інших випадках у складі пристрою може використовуватися власне датчик витрати, наприклад, турбінний (діагностичний пристрій ГТ-02 – гідротестер та ін.). Навантажувальний (гідравлічний) блок цього тестера, крім турбінного датчика витрати, має у своєму складі навантажувальний дросель, манометр, датчик температури, запобіжну мембрану. Вимірювальний блок тестера має вимірювальний прилад, перемикач режимів роботи, друковану плату та джерело живлення, датчик частоти обертання і кабелі з'єднання з гідравлічним блоком і датчиком частоти обертання. У всіх цих випадках діагностичним параметром, що оцінює технічний стан гі-

дроагрегатів, є їх внутрішня герметичність (коефіцієнт подачі, об'ємний ККД і т. п.), яка характеризує ступінь спрацьованості й одночасно є показником ефективності або доцільності їх подальшої експлуатації.

До недоліків методу належать трудомісткість, зумовлена необхідністю роз'єднання трубопроводів і рукавів у системі гідроприводу для установки датчиків безпосередньо для кожного діагностованого елемента (агрегату) гідроприводу, а також порівняно низька точність і необхідність використання датчиків різних типорозмірів для різних елементів приводу. Необхідність роз'єднання ланок гідроприводу часто призводить до втрати і забруднення рідини.

До різновидів статопараметричного методу належать термодинамічні й акустичні методи діагностування, які інтенсивно розробляють останнім часом.

Метод перехідних характеристик (хвильовий метод) оснований на аналізі діаграм зміни тиску на ділянках гідросхеми після перехідних режимів її роботи. Ударна хвиля, проходячи ділянкою гідросхеми, несе інформацію про всі гідравлічні опори (золотниках, клапанах, ум'ятинах, витоках). Порівнявши отриману ударну діаграму з еталонною, можна оцінити зміни в гідросистемі. Даний метод має високу інформативність, але складна розшифровка діаграм. Крім того, під час проведення вимірювань необхідно виключати зі схеми вузли, які впливають на гасіння пульсацій.

Є кілька різновидів методу. По-перше, технічний стан системи гідропривода визначається на підставі характеру хвильових процесів, які відбуваються в ній. Ці процеси в гідроприводі збуджуються шляхом миттєвого перекриття потоку робочої рідини в трубопроводі краном керування. Діагностування здійснюють за хвильовими діаграмами. Метод перспективний і має високу інформативність. Його достоїнство – у можливості навантаження гідросистеми при мінімальних затратах труда на підготовчі роботи шляхом створення надлишку тиску керуючими діями з використанням можливостей самої системи, тобто режиму самозавантаження. Метод може бути реалізований для оцінювання технічного стану гідроприводу з використанням як накладних, так і вбудовуваних датчиків. Однак, при цьому потрібне використання вартісного обладнання. Недоліком методу є і складність оцінки технічного стану окремих складових. Це пояснюється їх значним взаємовпливом у діагностичному режимі роботи. Тому цей метод на сьогодні отримав застосування в основному при діагностуванні гідроприводів авіаційних систем.

Другий напрямок реалізації методу перехідних характеристик – оцінювання технічного стану гідроприводів транспортних засобів за швидкістю зміни тиску в нагнітальній магістралі перед навантажувачем. Діагностичним параметром є час наростання тиску до заданої величини. Між цією величиною та подачею насоса при постійному режимі діагностування існує певна залежність. Чим менша подача насоса (об'ємний ККД), тим повільніше буде наростати тиск. Цей процес відбувається за короткий інтервал часу, що негативно відбивається на точності діагностування.

Ще однією можливістю використання методу перехідних характеристик є оцінювання технічного стану гідросистеми за швидкістю падіння тиску. На-

приклад, для діагностування гідросилового циліндра і золотникових пар розподільника елементи гідроприводу, які перевіряють, відключаються від насоса з допомогою розподільника при досягненні заданого тиску в системі. За часом падіння тиску в діагностованій частині системи роблять судження про герметичність відповідних елементів.

Термодинамічний метод дає можливість шляхом вимірювання перепадів температур на вході та виході елементів гідросхеми визначати їх повний ККД. Ґрунтується він на перетворенні в тепло енергії, яка втрачається в елементах гідроприводу. Метод ефективний в умовах експлуатації, однак потребує високої точності вимірювання температури, наявності відомостей про теплофізичні властивості використовуваної гідрорідини або використання складних вимірювальних схем.

Метод спектрального аналізу полягає у визначенні кількості та виду продуктів спрацювання елементів гідроприводу в робочій рідині. Він дає можливість виявляти спрацьованість на її ранній стадії, однак складно локалізувати продукти спрацьованості однієї деталі.

Метод індикації сторонніх домішок оснований на визначенні кількості продуктів спрацьованості деталей у гідрорідині з допомогою спеціальних магнітних пробок, а також кількості води і дизельного пального через проведення нескладного хімічного аналізу.

Акустичний метод застосовується для діагностування внутрішньої негерметичності гідроагрегатів. Він оснований на вимірюванні в ультразвуковому діапазоні шуму робочої рідини, що перетікає через пошкоджені ущільнення. Попереднє тарування дає можливість визначити витіки у гідророзподільниках, клапанах та інших елементах гідросхеми. Достоїнство методу – висока швидкість вимірювань, недолік – необхідність попереднього тарування і наявність значних перешкод від сусідніх агрегатів.

Силовий метод оснований на визначенні зусилля, яке розвиває виконавчий механізм. Метод широко застосовується при оцінюванні загального стану гідроприводу тракторів у стаціонарних і польових умовах. Його достоїнством є можливість інтегрального оцінювання стану всього гідроприводу виконавчого механізму, недоліком – невелика точність і обмежене застосування на стаціонарних постах діагностики через необхідність використання громіздких навантажувальних пристроїв.

Метод вимірювання швидкості наростання зусилля на виконавчому елементі є розвитком силового методу для визначення технічного стану гідросистем тракторів, у яких в якості виконавчих елементів використовуються гідроциліндри. Для вимірювання зусилля застосовуються швидкознімні накладні датчики. Достоїнством методу є можливість швидкого отримання інформації для оцінки загального стану гідроприводу, однак, він не може бути використаний для діагностування гідросхем з гідромотором.

Кінематичний метод, будучи найменш трудомістким, визначає загальний технічний стан гідроприводу за швидкістю переміщення виконавчих елементів, навантажених робочим обладнанням. Він достатньо простий і не потребує використання спеціального обладнання, але має невисоку точність.

Часовий метод або метод часових інтервалів оснований на вимірюванні параметрів руху виконавчих органів гідросистеми, навантаженої зовнішнім нормованим силовим впливом, часу виконання робочих операцій виконавчими органами діагностованої системи (гідроприводу). Метод використовується для оцінки загального технічного стану систем гідравлічного привода. Цей метод відрізняється простотою реалізації, тому знаходить широке застосування для діагностування гідравлічних приводів різних машин.

Окрім вбудованих засобів (реле часу, перемикачів, кінцевих вимикачів, кнопок системи керування), застосовують спеціальні засоби – електросекундоміри, а також тимчасово встановлювані датчики переміщень, швидкостей, прискорень, тиску, зусиль. Дані реєструються з допомогою самописців, а у швидкодіючих приводах – з допомогою осцилографів. При використанні кількох датчиків отримують інформацію не тільки про часові інтервали, але й про інші параметри робочого процесу гідравлічного привода, необхідних при інших методах його діагностування. В автоматизованих системах контролю обробка отриманої інформації виконується з допомогою комп'ютера.

Метод нормованих параметрів («еталонних модулів») оснований на порівнянні експериментально визначених значень параметрів гідравлічного привода та його окремих агрегатів (потужності, ККД, зусиль, крутних моментів, тиску, подачі, переміщень та ін.) з їх паспортними значеннями або з нормами технічних умов.

Метод широко використовується для діагностування будь-яких типів гідравлічних приводів. Його перевагою є можливість використання отриманої інформації для уточнення розрахунків гідроприводу та його елементів, прогнозування ресурсу, визначення енергетичних показників і т. п. У багатьох випадках для реалізації методу не потрібна складна діагностична апаратура, а при діагностуванні з використанням обчислювальної техніки потрібне лише найпростіше програмне забезпечення, наприклад, для статистичної обробки результатів експерименту.

До методу нормованих параметрів можна віднести також статопараметричний, силовий і часовий методи діагностування.

Номенклатура діагностичних параметрів, що використовуються при реалізації цих методів, збігається в основному з номенклатурою параметрів, установлених стандартами або технічними умовами на правила приймання і методи випробувань агрегатів гідроприводу.

Метод еталонних залежностей ґрунтується на аналізі хвильових процесів зміни тиску в напірній і зливній магістралях гідросистем на робочих режимах при завантаженні системи з боку виконавчого органу або дроселювання рідини у зливній магістралі. Метод розроблений для оцінювання загального технічного стану і локалізації несправностей, які характеризують роботоздатний і нероботоздатний стан.

Метод амплітудно-фазових характеристик (метод пульсацій тиску) оснований на вимірюванні коливань тиску в напірній магістралі насоса в установленому режимі його роботи і призначений для оцінювання технічного стану помпувальних вузлів аксіально-поршневих насосів за осцилограмою пульсації

тиску. Цей метод дає можливість визначити сумарну спрацьованість у кінематичному колі, що забезпечує зворотно-поступальний рух поршнів. Недоліком його є неможливість визначення спрацьованості елементів, які впливають на внутрішні перетікання.

Розпізнавання несправностей виконується шляхом порівняння експериментально отриманих функціональних залежностей параметрів діагностованого гідроприводу (його окремих агрегатів) з еталонними залежностями, знайденими розрахунковим або експериментальним шляхом. Аналіз амплітудно-фазових частотних характеристик дає можливість визначити запас стійкості слідкувальних гідроприводів систем автоматичного керування, використання характеристик динамічної жорсткості приводів систем керування.

Цей метод найбільш ефективний у гідросистемах, робота яких супроводжується значними коливаннями тиску. Використовується, в основному, для визначення несправностей аксіально-поршневих насосів. Основний недолік – жорсткі вимоги до умов його реалізації. Метод не використовується для гідроприводів з шестеренчастими насосами з низьким ступенем жорсткості нагнітальних магістралей. Метод реалізується з використанням датчиків, що вбудовуються в систему.

Метод еталонних залежностей більш складний, ніж методи часових інтервалів та еталонних модулів, звичайно для нього потрібне використання більш складної апаратури, так як у ньому використовуються (у більшості випадків) непрямі ознаки, що характеризують роботоздатний і нероботоздатний стан гідроприводу і його складових.

Метод еталонних осцилограм (перехідних характеристик) – це окремий випадок методу еталонних залежностей, з допомогою якого досліджують залежність діагностичного параметра від часу. Він є одним з найбільш простих та ефективних методів діагностування і широко застосовується для виявлення несправностей і відмов гідроприводів, для яких характерні низькочастотні динамічні процеси. При аналізі осцилограм синтезуються прийоми методів часових інтервалів та еталонних модулів.

Метод співставлення та накладання осцилограм оснований на аналізі одночасно записаних осцилограм різних параметрів або одного й того самого параметра, але при різних режимах (умовах) роботи гідроприводу. Цей метод – це ускладнений метод еталонних осцилограм, з допомогою якого аналізують динаміку зміни параметра або встановлюють місце виникнення відмови (несправності). Метод універсальний і особливо ефективний для діагностування нових конструкцій гідроприводу або у разі складного прояву несправності – для уточнення діагнозу. Автоматизація методу утруднена.

Віброакустичний метод оснований на аналізі параметрів вібрацій та акустичних шумів. Метод придатний для будь-яких гідравлічних систем, гідроприводів, насосів та інших механізмів.

Віброакустичний метод використовується, в основному, для гідроагрегатів з явно вираженими циклічними робочими процесами, наприклад, для аксіально-поршневих гідронасосів. Основне достоїнство – принципова можливість отримання інформації про будь-який елемент гідроприводу без його розбиран-

ня, недолік – складність виділення корисної інформації.

Сутність віброакустичного методу полягає в такому: робота складових одиниць гідроприводу супроводжується вібро- та гідроударними процесами або акустичними шумами, наприклад, сполучень плунжерних пар в насосах і гідромоторах, клапанів, шумів і вібрацій, створюваних потоками рідини при дроселюванні через утворені зазори, витіканням робочої рідини через нещільності. Ці коливання називають структурним шумом на відміну від повітряного, що збуджується механізмами у доквіллі. По мірі спрацьованості механізмів або при виникненні в них яких-небудь несправностей порушуються запроєктовані кінематичні зв'язки між деталями, внаслідок чого характер шуму і вібрації змінюється. Цю властивість використовують для оцінювання технічного стану об'єктів.

Сигнали, що збуджуються коливаннями працюючих механізмів, мають імпульсний характер. Енергія акустичного сигналу зростає зі збільшенням зазору між сполученими деталями. Тому амплітуда віброакустичного сигналу може достатньо точно характеризувати стан кінематичної пари. Він фіксується вимірювальним перетворювачем, що встановлюється з цією метою на корпусі об'єкта діагностування і сприймає результуючі коливання, які надходять від усіх механізмів системи.

Щоб оцінити відповідне сполучення окремо, необхідне таке розділення сигналу на складові, при якому кожна з них характеризувала б технічний стан певного сполучення або однієї кінематичної пари.

Розроблено кілька методів виділення діагностичних сигналів: амплітудний, часовий, фазовий і частотний. Ці методи реалізовані в діагностичних засобах. Часто використовують кореляційний метод виділення сигналу, оснований на встановленні зв'язку діагностичних і структурних параметрів механізмів тракторів.

При віброакустичному методі контролю велике значення має правильний вибір первинних перетворювачів-датчиків для вимірювання прискорення вібрації та місця їх установки. Точність вимірювань визначається відношенням частот власних коливань вимірюваного об'єкта і самого датчика.

Тепловий метод оснований на оцінюванні розподілення температури на поверхнях складових одиниць системи, а також перепадів температур циркулюючої робочої рідини. Температура є мірою кількості тепла, в яке перетворюється енергія, що витрачається.

Метод універсальний, він може бути реалізований з допомогою накладних, вбудовуваних і дистанційних датчиків (термовізори). При використанні цього методу може бути реалізоване самозавантаження діагностованої системи.

Недолік теплового методу полягає в необхідності точного вимірювання перепаду температури, яке проводиться спеціальними високочутливими вимірювальними перетворювачами з лінійною і стабільною характеристикою при виконанні вельми жорстких вимог до умов їх установки в спеціально підготованих контрольних точках.

Аналіз розглянутих методів показує, що одні з них використовуються

при стаціонарних режимах роботи гідроприводу (метод нормованих параметрів і його різновиди – статопараметричний і силовий, метод еталонних залежностей), інші забезпечують діагностування гідроприводу в динамічних режимах його роботи (часовий метод, метод нормованих осцилограм). До останніх часто відносять також методи віброакустичної діагностики. У зв'язку з цим комплексне діагностування гідравлічних приводів різного призначення та їх складових може бути досягнуте тільки у разі раціонального поєднання різних методів.

3.12. Структура гідравлічних систем керування трактором

Сучасні трактори насичені великою кількістю агрегатів і вузлів з гідравлічним приводом. Двигун, трансмісія, кермова система, гальмівна система і зчіпка, гідрооб'ємні передачі, підвіска, гідропривід і навісні механізми (рис. 3.17).

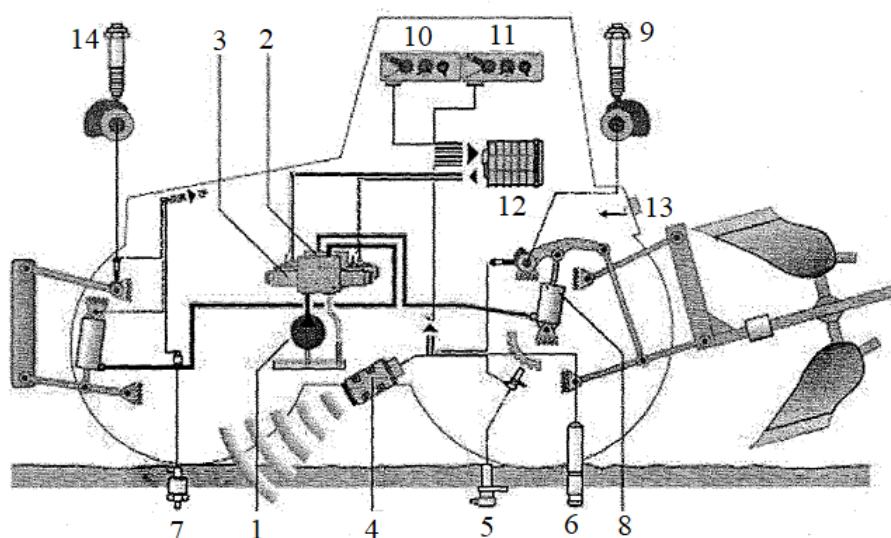


Рис. 3.17. Схема електрогідравлічної системи трактора з переднім та заднім начіпним пристроєм:

1 – оливний насос, 2, 3 – насос аксіально-плунжерний для керування переднім та заднім начіпними пристроями; 4 – радар; 5 – датчик контролю швидкості руху трактора; 6 – датчик контролю положення начіпного знаряддя (силовий); 7 – датчик контролю тиску оливи в гідролінії; 8 – циліндр гідравлічний; 9 – датчик контролю положення заднього начіпного знаряддя (позиційний); 10 – панель керування заднім начіпним пристроєм; 11 – панель керування переднім начіпним пристроєм; 12 – електронний блок контролю положення робочих органів; 13 – органи керування заднім начіпним пристроєм при навішуванні начіпної машини; 14 – датчик контролю положення переднього начіпного знаряддя (позиційний)

Керування потоками робочої рідини, зміна або підтримка на певному рівні тиску і витрати робочої рідини в гідросистемі, а також зміна напрямку руху потоку і розподілення робочої рідини виконуються мехатронними пристроями з електронним керуванням, а також шина CAN. До таких пристроїв належать (рис. 3.19):

- гідророзподільники;
- регулятори тиску;
- регулятори витрат;
- гідравлічні підсилювачі;
- демпферні пристрої;
- реле тиску;
- вимірювальна апаратура.

У тракторах сучасних моделей механічні (гідравлічні і пневматичні), а також електромеханічні об'єкти раціонально поєднані в мехатронні та телематичні системи з електронним керуванням. Наприклад, обладнання гідросистеми трактора 9R фірми John Deere (рис. 3.18, 3.20).

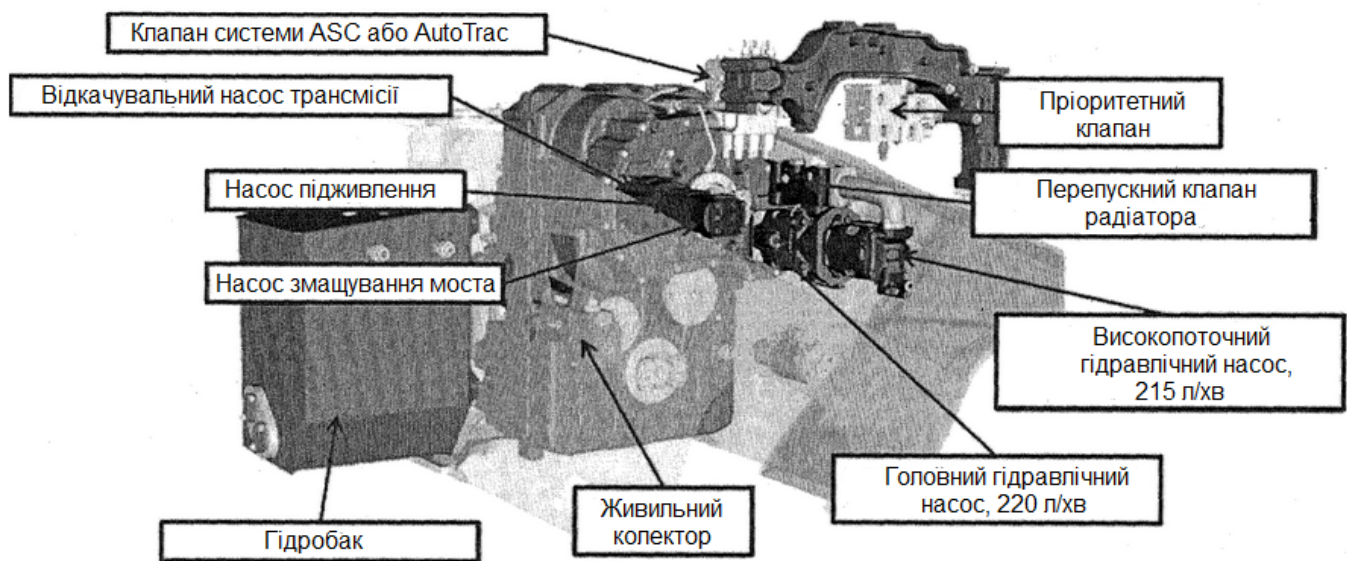


Рис. 3.18. Обладнання гідросистеми трактора 9R John Deere

Навісний пристрій трактора 7620RX фірми John Deere має:

- 1 аксіально-поршневий насос продуктивністю 220 л/хв;
- опційно встановлюються 2 насоси з максимальною продуктивністю 435 л/хв;
- серійно 6 секцій гідророзподільника (максимально можливо 8),
- за бажанням механізм навіски категорії IV/IVN, вантажопідйомність 6800 даН або опційно 9000 даН.

Об'єкти гідросистеми рульового керування, керування навісними засобами трактора 9R John Deere показані на рис. 3.20.

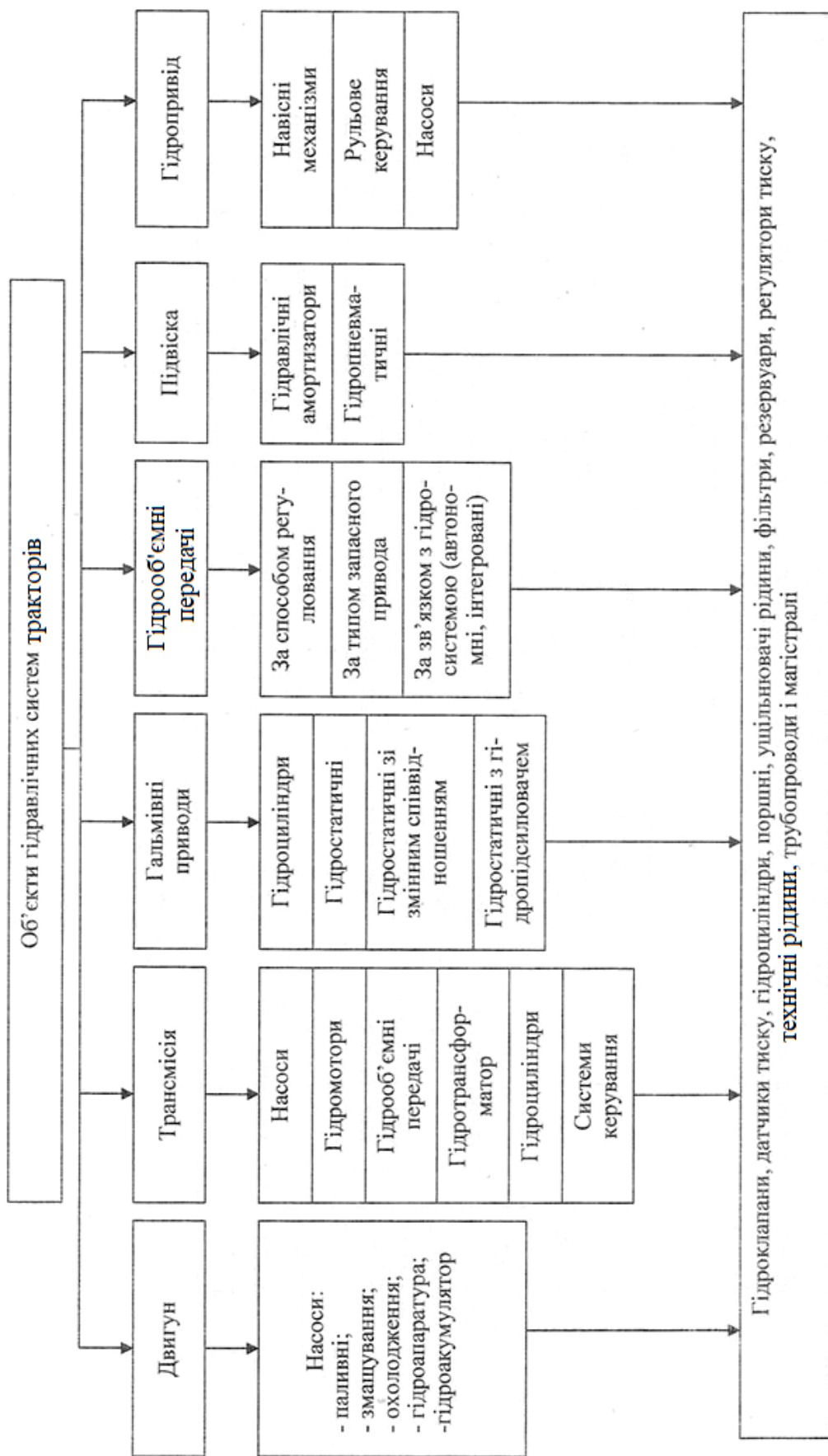


Рис. 3.19. Схема гідравлічних систем тракторів

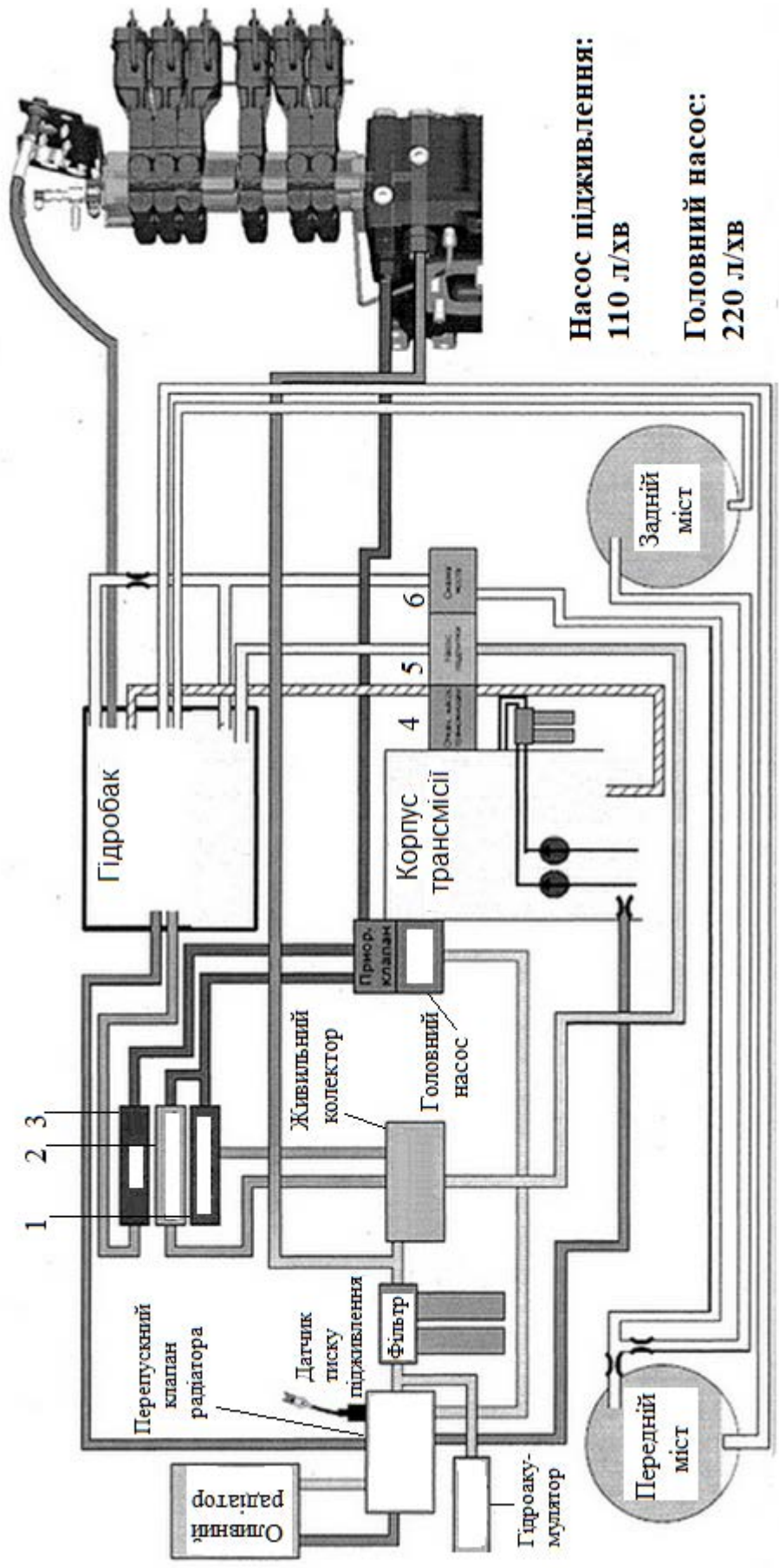


Рис. 3.20. Схема гідросистеми трактора 9R John Deere:

1 – гальма; 2 – рульове керування; 3 – AutoTrac; 4 – відкачувальний насос трансмісії; 5 – насос підживлення; 6 – змашування мовта

3.13. Засоби контролю і діагностування гідравлічних систем і гідроприводів

3.13.1. Діагностування органами чуттів оператора і діагноста

Методи діагностики органами чуттів людини слід розглядати як невід'ємну частину технічної діагностики гідравлічних систем. Досвідчений оператор у 50-80 випадках зі 100 визначає загальний технічний стан і несправність автоматично без виділення самого етапу прийняття рішення. При цьому інтуїтивно виконуються деякі дії (перемикання режимів роботи, елементарні виміри параметрів, поведінки механізмів і т. п.), наприклад, з отримання й інтелектуальної обробки інформації, на основі чого робляться висновки про стан об'єкта діагностування.

Діагностика гідравлічної системи – первинне завдання не тільки з метою локалізації несправного вузла, але й при плановому режимі експлуатації з метою фіксації основних робочих параметрів системи і контролю їх відповідності регламентним показникам. Іншими словами, діагностику необхідно проводити постійно в поточному режимі.

Планове діагностування гідросистем з метою профілактики і попередження відмов у робочий період виконують за низкою діагностичних параметрів, що характеризують роботоздатність основного фільтра, гідронасоса, розподільника і силових циліндрів. Агрегати гідросистеми перевіряють після того, як зовнішнім оглядом визначена справність усіх оливопроводів і з'єднань, а також опитуванням механізаторів або опробуванням гідросистеми в роботі встановлено наявність ознак порушення роботоздатності системи. У разі виявлення таких ознак діагностують гідросистему в послідовності, що забезпечує швидке виявлення можливих несправностей.

Під час візуального огляду гідравлічного обладнання основним є спостереження за плавністю роботи виконавчих органів і пошук витоків робочої рідини. Переривчасте (стрибкоподібне) переміщення виконавчих органів може виникнути через наявність у системі повітря. Проходячи через повітряний простір, олива захоплює з собою часточки повітря, стає мутною й утворює піну на поверхні. Причина поступового падіння швидкості подачі частин, що переміщуються, – збільшення витікання оливи через її розрідження під впливом нагрівання при безперервній роботі системи. Швидкість подачі може зменшуватися у разі спрацьованості ущільнень поршнів і циліндрів. При дросельному регулюванні зниження швидкості пов'язане із забрудненням фільтра або дроселя.

Підтікання рідини свідчить про слабку затяжку різьби або про руйнування ущільнювальних кілець. Спінення робочої рідини у гідробаку свідчить про підсмоктування повітря на всмоктувальній гідролінії. Допомагають у пошуку несправностей (відмов) гідросистем діагностичні пошукові схеми і таблиці несправностей і методів їх усунення.

Ресурсні параметри агрегатів гідросистеми, які слід контролювати в першу чергу, такі:

- продуктивність оливного насоса і створюваний ним тиск;

- гідравлічна щільність сполучення «корпус-робочий поясок золотника розподільника»;

- герметичність клапанів та ущільнень силового циліндра.

Так як усі ці параметри впливають на функціональні параметри гідросистеми в цілому, на швидкість підйому навішеного знаряддя і його усадку в транспортному положенні, то перевірку загального стану гідросистеми можна виконувати за названими параметрами.

Для діагностування гідросистем тракторів випускають спеціальні прилади, застосування яких у кілька разів зменшує тривалість і трудомісткість перевірок.

Техніка безпеки при виконанні діагностичних робіт. При діагностуванні гідравлічних систем слід зважати на те, що сучасні гідравлічні системи тракторів працюють при високих тисках, які можуть досягати до 350 бар ($\text{кгс}/\text{см}^2$), і високій продуктивності насосів (до 200 л/хв). Тому при виконанні діагностичних дій слід чітко притримуватися правил техніки безпеки.

Усі монтажні і демонтажні роботи слід проводити лише при непрацюючому двигуні з використанням відповідного інструменту та рекомендованих фітінгових з'єднань.

Перед діагностуванням необхідно перевірити надійність кріплення датчиків витрати та тиску і під'єднання їх до гідросистеми.

При вимірюванні продуктивності насоса датчик витрати слід з'єднувати у напрямку руху робочої рідини (стрілка на датчику) і ні в якому разі навпаки. Загалом діагностування гідравлічних систем полягає у під'єднанні до гідросистеми шляхом розриву існуючої схеми або до контрольних точок системи (закордонна техніка). Не можна заводити двигун трактора, не переконавшись у тому, що важіль коробки перемикачів передач знаходиться у нейтральному положенні.

Бажано знизити тривалість вимірювання тисків, так як будь-яка гідросистема не розрахована на тривалу роботу під тиском. Після виміру тиску початку роботи запобіжного клапана, слід відразу зняти навантаження (перевести секцію у нейтральне положення).

3.13.2. Апаратні засоби діагностування

У складних гідравлічних системах сучасних тракторів застосовуються комбіновані прилади гідравліки й електроніки. Для діагностики гідравлічного обладнання необхідно мати прилади, які дають можливість знімати в різних вузлах гідросистеми такі показники, як: температура робочої гідравлічної рідини, її тиск і витрата, а також вібрації в системі, кількість обертів в елементах, які обертаються, (частоту обертання валів), зчитувати параметри гідравлічної системи, проводити аналіз потоку робочої рідини та інші параметри.

На сьогоднішній день на ринку представлено кілька марок і типів такого обладнання: гідротестери й аналізатори гідравлічні Flo-tech (Badger Meter США/Німеччина); гідротестери та прилади-аналізатори гідросистем HYDAC

Electronic (Німеччина); гідротестери та прилади-аналізатори гідросистем Stauff (Німеччина); гідротестери і портативні прилади-реєстратори WEBTEC (Великобританія). Відрізняються прилади своїми входними і вихідними параметрами та компоновальним виконанням. До основних параметрів діагностичних приладів належать такі: роздільне або моноблочне виконання гідравлічної й електронної частин; розміри і вага; діапазони вимірюваних значень; дискретизація – швидкість сканування входних та оновлення вихідних каналів; типи вимірювальних елементів; обчислювані дані (об’ємний ККД, потужність); вільне введення обчислювальних формул на основі отримуваних даних; сигнальні уставки (тригери); типи з’єднань; наявність навантажувального пристрою на витратомірі; наявність «реверсу» у витратомірі; матеріали виготовлення частин; програмно-цифрове оснащення; величина похибки вимірювань; тип індикації даних; кількість входних і вихідних каналів; наявність вбудованої пам’яті; інтерфейси зв’язку з комп’ютером; ступінь захисту IP (IP – від англ. Ingress Protection Rating (ступінь захисту від проникнення) – показник захищеності виробу від проникнення всередину твердих тіл і рідин); можливість підключення додаткового оснащення; тип живлення; автономність роботи; типи вирішуваних технічних завдань.

Вимірювальний комплекс Parker Service Master Easy цифрових приладів: тестери, датчики тиску, частоти обертів, температури, об’ємної витрати гідравлічної рідини (рис. 3.21, а). Універсальний цифровий прилад (SERVICEMAN) із зарядним пристроєм і портом підключення до комп’ютера за вимогами ISO 9001 показаний на рис. 3.21 (б) [46].

Крім того, всі прилади мають власні характерні можливості. Щоб підібрати підходящий гідравлічний тестер або прилад-аналізатор, достатньо чітко поставити завдання та відповісти на два запитання: який трактор і його гідрообладнання підлягають діагностуванню і в яких умовах трактор експлуатується. На цей час експлуатуються трактори різного технічного рівня контролепридатності, наявності електронних і мехатронних систем керування робочими процесами та діагностування.

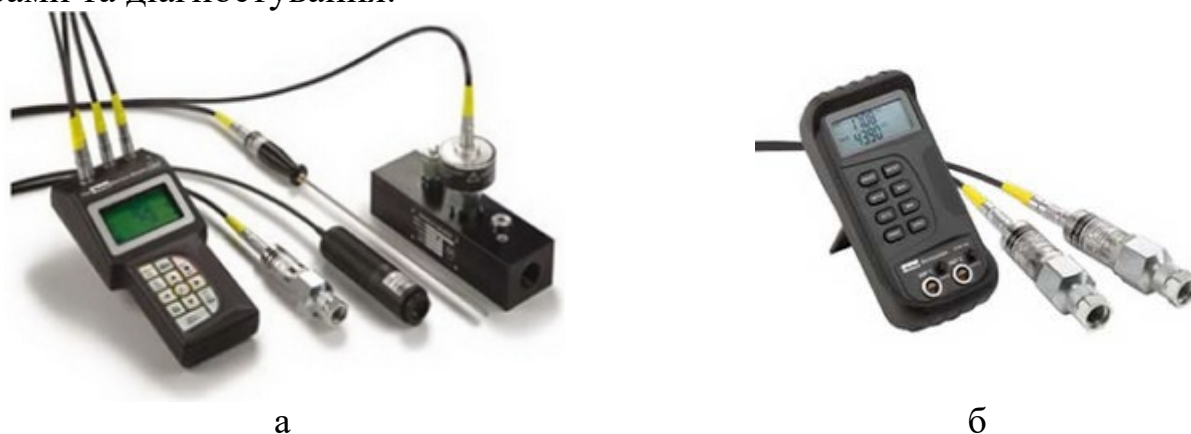


Рис. 3.21. Цифрові прилади діагностики гідросистем фірми Parker

Для відповідності вимогам сучасної гідравліки тракторів так і в складних мобільних гідравлічних системах, користувачеві надаються різні моделі

приладів. Діагносту, залежно від технічного рівня гідравлічного обладнання трактора, надається вибір діагностичних приладів.

Досить широкий асортимент діагностичного обладнання компанії Рагкег: системи аналізу потоку робочої рідини, системи визначення чистоти оливи, повітря; різні датчики, тестери і манометри. Всі діагностичні прилади Рагкег орієнтовані в першу чергу на оператора, а не на сертифікованого працівника лабораторії.

Ручні вимірювальні прилади SensoControl® спеціально розроблені з урахуванням таких вимог:

- вимірювання та індикація гідравлічних величин: тиску, перепадів тиску, піків тиску, температури і витрати оливи, а також частоти обертання;
- мобільна реєстрація виміряних характеристик з великою точністю і простим управлінням.

Цифровий манометр ServiceJunior дає можливість вимірювати (з точністю 0,5%) і переглядати параметри тиску. Чотирирозрядний дисплей забезпечує точну індикацію виміряних значень. Піки тиску надійно реєструються з частотою вимірювань в 10 мс з функцією пам'яті пікового значення (рис. 3.22).



Рис. 3.22. Цифровий манометр ServiceJunior з умовними позначеннями

Манометри ServiceJunior, незважаючи на простоту виконання та використання, мають суттєві експлуатаційні характеристики: широкий діапазон вимірювання тиску (16-1000 бар), високу частоту та точність вимірювання, а також можливість дистанційної передачі показань.

Цифровий манометр у виконанні ServiceJunior wireless забезпечує передачу виміряних даних за допомогою вбудованої антени через радіоінтерфейс (Wi-Fi) на відстань до 150 м і запис на персональний комп'ютер (ПК). Це дає можливість контролювати показники всіх манометрів, що використовуються на тракторі (рис. 3.23). Оператору не потрібно ходити і знімати покази манометрів.



Рис. 3.23. Манометр ServiceJunior wireless

Уся інформація відразу передається до дисплея трактора (ПК) де оператор у зручній формі може аналізувати інформацію та приймати швидкі рішення. Подібні системи моніторингу можуть використовуватися і на пунктах ТО та діагностування гідравлічних систем трактора (рис. 3.24) [46].



Рис. 3.24. Схема передачі даних при моніторингу у гідросистемі на основі ServiceJunior wireless

Комп'ютерний адаптер для відправки і прийому даних, бездротова передача параметрів даних зчитувань з пам'яті вимірюваних значень манометрів дають можливість контролювати до 16 точок вимірювань (на рис. 3.24, 1-4).

Інтелектуальна й унікальна система керування пам'яттю дає можливість ServiceJunior wireless записувати значення тиску для однієї або кількох точок вимірювання гідравлічного обладнання.

Установка граничного значення і необхідне налаштування виконуються за допомогою програмного забезпечення JuniorWin.

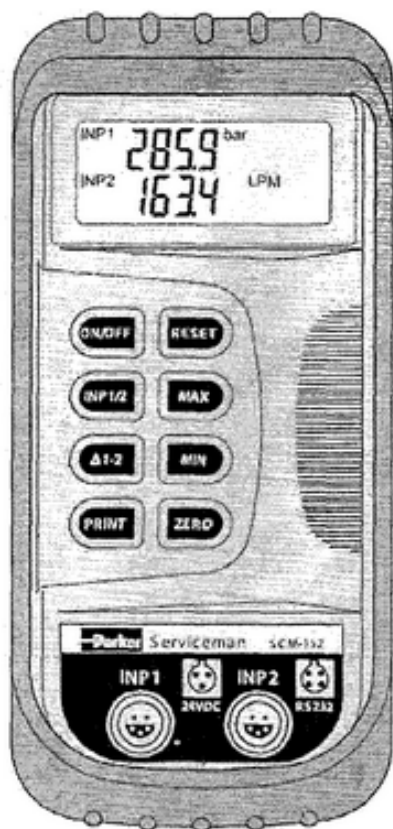
Цифровий прилад Serviceman (рис. 3.25) має такі параметри:

- просте управління;
- запобігання неправильним вимірюванням завдяки автоматичному розпізнаванню датчика;
- рознімач під'єднання до принтера і персонального комп'ютера;
- двострічковий дисплей;
- міцна конструкція.



Рис. 3.25. Цифровий прилад Serviceman і датчики температури

Прилад Serviceman має два входи для датчиків. Для вимірювання перепаду тисків досить просто натиснути кнопку. Також можливе швидке порівняння фактичних і заданих значень. Serviceman має два входи, с зарядним пристроєм і портом підключення до ПК. Порт для передачі даних дозволяє підключати прилад до комп'ютера. Друк даних може використовуватися для обов'язкового документування вимірювань згідно з вимогами ISO 9001 (рис. 3.26).



ДИСПЛЕЙ (двострочний) INP1 I INP2;
Індикація ΔP. Індикація заряду

- ON/OFF** Включення і виключення
- INP1/2** Вибір входу
- Δ1-2** Індикація різниці значень
 $P1-P2=\Delta P$
- PRINT** Передача даних на ПК
- RESET** Видалення мін/макс. значень INP1=INP
Синхронізація для вимір. ΔP
- MAX** Максимальне значення (пік тиску)
- MIN** Мінімальне значення
- ZERO** Коригування нуля
- INP1/INP2 Входи датчика 5 контактів
- 24 В Роз'єм блоку живлення чи адаптера SCK-318-05-21
- RS232 Інтерфейс ПК
SCM-152-2-02

Рис. 3.26. Загальний вигляд та умовні позначення приладу Serviceman

Serviceman, як і всі прилади серії SensoControl® має функцію розпізнавання датчика. Завдяки цьому не потрібне проведення тривалих робіт з налаштування. Прилад проводить автоматичне масштабування діапазонів вимірювань і відображення одиниць виміру на дисплеї. Такий підхід запобігає неправильним вимірюванням і тривалому налаштуванню приладу (рис. 3.27).

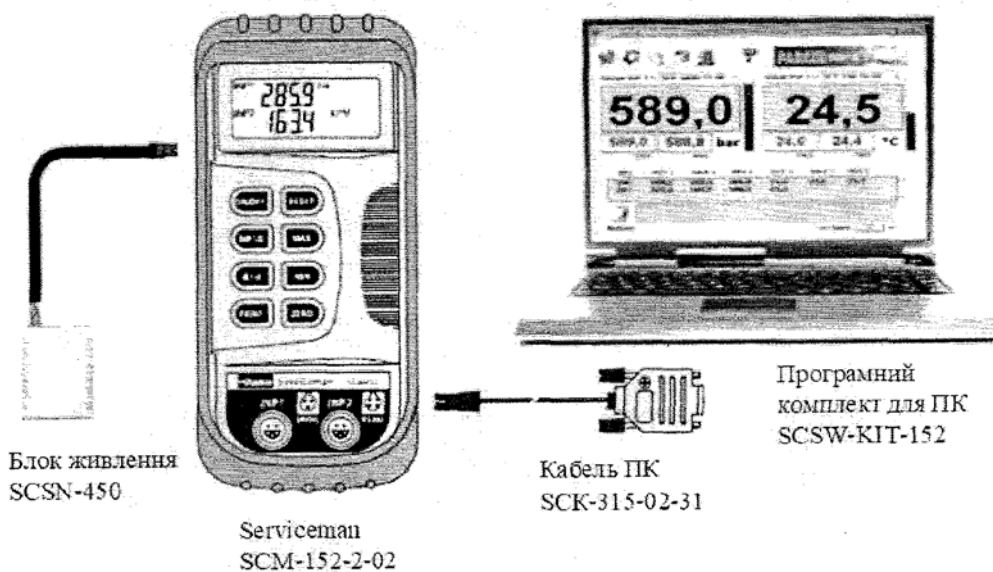


Рис. 3.27. Схема взаємодії приладу у вимірювальному комплексі

Програмний комплект дає можливість передавати дані про виміряні значення з приладу Serviceman в персональний комп'ютер чи ноутбук. Це програмне забезпечення сумісне з MS Windows. Записані дані вимірювань можна аналізувати й обробляти з використанням звичайних програм (наприклад, MS Excel).

Даний прилад на сьогодні має більш розширену і сучаснішу версію та можливості. Дана модель носить назву Serviceman Plus. Детальний аналіз цього приладу, налаштування та використання і подальша робота по діагностуванню буде базуватися саме на цьому приладі.

Прилад The Parker Service Master Easy є багатоканальним ручним вимірювальним приладом, який використовується для одночасного вимірювання гідравлічних величин (рис. 3.28).

Використання приладу зумовлене такими перевагами:

- моделі приладів з трьома і чотирма входами;
- просте керування завдяки автоматичному розпізнаванню датчика;
- рознімач для під'єднання до персонального комп'ютера;
- автономний режим роботи.

Гідротестери. Можливе вимірювання, відображення, збереження й обробка всіх гідравлічних параметрів, таких як: тиску, перепадів тиску, витрати та гідравлічної потужності (рис. 3.29).

Гідравлічний тестер SCLV для вимірювання тиску, температури і витрат показаний на рис. 3.29. Він дає можливість виконати два вимірювання до 750 л/хв високого тиску до 480 бар з рознімачем для шини CAN.

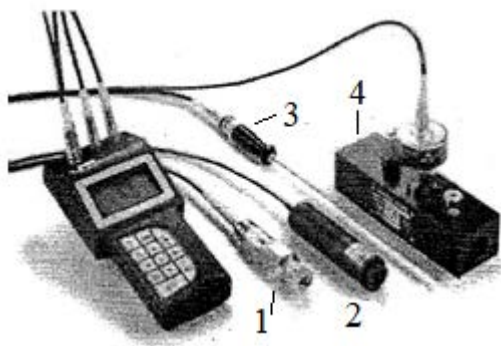


Рис. 3.28. Вимірювальний комплекс Service Master Easy

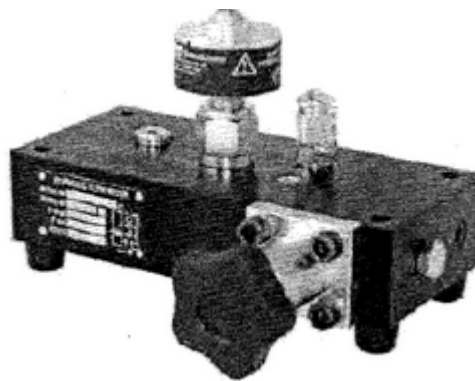


Рис. 3.29. Гідравлічний тестер

На рис. 3.28: 1 – датчик тиску SCPT; 2 – датчик частоти обертів SCROM; 3 – датчик температури SCT; 4 – датчик об'ємної витрати гідравлічної рідини SCFT.

Гідравлічні тестери розроблені для тестування функцій двигунів, насосів, клапанів і гідростатичних трансмісій. Ці прості у використанні гідравлічні тестери дають можливість виявити несправності в гідравлічній системі, зменшуючи тим самим час простою і допомагаючи під час профілактичного обслуговування.

Ці тестери можуть використовуватися для точного вимірювання витрати, тиску і температури при технічному обслуговуванні гідравлічних систем і пошуку місць неполадок на регульованих ходових клапанах, а також при налаштуванні клапанів.

Пристрій Parker Serviceman Plus дає можливість під'єднати датчики тиску, температури, витрати чи швидкості та відразу приступити до вимірювання. Функція автоматичного масштабування вимірювальних діапазонів і відображення на дисплеї виміряних значень позбавляє від необхідності в параметризації датчиків (рис. 3.30). Прилад має системи пам'яті з накопичувачем Nano USB, підключення до персонального комп'ютера (доступні дві версії: аналогове та CAN).



Рис. 3.30. Пристрій Parker Serviceman Plus



Рис. 3.31. Parker Service Master Plus

Для вимірювання, відображення, моніторингу та аналізу значень тиску, температури, об'ємної витрати та індикації для більш, ніж 50 каналів, рекомендується прилад Parker Service Master Plus (рис. 3.31, 3.32).

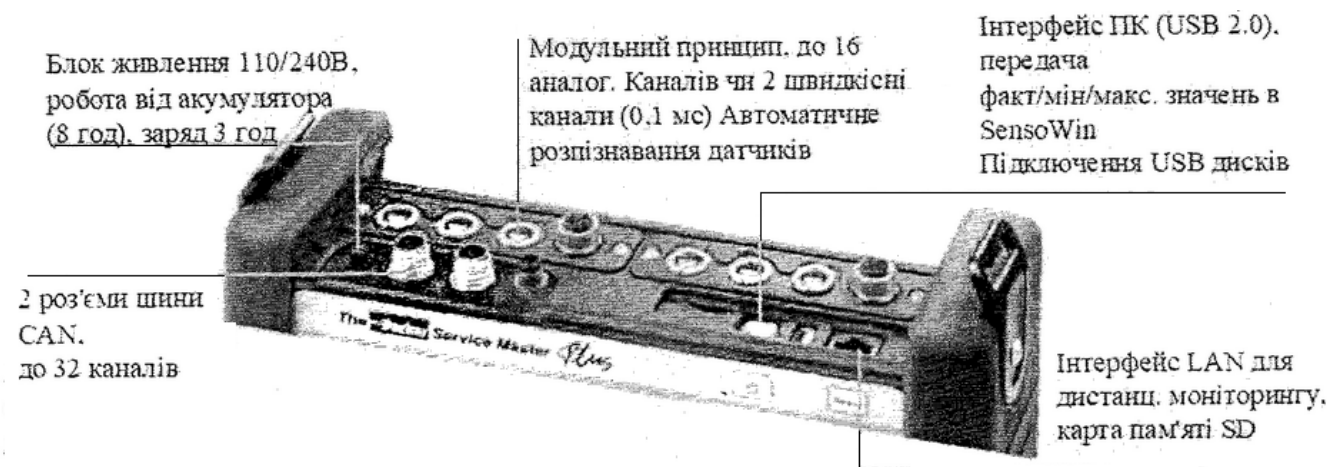


Рис. 3.32. Верхня панель Parker Service Master Plus

Відображення вимірних значень дається у вигляді чисел, гістограм або кривої. Прилад має інтерфейси CAN, LAN, USB; пам'ять для більше 1 млрд вимірних значень. Автоматичний запис, збереження й аналіз даних вимірювань через LAN, USB виконується за допомогою програмного забезпечення Senso WIN 7; дає можливість проводити дистанційне обслуговування (рис. 3.33).

Схема для з'єднання приладу Parker Service Master Plus містить в собі можливість використання як аналогової частини, так і цифрової частини або їх комбінацію.

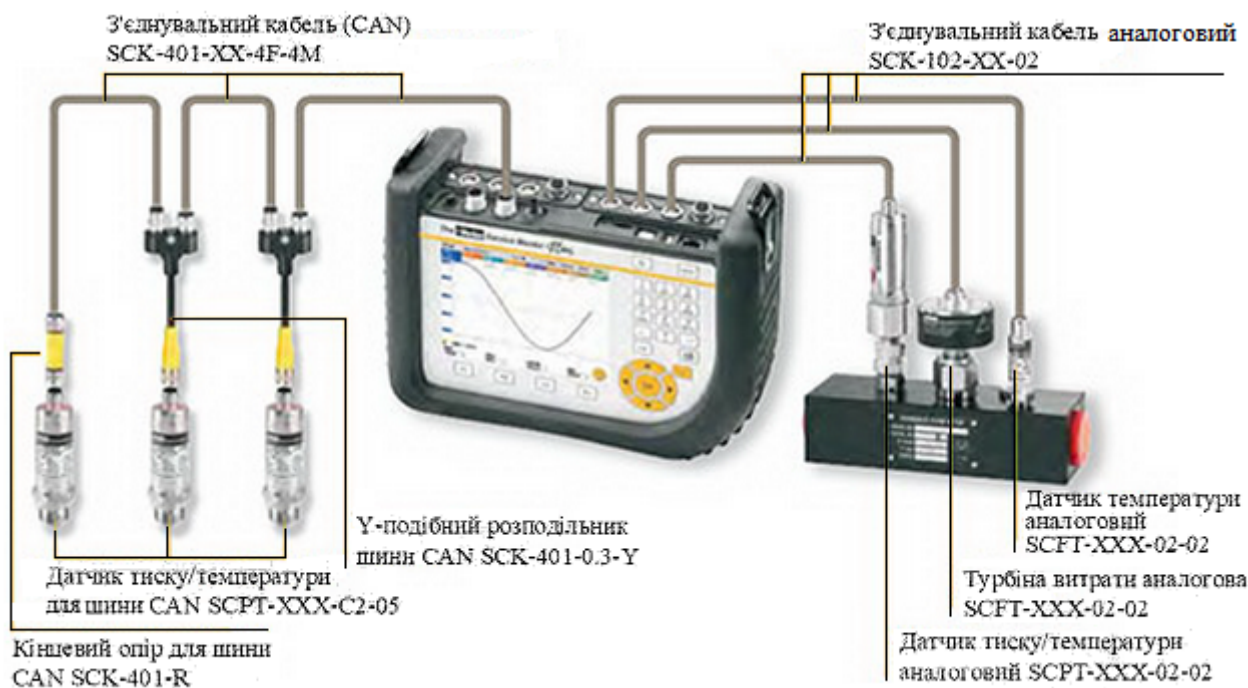


Рис. 3.33. Схема під'єднання датчиків тиску, температури та витрати

При аналогових датчиках з'єднання з приладом здійснюється за допомогою аналогових кабелів 8СК-102-XX-02.

Щодо показників то вони не залежать від типу датчиків.

Внутрішня схема передбачає нормальну роботу з будь-якими датчиками.

При цьому можуть бути різні комбінації – температури, тиску чи витрати:

- відображення вимірних значень у вигляді цифр або гістограми;
- фіксація тривожних діапазонів із зазначенням зеленого, жовтого і червоного кольору;
- функція додаткової індикації для мінімальних і максимальних значень;
- масштабне відображення до 4 каналів;
- одночасне відображення фактичних, мінімальних і максимальних значень.

3.14. Інтелектуальні системи методів діагностування оператором-діагностом

3.14.1. Оператор-діагност як перша ланка у прийнятті рішень щодо результатів діагностування трактора

Процеси діагностування трактора надзвичайно трудомісткі, а їх результати часто є незадовільними, тому що залежать, перш за все, від кваліфікації діагноста.

Методи діагностування органами чуттів людини слід розглядати як невід'ємну частину технічної діагностики на всіх стадіях життєвого циклу транспортних машин.

Реальний стан технічних об'єктів, що змінюється з часом через різні зовнішні та внутрішні причини, у 50-80 випадках зі 100 досвідчений оператор визначає автоматично без виділення самого етапу прийняття рішення. Ці методи діагностування ґрунтуються на знаннях, досвіді діагноста й досконалості його почуттів та розуму. При цьому інтуїтивно виконуються деякі дії з отримання й інтелектуальної обробки інформації, на основі чого робляться висновки про стан об'єкта.

Перш ніж робити якісь висновки щодо технічного стану, навіть при використанні програмних інструментальних методів, діагност проводить логічні міркування, вивчає, які роботи і коли проводилися з вузлом, які їх результати, чи справні засоби діагностування і т. д. Навіть у найскладніших системах діагностування із застосуванням сучасних осцилографів, мотор-тестерів, сканерів та інших інструментів людина (оператор-діагност) сприймає інформацію, опрацьовує і приймає рішення про її достовірність. У разі необхідності для підтвердження використовує інші методи діагностування, робить відповідні включення-виключення, змінює режими роботи, перевіряє, «чи є сигнал — чи немає» і т. д., а знаючи взаємозв'язок процесів, що відбуваються, і взаємозв'язок несправностей, управляє діагностуванням трактора.

Інтелектуальні (ймовірно-логічні) методи дають можливість при використанні їх на основі вбудованих засобів (інформаційні, сигналізуючі, програмовані, запам'ятовуючі) мінімізувати ймовірність виникнення несправності шляхом своєчасного відслідковування зміни контрольованих параметрів.

3.14.2. Структура людських і технічних систем діагностування

До засобів і методів діагностування тракторів органами чуттів належать аналізатори зору, слуху, нюху, дотику та мислення людини. Органи чуттів людини дають інформацію про отримання певних відчуттів. Значення показника технічного стану визначають шляхом аналізу та класифікації сукупності ознак, отриманих відчуттів, керуючись знаннями, накопиченим досвідом, розумом та особистими якостями діагноста (рис. 3.34). Швидкість і ефективність класифікації образів стану залежать від того, наскільки добре (точно) підібрані основні ознаки на першому етапі діагностування.

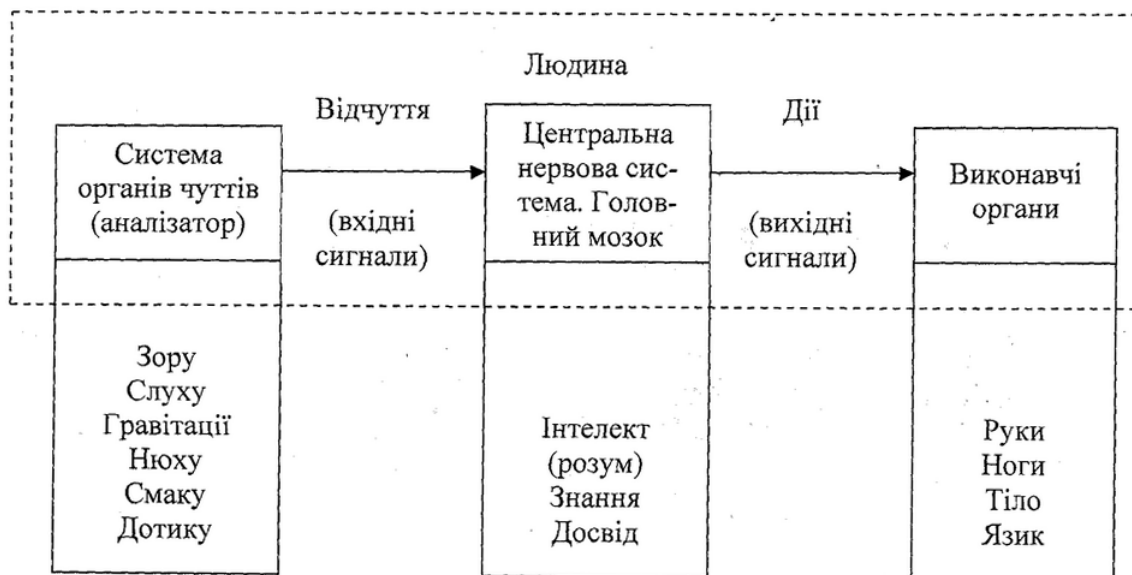


Рис. 3.34. Система людини

Для формування відчуттів людині необхідне зовнішнє подразнення певних органів – «датчиків чуттів». Це загальна схема виникнення відчуттів. Зовнішні подразнення оцінюються головним мозком у вигляді певних сигналів, які формують певні відчуття. За цим приймається рішення, і мозок видає необхідні командні сигнали виконавчим органам. При цьому дії можуть бути свідомими і несвідомими.

Людина – це досконала біофізична система діагностування, елементами якої є рецептори (очі, вуха, ніс, шкіра тощо), головний мозок, язик. Частина тіла, шкіра, голова, руки і ноги складають систему дотику. Організм людини дуже відчуває прискорення і реагує навіть на незначні його зміни, спричинені різними несправностями, режимами роботи механізмів і т. п.

Дещо аналогічне відбувається і в технічній системі, яка складається з датчиків та мікро-ЕОМ (рис. 3.35). Мікропроцесор і пам'ять на рис. 3.35 виконують аналогічні функції головного мозку людини. У людини згідно з сигналами головного мозку починають діяти руки, ноги, тіло, а в технічній системі за командами процесора діє механічна рука або інший виконавчий пристрій (клапан, вимикач тощо).

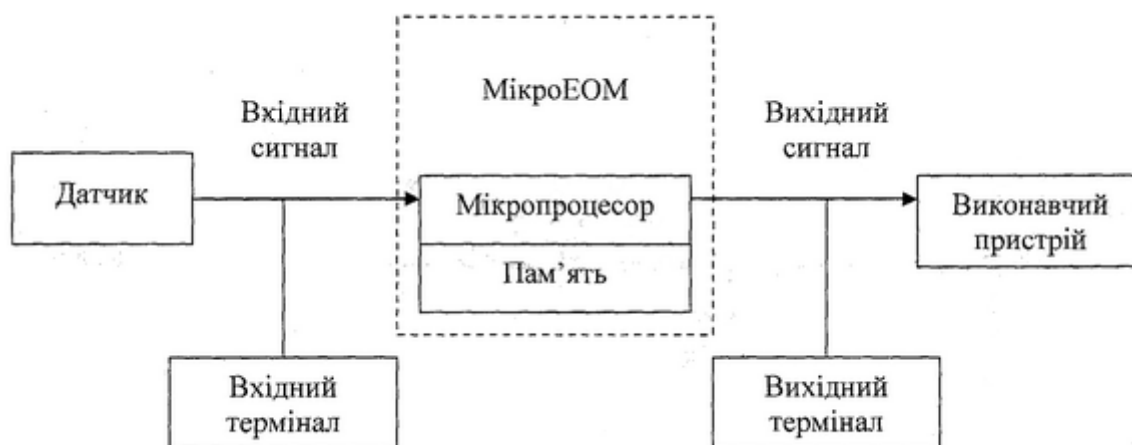


Рис. 3.35. Технічна система

Біофізичні системи людини володіють високими можливостями вдосконалення шляхом отримання знань, досвіду та тренувань, що дають можливість формувати нейронні системи пам'яті та автоматично управляти технічними системами.

При відомих недоліках методи діагностування органами чуттів людини у багатьох випадках дають можливість попередити відмови й аварії механізмів. Ці методи ефективно застосовують для попередньої експертної оцінки стану окремих механізмів тракторів. У поєднанні з простими технічними засобами, які не розраховані на проведення вимірювань, але підвищують можливості, сприйняття та роздільну здатність органів чуття людини (показання бортових приладів, лупа, мікроскоп, мікрофон, щуп, слухова трубка, ендоскоп і т. п.), ці методи дають хороші результати. Систематизація й узагальнення прийомів такого діагностування представляє великий практичний інтерес, складає основу для розробки електронних та інших технічних систем діагностування.

Діагностику несправностей органами чуттів людини корисно освоїти хоча б тому, щоб розуміти обсяг, вартість і терміни виконання робіт, необхідні діагностичні засоби і вирішити, кому довірити їх усунення (самому собі, майстру на стоянці чи сервісній фірмі).

У якості засобів діагностування виступають органи чуттів людини. Оцінка технічного стану на основі органолептичних методів і логічного аналізу структурних і вхідних параметрів робочих процесів є невід'ємною частиною першого етапу будь-якого процесу діагностування. Біологічні системи людини за багатьма властивостями переважають технічні аналоги (датчики).

3.14.3. Інтелектуальні можливості людини в системі діагностування

Як в простих, так і в складних реалізаціях роль аналізатора інформації та виконавчого механізму виконує оператор-діагност. Спостерігаючи за великою кількістю змінних багатовимірної системи трактора, що характеризують її технічний стан, оператор у більшості випадків приймає рішення швидко й ефективно, без залучення складних інструментів та спеціалістів. Ефективність рішення, яке він приймає, у значній мірі визначається знанням об'єкта, досвідом та інтуїцією. До сьогодні немає доступних приладів і засобів, що здатні реалізувати всі функції, виконувані людиною: швидке моделювання процедур і топологічне представлення об'єктів при діагностуванні трактора та перехід до моделей простору параметрів.

Людська біофізична система здатна оцінювати комплексно технічний стан об'єкта, навколишнє середовище, дорожні умови, процеси та пригоди, які швидко змінюються, і виробляти алгоритм прийняття рішення за частки секунд з урахуванням морального усвідомлення ситуації. Свідомість людини охоплює весь відчутний фізичний світ і повинна містити комплекси, які відображають найбільш фундаментальні його категорії: матерію, енергію, простір і час. Ніяка електронна система діагностування, бортова і стаціонарна, не може в достатній мірі мати багату комбінацію людських якостей, совісті й таких мо-

більших засобів і алгоритму комплексного діагностування в реальному часі в дорожніх умовах. При багатьох позитивних моментах застосування електронних засобів діагностування систем управління трактором прийняття рішення в управлінні та пошуку несправностей залишається завжди за людиною-оператором, людиною-водієм, людиною-діагностом. Трактори – творіння людини і їх рівень розвитку, принцип дії, конструктивний зміст так само різноманітні, як і наші думки та дії.

Основним завданням інтелектуальної діагностики є швидка побудова як алгоритмів розпізнавання стану технічної системи, так і діагностичних моделей в умовах обмеженої інформації.

У всіх випадках діагностування органами чуттів людини під час проведення огляду та технічного обслуговування залишається практично основним способом отримання первинної інформації про технічний стан трактора. Незважаючи на появу і розвиток нових методів технічного діагностування, оцінювання органами чуттів людини технічного стану (наявність дефектів, пошкоджень, зниження керованості трактором тощо) залишається головним методом контролю, який дає можливість своєчасно виявляти й усувати несправності та попереджувати відмови через поломку складних деталей вузлів і покращити функціонування системи. Діагностування органами чуттів людини у багатьох випадках дає можливість уникати виникнення аварії механізмів. Досвід технічної діагностики показує, що людина, як правило, при багатоплановому уявленні об'єкта ставить діагноз не за однією, а за кількома ознаками.

Поєднання техніки, біології та психології – це досконалі ерготехнічні (ергактичні) системи та інтелектуальні системи знань і управління процесами та тракторами. Органи чуттів і нейронна система людини можуть кодувати і класифікувати за ознаками сигнали, об'єкти, явища, процеси, ситуації та інші образи; виконати технічну, економічну, медичну, соціальну діагностику; проводити узагальнення й інтелектуальну обробку даних. Жодна з технічних систем не має таких якостей.

Людська біофізична система діагностування має такі позитивні якості: величезна кількість властивостей в одній автоматичній системі, простота методів контролю, мобільність і оперативність постановки діагнозу, можливість постановки діагнозу в разі відсутності багатьох вартісних технічних засобів діагностування, невелика трудомісткість та вартість постановки діагнозу.

3.14.4. Послідовність інтелектуального діагностування

Звичайно, першим діагностом технічного стану трактора є його водій, який у процесі експлуатації трактора слідує за шумами, вібраціями, які виникають, та іншими проявами процесів функціонування і керування агрегатами й системами трактора. Після появи деякої незвичайної ознаки увага водія зосереджується на накопиченні інформації про технічний стан трактора, на показаннях бортових приладів та системи самодіагностики, частоті повторної появи тієї самої ознаки або інших ознак, які можуть виступити у якості діагностичних параметрів.

В залежності від складності об'єкта і поставлених завдань, оцінювання технічного стану можна здійснювати в три етапи за алгоритмом, представленим на рис. 3.36.

Найефективнішою послідовністю діагностування є історичний метод схожості, еталонів, аналогій і винятків, принцип контролю технічного стану від простого до складного, не пропускаючи очевидного.

Обстеження або окремого вузла починають проводити з найбільш інформативних ознак, послідовно перебираючи їх, спрямовуючи діагностику на контроль найважливіших елементів, агрегатів, систем, у разі необхідності багатократно повторюючи випробування до моменту встановлення діагнозу.

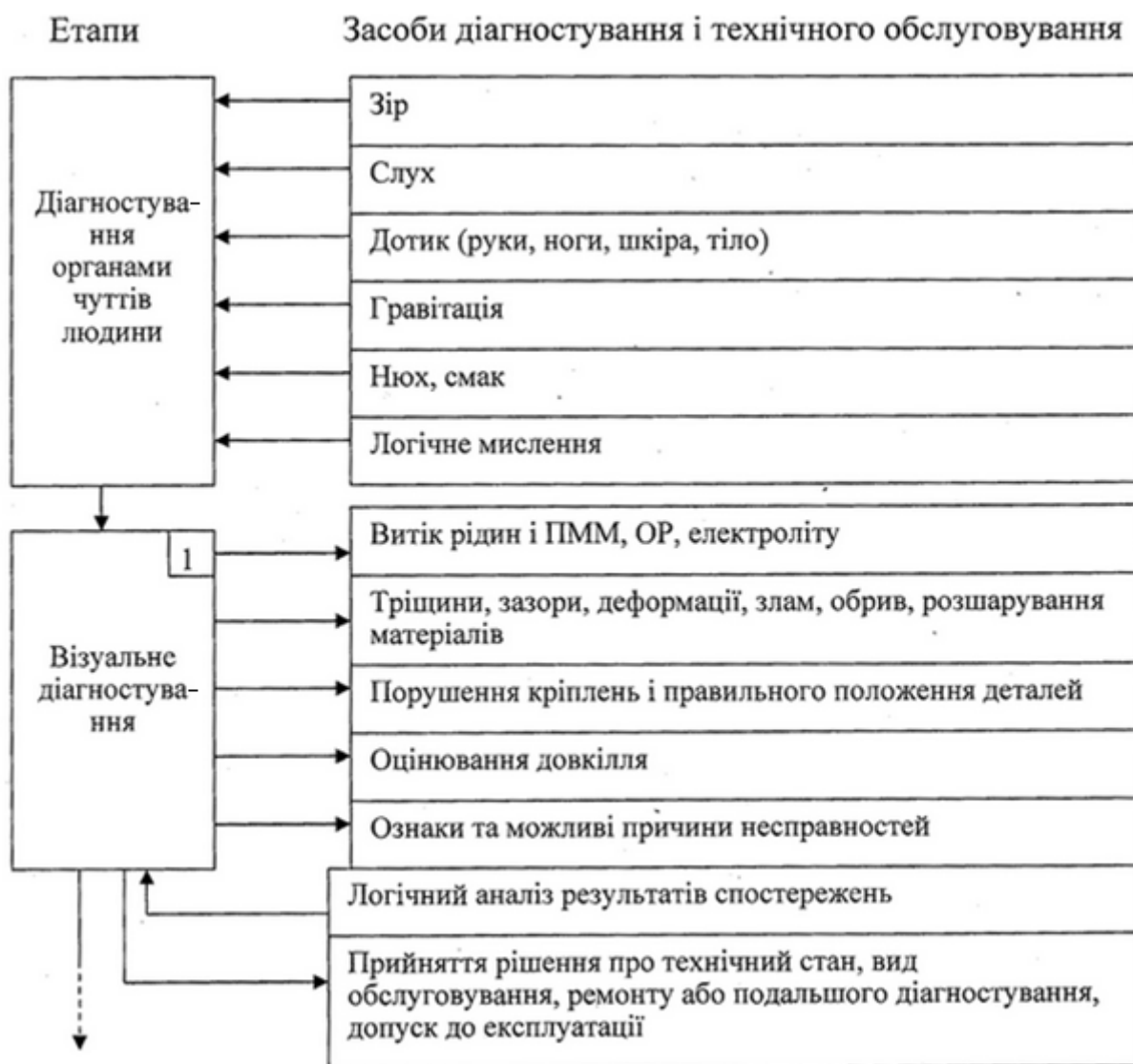
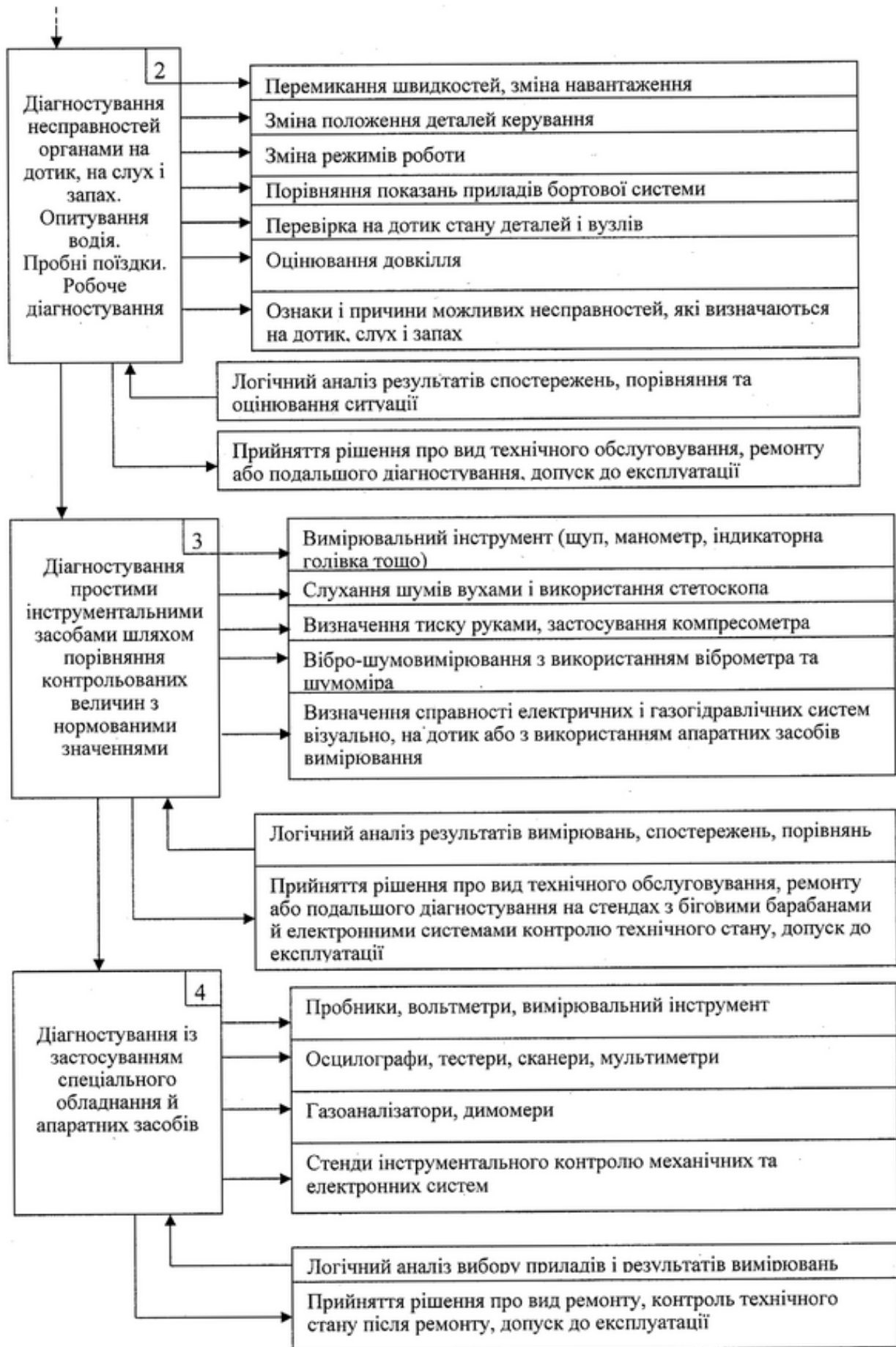


Рис. 3.36. Алгоритм діагностування органами чуттів та мислення людини



Продовження рис. 3.36

Залежно від складності об'єкта і виду несправності діагностування може проводитися у чотири етапи (див. 1, 2, 3, 4; рис. 3.36). На першому етапі діагностування технічних систем трактора проводиться оцінювання технічного стану органами чуттів на базі досвіду та знань людини. Частина видів діагностування несправностей агрегатів і вузлів органами чуттів на першому етапі приведена на рис. 3.37.

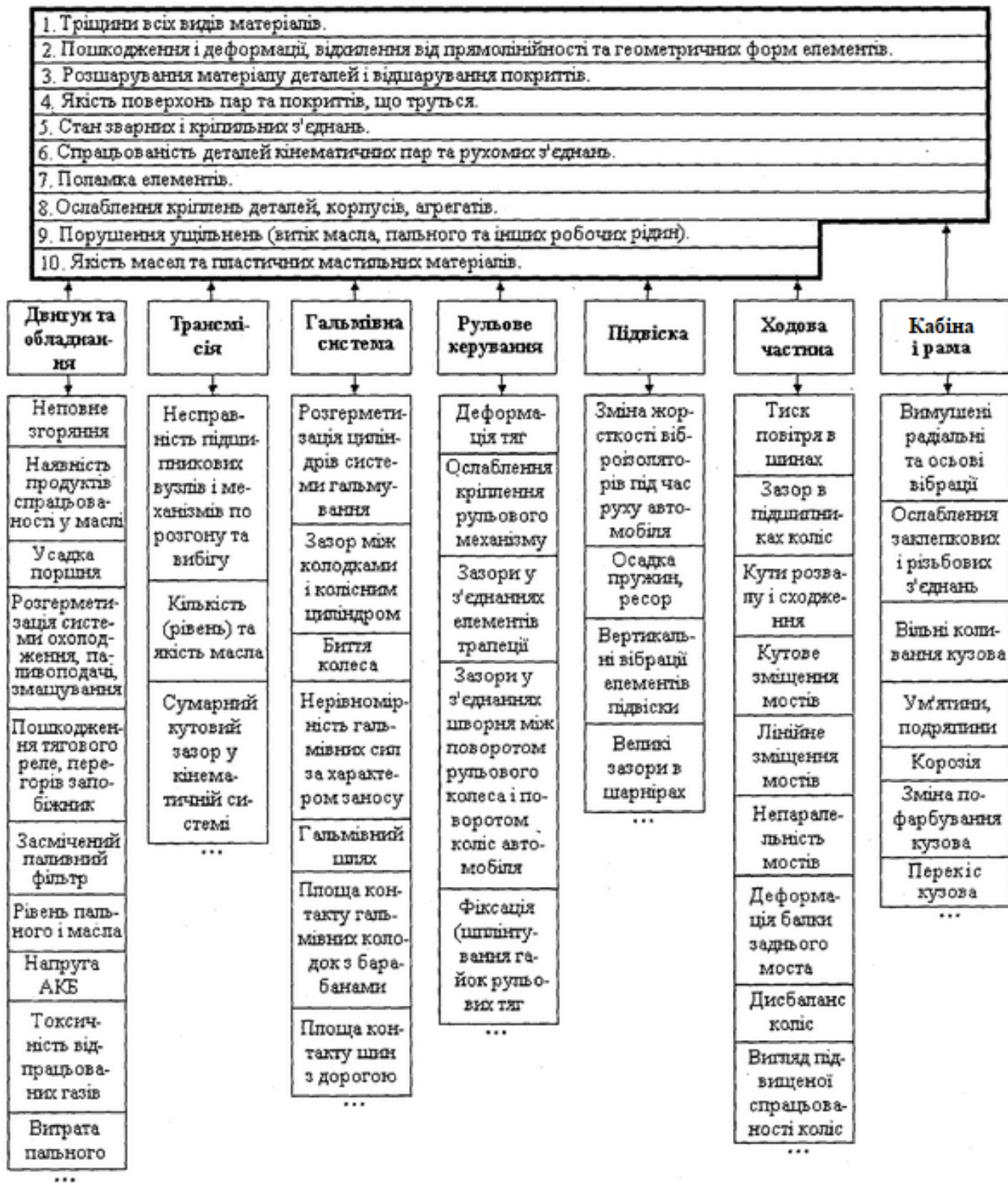


Рис. 3.37. Розпізнавання несправностей трактора органами чуттів людини

На рис. 3.37 у верхній частині (позиції 1-10) указані загальні очевидні види несправностей, що характерні для всіх діагностованих вузлів і агрегатів.

Органами чуттів людини можна виявити такі несправності будь-яких механізмів:

- полумки деталей і тріщини на поверхнях тертя, корпусів і деталей;
- порушення ущільнень;
- пошкодження, тріщини та розшарування ременів і несправності ремінної передачі за помітною на око вібрацією шківів та ременів;
- пошкодження, дефекти і спрацьованість шин коліс;
- поява зазорів у виконавчих механізмах і системах керування ведучими колесами та підвісок;
- якість розпилювання пального форсунками;
- пошкодження корпусів електричної проводки та її іскріння;
- послаблення кріплень деталей і корпусів;
- пошкодження і засмічення фільтрів;
- дефекти трубопроводів, з'єднувальних шлангів, сполучень деталей і механізмів за зовнішньою формою та за витоком оливи, пального, повітря, охолоджувальної та гальмівної рідини;
- тріщини банки акумуляторної батареї – за витоків електроліту;
- неповноту згоряння пального – за димністю відпрацьованих газів;
- спрацьованість деталей циліндропоршневої групи – за блакитнуватим кольором відпрацьованих газів внаслідок надлишкового угару картерної оливи та димлення із сапуна;
- кількість та якість моторної оливи – за кольором оливної плями, нанесеної на фільтрувальний папір;
- нерівномірний натяг і послаблення ремінної передачі;
- стан гальмівної системи в дорожніх умовах за гальмівним шляхом – виявити понижену площу контакту частини накладки, що не працює і покривається пилеподібними продуктами спрацювання накладки (а робочі її частини чисті);
- стан ходової частини – за порушенням прямолінійності руху коліс;
- брак робочої рідини – за спіненням рідини в баку;
- надмірна спрацьованість ущільнювального колеса поршня силового циліндра – за помітною на око усадкою поршня (штока) при нейтральній позиції рукоятки золотника розподільника;
- оцінка в'язкості моторної оливи – за швидкістю її стікання зі щупа з використанням етилового масла;
- розгерметизація системи охолодження – за наявністю охолоджувальної рідини в оливі способом визначення висоти шару охолоджувальної рідини та загальної висоти охолоджувальної рідини й оливи у пробірці;
- несправності підшипникових вузлів і механізмів – за тривалістю їх обертання до повної зупинки після відключення привода або прокручування рукою (вибіг або розгін).

Відмінною особливістю візуального контролю є труднощі при формалізації процесу і вирішення завдання розпізнавання. Виявлення тріщин корпус-

них деталей, опор або основ можливе у разі досягнення розмірів тріщин до 50-100 мкм, які стають видимі. Такі тріщини можна виявити методами неруйнівного контролю.

У більшості випадків діагностування органами чуттів діагност проводить одночасно візуально, на дотик, на слух, запах і колір.

На слух виявляють місця і характер ненормальних стуків, шумів перебоїв у роботі двигуна, місця збільшення зазору між клапанами і коромислами механізму газорозподілення, несправностей трансмісії та ходової частини (за скреготом, шумом і люфтом), нещільності (за шумом повітря, що проривається) і т. п.

Оглядом установлюють місця підтікання оливи, охолоджувальної рідини, пального, колір відпрацьованих газів, натяг ланцюгових передач, биття частин, що обертаються, та ін.

На дотик установлюють місця і ступінь ненормального нагрівання, биття, вібрації деталей, в'язкість, липкість рідини і т. п.

Нюхом за характерним запахом визначають несправність муфти зчеплення, витік бензину, електроліту, коротке замикання електропроводки тощо.

На другому етапі проводиться опитування водія і комплексне діагностування органами чуттів людини нормальної (функціональної) роботи основних елементів, вузлів, агрегатів і систем трактора.

Багато видів несправностей, приведених, наприклад, на рис. 3.38, необхідно розпізнавати під час аналізу системи двигуна, шасі або системи «рульове керування-ходова частина-підвіска». На рис. 3.38 наведені фрагменти залежних несправностей у системі «рульове керування-ходова частина-підвіска». Низка наведених на рис. 3.38 несправностей, наприклад рульового колеса, та їх можливі причини визначаються діагностом візуально й опитуванням водія.

Правильне співвідношення кутів розвалу та сходження керованих коліс сприяє прямолінійності руху трактора та збереженню паралельності коліс, виключаючи проковзування елементів протектора на дорозі та прискорену спрацьованість шин.

Перед тим як шукати причини неполадок у гальмах, ходовій частині та підвісці, необхідно переконатися в тому, що шини в хорошому стані й тиск у них відповідає нормі, що нормально відрегульована установка коліс, що вантаж рівномірно розподілений у тракторі.

Діагностичні зовнішні ознаки характеризуються значною різноманітністю, однак, їх можна об'єднати у групи, беручи до уваги їх деяку спільність. До цих ознак належать параметри технічного стану: структурні, функціональні та інші параметри, які характеризують структуру і функціонування трактора, а також якісні та кількісні характеристики його властивостей.

Установлення факту несправності за зовнішніми ознаками є підставою для більш глибокого діагностування відповідного агрегату шляхом вимірювання діагностичних і структурних параметрів стану.

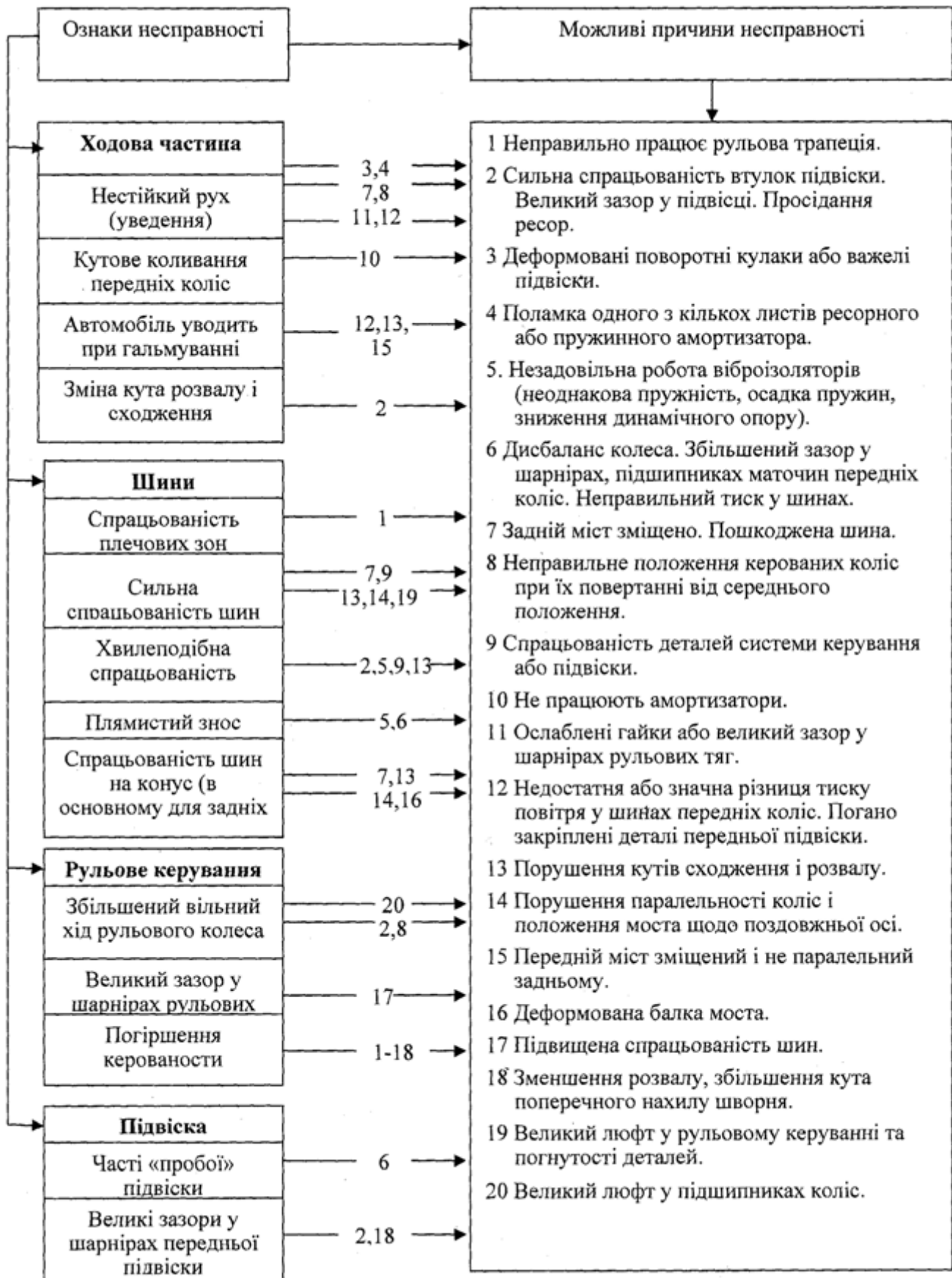


Рис. 3.38. Залежні несправності у системі «рульове керування-ходова частина-підвіска»

Останнім часом арсенал засобів, використовуваних людиною під час діагностування трактора, значно розширений за рахунок появи бортових засобів візуального контролю реакції об'єкта діагностування на тестові впливи. Бортові засоби значно підвищують інформативність сприйняття об'єкта органами чуттів людини та якість логічного контролю під час пошуку місця та причини несправності.

Додаткове застосування найпростіших інструментальних засобів діагностування і використання показань приладів бортових систем на третьому етапі (рис. 3.36) дає можливість виявити більшість несправностей механічних систем об'єкта діагностування. На третьому етапі діагностування використання осцилографів і тестерів не завжди виправдане. Використання найпростіших засобів вимірювання дає можливість провести кваліфікований попередній аналіз та обґрунтування пошуку конкретної несправності й конкретними засобами потрібної роздільної здатності.

Під час пошуку несправностей трактора (агрегату) виконують операції порівняння реакцій об'єкта діагностування на тестові впливи або оцінювати вихідні сигнали. Діагноз повинен містити вказівки на несправні елементи та рекомендації щодо способу усунення несправності. На цій стадії діагностування висококваліфікований діагност на базі свого досвіду та знань може за 15 хвилин установити причини типової несправності у 9 з 10 випадків. Однак, таких фахівців мало.

Діагностування тракторів в обсязі четвертого етапу (рис. 3.36) проводиться, якщо контроль технічного стану на етапах 1, 2, 3 не дав результатів.

На четвертому етапі діагностування трактора здійснюється інструментальними засобами. Завдання діагноста правильно визначити діагностичні параметри, правильно вибрати засоби, їх роздільну здатність, місця, точки і кількість вимірюваних параметрів, режими діагностування (температурні, швидкісні, навантажувальні та ін.), способи обробки результатів вимірювань, визначити види й обсяг регулювальних робіт, обсяг ремонтних робіт. Провести повторне діагностування після проведення регулювальних і ремонтних робіт на відповідність вимогам економічних, екологічних і технічних норм безпеки трактора. Обґрунтувати допуск в експлуатацію з прогнозуванням залишкового ресурсу.

Постійний контроль технічного стану тракторів в експлуатації виконують у такій послідовності:

1. Діагностування трактора за значеннями параметрів, що надходять від бортових пристроїв. Виконує водій при випуску на лінію або діагност при наданні допуску до експлуатації трактора,

2. Діагностування трактора водієм на лінії. Це діагностування є первинним найважливішим елементом комплексної оцінки технічного стану трактора. Достовірність діагностування залежить від кваліфікації водія. Отримання діагностичної інформації базується на переліку діагностичних параметрів порушення функціонування трактора.

3. Діагностика трактора механіком після повернення його з лінії в контрольно-технічний пункт. Проводиться органами чуттів людини та інструмен-

тальними засобами за діагностичною інформацією водія та бортової системи само діагностики.

Діагностична інформація використовується для видачі рішення на допуск (готовність) трактора до експлуатації згідно з власною оцінкою механіка.

Для глибокого аналізу інформації, її порівняння та прийняття рішення потрібні достатні знання й досвід, які дають можливість людині при діагностуванні використовувати системний підхід, побудувати логічний план дій з урахуванням складного причинно-наслідкового зв'язку можливих несправностей (рис. 3.38) режимів діагностування та прогнозувати роботоздатність об'єкта на певний час. До необхідних загальних знань людини-діагноста (оператора) належать знання конструкції об'єкта діагностування, видів експлуатаційних несправностей, параметрів їх діагностування, засобів і методів діагностування.

3.14.5. Знання, необхідні діагносту для ефективного діагностування трактора

Висновок про технічний стан об'єкта діагностування, зроблений на підставі сприйняття органами чуттів людини та логічного мислення, без наступного інструментального контролю технічних параметрів об'єкта діагностування, завжди має попередній характер. Тому діагностування органами чуттів людини нерідко вимагає інструментального підтвердження. Інструментальні методи часто також мають таку саму достовірність діагностування, як і органами чуттів людини. Відмінність полягає у різній роздільній здатності методів визначення кількісних значень діагностичного параметра несправності (в залежності від її місця розташування і виду).

Методи діагностування на дотик, на слух, на колір і запах дають можливість оцінювати у більшості випадків тільки якісні ознаки відхилення технічного стану від норми. Візуально людина може діагностувати багато дефектів і несправностей з великою точністю та достовірністю. Недоліком цих методів є й те, що вони дають можливість фіксувати в основному розвинені несправності, граничний або близький до цього стан трактора. Діагностування органами чуттів людини дає можливість констатувати наявність несправності, але встановлення кількісних значень спрацьованості багатьох деталей, розташованих всередині об'єкта, цими методами без розбирання механізму вимагає великого досвіду та високої кваліфікації діагноста. Пошук і усунення складних несправностей механічних систем без розбирання механізму не завжди має потрібну достовірність. Спроби кількісної оцінки стану об'єктів діагностування органами чуттів людини, як і багатьма інструментальними, у тому числі електронними системами засобів, можуть призводити до серйозних помилок у прийнятті рішень щодо ступеня спрацьованості та роботоздатності механізму. Вони не завжди дають можливість кількісно з високою достовірністю (0,99) прогнозувати залишковий ресурс.

Трудомісткість і достовірність оцінки технічного стану органами чуттів людини залежить від проектного й експлуатаційного діагностичного забезпечення конкретного трактора:

- якості розробленої експлуатаційної документації на стадії проектування (таблиць несправностей, діагностичних параметрів і їх нормативних значень);
- діагностичних ознак несправностей усіх систем, комплексу взаємопов'язаних правил, методів, алгоритмів і засобів, потрібних для виявлення несправностей;
- діагностичних моделей, способів і прийомів, що забезпечують оцінювання технічного стану;
- структурно-наслідкових і функціонально-логічних моделей пошуку несправностей;
- знання конструкції, типових і можливих несправностей;
- кваліфікації та досвіду діагноста.

Під час розробки експлуатаційно-технічної документації діагностування органами чуттів і мислення людини складають контрольню-регулювальні та маршрутну-налагоджувальні карти, таблиці з указанням вихідних, номінальних, допустимих і граничних значень параметрів, схеми пошуку несправностей усіх систем трактора з указанням діагностичних структурних і функціональних ознак та параметрів, каталоги видів спрацьованості та пошкоджень з фотографіями й описом їх відмінних особливостей. Розробляються детальні карти змащування, контролю змащувальної системи, якості змащувального матеріалу, періодичності його заміни з урахуванням умов експлуатації та ін.

При експлуатації тракторів розроблені при проектуванні діагностичні ознаки доповнюються фактичними експлуатаційними даними (комп'ютеризоване «досьє» на кожний засіб). Історія та статистична обробка даних експлуатаційних несправностей значно збільшує досвід і знижує трудомісткість діагностування.

До потрібних якостей знань людини-оператора (діагноста) належить рівень знань конструкції і робочих процесів об'єкта діагностування, його типових несправностей, параметрів методів діагностування і їх нормативних значень, систематичних похибок вимірювань, які виникають через незнання алгоритмів, помилок в оцінюванні показань приладів, неправильних навичок оператора щодо режимів діагностування. Результати огляду об'єктів діагностування залежать від умов контролю, психологічного стану людини, втомленості, від освітленості площі поверхні, яку оглядають.

У разі кваліфікованого навчання, як показує практика, досвідчені механіки до 70-90% несправностей і відмов трактора, агрегатів оперативно визначають з допомогою органолептичних методів і найпростіших тестів. Діагностування органами чуттів та логічне мислення шляхом порівняння результатів тестів дають можливість значно скоротити час та уточнити напрямок пошуку несправності, а у разі необхідності підтвердити діагноз інструментальними методами. Тестами можуть слугувати: неприродні стуки, шум, скрегіт у механізмах трактора; проковзування; зниження частоти обертання, потужності, продуктивності; утруднений пуск двигуна; відхилення зазорів від норми; розта-

шування осей та поверхонь; димність відпрацьованих газів; зростання або падіння тиску; підтікання рідин тощо.

Контрольні запитання

1. Назвіть види і призначення діагностики тракторів.
2. Перелічіть види діагностичних параметрів.
3. Які структурні діагностичні параметри належать до ресурсних?
4. Які структурні діагностичні параметри належать до функціональних?
5. Поясніть поняття «вихідний і граничний параметр».
6. У чому полягають відмінності показників точності та достовірності діагностичного параметра?
7. Охарактеризуйте поняття «дефект» і «несправність».
8. Поясніть поняття «діагностичний тест».
9. Які використовуються режими діагностування?
10. Що характеризує діагностичний параметр і чим він відрізняється від інших параметрів?
11. Які структурні параметри відносяться до ресурсних?
12. Які параметри робочих процесів визначають функціональні властивості трактора?
13. За якими ознаками з усього комплексу параметрів вибирають один?
14. Поясніть взаємозв'язки діагностичних параметрів: одиничний зв'язок, множинний зв'язок, комбінований зв'язок, невизначений зв'язок.
15. Охарактеризуйте прямі та непрямі методи діагностування.
16. Назвіть три групи методів діагностування та які параметри вони включають.
17. Наведіть методи тягового діагностування.
18. Наведіть методи функціонального діагностування.
19. Які показники характеризують при діагностуванні за параметрами супутніх процесів?
20. Який технічний стан може характеризувати при діагностуванні за структурними параметрами?
21. На які групи можна поділити засоби діагностування трансмісії трактора?
22. Які засоби діагностування гальмівної системи класифікують за функціональними ознаками?
23. У якому режимі роботи трактора можуть застосовуватися бортові засоби діагностування трактора?
24. Поясніть поняття «комплексні засоби діагностування».
25. Які режими діагностування слід виконувати при контролі технічного стану за нормативними параметрами?
26. Які засоби діагностування відносяться до встановлюваних на трактор?
27. Поясніть, які засоби діагностування відносяться до зовнішніх, вбудованих і встановлюваних.

28. Яку інформацію можуть надати вбудовані та зовнішні засоби діагностування?
29. Наведіть структуру різновидів систем діагностики трактора.
30. Перелічіть мінімальний набір засобів контролю і діагностування механічних систем трактора.
31. Перелічіть можливості діагностування механічних систем трактора мотор-тестером.
32. Наведіть об'єкти діагностування трактора за критерієм безпеки й економічної експлуатації трактора.
33. Охарактеризуйте режими діагностування на точність і достовірність.
34. Поясніть, що таке усталений і неусталений режими діагностування, наведіть приклади їх застосування.
35. Наведіть методи діагностування гідравлічних систем.
36. Назвіть методи діагностування з використанням вбудованого датчика.
37. Наведіть структуру гідравлічних систем трактора за агрегатами трактора.
38. Наведіть методи діагностування гідравлічних систем органами чуттів оператора.
39. За якими ознаками можна класифікувати сучасні засоби діагностування гідравлічних систем?
40. Охарактеризуйте інтелектуальні можливості оператора в діагностуванні трактора.

4. ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ТРАКТОРА

4.1. Структура систем керування приводом трактора

Тракторні системи керування призначені для реалізації алгоритмів керування за допомогою агрегатів і вузлів трактора. Процес керування виконується на підставі аналізу інформаційних параметрів, які змінюються під час експлуатації трактора, й оптимізується за одним або декількома алгоритмами керування з використанням програмно-апаратних засобів як реалізація керуючих впливів.

Системи керування трактором можна класифікувати за чотирма загальними ознаками: призначенням або об'єкту керування; гнучкості реалізації алгоритму; архітектурною композицією; ступенем автоматизації (рис. 4.1, 4.2).

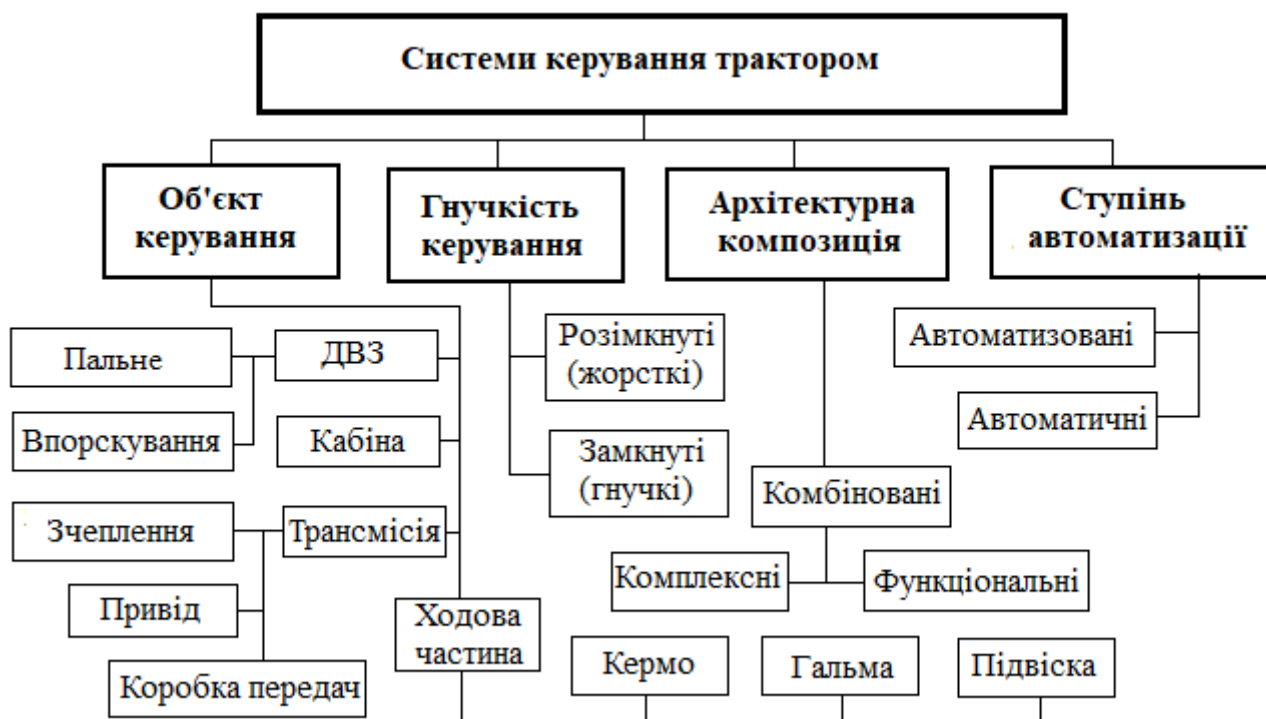


Рис. 4.1. Загальна класифікація систем керування

Для керування трактором використовуються мікропроцесорні системи керування та інформаційні параметри програмної реалізації алгоритмів керування за обраними критеріями оптимізації.

Силовий привід трактора включає: двигун, трансмісію і колеса або гусениці (як робочий орган), що приводять трактор в рух. Структура силового приводу трактора приведена на рис. 4.3.

Системи керування ДВЗ поєднують комплекс функціональних систем керування: впусканням повітря; подачею і впорскуванням пального; газорозподільним механізмом; ступенем стиснення в циліндрах; охолодженням; поліпшенням пуску; екологічними характеристиками двигуна.

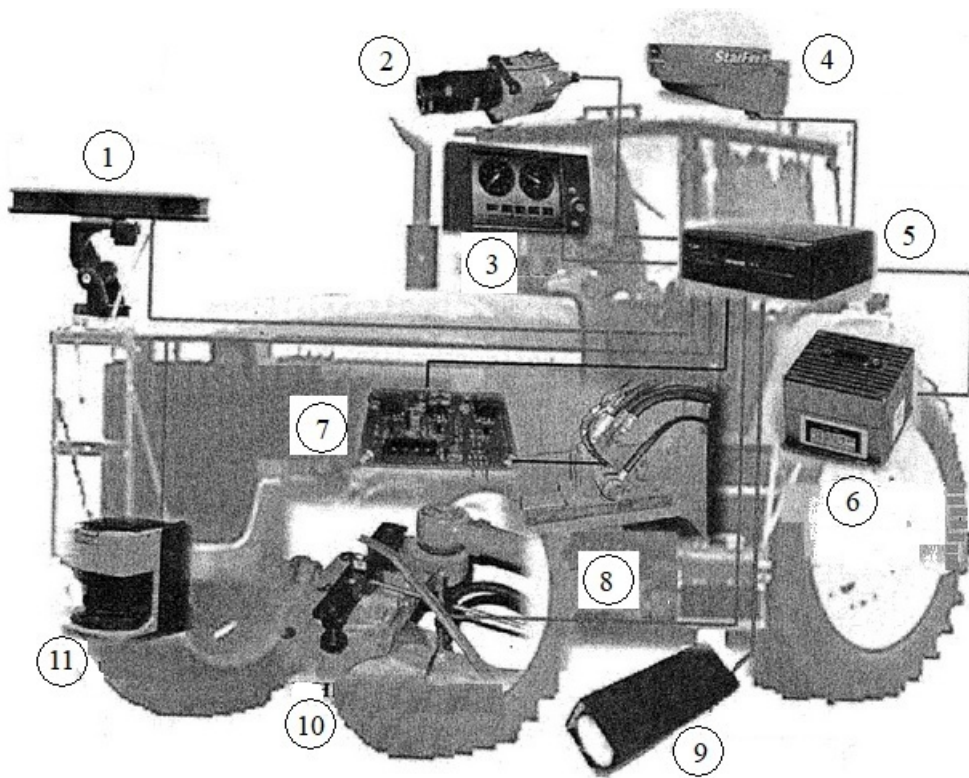


Рис. 4.2. Загальна архітектура інтелектуального трактора:

1 – камера (машинний зір); 2 – інфрачервона термокамера; 3 – дисплей; 4 – зв’язок з GNSS (глобальною навігаційною супутниковою системою); 5 – центральний процесор; 6 – блок вимірювання інерції; 7 – соленоїдний привід ШІМ; 8 – клапан ЕН; 9 – радар швидкості; 10 – датчик кута повороту коліс; 11 – лідар

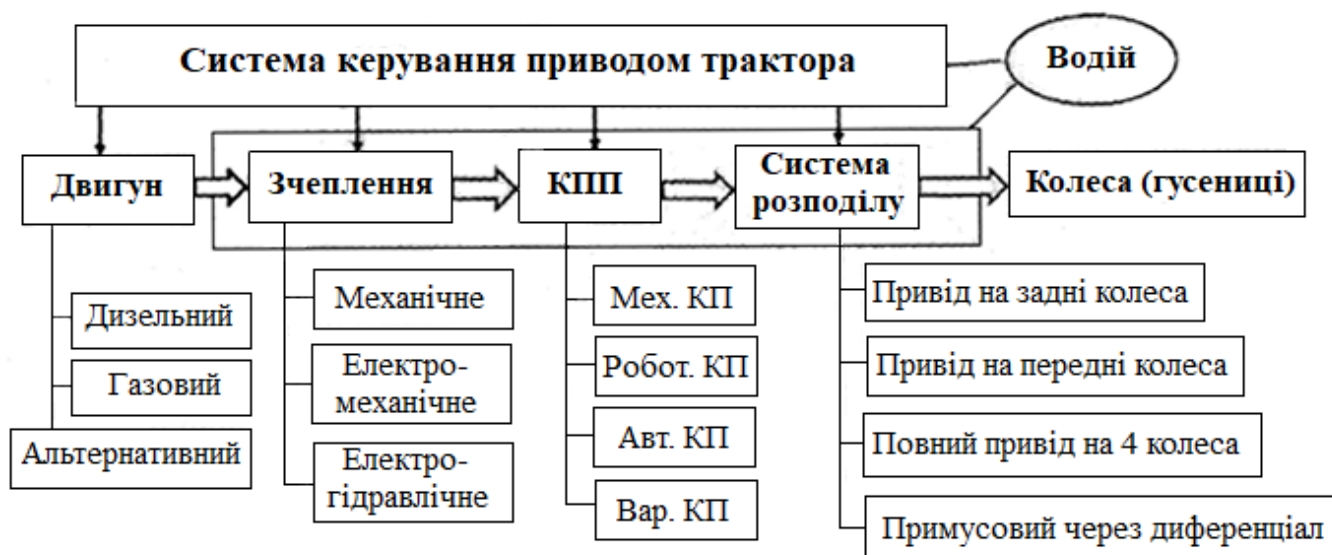


Рис. 4.3. Класифікаційна структура приводної частини трактора

Критеріями оптимізації керуючих впливів для ДВЗ є максимальна ефективна потужність на валу двигуна, мінімальна витрата пального, мінімальна токсичність відпрацьованих газів (ВГ). У системах керування ДВЗ, як інформаційні, розглядаються параметри, що характеризують поточний швидкісний,

навантажувальний і температурний режим двигуна: частота обертання колінчастого вала (КВ), положення дросельної заслінки (ДЗ), температура охолоджувальної рідини (ОР).

Трансмiсія – (силова передача) – сукупність складальних одиниць і механізмів, що з'єднують двигун з ведучими колесами чи гусеницями трактора для передачі обертального моменту, зміни тягових зусиль, швидкостей і направлення руху. У тракторі зчеплення і коробка передач входять до складу силового агрегату (рис. 4.3).

До складу трансмісії входять: зчеплення; коробка передач (КП): роздавальна коробка (коробка відбору потужності); головна передача; диференціал; карданна передача; шарнір рівних кутових швидкостей у складі головної передачі.

У мехатронній системі силового приводу керуючі впливи на окремі його агрегати здійснюються електронною системою керування в автоматичному чи напівавтоматичному режимі. Структурна класифікація приводу трактора, як системи, визначається різновидом її складових.

Визначальним поняттям приводу трактора є вид системи розподілу обертального моменту. З цих позицій розрізняють: привід на задні колеса з переднім розміщенням двигуна (через диференціал); привід на передні колеса з переднім розміщенням двигуна (через диференціал); повний привід.

Системи повного приводу, в свою чергу, відрізняються за низкою ознак: режим експлуатації (постійний або той, що підключається); спосіб підключення (ручний, напівавтоматичний, автоматичний); динамічні властивості керування (реактивні, активні, превентивні); спосіб керування (електричні, неелектричні).

Реактивне керування властиве неелектричним системам, які характеризуються значною інерційністю реакції пристроїв активізації передаточних і розподільних механізмів.

Активне керування передбачає використання електричних систем керування, що дозволяють досягти практично миттєвої реакції на керуючі впливи. Залежно від рівня інформативності та гнучкості керуючих програм, активні системи керування можуть реалізувати алгоритми жорсткого або адаптивного (зі зміною параметрів регулятора) керування.

Превентивне керування означає упереджену реалізацію керуючих впливів. При цьому, якщо упереджена реакція здійснюється водієм у ручному або напівавтоматичному режимі, то це вважається суб'єктивним превентивним керуванням. У випадку формування керуючих сигналів із застосуванням апаратних засобів в автоматичному режимі, реалізується об'єктивне превентивне керування. Додамо, що автоматичне підключення повного приводу може здійснюватися як електричним способом, так і неелектричним.

Залежно від базової компоновки трансмісії і ДВЗ, передача тягового зусилля на ведену вісь може здійснюватися за рахунок частини обертального моменту привідної (задньої або передньої) осі трактора.

Для трактора з повним приводом розрізняють два рівня реалізації електричних систем керування – електромеханічні та електронні. Електромеханічні

системи забезпечують дистанційне керування виконавчим пристроєм за командами водія (автоматизовані системи). У таких системах використовуються пневмоелектричні електромагнітні муфти.

Експлуатаційні достоїнства тракторів з гідروмуфтою визначаються покращенням керування трактором, також підвищується безпека роботи. Цьому сприяє безступінчасте регулювання швидкості трактора і висока надійність роботи дизеля, тому що виключається його зупинка через перенавантаження. Практично непотрібне перемикання передач, для керування швидкістю трактора використовується, в основному, важіль керування регулятором двигуна і педаль гальма. Шляхом збільшення та зменшення подачі пального можна збільшити або зменшити швидкість руху трактора аж до повної його зупинки, а також забезпечити плавне рушання з місця і розгін до заданої швидкості на даній передачі. Полегшується маневрування трактора при під'їзді до знарядь.

Для трактора з гідромуфтою характерний малий діапазон безперервного регулювання тягового зусилля і підвищена експлуатаційна витрата пального. Ці показники залежать від властивостей дизеля та гідромуфти, а також від узгодження їхніх характеристик.

Використання потужності двигуна та паливна економічність трактора із трансмісією, оснащеною гідромуфтою, залежать від розподілу швидкісного ряду коробки передач. Практично воно повинне бути таким же, як і в трактора з механічною трансмісією.

Практично всі сучасні автоматичні трансмісії тракторів – це об'єкти механічних, гідравлічних, електричних та електронних систем з програмним забезпеченням, робота яких узгоджена між собою та керуванням двигуна.

Основними елементами розвитку трансмісії тракторів є:

- збільшення максимальних транспортних швидкостей (до 50 км/год для тракторів серії «Фендт-Фаворит», «Ксілон», «Унімог-Шене-бек» фірми ТТВФ з трансмісією ZF), а для тракторів сімейства Fastrac швидкість від 70 до 100 км/год;
- заміна однодискових сухих муфт зчеплення багатодисковими в оливі;
- значне збільшення кількості передач (до 44 вперед і 44 назад в трансмісії ZF; 6 рядів з синхроперемиканням по 4 передачі «Пауа шифт» фрикційного типу та 20 передач з «повзучими» швидкостями);
- електрогідравлічне перемикання передач одним важелем, який розміщено на підлокітнику сидіння;
- використання реверсних безступінчастих гідромеханічних передач з високим ККД трансмісії, в яких 25-75% потужності всередині діапазону між ступенями передається гідравлічними системами (машинами);
- використання автоматичних трансмісій з гідравлічним та електронним керуванням технологічними режимами роботи й руху трактора.

Трансмісія трактора John Deere складається з таких елементів:

- трансмісія: шістнадцятишвидкісна Powershift, e23™ або IVT™/AutoPowr™;
- механічний привід передніх коліс: звичайний привід передніх коліс або ILS™;

- диференціал: механізм його блокування, кінцеві передачі та осі;
- гальма: задні або передні та задні;
- системи керування механічного, електронного та гідравлічного обладнання.

Трансмісія e23™ (рис. 4.4) пропонує три режими роботи для оптимізації витрат пального та управління навантаженням трактора. Ці три режими можливо вибрати на головній сторінці трансмісії у системі CommandCenter™.

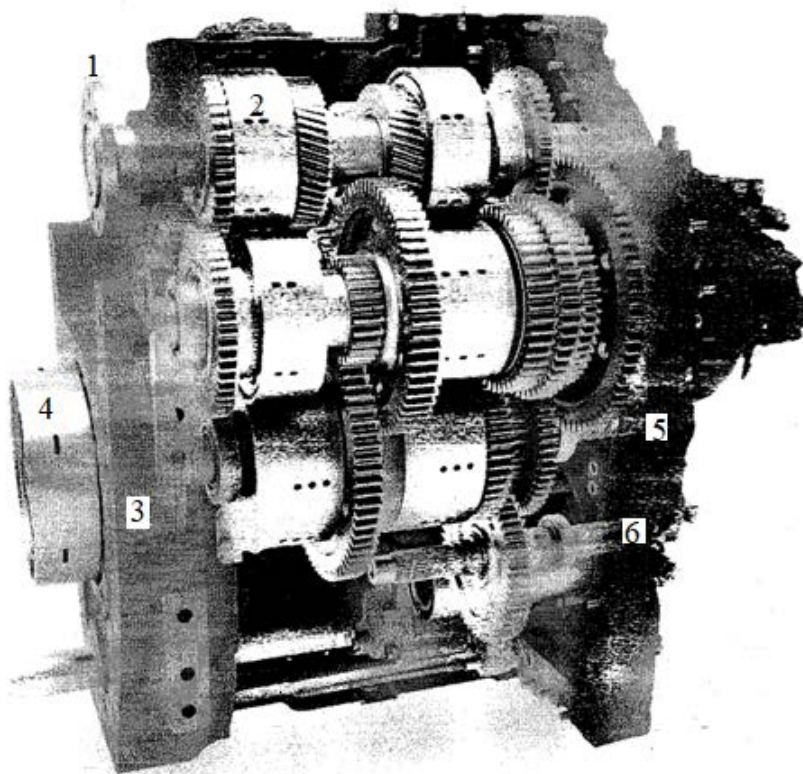


Рис. 4.4. Трансмісія e23 тракторів:

1 – ведучий вал; 2 – реверсивне зчеплення Power Reverser; 3 – паркувальне гальмо; 4 – передній при-відний міст; 5 – вихідний вал; 6 – вал відбору потужності

Застосування трансмісії з перемиканням на ходу і з підвищувачем крутного моменту, дало можливість на 6-14% підвищити продуктивність і технологічні показники трактора порівняно з простою механічною трансмісією. Такі високі показники можна пояснити роботою трактора на невеликих за розміром ділянках з нерівним рельєфом, що викликало необхідність частого перемикання передач. Результати випробувань трактора з гідротрансформатором і гідроб'ємною трансмісією свідчать про те, що застосування цих прогресивних трансмісій не підвищило продуктивність трактора. Але суттєво вплинуло на зниження динамічної навантаженості зубчастих коліс трансмісії. Застосування гідротрансформатора на тракторі може підвищити довговічність зубчастих коліс у 2-2,5 рази. При цьому навантаження шестерень може бути збільшене на 20-25% без додаткового підвищення міцності.

Властивість гідропередачі розривати жорсткий механічний зв'язок в динамічній системі «двигун-трансмісія-ходова система» приводить до зниження

високочастотних коливань, що діють на тракториста і викликають вібрацію та шум деталей трактора, у тому числі приладів і важелів керування. Наряду з цим підвищується плавність ходу трактора завдяки тому, що знижується вплив коливань моменту в трансмісії на вертикальні та поздовжньо-кутові коливання трактора.

Застосування коробки передач, що перемикається на ходу, або підвищення крутного моменту може помітно підвищити технологічні показники трактора при невеликому ускладненні конструкції. Ще кращі результати забезпечує використання гідромеханічної або гідрооб'ємної трансмісії. Проте слід зазначити, що застосування гідромумфи і, тим більше, гідротрансформатора значно ускладнює конструкцію трактора і знижує надійність, введення гідросистеми з відповідними клапанами, баками і радіатором для охолодження рідини. На сільськогосподарських тракторах гідротрансформатор практично не встановлюють, а гідромумфи застосовують обмежено. У світовій практиці можна виділити в цьому відношенні фірму «Фендт» (Німеччина). Ще складніші гідрооб'ємні передачі.

У трансмісії трактора 9620 RX John Deere 18 передач переднього і 6 передач заднього ходу «e18»-Powershift з системою Efficiency Manager, перемикавання під навантаженням, три робочих режими, з яких один автоматичний, 40 км/год при номінальній кількості обертів, ВВП 1000 хв⁻¹ встановлюється опційно.

З урахуванням технологічних вимог до тракторів різного призначення до теперішнього часу склалися такі сфери застосування трансмісій різних типів:

- механічні ступінчасті без перемикавання передач під навантаженням – переважно на сільськогосподарських тракторах малого тягового класу (до 1,4);
- механічні трансмісії з перемиканням на ходу – в основному на тракторах призначення тягового класу 3-5 і вище;
- гідромумфи – вибірково на сільськогосподарських тракторах (фірма «Фендт»);
- гідромеханічні трансмісії – на промислових тракторах;
- гідрооб'ємні трансмісії – на енергетичних засобах для роботи із збиральними машинами і на збиральних комбайнах;
- гідравлічні системи керування трансмісією;
- мехатронні та телематичні системи керування перемиканням передач і роботою двигуна;
- системи змащування.

Таким чином, основними об'єктами діагностування є:

- механічні системи – зубчасті передачі, підшипникові вузли і шліцьові з'єднання, педаль і система перемикавання передач (коробка і зчеплення та система їх змащування), вали передач потужності та крутного моменту від двигуна до ведучих коліс;
- гідравлічні системи трансмісії – насос, клапани, склад рідин, гідромотори, трубопроводи;

- електричні, мехатронні та електронні системи – електрообладнання, електронні блоки керування, системи електроживлення, контрольно-вимірювальні прилади, датчики й виконавчі органи, включно з соленоїдами.

Для надання систематичних знань з діагностування несправностей трансмісії названі об'єкти поділені на чотири групи діагностування систем:

- гідравлічних;
- електричних та електронних;
- механічних;
- змащування.

4.2. Склад і властивості мехатронних систем

Мехатронна система тракторів складається з механічного (гідравлічного, пневматичного) об'єкта керування, електронних компонентів і комп'ютерного керування. Мехатроніка базується на знаннях в галузі механіки, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, інформатики та комп'ютерного керування. Приклад узагальнювальної структури мехатронної системи показаний на рис. 4.5. Система керування містить інформаційні датчики (Д) та виконавчі пристрої (ВП), зв'язані через електронний блок керування (ЕБК) [48].

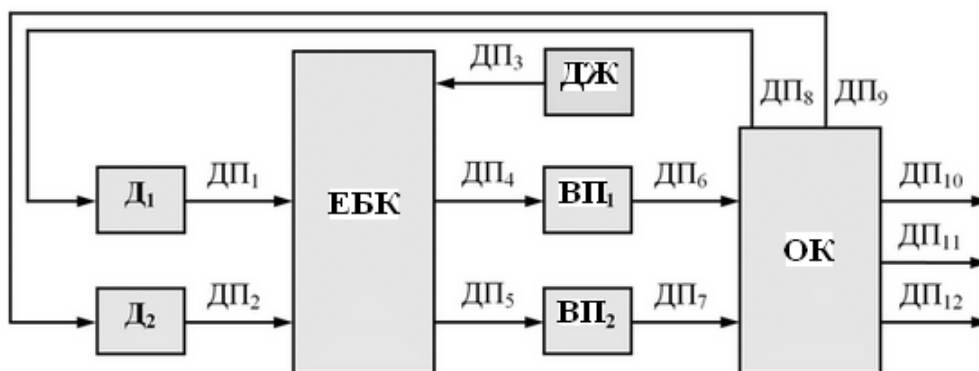


Рис. 4.5. Узагальнювальна структура мехатронної системи:

Д – датчики; ВП – виконавчі пристрої; ОК – об'єкт керування; ДП₁–ДП₁₂ – структурні параметри мехатронної системи (ДП₁–ДП₅ – електричні; ДП₆–ДП₉ – неелектричні; ДП₁₀–ДП₁₂ – вихідні неелектричні); ДЖ – джерело живлення

У системі «трактор-водій-дорога» трактор розглядається як об'єкт керування, і в сукупності з електронною системою керування є мікропроцесорною системою (МС), яка функціонує в напівавтоматичному режимі під контролем водія (рис. 4.6).

Вхідні сигнали окремої системи керування надходять з датчиків: структурних режимних параметрів об'єкта керування Х1; інших мехатронних або інформаційно-вимірювальних систем трактора Х2; вихідних параметрів об'єкта керування Х3; органів керування Х4.

Вихідні сигнали окремої системи керування подаються на виконавчі пристрої У1 і засоби контролю У2, а також використовуються для інших систем керування У3.



Рис. 4.6. Узагальнена функціональна схема системи «трактор-водій-дорога»:

X – вхідні сигнали ЕБК; Y – вихідні сигнали ЕБК; Z – вихідні характеристики (параметри) трактора (агрегатів)

Вихідні характеристики МС можуть не контролюватися $Z1$ (розімкнуті системи) або контролюватися $Z2$ (замкнуті системи) датчиками вихідних параметрів. При цьому реалізуються, відповідно, жорсткі (без зворотних зв'язків) або гнучкі (зі зворотними зв'язками) алгоритми керування.

Якщо на стаціонарних режимах виключити з розгляду впливи водія $X4$, то МС функціонує в автоматичному (без участі людини) режимі.

У розімкнутих системах в якості інформаційних використовуються тільки структурні параметри об'єкта керування $X1$ (див. рис. 4.6). На підставі структурних параметрів формується оптимальний сигнал керування об'єктом $Y1$.

У замкнутих системах в якості інформаційного додатково обирається вихідний параметр об'єкта керування $Z3$, що підлягає оптимізації. Гнучкі (адаптивні) системи дають можливість уникнути похибки керування, яка виникає в результаті непередбачених факторів.

4.3. Датчики та виконавчі пристрої мехатронних систем керування

До периферійних пристроїв, що підключаються до ЕБК, відносяться: датчики; виконавчі пристрої; комутуючі та захисні апарати кіл живлення; кореспонденти інтерфейсів. Залежно від області застосування, розрізняють периферійні пристрої широкого застосування, спеціального призначення і спеціалізованого використання. **Датчики вимірювальної інформації** класифікують за кількома загальними ознаками: призначення або функції перетворення; принципом дії чутливого елемента; способом перетворення сигналу і конструктивної реалізації (рис. 4.7). Схема розміщення датчиків на тракторі John Deere показана на рис. 4.8.

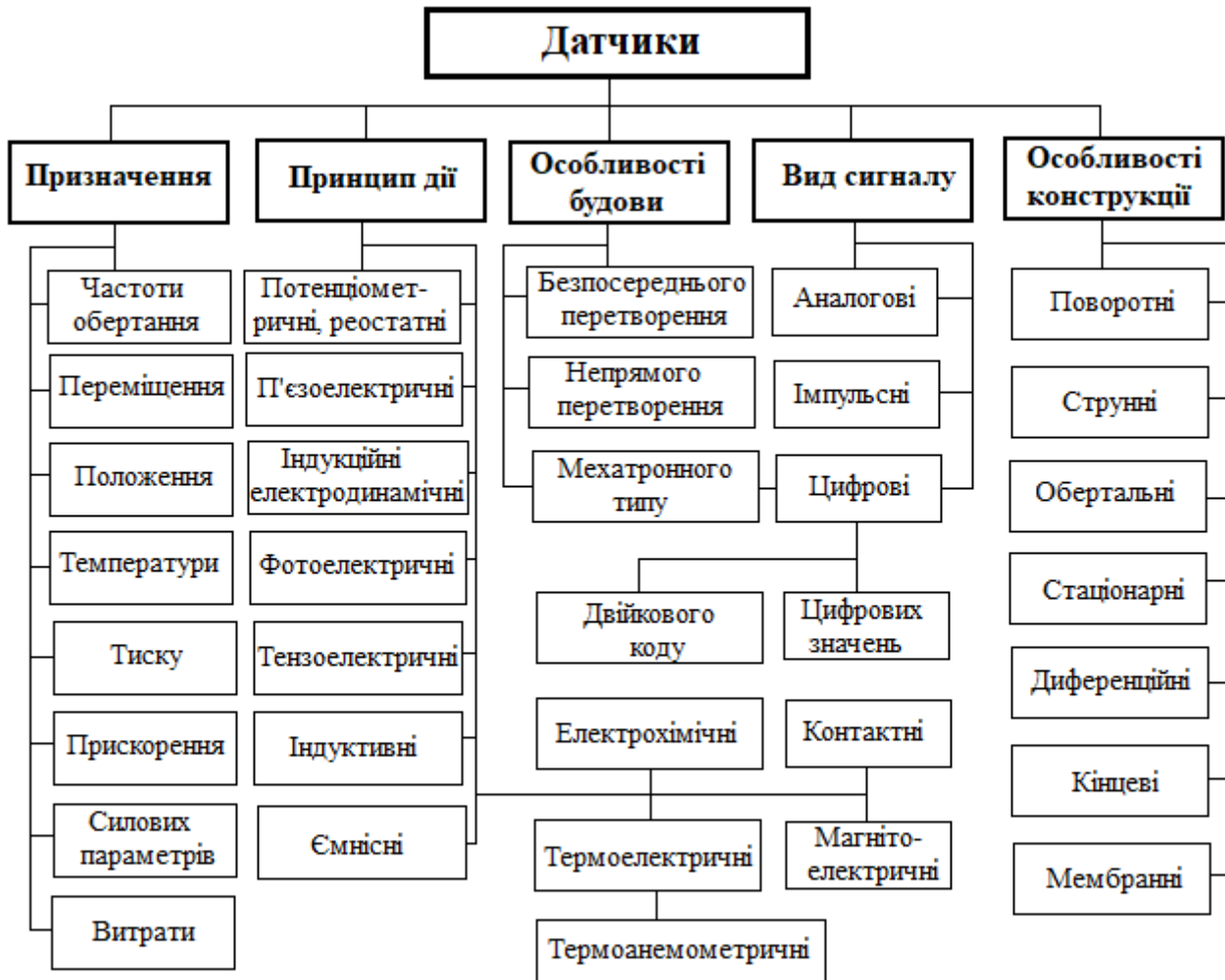


Рис. 4.7. Класифікація датчиків неелектричних величин за загальними ознаками

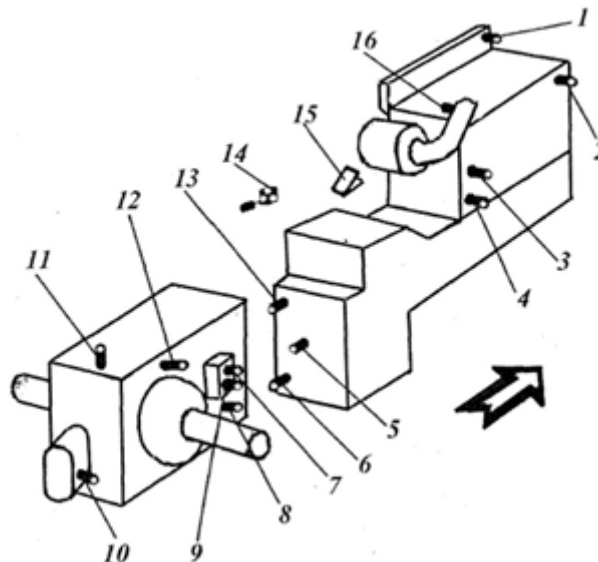


Рис. 4.8. Схема розміщення датчиків на тракторі John Deere серії 8000:

1 – датчик температури повітря; 2 – охолоджувальної рідини; 3 – системи живлення; 4 – тиску оливи у двигуні; 5 – тиску в коробці передач; 6 – увімкнення зчеплення (в останніх моделях відсутній); 7 – температури оливи в коробці передач; 8 – частоти обертання стандартного ВВП; 9 – чистоти фільтра трансмісії; 10 – частоти обертання додаткового ВВП;

11 – швидкості руху трактора; 12 – рівня чистої оливи; 13 – тиск стоянкового гальма; 14 – рівень пального; 15 – ножний датчик подавання пального; 16 – датчик чистоти фільтра повітря.

Усі датчики можна поділити на дві групи: датчики прямої дії та складені датчики. Складені датчики, перш ніж отримати електричний сигнал на виході, повинні виконати кілька перетворень (рис. 4.9). До структури складених датчиків звичайно входить щонайменше один датчик прямої дії та кілька перетворювачів [6].

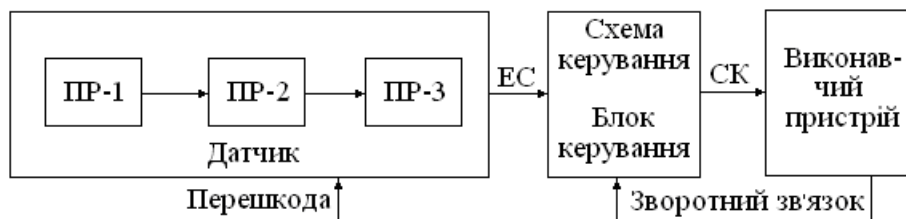


Рис. 4.9. Схема конструкції датчика, що складається з кількох перетворювачів:

ЕС – електричний сигнал; СК – сигнал керування; ПР – перетворювач

Датчиками прямої дії називають датчики, які побудовано на фізичних явищах, що дають змогу проводити безпосереднє перетворення енергії зовнішньої дії на електричні сигнали. Прикладами таких фізичних явищ є фотоефект, ефекти Холла і Зеєбека. Датчики прямої дії перетворюють зовнішню дію безпосередньо на електричний сигнал, використовуючи для цього відповідне фізичне явище, на відміну від складених датчиків, які, як було згадано, здійснюють кілька перетворень енергії, перш ніж отримати електричний сигнал на виході кінцевого датчика прямої дії.

Основними характеристиками датчиків є чутливість, швидкодія, вартість, лінійність, перенавантажувальна здатність, стабільність, наявність гістерезису, габаритні розміри, вибірковість, роздільна здатність, точність, ресурс, вага, наявність мертвої зони, формат вихідного сигналу.

Усі датчики, в тому числі й датчики положення, перетворюють контрольовану величину у вихідний електричний сигнал для подальшого вимірювання або перетворення. Перетворення, як правило, включає: нормування вихідного сигналу, усунення перешкод, компенсацію коливання нульової точки.

Обробка й перетворення сигналів, що надходять від первинних датчиків, в цифрові необхідної форми та величини потрібні для введення сигналів у мікро-ЕОМ, яка працює від стабілізованого джерела живлення напругою 5 В і не може приймати сигнали з напругою більшою за 12 В. Тому сигнали від первинних датчиків проходять через схеми вхідної обробки (рис. 4.10) [6].

У вимірювальній інформаційній системі використовують мікропроцесори для зв'язку приладів у єдиний комплекс та виконання таких функцій: контролюючих, обчислювальних, тестових, сервісних, розподіленої обробки даних.

Використання інформації в мехатронних системах пов'язане з її передаванням від датчиків до електронного блока керування (ЕБК) та від ЕБК до виконавчих пристроїв (приводів).

Для ідентифікації датчика конкретного типу необхідно визначити всі його класифікаційні атрибути. Наприклад, тракторний (сфера застосування) датчик витрати повітря (призначення), термоанемометричний (принцип дії), мехатронний (особливість устрою), стаціонарний (особливість конструкції), аналоговий (вид сигналу).

У датчиках мехатронного типу передбачається наявність чутливого і вимірювального елементів, а також пристрою обробки (перетворення) початкового електричного сигналу.

Такі датчики, як правило, виготовляються за інтегральною технологією. Наприклад, датчик розрядження (тиску) базується на кремніевій платівці, що виконує функцію пружного чутливого елемента, на якій інтегровано тензорезисторний вимірювальний міст, підсилювач напруги та аналого-цифровий перетворювач (АЦП). На виході такого датчика формується сигнал у вигляді двійкового коду, який відповідає рівню розрядження (тиску). До переваг мехатронних датчиків слід віднести високу компактність, перешкодостійкість, монолітність виробу, надійність і можливість уніфікованого застосування [6].

Сигнали цифрованих значень в датчиках мехатронного типу – це імпульси прямокутної форми, нормовані за амплітудою. Інформаційними параметрами таких сигналів є: кількість, частота слідування, шпаруватість структури.

Відмінністю цих датчиків є певний діапазон вимірювання параметра, конструктивна прив'язка до об'єкта керування, стійкість до зовнішніх впливів (вібрації, агресивне середовище, температура, електромагнітне випромінювання). У назві датчика системного призначення, вказується не тільки фізична величина, яка перетворюється, а й позначається об'єкт (система), стан якого реєструється. Так, наприклад, цифровий датчик Холла однакової конструкції, залежно від системи де він використовується, може називатися як датчиками кутового положення розподільного валу системи керування ДВЗ, або частоти обертання колеса системи ABS.

Виконавчий пристрій (рис. 4.11) – це складова частина (елемент) мехатронної системи, що здійснює перетворення інформаційного сигналу на механічні, теплові або електричні зміни стану мехатронних керованих елементів.

Виконавчі пристрої електричних систем керування можна класифікувати за:

- призначенням або функцією перетворення (приводи, нагрівачі, запальники, сигналізатори);
- принципом дії (електромагнітні, п'єзоелектричні, термоелектричні, фотоелектричні, електрогідролічні, електропневматичні);

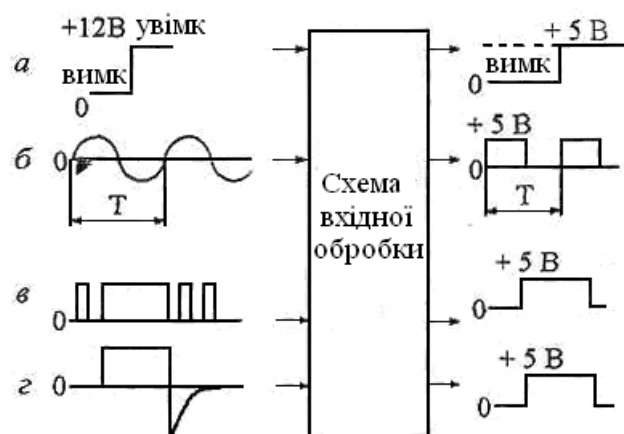


Рис. 4.10. Форма входних та вихідних сигналів:

а – що перевищують напругу; б – змінної полярності; в – що містять перешкоди; г – що містять пікові напруги

- конструктивним виконанням (електроклапан, електродвигун, актуатор, лінійний привід, реле, нагрівальний елемент, соленоїд, розрядник, зумер, індикатор);

- способом підключення (безпосереднє і дистанційне).

До переліку виконавчих пристроїв тракторів, систем керування можна віднести електромеханічні перетворювачі (контактори, клапани та електродвигуни різного призначення); термоелектричні перетворювачі; перетворювачі електричних величин.

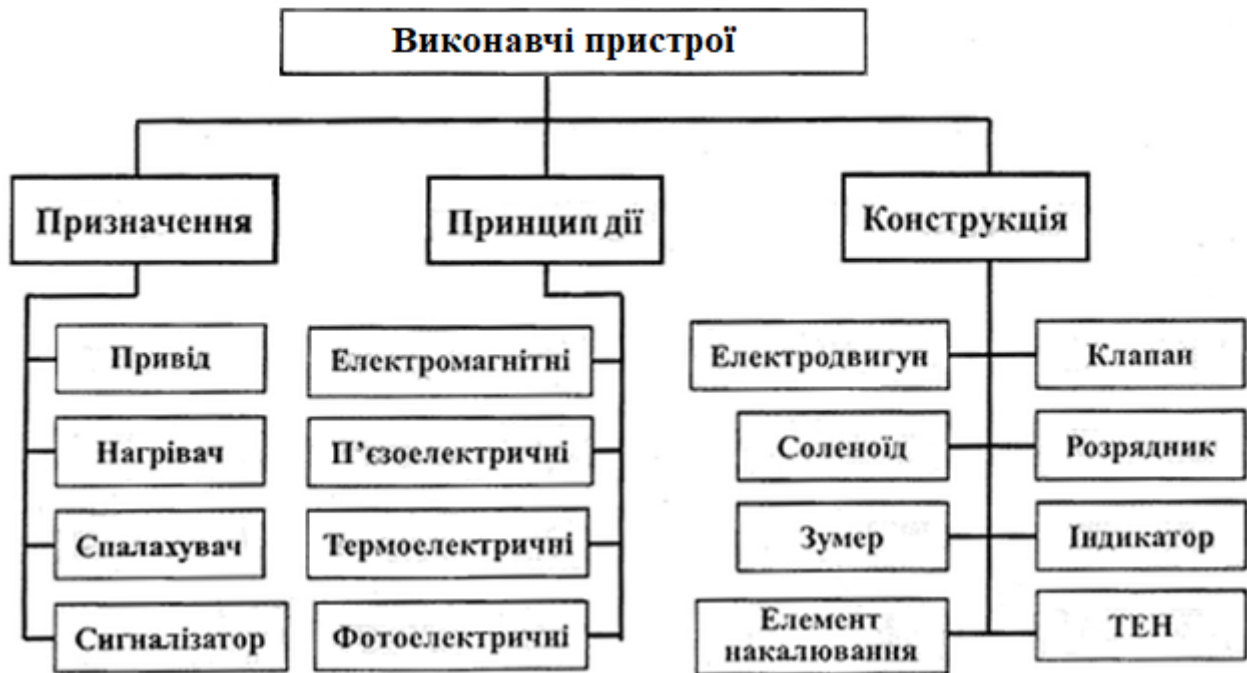


Рис. 4.11. Класифікація виконавчих пристроїв

Виконавчі механізми (пристрої) мехатронних систем (рис. 4.12) – це електричні машини, електромагнітні приводи, апарати запалювання, гідравлічні й пневматичні приводи, нагрівальні пристрої тощо. Гідромеханічні та пневматичні виконавчі механізми найчастіше базуються на принципах гідростатичних перетворень енергії. Вони виконують перетворення, перетворюючи енергію тиску середовища в механічну роботу і навпаки.

До виконавчих механізмів мехатронних систем належать пропорційні й дискретні приводи, керовані розподільники й насоси, пропорційні клапани, форсунки, соленоїди, регулятори та пристрої, здатні відповідно до сигналів електронного блока керування дозовано перетворювати один вид енергії в інший.

Виконавчі пристрої систем керування трактором безпосередньо підключаються до ЕБК.

Більш потужні виконавчі пристрої (нагрівачі повітря та пального, електродвигуни паливних насосів) керуються через дистанційні реле.

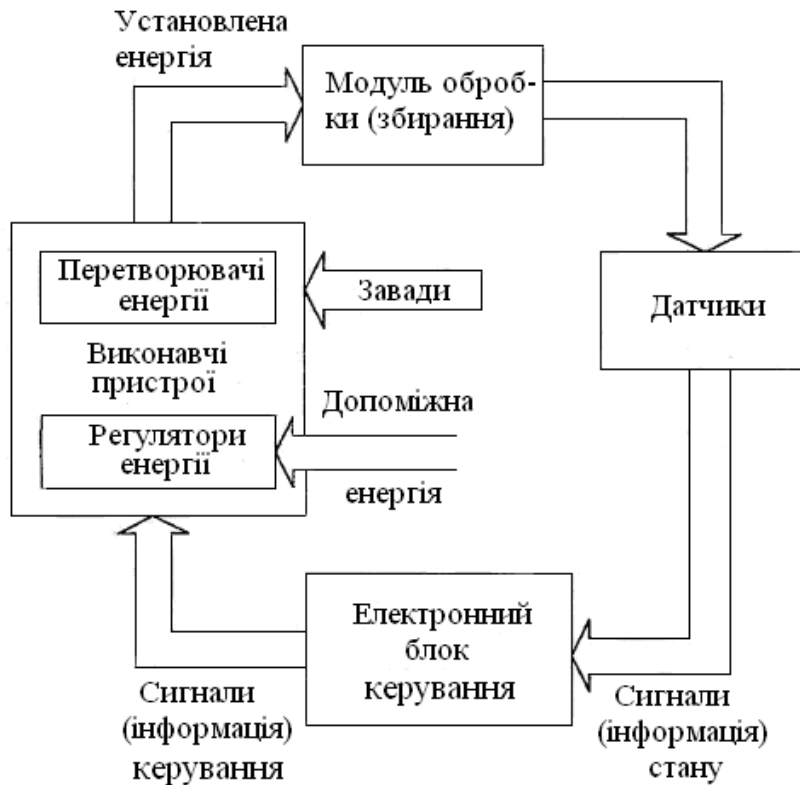


Рис. 4.12. Виконавчі механізми в мехатронній системі

Виконавчі механізми (кінцеві елементи керування) формують зв'язок між електричним сигналом процесора і реальною дією (рис. 4.13) [6]. Вони перетворюють малопотужні сигнали, що передають інформацію про розташування елементів виконання, у робочі сигнали відповідного для процесу керування енергетичного рівня.

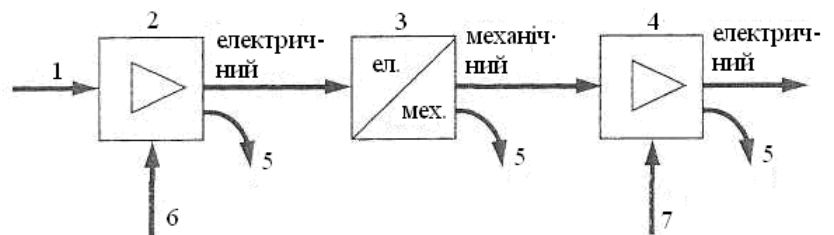


Рис. 4.13. Основна структура виконавчих механізмів:

1 – інформація; 2 – транзисторний виконавчий механізм; 3 – соленоїд керування; 4 – клапана коробки; 5 – втрати; 6 – зовнішнє джерело електроенергії; 7 – зовнішня гідроенергія

Конвертори сигналу об'єднані з елементами підсилювача для того, щоб використовувати фізичні принципи перетворення, які забезпечують зв'язок між різними формами енергії: електричної, механічної, кінетичної (руху рідини), теплової.

Транзисторний виконавчий механізм – це елемент з електронною схемою для обробки сигналів керування. Має вхід допоміжної енергії та секції виходу енергії. Сервокомпонент здатний обробляти як електричні, так і неелектричні сигнали.

У більшості випадків керування виконавчими пристроями полягає у підключенні живлення бортової мережі. При цьому, якщо виконавчий пристрій підключається у випадковому режимі, для комутації струму застосовують тра-

нзисторні ключі. Якщо керування електромагнітними пристроями – у періодичному режимі зі значною частотою комутації струму, для підвищення динамічних якостей ключа додатково застосовують прискорювальні схеми (драйвери ключів). Для керування електродвигунами постійного струму як драйвери використовують цифрово-аналогові перетворювачі (ЦАП) з лінійними підсилювачами струму та ШІМ-регулятори (широтно-імпульсна модуляція). Зокрема, для керування двополярними кроковими електродвигунами застосовуються мостові інвертори, а для їх активізації в мікрокроковому режимі потрібні локальні контролери. Деякі інформаційні сигнали з виходів мікропроцесора передаються безпосередньо на засоби індикації (світлодіодні сигналізатори на панелі контрольно-вимірювальних приладів).

Електронні пристрої у структурі ЕБК та більшість датчиків непрямого перетворення вимагають електроживлення фіксованим значенням напруги. Ця напруга забезпечується стабілізатором нерезидентної напруги.

Наявність значної кількості елементів та застосування складних алгоритмів функціонування систем керування вимагає значної уваги під час визначення технічного стану мехатронної системи в цілому, локалізації несправного елемента, визначення місця та причини пошкодження. Для поліпшення процесу діагностування та зниження витрат на технічне обслуговування тракторів у більшості мікропроцесорних систем керування передбачена інтегрована система самодіагностики. Під'єднання зовнішніх діагностичних приладів при цьому здійснюється за допомогою діагностичного рознімача, в якому передбачено два інформаційних канали – «line» (L) і «control» (K). По L-каналю інформація від системи самодіагностики надходить до зовнішнього монітора, а по K-каналю – від зовнішньої клавіатури у середовище ЕБК.

До об'єктів систем керування рухом і робочими процесами належать мікропроцесорні засоби обчислювальної техніки й автоматики. Електронні системи у вигляді електронних блоків керування (ЕБК) дають можливість покращити керування роботою основних агрегатів; забезпечити прийом, передачу і зберігання необхідної інформації; здійснювати оптимальне керування рухом тракторів при різних умовах експлуатації.

Мікропроцесори поділяють на мікро-ЕОМ і мікроконтролери. **Мікроконтролер** – це спеціалізований пристрій логічного керування на одній або кількох схемах, призначений для виконання багатьох конкретних завдань.

Мікропроцесори, будучи мініатюрними пристроями, з успіхом застосовуються як контролери, що вбудовуються у різноманітну технологічну та приладову апаратуру. Їх висока надійність, технічна простота і невисока вартість створили сприятливі умови для широкого впровадження у різні галузі, починаючи з найпростіших бітових приладів, автомобільної та тракторної автоматики до систем керування складними технологічними об'єктами.

Мікропроцесор – це алгоритмічно універсальний пристрій обробки інформації. Залежно від кількості інтегральних схем мікропроцесори поділяють на однокристальні та багатокристальні. Будь-який мікропроцесорний пристрій складається з трьох компонентів: мікропроцесора, запам'ятовуючого пристрою та пристрою введення-виведення інформації.

Контролер, призначений для керування технологічним обладнанням, повинен мати пристрої введення (різні датчики) і виведення, виконавчі механізми (реле, пускачі, електродвигуни). Для мікропроцесорів, вбудованих у вимірювальні пристрої, введенням слугують кнопки і вимірювальні блоки, а виведенням – індикатори, електронно-променеві трубки тощо.

4.4. Режими роботи трансмісії

Як було зазначено у підрозділі 4.1, трансмісія e23™ пропонує три режими роботи:

Повністю автоматичний: автоматичне регулювання частоти обертання вала двигуна та вибір передач для оптимізації економії пального та робочих характеристик. Цей режим автоматично реагує на навантаження, які створює зчіпка або клапани SCV. Під час використання ВВП швидкість двигуна автоматично контролюється для забезпечення відповідного відбору потужності.

Спеціальний: аналогічний повністю автоматичному режиму, за винятком того, що оператор може змінити деякі обмеження та параметри, які використовуються у повністю автоматичному режимі, Зміни дають можливість досягти максимальної продуктивності двигуна для конкретної програми.

Efficiency Manager™ трансмісії e23™ управляє перемиканням передач трансмісії і частотою обертання вала двигуна, щоб підтримувати бажану швидкість ходу (задану швидкість). Рішення щодо перемикання залежать від навантаження, керування за допомогою дросельної заслінки та встановлених оператором налаштувань:

- диспетчер Efficiency Manager™ завжди працює в повністю автоматичному та спеціальному режимах;
- система Efficiency Manager™ працює в ручному режимі, якщо активовано кнопки заданої швидкості.

Якщо оператор змінює максимальну швидкість ходу вперед або назад так, що вона стає нижчою за поточну швидкість, задана швидкість зменшується до максимальної швидкості, а швидкість трактора буде зменшуватись.

Оптимальна частота обертання вала двигуна трактора 8R складає 1800-2200 хв⁻¹ за умови повного навантаження. Для виконання робіт з невеликим навантаженням рекомендується використовувати вищу передачу та меншу частоту обертання вала двигуна, адже це дає можливість заощаджувати пальне та зменшує спрацьованість, За умови повного навантаження слід використовувати повну швидкість дроселя двигуна.

Активація та задавання максимальної заданої швидкості за допомогою кнопки дає можливість обмежити швидкість обертання вала двигуна в умовах легкого навантаження, а також ще більше оощаджувати пальне. Функція максимальної заданої швидкості використовує криву регулятора постійної швидкості, забезпечуючи миттєву реакцію на різні навантаження. Можна встановити два різні максимальні задані значення швидкості, що дає можливість оператору швидко перемикатися від одного значення швидкості до іншого.

Задані два значення швидкості можна запрограмувати для кожного напрямку, і вони використовуються в Efficiency Manager™. Вони активуються натисканням на кнопки заданої швидкості на CommandARM™. Після активації система Efficiency Manager™ буде перемикає передачі та змінювати швидкість двигуна так, щоб узгодити швидкість ходу та задану швидкість.

Значення заданої швидкості можна змінити за допомогою регулятора заданої швидкості.

Трансмісія може перемикає передачі, якщо змінюється положення важеля ручного акселератора або педалі акселератора. Світловий індикатор диспетчера Efficiency Manager™ світиться на дисплеї кутової стійки.

Задана швидкість регулюється на кнопці активної заданої швидкості за допомогою регулятора заданої швидкості 1 на важелі перемикає передач (рис. 4.14). Трансмісія може перемикає передачі зі зміною заданої швидкості в дорозі.

Трансмісія e23 регулює частоту обертання вала двигуна для підтримання певної швидкості обертання коліс під час використання селективно-контрольного клапана (SCV), ВВП або зчіпки. Функції попередження навантаження можна увімкнути/вимкнути для селективно-контрольного клапана (SCV) 3, ВВП 4 або зчіпки 5.

Задану швидкість системи Efficiency Manager™ можна запрограмувати в іТЕСТ™.

Максимальна задана швидкість також може бути активована за допомогою кнопки увімкнення/вимкнення максимальної заданої швидкості 5 на CommandARM™ (рис. 4.14). Коли натиснута кнопка увімкнення/вимкнення максимальної заданої швидкості на CommandARM™, буде активовано останню максимальну задану швидкість, вибрану за допомогою системи CommandCenter™.

Максимальна задана швидкість – це верхня межа швидкості обертання вала двигуна. Межа швидкості обертання вала двигуна може бути задана в діапазоні від 1100 до 2150 хв⁻¹. Зміна максимальної заданої швидкості відбувається негайно.

В умовах повного навантаження параметри зниження швидкості двигуна перед автоматичним перемикаєнням передач з увімкненим ВВП 1 і зниження швидкості двигуна перед автоматичним перемикаєнням передач з вимкненим ВВП 2 обмежують зниження швидкості двигуна до того, як система Efficiency Manager™ автоматично перемкне передачу на нижчу. Допустиме зменшення частоти обертання вала двигуна – це відсоток вибраної частоти обертання двигуна ЕСО. Нижчі відсотки означають менше зниження, яке допускається перед перемикаєнням на нижчу передачу.

Наприклад. Для вибраного параметра «ЕСО вимкнено» встановлене значення 2100 хв⁻¹, а для параметра «ВВП вимкнено» - зменшення частоти обер-

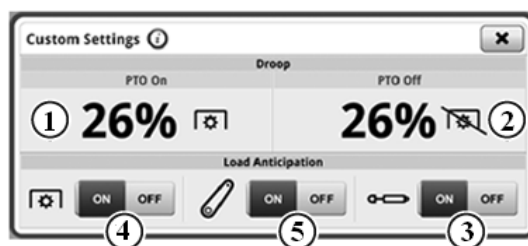


Рис. 4.14. Налаштування швидкості

тання на 18%, і ВВП не ввімкнено. Двигун буде підтримувати встановлену частоту обертання 2100 хв^{-1} , доки частота обертання вала двигуна не почне зменшуватися через навантаження. Щойно швидкість двигуна почне зменшуватися до 1700 хв^{-1} ($2100 \times 0,82$), трансмісія починає рухатись донизу, щоб підтримувати частоту обертання вала двигуна за рахунок ходової швидкості. Щойно тягове зусилля знизиться, двигун відновлює частоту обертання вала двигуна до 2100 хв^{-1} і починає перемикавання, оскільки диспетчер Efficiency Manager™ намагається відновити задану частоту обертання.

Попередження навантаження. Трансмісія e23 регулює частоту обертання вала двигуна для підтримування певної швидкості обертання коліс під час використання селективно-контрольного клапана (SCV), ВВП або зчіпки. Функції попередження навантаження можна ввімкнути/вимкнути для селективно-контрольного клапана (SCV) 3, ВВП 4 або зчіпки 5 (див. рис. 4.14).

Функції іТЕС трансмісії IVT/ AutoPowr дають можливість попередньо встановлювати значення заданої швидкості. Мінімальна задана швидкість, яку можливо зберегти, складає 0,8 км/год.

Трансмісія IVT™/AutoPowr™ забезпечує безступеневі швидкості ходу в режим: руху вперед від 50 м/год до 50 км/год в залежності від характеристик трактора. Режим руху назад забезпечує безступеневу швидкість ходу від 50 м/год до 20 км/год. Максимальні швидкості можуть дещо розрізнятися через розмір шин.

Трансмісія IVT™/AutoPowr™ пропонує чотири режими для заощадження пального та контролю навантаження з боку трактора:

- повністю автоматичний;
- спеціальний режим індивідуальних налаштувань;
- режим управління педаллю;
- ручний режим для випадків заощадження пального або керування навантаженням.

Трансмісія IVT™/AutoPowr™ регулює частоту обертання вала двигуна для підтримування певної швидкості обертання коліс під час використання селективно-контрольного клапана (SCV), ВВП або зчіпки. Потрібно увімкнути або вимкнути функції попередження навантаження для селективно-контрольного клапана (SCV), ВВП або зчіпки.

Функції попередження навантаження завжди активні у повністю автоматичному режимі, їх не можна відрегулювати. Якщо погірбне регулювання, слід використовувати спеціальний режим.

Функції попередження навантаження активовано у далі наведених випадках:

- селективно-контрольний клапан (SCV) – витрата складає 25% або більше, і/або селективно-контрольний клапан (SCV) налаштовано на безперервний час фіксації;
- ВВП – трансмісія автоматично знижує передачу для підтримання певної швидкості обертання коліс і ВВП;
- зчіпка – під час піднімання й опускання зчіпки.

Трансмісія IVT™/AutoPowr™ забезпечує додаткове заощадження паль-

ного.

Ранніми ознаками несправності двигуна є:

- раптове падіння тиску оливи;
- аномальні температури охолоджувальної рідини;
- незвичайний шум або вібрація;
- раптове падіння потужності;
- надмірні витрати пального;
- надмірні витрати оливи;
- витоки рідини.

Робота автоматичної шістнадцятишвидкісної трансмісії Powershift (APS). Автоматична трансмісія Powershift (APS) перемикає передачу для підтримки частоти обертання вала двигуна. APS не буде перемикатися вище заданої передачі. Блок управління визначає точки перемикання залежно від налаштування дросельної заслінки, частоти обертання вала двигуна і навантаження двигуна. Будь-яке перемикання передачі вручну скасовує функцію APS. Натискання кнопки «Автоматична трансмісія Powershift» відновлює управління перемиканням передач від APS.

Натискання педалі зчеплення призупиняє, але не скасовує функцію APS. Роботу APS буде відновлено у разі вивільнення педалі зчеплення. APS можна запрограмувати в iTEC™.

Функцію APS буде скасовано, якщо оператор перемкне передачу на іншу, нейтральну або заднього ходу. Передачі перемикаються за допомогою важеля (1) на CommandARM™ (рис. 4.15).

Передачу можна перемкнути у напрямку вперед або назад без використання педалі зчеплення.

Педаля зчеплення дає можливість оператору максимально використовувати ручне керування змінами для полегшення під'єднання до знаряддя, роботи в умовах обмеженого простору або сповільнення руху трактора під час виконання точних маневрів. Натисніть педаль зчеплення, щоб заздалегідь вибрати передню або задню керівну передачу із стоянкового положення.



Рис. 4.15. Перемикання передач

Коли трактор навантажений дуже низькою частотою обертання вала двигуна трансмісія Powershift може за замовчуванням перемкнути в НЕЙТРАЛЬНЕ положення потім у СТОЯНКОВЕ положення, якщо швидкість ходу впаде нижче за 1,75 км/год для захисту приводного механізму.

4.5. Структура мехатронних систем керування трактором

Мехатронні системи керування трактором призначені для реалізації алгоритмів керування за допомогою агрегатів і вузлів трактора. Узагальнена

структура мехатронної системи керування трактором показана на рис. 4.16. Ця система включає об'єкт керування і систему керування, що пов'язані між собою енергетичними та інформаційними потоками.

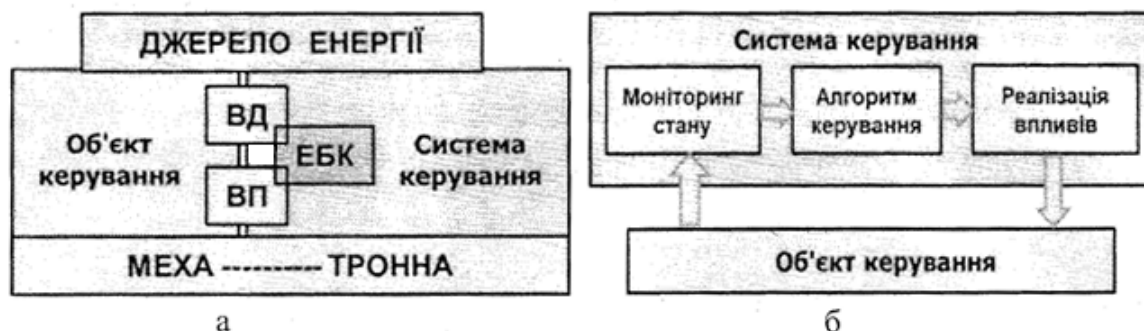


Рис. 4.16. Узагальнена структура мехатронної системи:

а – апаратне уявлення; б – процедурне надання

Інформаційний зв'язок для цих двох складових на апаратному рівні здійснюється за сигналом, що видає датчик, (ВД) і виконавчих пристроїв (ВП), які функціонально належать обом складовим. Активізуюча частина ВД і робочий орган ВП належать механічному об'єкту керування. Електрична частина (коло підключення) ВД і ВП розглядаються, як елементи електронної системи керування.

Енергетичні потоки, в загальному випадку, утворюють контур перетворювачів виду енергії, замкнутий через первинне джерело живлення. Стосовно систем трактора розглядають два первинних джерела енергії – живлення тягового двигуна (пальне) і живлення електричних споживачів (АКБ). Ці джерела пов'язані через електромеханічний генератор. Крім того, в тракторах можуть передбачати використання рекуперативних джерел енергії гальмування.

Інформаційний потік у структурі системи керування утворюється засобами моніторингу стану об'єкту керування на підставі інформації, отриманої з датчиків, встановлених на ньому. Визначальним атрибутом системи керування у складі МС є мікропроцесорна основа структури електронного блока керування (ЕБК). Для прийняття рішення (формування сигналів керування) у програмному середовищі мікропроцесора використовуються певні алгоритми виконання операцій перетворення вхідних сигналів, що дають можливість отримати оптимальні значення сигналів керування. Реалізація керуючих впливів на підставі сигналів керування здійснюється за допомогою електромеханічних перетворювачів (виконавчих пристроїв).

4.6. Системи керування ДВЗ

Технічна характеристика двигуна сучасного трактора 8R John Deere приведена в табл. 4.1.

В системі приводу трактора ДВЗ розглядається, як об'єкт керування, і в сукупності з електронною системою керування є мехатронною системою, яка функціонує в напівавтоматичному режимі під контролем водія (рис. 4.17).

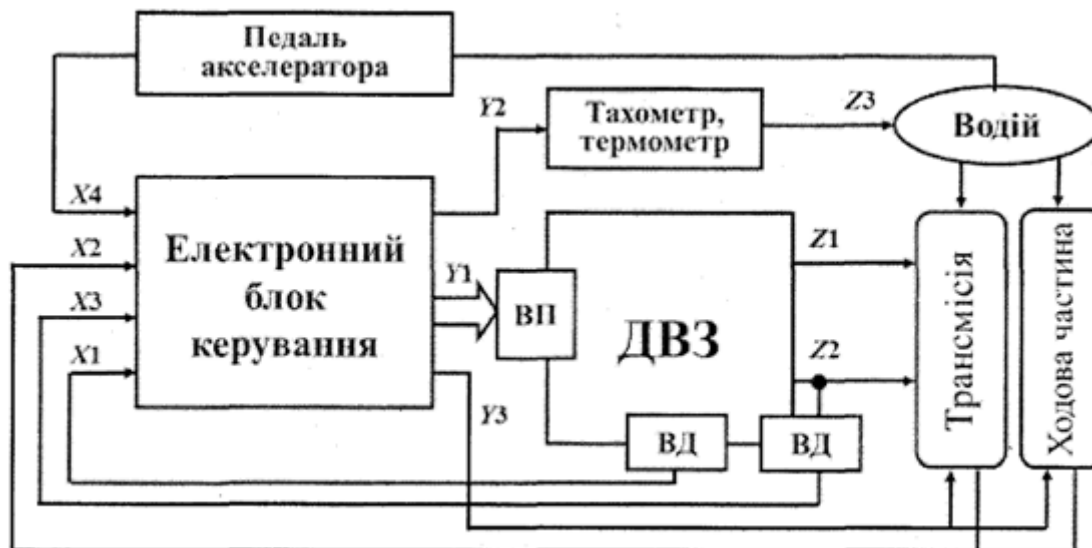


Рис. 4.17. Узагальнена модель мехатронної системи ДВЗ у форматі «трактор-водій-дорога»

Вхідні сигнали системи керування надходять з датчиків:

- структурних режимних параметрів двигуна X1;
- інших мехатронних систем трактора X2;
- вихідних параметрів двигуна (вихлопу, детонації), що утворюють зворотний зв'язок адаптивних систем X3;
- органів напівавтоматичного керування X4.

Вихідні сигнали системи керування ДВЗ надходять на виконавчі пристрої Y1 і засоби контролю Y2, а також використовуються для суміжних систем керування комбінованої структури Y3.

Таблиця 4.1

Технічні характеристики тракторів серій 8R/8RT John Deere

Модель	8260R	8285R	8310R	8335R	8285RT	8310RT	8335RT
Продуктивність двигуна							
Номінальна потужність (97/68 ЕС), л.с. (кВт)	260(191)	285(210)	310(228)	335(246)	285(210)	310(228)	335(246)
Максимальна потужність (97/68 ЕС) при 1900 хв ⁻¹ , л.с. (кВт)	286(210)	314(231)	341(251)	369(271)	314(231)	341(251)	369(271)
Максимальний крутильний момент при 1600 хв ⁻¹ , Н·м	1217	1334	1452	1569	1334	1452	1569
Номінальна частота обертання, хв ⁻¹	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Виробник	John Deere Power Systems						
Тип	Дизельний двигун John Deere PowerTech об'ємом 9,0 л						
Фільтр	Дизель 6-циліндровий, «мокрі» гільзи циліндрів з 4 клапанами на циліндр						
Система наддуву	Двоступінчаста система						
Система наддуву	Турбонагнітач з незмінною геометрією з проміжним охолодженням «повітря-повітря»						
Об'єм двигуна	9,0 л						
Система охолодження	VariCool – система приводу вентилятора системи охолодження зі зміною швидкості						

Модель	8260R	8285R	8310R	8335R	8285RT	8310RT	8335RT
Система впорскування пального	Система впорскування з паливною рампою високого тиску з повністю електронним керуванням і з само підкачувальним насосом з електронним керуванням						
Вибір трансмісії							
PowerShift	16 передач переднього ходу, 5 передач заднього ходу, повністю автоматичне перемикавання передач, система автоматичного підтримання постійної швидкості				16 передач переднього ходу, 4 передачі заднього ходу PowerShift		
16-швидкісна, 16 передач переднього ходу, 5 передач заднього ходу з APS (Auto Power Shift)	Стандарт (42 км/год з шинами групи 48, 39,9 км/год з шинами 47)				Стандарт (40 км/год)		
Діапазон швидкостей	8 робочих швидкостей. 2- 42 км/год вперед, 1,8 – 16 км/год реверс						
Автоматичне перемикавання	Перемикавання в залежності від положення педалі, навантаження при транспортуванні та від типу виконуваної операції						
Передні мости							
Міст з переднім приводом серії 1300, що підключається механічно	Стандарт	Стандарт	Недоступно	Недоступно	-	-	-
Міст з переднім приводом серії 1500, що підключається механічно, з електрогідравлічним блокуванням диференціала	Недоступно	Недоступно	Стандарт	Стандарт	-	-	-
Рульове керування							
Тип	Стандарт: гідростатичне рульове керування з електронасосом; рульове колесо 406 мм; кількість обертів від упору до упору: -1500 MFWD 20:1/4,4 -1300 MFWD 14,2:1/3,4				Гідростатичне рульове керування з рульовим зусиллям, що змінюється залежно від швидкості, рульове колесо 406 мм, 1,8 оберту від упору до упору		
	Опція: Active Command Steering (ASC) з електронасосом; рульове колесо 345 мм; регульоване передаточне відношення 15:1 до 23:1 (3.1-5,0 повороту рульового колеса від упору до упору)						
Гідравлічна система							
Тип	Закритого типу, система PFC (з компенсацією за тиском і потоком), з датчиком навантаження, зі спеціальним аксіально-поршневым насосом						
Клапани секційного гідророзподільника	Стандарт 4				Стандарт 4, опція – 5 або 6		
Електрогідравлічні клапани секційного гідророзподільника	Нейтральне положення, положення підйому, опускання та положення, яке плаває. регульований потік з компенсацією за тиском. Регульована тривалість робочого циклу. Клапани контролю навантаження і допоміжні пристрої для розблокування						
Максимальний тиск, бар	2958,1 psi + або -4,4 psi (20400 + або – 400 кПа)						
Максимальний потік, л/хв.	132						
3-точкова навіска - задня							
Тип	Електрогідравлічна з повністю електронним датчиком рівня тягового зусилля на нижній тязі. Демпфування навіски. Зовнішні контрольні вимикачі на крилах коліс				Без зовнішніх контрольних вимикачів на крилах коліс		
Категорія 3/3N – мости будь-якого діаметра	Стандарт		Недоступно		Недоступно		

Модель	8260R	8285R	8310R	8335R	8285RT	8310RT	8335RT
Тільки обмежувачі розкачування	Макс. вантажопідйомність 6804/9480 кг						
Категорія 4N/3 – тільки з мостами 120 мм	Опція		Стандарт		Стандарт		
Обмежувачі розкачування або стабілізатори Deluxe	Макс. вантажопідйомність 8618/12124 кг		Макс. вантажопідйомність 8618/12124 кг		Макс. вантажопідйомність 6803/9572 кг. Макс. вантажопідйомність 9800/11869 кг. Макс. вантажопідйомність 9072/12762 кг		
Задній ВВП							
Тип	Незалежний мультидисковий з оливним охолодженням						
Вал	Стандарт: 20 шліців 45 мм, 1000 хв ⁻¹ ; з валом 35 мм, 6 шліців, 540 хв ⁻¹				Стандарт: 20 шліців 45 мм, 1000 хв ⁻¹		
Кількість обертів двигуна при частоті обертання ВВП (1000/540 задній ВВП)	Частота обертання двигуна 2003/1818				Частота обертання двигуна 2003		
Кількість обертів двигуна при номінальній частоті обертання ВВП (1000 задній ВВП)	Частота обертання двигуна 2003						
Кабіна							
Технічні характеристики	Кабіна Deluxe CommandView II із сидінням Command Seat, з розташованою справа системою керування CommandARM, із вбудованим кольоровим дисплеєм CommandCenter діагоналлю 7 дюймів. Опція: сенсорний кольоровий дисплей CommandCenter діагоналлю 7 дюймів				Опція: сенсорний кольоровий дисплей CommandCenter діагоналлю 7 дюймів та відеофункціями		
Звукоізоляція/рівень шуму, 77/311/ЕЕС, Дб (А)	73						
Площа зашкленієї поверхні, м ²	6,52						
Об'єм, м ³	3,597						
Інше							
Підготовка для установки AutoTrac	Стандартна комплектація						
Телематичні системи	Опція JDLINK						
Система дистанційної діагностики Service ADVISOR	Сумісність з MTG HardWare						
Під'єднання знарядь через шину ISOBUS	Стандартна комплектація						
Відеофункція на дисплеї CommandCenter Display (тільки сенсорний)	Рознімач для камери із сигналом PAL і NTSC						
Місткість							
Паливний бак, л	695				758		
Об'єм оливи для колінчастого вала	-				25		
1300 MFWD, л	25,0		Недоступно		Недоступно		
1500 MFWD, л	28,0				Недоступно		
Трансмісія, диференціал, гідросистема, л	165				258		

Модель	8260R	8285R	8310R	8335R	8285RT	8310RT	8335RT
Розміри та баласты							
Колісна база MFWD	3,05				-		
Гусениці	-				2515		
Ширина×висота×довжина, мм	2438×3527×6116*				3099×3548×6043		
Із задніми шинами (опція вибору розміру шин)	710/70R42;320/90R54 480/80R46;620/70R46 620/70R42(D); 710/70R38(D); 480/80R50(D); 710/70R42(D); 800/70R38(D)	480/80R50(D); 710/70R42; 710/70R42(D); 800/70R38(D)		-			
MFWD/трансмiсія RST/ 1400 фунтів внутрішні вантажі/ кронштейн для переднього вантажу/ на- віска категорії 3 із швид- кознімною муфтою/ 113 л пального/480/ здво- єні колеса 80R46/420/ передні колеса 90R34	12346 кг				-		
Трансмiсія RST, з пов- ним баком, гусеницями 24 дюйма, без баластів	-				16031 кг		
Дорожній просвіт під мостом, мм	685,8				392		
Радіус повороту** - 600/70R30 передні шини групи 43 при ширині ко- лії 188 см	6,09				-		

* від кронштейна переднього вантажу до нижніх тяг категорії 4 в горизонтальному положенні

** див. інструкцію з експлуатації для отримання додаткової інформації

Електричні системи керування ДВЗ призначені для реалізації алгоритмів, які оптимізують керуючі впливи на механічні системи і вузли ДВЗ в автоматичному і напівавтоматичному режимах. Процес оптимізації відбувається на основі аналізу режимних параметрів ДВЗ (частоти обертання, навантаження, температурного стану), які змінюються під час руху трактора. Цільовими функціями (критеріями) оптимізації структурних параметрів ДВЗ є поліпшення його вихідних (робочих) характеристик – підвищення ефективної потужності на колінчастому валу при мінімальних витратах пального з мінімальними викидами токсичних речовин у навколишнє середовище.

Системи керування ДВЗ як і будь-які системи керування трактора можна класифікувати за чотирма основними ознаками: призначенням або об'єкту (системи) керування; гнучкості реалізації алгоритму, який оптимізує; архітектурної композиції; способу реалізації системи. За першою ознакою можна виділити системи керування, які використовуються на ДВЗ тракторів (рис. 4.18).



Рис. 4.18. Класифікація систем керування ДВЗ за загальними ознаками

Гнучкість керування (адаптивність) розглянутих систем ДВЗ забезпечується шляхом організації зворотних зв'язків та якістю згорання паливної суміші.

У системах керування ДВЗ, як інформаційні, розглядаються параметри, що характеризують поточний режим двигуна: частота обертання колінчастого вала, положення дросельної заслінки, температура охолоджувальної рідини.

Кількість пального багаторазового впорскування визначається переліком робочих параметрів: робочий режим двигуна; температура охолоджувальної рідини двигуна; емісія токсичних компонентів тощо.

Використовуючи ці робочі параметри (змінні), ЕБК не тільки розраховує кількість пального, що впорскується, але й може також змінювати момент початку впорскування пального (тобто кут випередження впорскування). Це означає, що може бути застосований всебічний захисний метод, при якому визначаються відхилення параметрів і, залежно від їх важливості, ініціюються відповідні контрольні заходи. Система електронного керування включає в себе певну кількість контурів керування зі зворотним і зв'язком.

Відзначимо, що в дизелях з розподіленим впорскуванням з'являється можливість реалізувати: попередні, основні та додаткові дози впорскування за один робочий цикл, за рахунок застосування керованих форсунок і насос-форсунок.

Структура мікропроцесорних систем електронного керування різних типів відрізняється набором датчиків і виконавчих пристроїв. Для збору інформації про роботу двигуна в системі передбачені три типи датчиків: режимних параметрів (частоти обертання, положення дозатора і педалі акселератора, синхронізації моменту впорскування), корекції (температури палива, повітря й

оливи, атмосферного тиску) і захисту (температури охолоджувальної рідини, тиску оливи).

Для оптимізації характеристик дизельних двигунів використовується різні підходи:

- підвищення тиску впорскування пального у циліндри;
- формування необхідної характеристики впорскування;
- регулювання кута випередження впорскування;
- застосування попереднього (пілотного) та додаткового впорскування в циклі подачі пального;
- адаптації циклової подачі, тиску наддування і кута випередження впорскування до поточного режиму ДВЗ;
- дозування величини пускової подачі залежно від температури охолоджувальної рідини двигуна і навколишнього середовища;
- регулювання мінімальної частоти обертання холостого ходу;
- керування рециркуляцією ВГ;
- використання систем полегшення пуску;
- підвищення точності дозування циклової подачі і кута випередження впорскування.

Така оптимізація керуючих впливів на дизельний ДВЗ реалізується за допомогою систем електронного керування.

4.7. Системи керування автоматичною коробкою передач

Підключення електромеханічних і електронних пристроїв та датчиків до єдиної мережі електронного керування коробкою передач на прикладі АКП (автоматичної коробки передач) показано на рис. 4.19.

Керування автоматичною коробкою передач виконує електронний блок керування, який подає сигнали на драйвери (силові транзистори) соленоїдів, що в свою чергу вмикають або вимикають необхідні соленоїди, які відповідають за тиск оливи у каналах гідравлічного приводу зчеплень, комбінація яких відповідає за роботу коробки на тому чи іншому діапазоні. Підключення зовнішніх електронних та електричних пристроїв і датчиків до АКП приведені на рис. 4.20, а підключення внутрішніх елементів електронної та електричної складової АКП – на рис. 4.21.



Рис. 4.19. Об'єкти діагностування автоматичної коробки передач

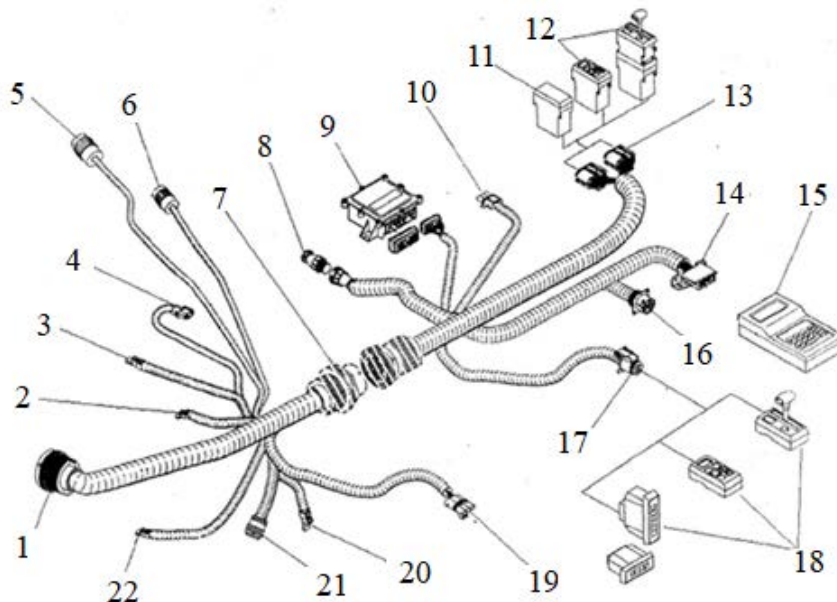


Рис. 4.20. Підключення зовнішніх електронних та електричних пристроїв і датчиків до АКП:

1 – трансмісійний рознімач підключення до коробки; 2 – рознімач датчика вихідної швидкості; 3 – рознімач соленоїда акумулятора сповільнювача; 4 – рознімач датчика температури сповільнювача; 5 – рознімач датчика вихідної швидкості; 6 – рознімач соленоїда керу-

вання роздавальною коробкою; 7 – опційний проміжний рознімач; 8 – рознімач підключення модуля запобіжників; 9 – модуль запобіжників; 10 – рознімач датчика модуляції сповільнювача; 11 – ЕБК; 12 – основні селектори вибору передач; 13 – рознімачі «А» і «В» блока керування; 14 – діагностичний рознімач; 15 – діагностичний пристрій; 16 – опційний рознімач; 17 – рознімач для підключення до послідовного інтерфейсу; 18 – додаткові селектори вибору передач; 19 – рознімач датчика положення дросельної заслінки; 20 – рознімач датчика швидкості турбінного колеса; 21 – рознімач сповільнювача; 22 – рознімач датчика швидкості обертання колінчастого вала

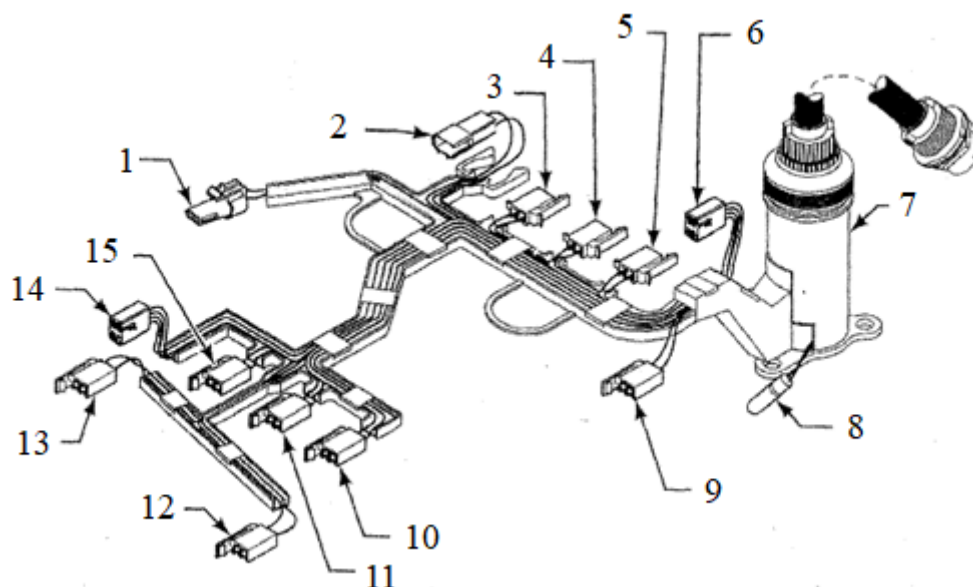


Рис. 4.21. Підключення внутрішніх елементів електронної та електричної складової АКП

На рис. 4.21 такі позначення: 1 – датчик швидкості обертання турбінного колеса; 2 – рознімач перемикача тиску С3; 3 – рознімач соленоїда зчеплення С1; 4 – рознімач соленоїда F; 5 – рознімач соленоїда зчеплення С2; 6 – датчик рівня картерної оливи (HD/В500); 7 – стакан трансмісійного рознімала; 8 – датчик температури; 9 – рознімач соленоїда G; 10 – рознімач соленоїда E зчеплення С5; 11 – рознімач соленоїда С зчеплення С3; 12 – рознімач соленоїда J зчеплення С6; 13 – рознімач соленоїда M; 14 – датчик рівня картерної оливи (коробки MD/В300/В400); 15 – рознімач соленоїда D зчеплення С4

4.8. Системи рульового керування

Система рульового керування трактора – це сукупність елементів для спрямування руху трактора за допомогою рульового колеса. Складається механізмів, що перетворюють положення (кут повороту) керма в пропорційну зміну положення коліс або аналогічних елементів, що керують напрямком руху.

На тракторах система механічного керування складається з редуктора (рульового механізму) і композиції тяг (рульової трапеції), що перетворюють

поворот керма в поворот керованих коліс. Співвідношення кутів повороту керма і коліс відоме як передавальне відношення рульового керування і, зазвичай, складає від 15:1 до 23:1 (3.1-50 повороту рульового колеса від упору до упору). Колесо, що знаходиться з того боку, куди відбувається поворот, повертається на більший кут так, щоб точка перетину осей передніх коліс перебувала на осі задніх коліс (в цьому разі всі колеса обертаються навколо однієї точки і не відбувається бічного ковзання шин). Згідно з розглянутою структурою, неелектричні системи кермування трактора класифікують за загальними ознаками:

- місцем розташування керованих коліс (передня, задня вісь);
- принципом дії (механічні, пневматичні, гідравлічні);
- типом редуктора (черв'ячні, гвинтові);
- способом зміни передавальної характеристики.

Розташування керованих коліс визначається типом і конструкцією трактора. Принцип дії системи кермування, як і будь-якої іншої системи, визначається джерелом енергії, використовуваною для підсилювача керма і в більшості випадків диктується наявністю систем і агрегатів аналогічного принципу побудови даного трактора.

Для забезпечення необхідних передавальних характеристик рульового керування використовуються гідропідсилювачі з електронним регулюванням.

Підсилювачі керма – це системи і механізми в рульовому керуванні, призначені для зниження керуючого зусилля, що прикладається до рульового колеса з метою підвищення комфорту і зниження стомлюваності водія.

Рульовий механізм є частиною системи рульового керування, яка перетворює обертальний рух рульового колеса в поступальний хід рульових тяг. Представляє собою механічний редуктор у вигляді черв'ячної передачі або передачі «гвинт-кулькова гайка».

Неелектричні способи керування кермом дають можливість реалізувати статичні передавальні характеристики системи за рахунок механічних перетворювачів, які мають обмежені експлуатаційні і технологічні показники. Так, наприклад, передавальне відношення можна реалізувати за рахунок засобів гідравлічного підсилювача, а нелінійність передавальної характеристики забезпечити за рахунок різної геометрії зубцевої зони механізму.

В мехатронних системах кермування електронна частина традиційно складається з інформаційних датчиків, електронного блока керування (ЕБК) та актуаторів (електромеханічних перетворювачів). В ЕБК, згідно із закладеною програмою, виконується алгоритм формування сигналів керування виконавчими пристроями. Залежно від складності цього алгоритму (ступеня впливу на робочий орган рульового механізму) мехатронні системи керування поділяють на два типи – пасивні та активні.

Пасивні системи самостійно не впливають на елементи кермового механізму, а керують підсилювачами керма і знижують наслідки неправильних дій водія. Активні системи навігації AutoTrac рульового керування по полю надають автоматичний вплив на рульовий механізм залежно від умов і режимів руху трактора. **Активні системи** комбінованої структури, що реалізують

більш складні алгоритми з керування ходовою частиною трактора прийнято називати адаптивними.

Електричні способи керування додатково дають можливість реалізувати необхідні динамічні характеристики підсилювачів керма, а також алгоритми активного кермування трактором в режимах дорожнього руху (системи допомоги водієві) на підставі інформації, отриманої з датчиків бортових систем різного призначення. Крім того, електричні системи керування характеризуються високою комунікабельністю і технологічністю виготовлення.

Системи рульового керування у своїй основі мають підсилювач керма, призначений для зміни передавальних характеристик (коефіцієнтів посилення і передачі кутового відхилення) залежно від режимів руху і характеру маневрування трактора. У якості інформаційних, розглядаються параметри: кутове положення рульового колеса, зусилля на рульовому валу, швидкість руху трактора.

Різноманітність мехатронних систем рульового керування можна представити загальною класифікаційною структурою (рис. 4.22).



Рис. 4.22. Класифікаційна структура мехатронних систем рульового керування

Функціональність мехатронної системи кермування характеризується можливістю автоматично змінювати (коригувати) статичні характеристики (коефіцієнти передачі крутного моменту (K_m) і кута повороту K_ϕ) залежно від дорожніх і польових умов, режимів руху і характеру впливу водія на рульове колесо. З цього приводу, можна вважати, що максимальна функціональність рульового керування досягається в системах тракторів-автопілотів.

В якості актуаторів (виконавчих пристроїв) в електронних системах рульового керування для реалізації керуючих впливів використовуються електроклапани і електродвигуни різного призначення. З цих позицій мехатронні системи рульового керування можна представити промисловими назвами: еле-

ктромагнітна муфта рульової колонки; електроклапанний модулятор тиску рідини; електромоторний гідронасос; електромоторний підсилювач; електроклапанний модулятор і електромоторний підсилювач; основний електромоторний привід.

Елементи рульового керування тракторів 8R та 8RT показані на рис. 4.23. Використання навігаційної системи Auto за сигналами РТК, SF1, SF2 дає можливість автоматично через шину ISOBUS спрямовувати трактор заданою прямою, кривою або адаптивною кривою, виконувати поворот на краю поля, автоматично спрямовувати в оптимальному напрямку (колією). Заданий напрямок руху вибирається на терміналі, решту бере на себе система рульового керування [1, 2]. Система автоматичного керування використовує дані, що надходять від систем точного водіння для керування спеціальним електродвигуном підключеним до керма трактора.

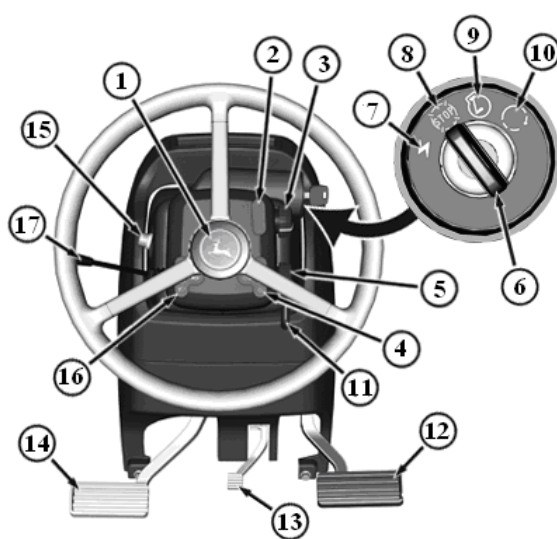


Рис. 4.23. Передня консоль:

1 – розблокування телескопічного механізму керма; 2 – блок вибору світлових приладів; 3 – поворотний перемикач світлових приладів; 4 – блок склоочисника лобового скла; 5 – ручка керування склоочисником лобового скла; 6 – ключ запалювання; 7 – допоміжне обладнання; 8 – вимкнено (СТОП); 9 – робоче положення; 10 – пуск; 11 – важіль розблокування нахилу рульової колонки; 12 – педаль гальма; 13 – розблокування нахилу рульової колонки; 14 – педаль зчеплення; 15 – вимикач пускового пристрою (за наявності); 16 – піктограма сигналу повороту, піктограма фар ближнього/дальнього головного світла і піктограма звукового сигналу; 17 – важіль вмикання покажчиків повороту/звукового сигналу

Основа системи автоматичного керування – виконавчий механізм, оснащений потужним електродвигуном з вбудованим блоком керування, коробкою передач і датчиками (рис. 4.24).

Повністю електричне рульове керування – важлива складова систем допомоги водієві та функцій автоматизованого водіння, здатних підвищити безпеку, спростити роботу водіїв та вдосконалити логістичні процеси. Більш того, застосовувані підсилювачі підвищують ефективність агрегатів, оскільки мають меншу масу і вимагають менше монтажного простору порівняно зі звичайним гідравлічним рульовим керуванням.

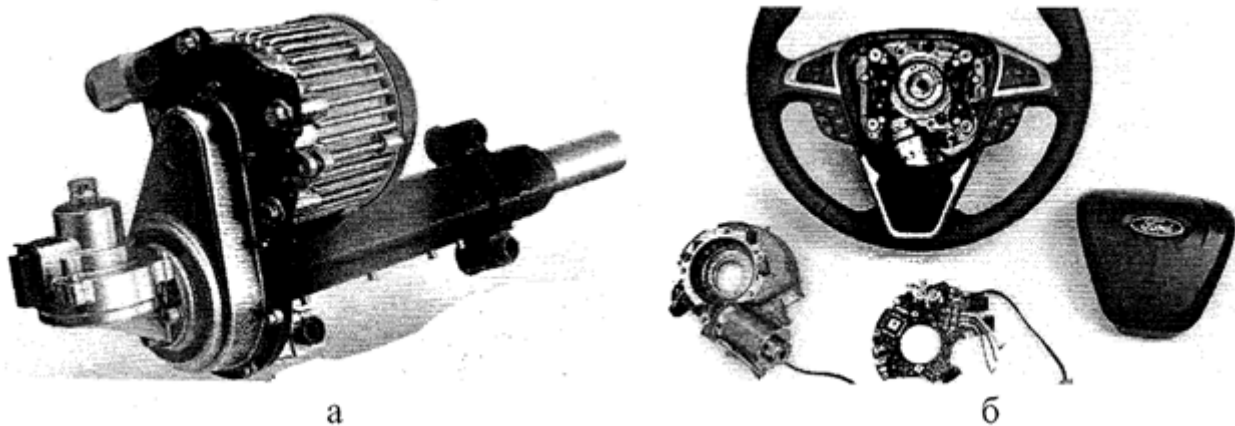


Рис. 4.24. Компонівка електричного приводу керма:
а – на рульовому механізмі ReAX EPS; б – датчики на кермі

Вимоги, що висуваються до блоків систем керування сучасного трактора, полягають у забезпеченні надійності, керованості, інформативності та чутливості системи. Ці вимоги можна деталізувати за технічними показниками:

- забезпечення заданої траєкторії руху з необхідними параметрами поворотності і стійкості (маневреності);
- нормоване зусилля на рульовому колесі при маневрі;
- забезпечення віброізоляції рульової колонки від нерівностей дороги;
- відповідність радіусу повороту трактора керуючому впливу на рульове колесо;
- стабілізація положення повернених керованих коліс;
- нормоване число обертів керма від середнього положення до крайніх положень;
- забезпечення превентивного керування при виході з ладу підсилювача;
- нормоване значення допустимого сумарного люфту керма.

Для ефективного рульового керування в сучасних тракторах застосовуються датчики різного призначення і принципу будови:

- крутильного моменту на рульовому колесі або кермі;
- кута повороту рульового колеса;
- сумарного кута повороту рульового механізму;
- швидкості руху трактора;
- частоти обертання вала ДВЗ;
- відхилення від заданого курсу (поперечного прискорення).

Датчик крутильного моменту на рульовому колесі (ДКМР) встановлюється на трактор з електропідсилювачем керма (ЕПК). У деяких тракторах датчик ДКМР працює в парі з датчиком, який контролює кут повороту керма.

Розрізняють кілька конструкцій датчиків ДКМР, побудованих на різних фізичних принципах: оптичний, індуктивний, датчик Холла, магніторезистивний датчик. Усі перераховані види датчиків безконтактні вимірювальні пристрої. Один із видів датчиків крутильного моменту і кута повороту рульового колеса показаний на рис. 4.25.

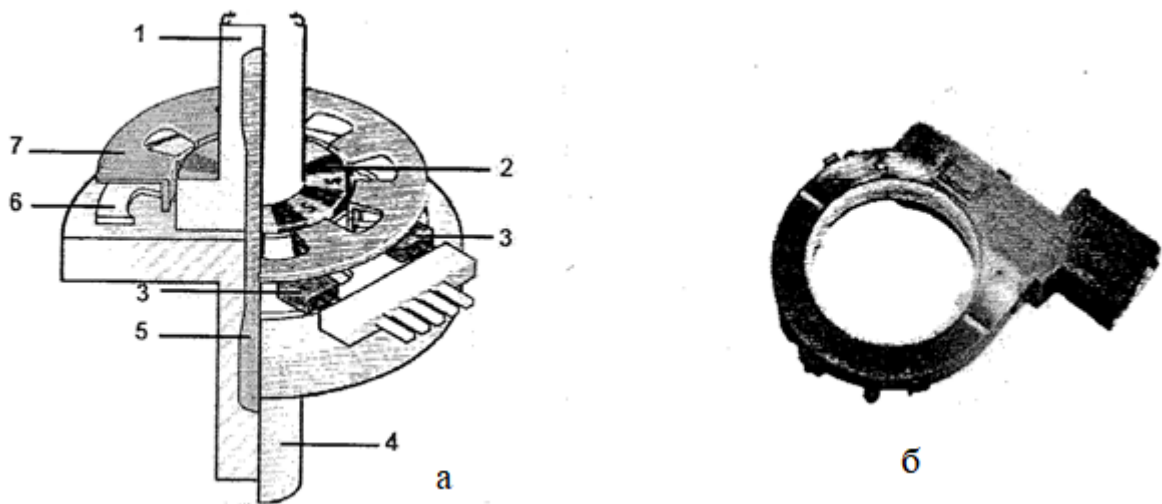


Рис. 4.25. Датчики: крутильного моменту (а) і кута повороту рульового колеса (б):

1 – вхідний вал; 2 – кільцевий магніт; 3 – датчик Холла; 4 – вихідний вал-шестірня; 5 – торсіон; 6, 7 – перший та другий статори

Крім фізичних принципів, датчики розрізняються за швидкістю і точністю вимірювання.

Найпоширенішим є датчик ДКМР, побудований на базі елементів Холла. Встановлюється датчик крутильного моменту на рульовій колонці. За допомогою торсіону-стрижня рульовий вал і вал-шестірня зв'язуються між собою, а на корпусі встановлюється чутливий елемент. Щоб збільшити чутливість і надійність вимірювань у конструкції датчика встановлюються дві аналогові мікросхеми Холла. Під час провертання рульового колеса торсіон обертається і закручується, що приводить в рух багатополосний магніт відносно зубців статора. При цьому через елементи Холла (рис. 4.25, 3) формується магнітний потік, пропорційний зусиллю, прикладеному до керма.

Датчики кута повороту рульового колеса (ДКПР) на відміну від інших датчиків кутового переміщення характеризуються широким діапазоном вимірювань. Датчик встановлюється на рульовій колонці між перемикачем і рульовим колесом, іноді – на рульовому механізмі. Датчик ДКПР потрібен для визначення кута повороту, напрямку і кутової швидкості повороту рульового колеса. Принцип будови та конструкція датчика визначається функціональними вимогами до системи керування.

У магніторезистивному датчику ДКМР вимірювання відбуваються схожим чином, шляхом обертання на рульовому валу двох магніторезистивних чутливих елементів, які вимірюють магнітний потік і утворюють електричний сигнал. У разі виходу з ладу датчика крутильного моменту рульового колеса відбувається автоматичне плавне відключення підсилювача. Магніторезистивний ДКПР є більш універсальним пристроєм, тому що крім відносного і абсолютного кута повороту рульового колеса дає можливість визначати його кутову швидкість. Конструкція датчика включає два магніторезистивних елемента,

закріплених у корпусі датчика. Магніторезистори активізуються двома рухомими магнітами. Привідні зубчасті колеса мають різну кількість зубців (відрізняється на одиницю).

Датчик сумарного кута повороту рульового механізму (ДСКР) побудований аналогічно ДКПР.

Індуктивний датчик ДКМР складається з двох концентричних циліндрів з отворами (слотами перфорації), які утворюють магнітну систему. В статорній частині датчика розташовані дві пари концентричних котушок (обмоток), які утворюють два ідентичних трансформатори (рис. 4.26).

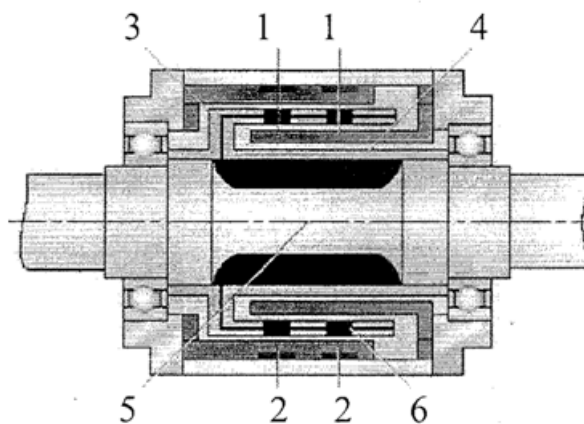


Рис. 4.26. Індуктивний датчик крутильного моменту:

1 – первинні обмотки; 2 – вторинні обмотки; 3 – зовнішній циліндр; 4 – внутрішній циліндр; 5 – торсіон; 6 – слоти перфорації

Зусилля, прикладене до керма, викликає поворот валу роторної частини датчика із зовнішнім перфорованим циліндром. Деформації торсіону призводять до радіального зміщення слотів зовнішнього і внутрішнього циліндрів відносно один одного. В результаті цього, пропорційно прикладеному зусиллю, змінюється перетин осердя (феромагнітної маси) між зовнішніми і внутрішніми котушками. При цьому для одного трансформатора деформації кручення призводять до збільшення магнітного зв'язку котушок, для другого навпаки – до зменшення. Таким чином, змінна напруга (частота 20 кГц) трансформується в диференційний сигнал на вторинних обмотках датчика. Збільшення або зменшення середнього значення диференційної напруги буде визначати напрямок і значення прикладеного крутного моменту.

Рульове керування трактора 8R John Deere зі змінним передатним відношенням забезпечує легкість рулювання на малих швидкостях і більш тяжке рулювання на високих швидкостях.

Система рульового керування ACS автоматично знижує кількість обертів рульового колеса від упору до упору до 3,5 для швидкого виконання поворотів на розворотній смузі та скорочує обертальні рухи рульового колеса до 75%.

Повністю електронна система рульового керування виключає усі недоліки традиційної конструкції «рульова колонка-колеса». Це значно знижує вібрацію і повністю усуває люфт.

4.9. Структура компонентів керування гальмами

Системи гальм трактора з ABS різняться за конструкцією елементів, функціональними можливостями, компонентним складом та експлуатаційними властивостями за призначенням – транспортного чи сільськогосподарського. Сучасні ABS класифікують за загальними ознаками, основними з яких є: принцип будови базової гальмівної системи (гідравлічні, пневматична, механічна, комбінована), алгоритм керування гальмівною силою.

Система керування гальмуванням (ABS) призначена для забезпечення оптимального процесу гальмування трактора. Оптимізації підлягає гальмівний момент на колесі, який створюється гальмівною системою. У якості інформаційних параметрів використовуються кутові швидкості обертання коліс і реальна (курсова) швидкість руху трактора. Критерієм оцінки ефективності гальмування є якість зчеплення колеса з поверхнею дороги. Основне призначення системи – забезпечення оптимальної гальмівної ефективності (мінімального гальмівного шляху) при збереженні стійкості і керованості трактора.

Найкраще сповільнення трактора досягається тоді, коли в гальмівній системі є максимальне перетворення кінетичної енергії в теплову енергію на гальмівних дисках і барабанах. Шина, яка ковзає навіть на сухій дорозі, далеко не забезпечує досягнення граничного можливого потенціалу цього процесу.

До ABS, як до системи безпеки, висуваються вимоги, які визначають її надійність, безпеку і функціональність.

Основні положення стратегії функціонування гальмівної системи можна сформулювати як вимоги до ABS:

- забезпечення швидкого зниження тиску в гальмах на момент нестійкості швидкості колеса для його повернення в режим прискорення;
- забезпечення швидкого підвищення тиску гальмування в період і після повторного прискорення до значень менших за тиск нестійкого стану;
- забезпечення дискретного зростання тиску гальмування в разі збільшеного зчеплення з дорогою;
- вибір чутливості системи для умов руху, які превалюють;
- відключення гальмівної реакції ABS в разі вібрації осі.

Застосування цих п'яти основних вимог приводить до необхідності пошуку компромісу між ними. Програмування процесу гальмування і випробування дослідних зразків дають можливість зменшити рівень компромісу.

Переваги електрогідравлічних гальм полягають у такому.

- скорочується час спрацьовування. Звичайні гальмівні системи виходять на максимальний тиск мінімум через 0,2 с навіть за допомогою популярних нині систем, типу Brake Assist, а електрогідравлічні гальма здатні створити такий тиск менш ніж за 0,1 с;
- відбувається більш точний розподіл гальмівних сил між колесами;
- така система є більш гнучкою, комутується з ABS і різними системами стабілізації руху;
- на педалі не відчувається пульсації при спрацьовуванні ABS, характерною для сучасних гідромеханічних гальмівних систем.

В активних гідравлічних системах використовуються підсилювачі гальмівного тиску. Тип (принцип дії) підсилювача гальмівного тиску визначається джерелом (видом) енергії, який допомагає водієві здійснювати керуючі впливи. За цією ознакою розрізняють пневматичні, вакуумні, гідравлічні і комбіновані неелектричні підсилювачі приводів гальмівних систем. У зазначених пристроях підсилення зусилля водія, який тисне на педаль гальм, здійснюється за рахунок додаткової енергії тиску робочого тіла.

У структурі компонентів мехатронних гальмівних систем застосовуються: колісні датчики; пристрої керування; ЕБК; модулятори тиску. У більшості систем керування ABS використовуються датчики кутової швидкості обертання коліс індукційного типу.

Для контролю тиску в гідравлічних та пневматичних гальмівних системах застосовуються датчики відповідного призначення (рис. 4.27).

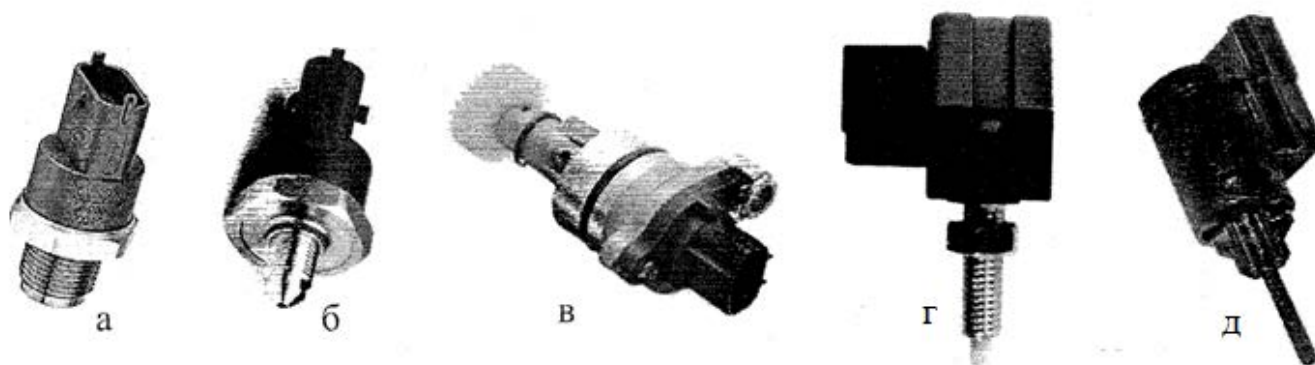


Рис. 4.27. Датчики систем керування гальмами:

а – тиску рідини; б – тиску повітря; в – швидкості руху трактора; г, д – положення педалі: кінцевого (г), ступеня натискання (д)

Датчики положення педалі гальма розрізняють за призначенням (кінцевого положення, ступеню натискання) і принципом будови (контактні, лінійного переміщення). Перший тип датчиків за конструкцією аналогічні датчикам стоп-сигналу. Датчики ступеню натискання – це потенціометри (рис. 4.27).

Основними характеристиками датчиків ступеня натискання є: хід штока і спосіб установки датчика (фірма виробник); діапазон регулювання опору; нелінійність резистивної характеристики. У конструкціях вимірювального майданчика сучасних датчиків застосовуються секційні провідні доріжки, сектори яких гальванічно розділені виносними резисторами, інтегрованими поруч із доріжкою (рис. 4.27, г). Таке рішення дає можливість отримати необхідну нелінійну резистивну характеристику датчика (кусочно-лінійну апроксимацію) без використання резистивного покриття (підвищення ресурсу).

Сигнали датчика швидкості обертання коліс використовуються в роботі різних систем активної безпеки (ABS, антибуксувальної системи, системи курсової стійкості). За допомогою інформації від датчиків, відповідні блоки керування регулюють силу гальмування кожного колеса, що дозволяє запобігти їх блокуванню і в підсумку забезпечити стійкість (керованість) трактора.

Гідравлічні підсилювачі будуються на базі головного гальмівного циліндра шляхом додавання гідронасоса з гідроаккумулятором.

Електрогідравлічні підсилювачі будуються аналогічно звичайним гідравлічним, тільки замість механічного насоса використовується електронасос.

Електромеханічні підсилювачі базуються на електромагнітних або електромоторних приводах. При цьому зусилля, що утворюється електричним приводом (електродвигуном), може передаватися на шток головного гальмівного циліндра. В системах з електромеханічними підсилювачами, використовуються електронні педалі (псевдопедалі) з датчиками положення педалі гальма.

У пневматичних активних системах, керування тиском в гальмівних циліндрах, реалізується в два етапи. На першому етапі, опорний тиск ресивера варіюється за допомогою гальмівного крана (педалі гальма). Залежно від типу системи та гнучкості алгоритму керування, в конструкції крана (педалі гальма) передбачені вмонтовані датчики різного типу.

Система зчеплення має задовольняти описаним далі вимогам. По-перше, забезпечувати максимальну швидкість включення зчеплення незалежно від частоти обертання колінчастого валу. По-друге, виконувати монотонне підвищення моменту, який передається зчепленням під час підвищення частоти обертання вала двигуна. При цьому на режимі холостого ходу система має повністю від'єднати зчеплення, а після підвищення частоти до заданого значення навпаки, забезпечити блокування зчеплення, щоб виключити його пробуксовку. По-третє, передбачити можливість зміни характеру залежності моменту, який передається зчепленням, від частоти обертання колінчастого валу, якщо втручається водій. По-четверте, забезпечувати швидке блокування зчеплення після надходження команди на її виконання. Швидкість включення зчеплення після вмикання передач має визначатися режимом руху і навантаженням двигуна. Таким чином, в системі зчеплення як інформаційні розглядаються параметри: частота обертання колінчастого валу, команди водія, швидкість руху трактора, навантаження двигуна. Вихідною функцією, яка підлягає оптимізації, є величина моменту, який передається зчепленням. Оригінальним за призначенням і конструкцією є датчик положення педалі зчеплення, який реєструє її поточне положення і швидкість відпускання (рис. 4.28).

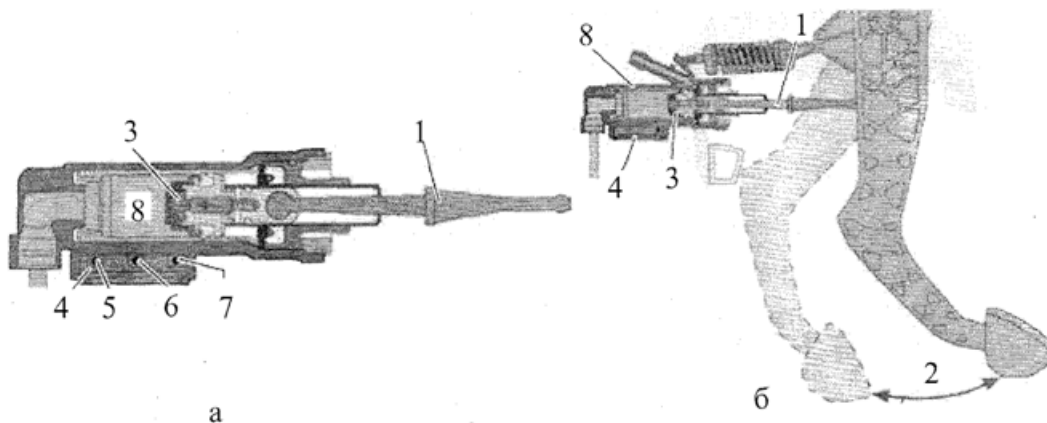


Рис. 4.28. Будова датчика положення педалі зчеплення

Штовхач 1, переміщений педаллю 2, наближає поршень гідравлічної системи зчеплення (гідроциліндр) із закріпленим на ньому магнітом 3, до триступеневого датчика переміщення 4 (датчики Холла 5-7 на друкованій платі). При відключенні гальма ЕБК аналізує кут нахилу трактора, положення педалі акселератора (або зчеплення) і швидкість відпускання зчеплення. При цьому розраховується оптимальний час для розблокування гальмівних дисків.

Система електромеханічних гальм з додатковим розширенням Auto Hold має низку істотних плюсів:

- водій відчуває менші навантаження при експлуатації високошвидкісних тракторів (особливо це важливо в режимі їзди по місту, з пробками і частими циклами розгону-зупинки, адже більше не потрібно постійно тримати гальма натиснутими);

- програма допомагає зупинитися і починати рух на ухилах, трактор не скочується;

- підтримка блоку керування автоматично утримує трактор на одному місці, при цьому немає різниці, чому трактор зупинився;

- запрограмований режим включення електричного гальма при відкритті дверей водія, від'єднанні ременю безпеки, при заглушенні двигуна;

- включення забезпечується зручною кнопкою;

- електричні гальма не потребують регулювання в процесі експлуатації;

- система вимикається автоматично.

Але є і деякі недоліки:

- не можна контролювати ступінь зусилля гальма;

- якщо акумулятор повністю розрядився, зняти трактор з електричного ручного гальма неможливо до поновлення заряду.

Для системи керування коробкою передач також використовуються перераховані інформаційні параметри, але функція перетворення полягає в оптимізації швидкісної передачі, а саме в забезпеченні системою певного співвідношення, залежно від режимів руху трактора.

До того ж система має виключати помилкове втручання водія в ручному режимі керування.

Системи керування повним приводом призначені для оптимального розподілу крутильного моменту за осями і окремими колесами трактора з метою забезпечення кращого зчеплення коліс з дорожнім полотном. У системі розподілу крутильного моменту як інформаційні розглядаються параметри: кутова швидкість обертання кожного колеса, частота обертання вихідного вала коробки передач, команди водія, швидкість руху трактора, навантаження двигуна. Керуючі впливи на систему розподілу моменту реалізуються за допомогою керованих передавальних муфт, роздавальних коробок і диференціалів.

Контрольні запитання

1. Наведіть основні елементи мехатронної системи.
2. Яка загальна архітектура інтелектуального трактора?
3. Охарактеризуйте структуру привідної частини трактора.

4. З яких компонентів складається мехатронна система об'єкта керування трактором?
5. Наведіть функціональну схему мехатронної системи «трактор-водій-дорога».
6. Охарактеризуйте склад трансмісії e23 трактора John Deere.
7. Які переваги застосування трансмісій з перемиканням на ходу?
8. З якою метою трансмісія e23 може попереджувати навантаження і яким чином ці функції регулюються?
9. Наведіть ранні ознаки несправності двигуна.
10. Які типові периферійні пристрої підключаються до ЕБК?
11. Наведіть схему розташування датчиків на тракторі 8R John Deere.
12. Яке призначення мехатронних систем керування трактором?
13. Наведіть узагальнену модель мехатронної системи ДВЗ у форматі «трактор-водій-дорога».
14. Які системи ДВЗ функціонального призначення використовуються на тракторах?
15. Як забезпечується гнучкість керування (адаптивність) трактора?
16. З яких мехатронних компонентів складаються автоматичні коробки передач?
17. Які підходи використовуються для оптимізації характеристик дизельного двигуна?
18. Визначте електронні компоненти, які необхідно діагностувати в автоматичних коробках передач.
19. Які гідромеханічні компоненти слід діагностувати в автоматичних коробках передач?
20. З яких мехатронних елементів складається рульове керування трактора?
21. Наведіть принципи побудови мехатронних систем рульового керування.
22. Наведіть елементи рульового керування трактора 8R John Deere.
23. Які особливі вимоги висуваються до блоків систем керування сучасного трактора?
24. Наведіть датчики мехатронних систем рульового керування.
25. За яких умов найкраще сповільнюється трактор?
26. Наведіть принципи побудови гальмівної гідравлічної системи та алгоритм керування гальмівною силою.
27. Перелічіть переваги електрогідравлічних гальм та якими мехатронними системами (компонентами) вони забезпечуються.
28. Які компоненти застосовуються в структурі мехатронних систем рульового керування?

5. ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАКТОРОМ

5.1. Склад і структура електронних блоків та CAN-мережі сучасного трактора

Типовий електричний контур трактора 8R John Deere складається із споживача електроенергії (виконавчих органів), набору вимикачів, реле, виконавчих електромоторів, запобіжників, плавких вставок/перебивачів кола, що мають відношення до роботи даного компонента, рознімачів, CAN-шини (рис. 5.1, 5.2).

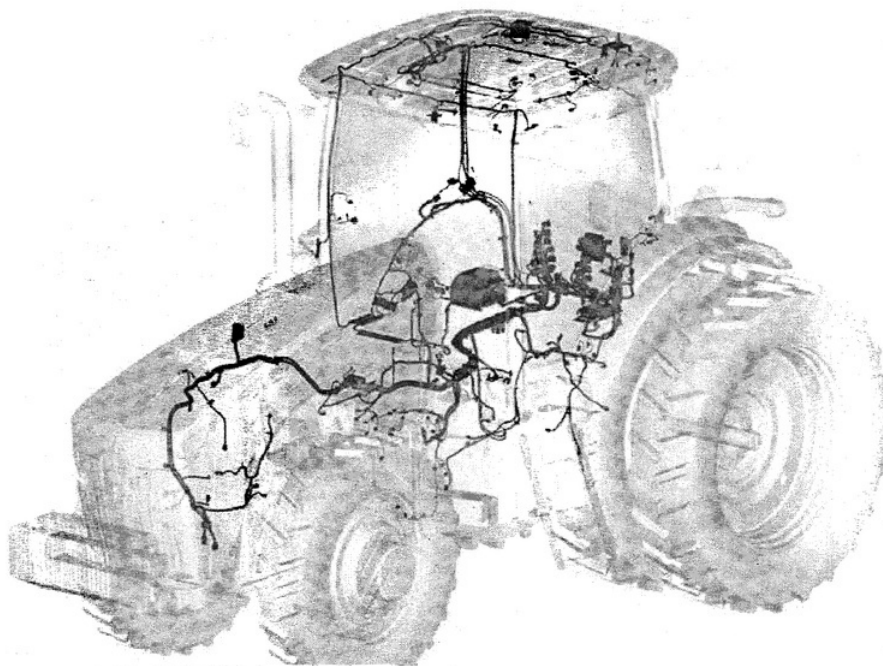


Рис. 5.1. CAN-мережа трактора 8R John Deere

Фізично CAN-шина – це система із спеціального кабелю з розгалужувачами для підключення електронних блоків і кінцевих пристроїв: рознімачів і термінаторів (резисторів) (рис. 4.20, 4.21, 5.2).

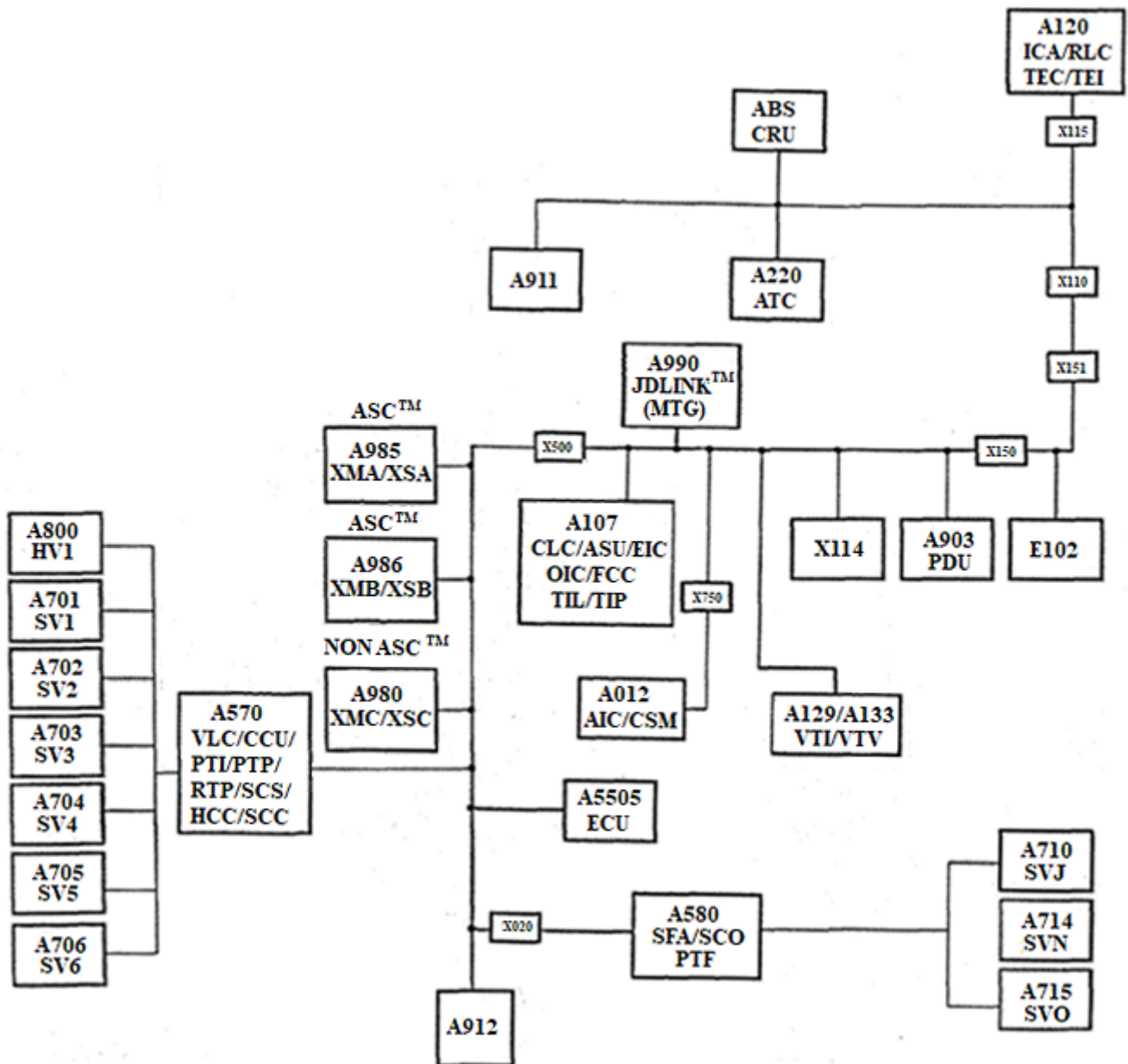


Рис. 5.2. Схема CAN-шини (CANBUS) управління трактором 8R John Deere

На рис. 5.2 наведені такі пристрої системи:

- A85 – радіоприймач;
- A012 – блок керування у підлокітнику;
- A107 – блок керування кабіною;
- A120 – блок керування дахом;
- A129/A133 – процесор 4600/4100 МГц;
- A220 – блок автоматичного регулювання температури;
- A570 – задній блок керування шасі;
- A580 – блок керування переднім шасі;
- A701 – блок селективного контрольного клапана I (SV1);
- A702 – блок селективного контрольного клапана II (SV2);

A703 – блок селективного контрольного клапана III (SV3);
A704 – блок селективного контрольного клапана IV (SV4);
A705 – блок селективного контрольного клапана V (SV5);
A706 – блок селективного контрольного клапана VI (SV6);
A710 – блок клапана керування передньою навіскою (SVJ);
A714 – блок передніх селективних контрольних клапанів XIV;
A715 – блок передніх селективних контрольних клапанів XV (SVO);
A800 – блок клапана керування навіскою (HV1);
A903 – блок дисплея кутової стійки;
A911 – термінатор шини CAN кабіни;
A912 – термінатор шини CAN шасі;
A980 – блок керування системою рульового керування;
A985 – блок керування системою рульового керування ActiveCommand;
A986 – блок керування системою рульового керування ActiveCommand;
A990 – блок керування JDLINK™ (MTG);
A5505 – блок керування двигуном;
E102 – блок керування замка запалювання;
X020 – з'єднувальний провід між джгутом проводів шасі та джгутом проводів передньої навіски або ILS;
X110 – з'єднувач джгута проводів кабіни і системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря на даху;
X114 – рознімач системи Service ADVISOR™;
X115 – з'єднувальний провід джгутів проводів ОБК на даху й освітлення на даху;
X150 – з'єднувальний провід 1 джгутів проводів кабіни і замка запалювання (тільки в європейському виконанні);
X151 – з'єднувальний провід 2 джгутів проводів кабіни і замка запалювання (тільки в європейському виконанні);
X500 – з'єднувальний провід джгутів проводів кабіни і шасі
X750 – з'єднувальний провід між кабіною і головним джгутом проводів підлокітника.

Блок керування трактора 8R John Deere показаний на рис. 5.3. Він стійкий до вібрації, захищений від вологи, робоча температура – від -40 до +80 °С, робоча напруга – 9-32 В, живлення блока – до 120 А.

Блок має 3 лінії CAN-шин, 1 лінію LIN-шини, 66 цифрових виходів інформації, 26 аналогових входів, 2 виходи з регулюванням струму (ШИМ), 27 виходів із захистом за силою струму (рис. 5.4). Електронні блоки керування системами трактора дають можливість оперативно визначати більшість несправностей (рис. 5.5). Опис блоків керування трактора 8R John Deere наведено у табл. 5.1.



Версія 2.0, Лютий 2017

Рис. 5.3. Блок керування, стандарт МЕСА 700

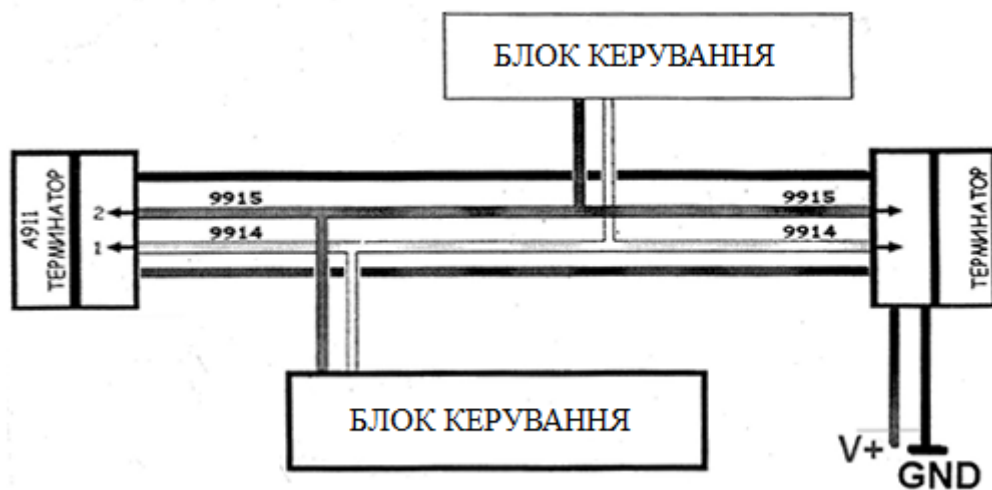


Рис. 5.4. Чотирипровідна CAN-шина трактора 09000

Таблиця 5.1

Опис блока керування трактора 8R John Deere

Назва блока	Назва програмного забезпечення	Функції програмного забезпечення	У стандарті чи окремо
Блок керування в підлокітнику ARMC	AIC (блок керування інтерфейсом в підлокітнику) CSM (блок перемикачів у кабіні)	Органи керування оператора, розташовані в підлокітнику. Налаштування керування трактором	Стандарт
Автоматичне регулювання температури ATCC	ATC (блок автоматичного регулювання температури)	Операторські органи керування системою ОВК	Стандарт

Назва блока	Назва програмного забезпечення	Функції програмного забезпечення	У стандарті чи окремо
Блок керування обладнанням кабіни CAVC	CLC (блок керування комутаційно-розподільним центром кабіни) EIC (блок керування інтерфейсом двигуна) FCC (блок керування передньою панеллю керування) OIC (блок керування інтерфейсом користувача) TIP (блок керування перемиканням передач трансмісії e23 TM) TIP (блок керування перемиканням передач 16-швидкісної трансмісії PST – тільки колісні машини) TI (блок керування перемиканням передач у трансмісії AutoPowr TM /IVT TM) ASU* (блок керування сидінням ActiveSeat TM)	Привід вихідних сигналів ELX (виклик), привід вихідних сигналів ELX(1) і прожектори. Органи керування двигуном. Органи керування переднього пульта керування. Органи керування оператора, розміщені в кабіні. Органи керування трансмісією e23 TM . Органи керування 16-швидкісною трансмісією PST – тільки колісні трактори. Органи керування трансмісією AutoPowr TM /IVT TM . Органи керування системою сидіння оператора	Стандарт
Процесор 4600 або 4100	VTI, VTV (віртуальний термінал, дисплей)	Налаштування дисплея трактора	Стандарт
Дисплей на кутовій стійці PRID	PDU (головний дисплей)	Робота дисплея трактора	Стандарт
Блок керування заднім шасі та гідравлічною системою CHAS	CCU (блок керування шасі) VLC (комутаційно-розподільний центр трактора) HCC* (блок керування навіскою) SCC (блок керування селективним контрольним клапаном) RPT (блок керування заднім MOM) CSC* (блок керування підвіскою кабіни) PTP (блок керування силовою передачею трансмісії e23 TM) PTP (блок керування 16-швидкісною трансмісією PST – тільки колісні машини) PTI (блок керування силовою передачею AutoPowr TM /IVT TM)	Монітор тиску і температури, пристрою блокування диференціала. Пускач вихідних сигналів ELX(2) й освітлення на капоті. Функції навісного пристрою SV1-6, функції SV7. Функції заднього MOM. Керування підвіскою кабіни. Функції трансмісії. Функції трансмісії – тільки колісні машини. Функції трансмісії	Стандарт

Назва блока	Назва програмного забезпечення	Функції програмного забезпечення	У стандарті чи окремо
Блок керування двигуном	ECU (блок керування двигуном)	Керовані функції двигуна	Стандарт
Блок керування обладнанням даху ROOF	RLC (комутаційно-розподільний центр на даху) TEC, TEI (блок керування обладнанням трактора) ICA (безпека трактора)	Освітлення на даху. Зв'язок з причіпним робочим обладнанням. Безпека трактора	Стандарт
Блок керування системою JDLink™ MTG	JDL (JDLink™) (MTG)	Безпроводний контроль/ безпроводний зв'язок	Стандарт
Блок керування блока А системи	XMA (головний блок керування блока А рульової системи ActiveCommand)	Функції блока рульового керування ActiveCommand	Додаткове обладнання
Блок керування ActiveCommand SBBA	XSA (контрольний блок керування блока А рульової системи ActiveCommand)	Функції AutoTrac™ Опційні функції гальма	Додаткове обладнання
Блок керування блока В системи рульового керування ActiveCommand SBBA	XMB (головний блок керування блока В рульової системи ActiveCommand) XSB (контрольний блок керування блока В рульової системи ActiveCommand)	Функції блока рульового керування ActiveCommand Функції AutoTrac™ Опційні функції гальма	Додаткове обладнання
Блок керування рульової системи*** SBBC	XMC (головний блок керування AutoTrac™) XSC (блок керування диспетчера AutoTrac™)	Функції AutoTrac™*** Опційні функції гальма	Додаткове обладнання
Блок керування переднім шасі HYDO	SCO (блок керування вторинними гідравлічними функціями) SFA* (блок керування підвишеним переднім мостом) PTF (блок керування переднім MOM)	Середній блок керування, функції переднього навісного пристрою Функції передньої підвіски Функції переднього MOM	Додаткове обладнання
CRU	CRU* (система зв'язку, автомагнітола)	Функції автомагнітоли, блока керування зв'язком	Додаткове обладнання
* - Додатково			
*** - Функції AutoTrac™ входять до складу блоків керування рульовою системою ActiveCommand у разі установки рульової системи ActiveCommand			

CAN-шини часто реалізують у двох версіях:

- версія А, яка задає 11-бітну ідентифікацію повідомлень (тобто в системі може бути 2048 повідомлень);
- версія В – 29-бітна (536 млн. повідомлень).

Будь-який вузол мережі CAN надсилає повідомлення по мережі, й кожен з вузлів системи вирішує, чи його стосується це повідомлення. Для вирішення цього завдання в CAN є апаратна реалізація фільтрації повідомлень. Контролери CAN з'єднуються за допомогою диференціальної шини, що має дві лінії: з високим CAN-H (CAN-High) і низьким CAN-L (CAN-Low) рівнями, якими передаються сигнали. Високий або низький провідники CAN визначаються мультиметром або осцилографом.

Інформаційна CAN-шина забезпечує спілкування між ЕБК систем керування, що складають комбіновану структуру (ЕБК-кореспонденти). Шина даних CAN використовується для об'єднання окремих блоків керування в єдину систему. Чим більше інформації має блок керування про всю систему, тим точніше він може відобразити кожну окрему функцію (рис. 5.5, 5.6).

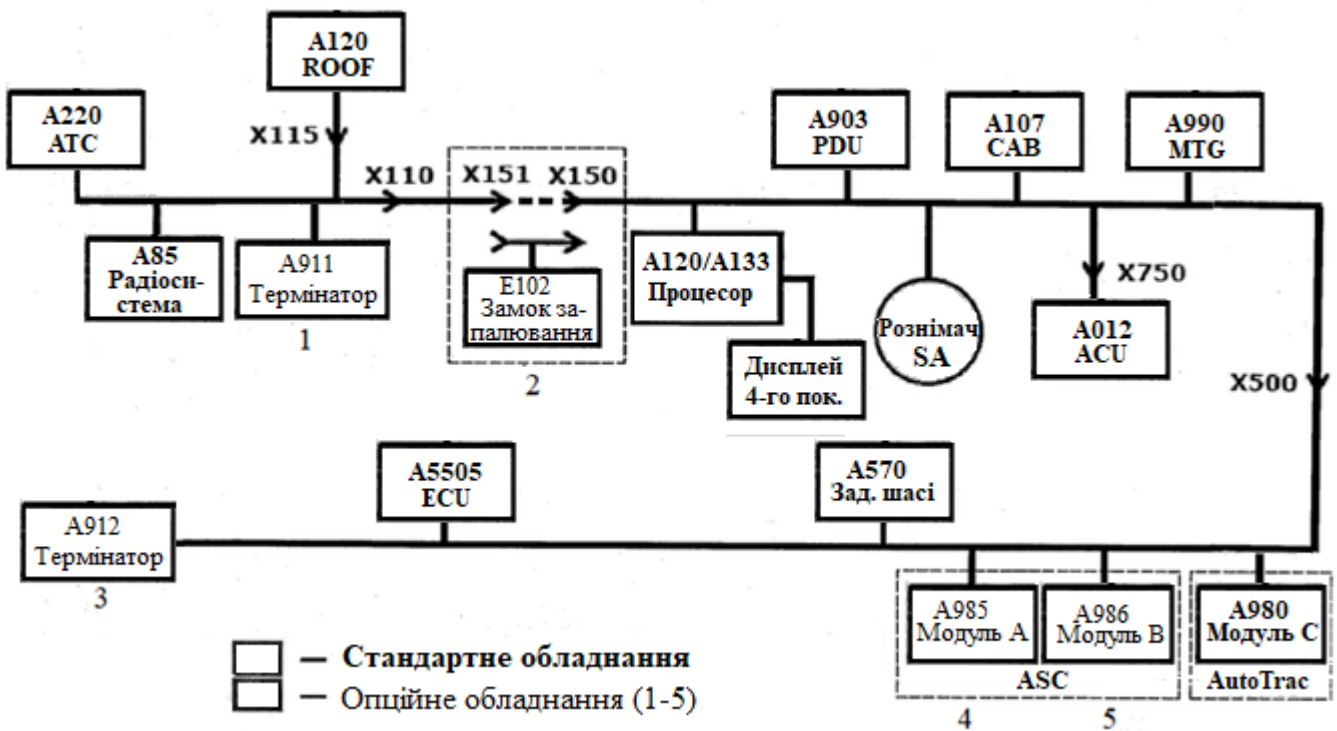


Рис. 5.5. Електронні блоки керування трактора 9R

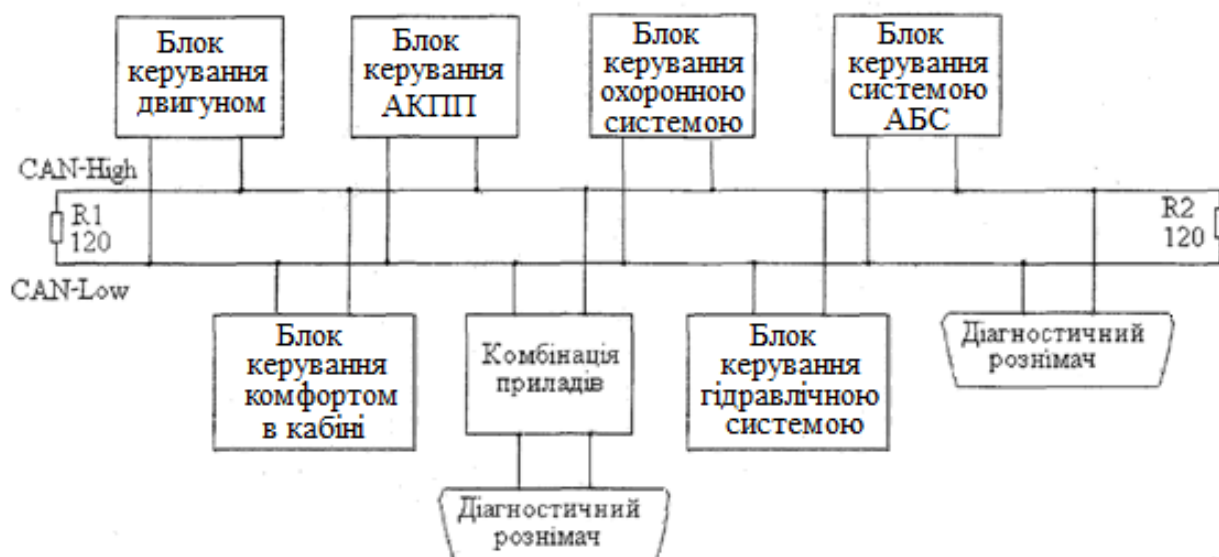


Рис. 5.6. Типова схема шини CAN (фрагмент)

Усі контролери на тракторі мають зв'язок один з одним за допомогою системи CANBUS. Трактор може бути обладнаний контролером двигуна, контролером гідравлічної системи та контролером трансмісії.

CANBUS – це система, яка складається з чотирьох проводів: CAN high (жовтий), CAN low (зелений), CAN power (червоний) і CAN ground (чорний). Крім того, CANBUS має джерело електричного живлення, яке також називається «активним кінцевим пристроєм», з можливістю живлення і заземлення акумуляторної батареї для підтримання напруги CANBUS на потрібному рівні. На рис. 5.7 показаний активний кінцевий пристрій у вигляді фільтра і регулятора напруги.

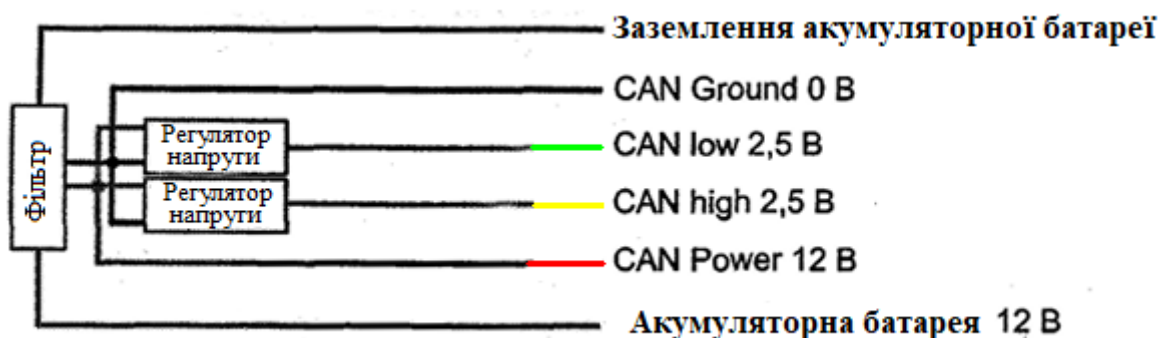


Рис. 5.7. Фільтр і регулятор напруги

Пасивний кінцевий пристрій показаний на рис. 5.8.



Рис. 5.8. Пасивний кінцевий пристрій

Система CANBUS трактора використовується для з'єднання двигуна, розташованого в передній частині трактора, з гідравлічною системою, яка розташована у задній частині трактора, та установки зв'язку між ними, а також для підключення приймача GPS, дисплея та гнізда ISOBUS (IBBC) у задній частині трактора.

Система ISOBUS слугує розширенням системи CANBUS агрегату трактора на агрегат. У результаті цього розширення зв'язок між агрегатом і трактором установлюється по одній системі CANBUS.

Проводи CAN high і CAN low використовуються для передачі даних або повідомлень по системі BUS за допомогою двійкового коду (0 [живлення вкл.]/1 [живлення викл.]). Як видно на рис. 5.7 і 5.8, напруга обох проводів CAN high і CAN low складає 2,5 В, якщо по системі BUS не передаються повідомлення.

CAN-шина забезпечує підключення будь-яких пристроїв, які можуть одночасно приймати і передавати цифрову інформацію (дуплексна система). Власне шина – це звита пара. Така реалізація шини дала можливість знизити вплив зовнішніх електромагнітних полів, що виникають під час роботи двигуна та інших систем трактора. Такою шиною забезпечується достатньо висока швидкість передачі даних.

Трансивер шини CAN – це приймач і передавач, об'єднані в один пристрій. Він слугує для перетворення даних від контролера шини CAN в електричні сигнали і передачі їх по проводам. Аналогічно він також приймає дані та перетворює їх для контролера шини CAN.

Термінал шини даних – це резистор. Він запобігає зворотній передачі даних від кінців проводів шини, що може призвести до фальсифікації подальших даних. Проводи шини даних є двоспрямованими і слугують для передачі даних.

Швидкість передачі даних між блоками керування шиною CAN складає від 100 кбіт/с до 1 Мбіт/с. В залежності від виконання функцій швидкості передачі інформації розділені на три класи (різновиди).

Абревіатура CAN – це скорочення від Controller Area Network (локальна мережа контролерів, що пов'язує блоки керування). Використання системи CAN надає такі переваги:

- обмін даними між блоками керування відбувається на уніфікованій базі, яку називають протоколом. Шина CAN служить мовби магістраллю для передачі даних;

- системи, що діють незалежно, наприклад, система курсової стабілізації для транспортних тракторів зі швидкістю до 100 км/год можуть бути реалізовані з меншими затратами:

- спрощується підключення додаткового обладнання;

- шина даних CAN є відкритою системою, до якої можуть бути підключені як мідні проводи, так і скловолоконні провідники;

- можна проводити одночасну діагностику кількох блоків керування, що входять до системи.

Сигнали можуть бути передані через систему CAN за умови, що електронні блоки керування мають послідовний CAN-інтерфейс.

Найчастіше шина CAN – це пари проводів (по 30 витків на один погонний метр) із розгалужувачами для підключення ЕБК та кінцевими резисторами-термінаторами з номінальним опором 120 Ом на кінцях шини (рис. 5.4, 5.5).

5.2. Типова структура електронного блока керування

Електронний блок систем керування (ЕБК) містить пристрої вхідної обробки (узгодження сигналів датчиків), мікропроцесорний пристрій і апаратні драйвери (вихідні каскади), які перетворюють двійковий код мікропроцесора у значення параметрів сигналів керування виконавчими пристроями. Живлення цих пристроїв і датчиків вимірюваної інформації забезпечується стабілізатором напруги (рис. 5.9.)

У вхідних колах схем узгодження відбувається нормалізація сигналу (фільтрація електромагнітних перешкод, масштабування). На виході схем узгодження формується дискретний сигнал (двійковий код), зрозумілий для мікропроцесора.

Сигнали аналогових датчиків перетворюються з допомогою АЦП (аналого-цифрових перетворювачів). Слід зазначити, що в деяких системах рівень напруги живлення борта сприймається як вимірювана інформація аналогового вигляду.

Сигнали імпульсних і цифрових датчиків надходять у пристрій вхідної обробки. Нормалізація імпульсних сигналів загального вигляду полягає в перетворенні їх до прямокутної форми. Для перетворення цифрованого сигналу до двійкового коду використовуються двійкові лічильники.

Сигнали, які утворюються датчиками у вигляді двійкового коду (датчики мехатронного типу), надходять безпосередньо в мікропроцесор або підлягають перетворенню з послідовного коду до паралельного або навпаки, за допомогою відповідних перетворювачів коду.

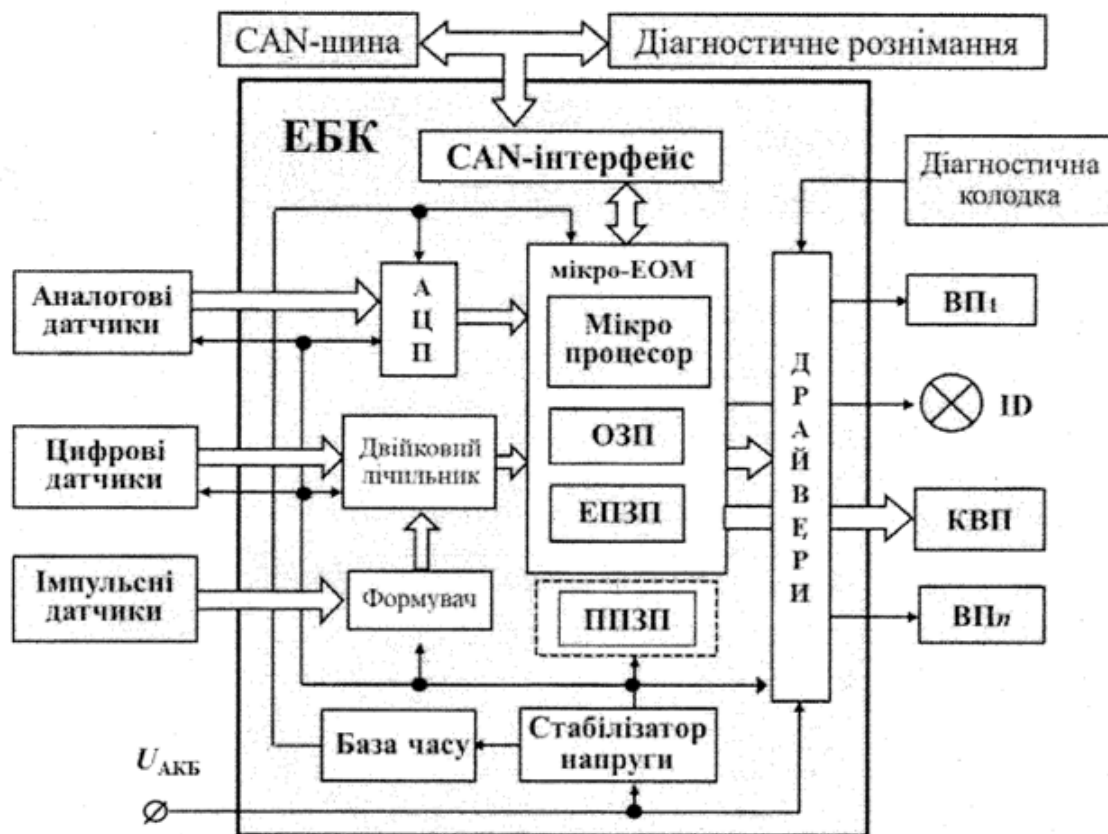


Рис. 5.9. Схема узагальненої структури мікропроцесорної системи керування

Електронна пам'ять мікропроцесора в ЕБК забезпечується трьома типами запам'ятовуючих пристроїв: постійно програмованим (ППЗП), оперативним (ОЗП), електрично-програмованим (ЕПЗП).

У **постійній пам'яті** зберігаються робочі команди, які утворюють алгоритми керування, і калібрувальна інформація. Калібрувальна інформація зберігається у вигляді характеристичних карт оптимізованих значень режимних параметрів (кутів випередження запалювання, коефіцієнтів надлишку повітря). Інформація, яка зберігається в ППЗП, не підлягає зміні в процесі експлуатації трактора і зберігається при відключенні живлення ЕБК (енергонезалежна пам'ять).

Оперативна енергозалежна пам'ять використовується для тимчасового зберігання виміряних параметрів, які надходять зі схем узгодження датчиків, і термінової інформації з ППЗП, яка необхідна для розрахунків (формування вихідних сигналів мікропроцесора).

Електрично-програмована пам'ять використовується для тимчасового зберігання коефіцієнтів корекції характеристичних карт під час активізації адаптаційних алгоритмів через зворотні зв'язки системи керування. На відміну від ОЗП і ППЗП, інформація в ЕПЗП поновлюється в процесі експлуатації трактора і зберігається при відключенні живлення ЕБК. В ЕБК систем керування трактора, на даний час, у якості ЕПЗП і ППЗП використовуються пристрої флеш-пам'яті.

У мікропроцесорі відбуваються арифметичні і логічні обчислення вимірних параметрів, які знаходяться в ОЗП, із залученням необхідної калібрувальної інформації, яка зберігається в ППЗП і ЕПЗП. На виходах мікропроцесора формуються дискретні сигнали керування, які надходять на апаратні драйвери (вихідні каскади), де перетворюються до потрібного виду і узгоджуються з вхідними параметрами виконавчих пристроїв (ВП).

У більшості випадків, керування виконавчими пристроями полягає у підключенні живлення бортової мережі. При цьому, якщо ВП підключається у випадковому режимі, для комутації струму застосовують транзисторні ключі. У разі керування електромагнітними пристроями в періодичному режимі зі значною частотою комутації струму (наприклад, паливними форсунками) для підвищення динамічних якостей ключа, додатково застосовують схеми прискорення (драйвери ключів).

5.3. Об'єкти мехатронних і телематичних систем керування

Мехатронна система складається з механічного об'єкта керування та електронної (мікропроцесорної) системи керування, що пов'язані між собою енергетичними та інформаційними потоками. Система керування, у свою чергу, містить інформаційні датчики (ІД) та виконавчі пристрої (ВП), пов'язані через електронний блок керування (ЕБК). Датчики (перетворювачі неелектричних величин в електричні сигнали) і виконавчі пристрої (перетворювачі електричних сигналів у неелектричні впливи) такої системи функціонально належать обом складовим. Активізатор (збуджувач) датчика та робочий орган виконавчого пристрою належать механічному об'єкту керування. Вимірювальна частина (електричне коло) датчика та електрична частина (електричне коло) виконавчого пристрою розглядаються як складові електронної системи керування. Приклад узагальнювальної структури мехатронної системи показаний на рис. 5.9.

До об'єктів систем керування рухом і робочими процесами належать мікропроцесорні засоби обчислювальної техніки й автоматики. Електронні системи у вигляді електронних блоків керування (ЕБК) дають можливість покращити керування роботою основних агрегатів; забезпечити прийом, передачу і зберігання необхідної інформації; здійснювати оптимальне керування рухом трактора при різних умовах експлуатації (рис. 5.10).

До електронних блоків (ЕБ) трактора належать: транзисторні комутатори струму, електронні регулятори напруги бортової мережі, блоки керування економайзером примусового холостого ходу, електронні тахометри, електронні реле блокування стартера, реле покажчиків повороту, реле склоочисників, захисту від перевищення частоти обертів, електронні сигналізатори контролю справності ламп і аварійного падіння рівня оливи тощо.

Для автоматичного керування режимами роботи сучасні інтелектуальні трактори мають програми налаштування функцій двигуна, трансмісії, гальмівних систем, системи керування, роботи зчіпки, ВВП (рис. 5.11).

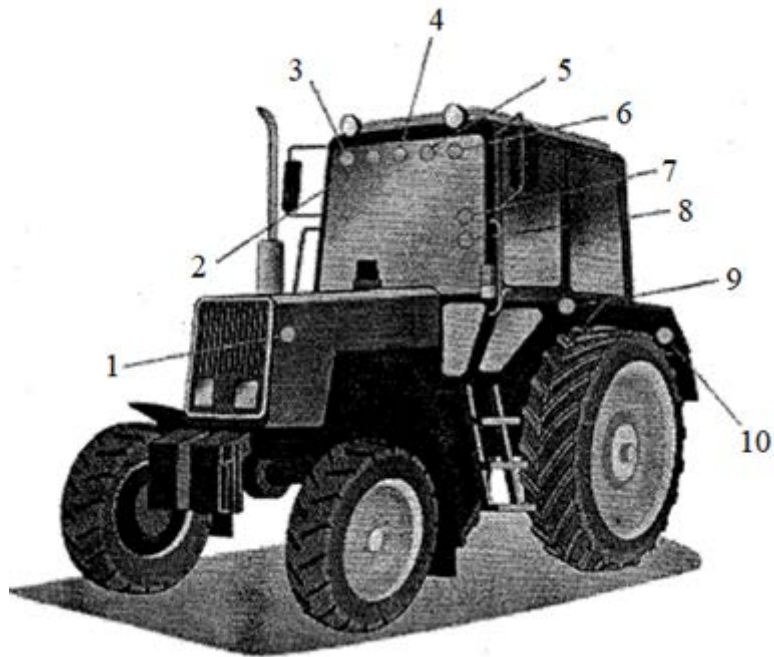


Рис. 5.10. Система моніторингу трактора:

1 – датчик витрати пального; 2 – датчик режимів роботи; 3 – ідентифікатор водія; 4 – система голосового зв'язку з водієм; 5 – відеокамера; 6 – ГЛОНАСС/GPS трекер, 7 – ГЛОНАСС/GPS передавач; 8 – GSM передавач; 9 – датчик рівня пального в баку; 10 – датчик роботи навісного обладнання

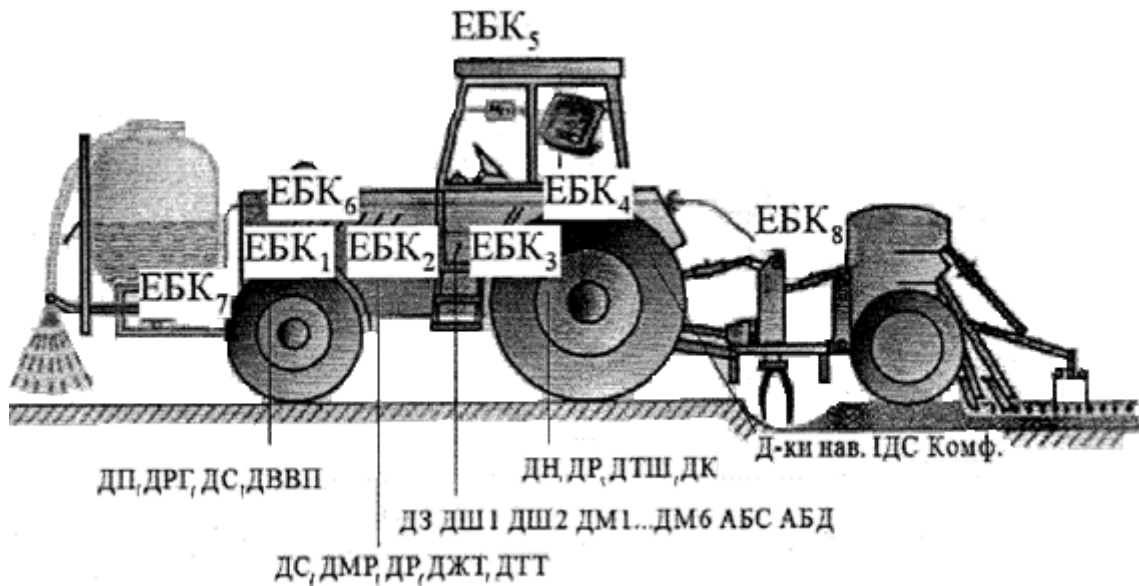


Рис. 5.11. Компонування основних систем автоматизованого керування трактора та відповідних датчиків:

ЕБК (1-6) – електронні блоки керування (МПСК): двигуна, трансмісії, ходової частини, ГСКН, ІДС, супутниковий зв'язок; ЕБК (7, 8) – власні МПСК сільськогосподарських знарядь і машин. Датчики: ДВС (основні): ДС – датчик синхронізації; ДМР – масової витрати повітря; ДР – датчик режиму; ДТЖ і ДТТ – датчик температури рідини і пального. Трансмісія: ДЗ – датчик зчеплення; ДШ1 і ДШ2 – датчики швидкості первинного і вторинного

валів КП; ДМ – датчик муфти (1-6) передачі; АБС і АБД – датчики АБС і блокування диференціала. Ходова частина: ДН – датчик навантаження; ДР – радіусу колеса; ДТШ – тиску в шині; ДК – датчик колії. Нав., ІДС, Комф. – датчики систем: навігації, інформаційно-діагностичної системи, комфорту. Датчики ГСКН (гідросистеми керування навіскою): ДП – датчик положення сільськогосподарського знаряддя; ДРГ – датчик регулятора глибини; ДС – датчик стеження; ДВВП – датчики валу відбору потужності.

Приклади розташування датчиків на трансмісії тракторів 8R John Deere приведено на рис. 5.12.

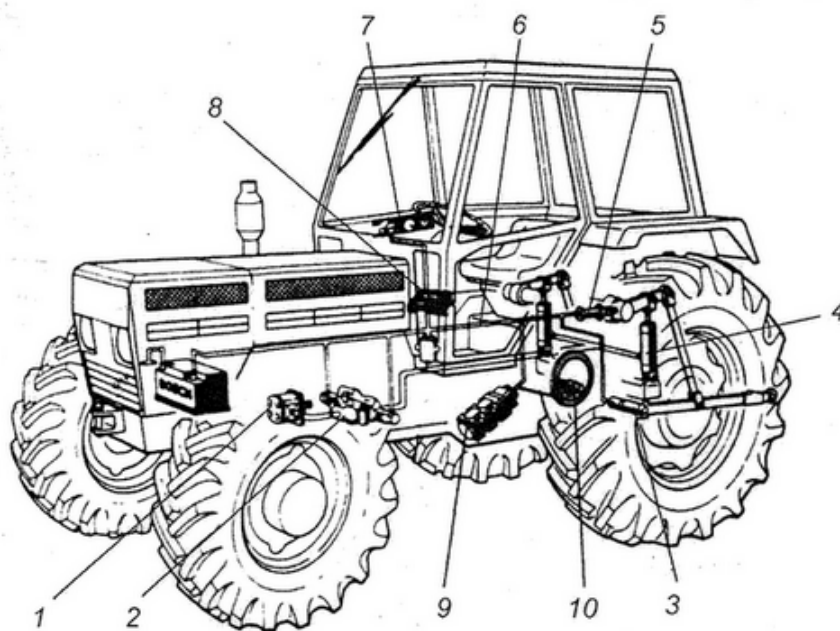


Рис. 5.12. Розташування на тракторі компонентів EGSAR Hitch-Tronic

На рис. 5.12 такі позначення: 1 – насос; 2 – регулятор системи; 3 – силовий датчик (другий не показаний); 4 – гідроциліндр причіпного пристрою; 5 – позиційний датчик; 6 – система кабелів для з'єднання компонентів EGSAR; 7 – панель керування системою; 8 – електронний блок керування EGSAR; 9 – радарний датчик; 10 – датчик швидкості обертання ведучих коліс.

Приклади розташування датчиків і компонентів EGSAR наведені на рис. 4.8, 5.12.

Приклади основних блоків керування та їх розташування на тракторі 8R John Deere показані на рис. 5.13, 5.14.

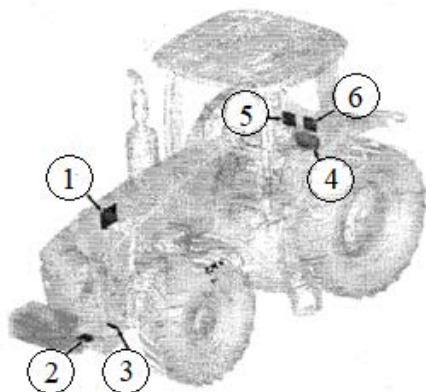


Рис. 5.13. Блоки керування трактором:
 1 – А5505 – блок керування двигуном; 2 – А580 – блок керування переднім шасі; 3 – А580 – блок керування переднім шасі (якщо встановлена лише система ILS); 4 – А570 - блок керування заднім шасі та гідравлічною системою; 5 – А985 - блок керування А рульовим керуванням ActiveCommand (ХМА/ ХСА); 6 – А986 – блок керування В рульовим керуванням ActiveCommand (ХМВ/ХСВ) або 6 – А980 – блок керування рульовою системою

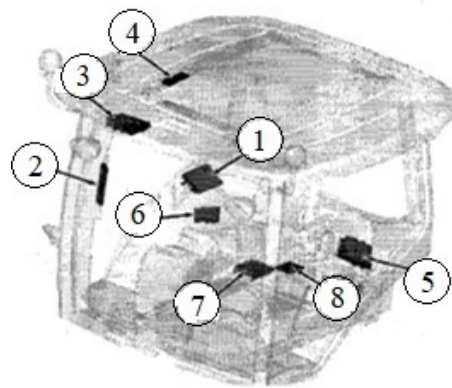


Рис. 5.14. Блоки керування дахом, кабіною, радіо, системою клімат-контролю:

1 – процесор Value 4100 А133 або процесор Premium 4600 А129; 2 – А903 – дисплей на кутовій стійці; 3 – А120 – блок керування обладнанням на даху; 4 – А220 – блок системи автоматичного регулювання температури; 5 – А107 – блок керування кабіною; 6 – А012 – блок керування в підлокітнику; 7 – А990 – блок керування системою JDLink™ (MTG); 8 – С912 – автомагнітола з функцією службового зв'язку

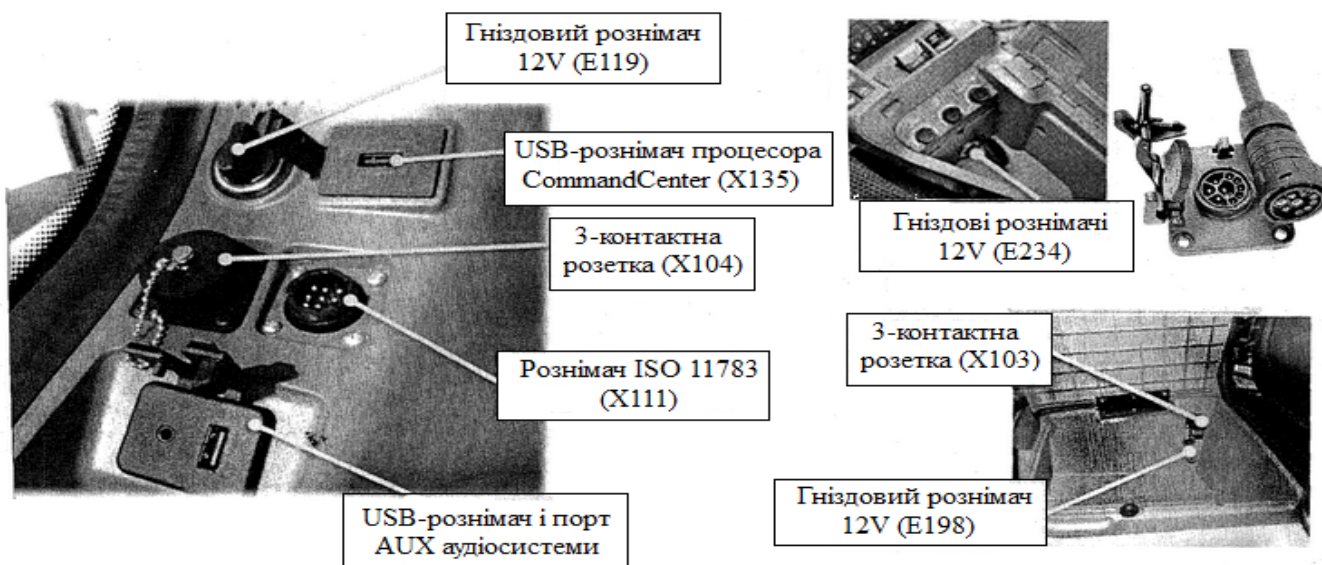


Рис. 5.15. Розетки і рознімачі кабіни трактора 8R John Deere

Рознімачі та розетки кабіни трактора 8R John Deere показані на рис. 5.15. Електрична система силового розподілення трактора 8R John Deere показана на рис. 5.16

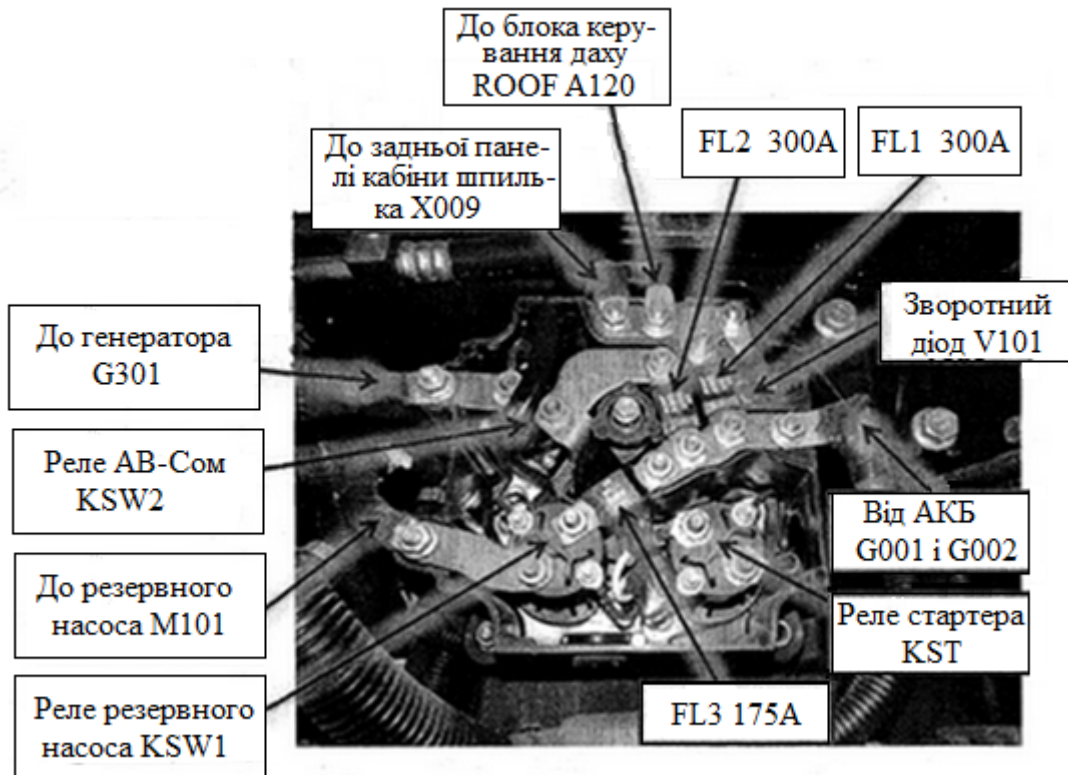


Рис. 5.16. Електрична система силового розподілення трактора 8R John Deere

Контрольні запитання

1. Назвіть, з яких компонентів складається типовий електричний контур трактора.
2. З яких компонентів складається блок керування стандарту МЕСА 700?
3. З яких компонентів складається CAN-шина трактора?
4. Які пристрої можуть бути підключені до CAN-шини?
5. Яке призначення CAN-шини?
6. Які пристрої містить електронний блок керування (ЕБК)?
7. Як електронна пам'ять в ЕБК забезпечує збереження інформації?
8. З яких об'єктів складається мехатронна система?
9. Перелічіть основні електронні блоки керування інтелектуального трактора.

6. ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАКТОРІВ

6.1. Обладнання внутрішньої та зовнішньої телематики трактора

Високий рівень мехатронізації сучасного трактора забезпечив створення систем внутрішньої (рис. 4.8, 5.13) та зовнішньої телематики (рис. 4.2, 5.10, 5.11). Передача телематичних даних від внутрішніх до зовнішніх систем (середовища) – між трактором та інформаційним простором забезпечує функціонування інтелектуальних транспортних технологій виробництва, контролю динамічних властивостей трактора, дистанційного діагностування і технічного обслуговування тракторів.

До складу електронного і телематичного обладнання тракторів входять:

- датчики вимірюваних величин (параметрів), установлені на різних вузлах і механізмах трактора;
- блоки з'єднання з датчиками;
- блоки обробки інформації (контролери);
- пульти індикації та сигналізації;
- пульти керування режимами роботи;
- блоки з'єднання з виконавчими механізмами;
- блоки вторинного електроживлення.

Усі перераховані складові частини мехатронних і телематичних систем виготовляються у вигляді уніфікованих окремих вузлів і збільшеними аж до єдиного вузла. Їх датчики призначені для формування електричних сигналів із значеннями вимірюваних величин. До них належать параметри, які характеризують технічний стан, а також режим роботи механізмів і систем трактора, хід технологічного процесу, що виконує МТА і т. д. Часто сигнал має інформацію не про поточне значення параметра, а про результати порівняння цього значення з певним заданим рівнем (більше або менше) руху трактора чи стану його систем. Завданням цих блоків є обробка сигналів, що надходять від різних датчиків, і передача їх на пульт індикації, сигналізації та керування.

Згадані пульти призначені для отримання трактористом візуальної інформації, що супроводжує контроль технічного стану, режимів роботи або ходу технологічного процесу та містить рекомендації трактористу (оператору) щодо керування або обслуговування.

Пульти керування режимами роботи входять до складу систем автоматичного керування. Їх завданням є вибір з деякої множини режимів або налаштування на задані значення констант. Крім того, у низці систем контролю передбачаються режими перевірки, калібрування, введення розрахункових констант, наприклад, значення ширини захоплення, скидання (обнулення) накопичених облікових даних.

Наявність блоків з'єднання з виконавчими механізмами властива лише системам управління, які впливають на механізми керування трактора. Для

цього можуть використовуватися електромеханічні, гідравлічні, електрогідравлічні або електропневматичні виконавчі пристрої.

Вбудовані засоби поділяються на такі:

- системи датчиків і контрольних точок, що забезпечують виведення сигналів на зовнішні засоби діагностування;
- бортові системи контролю для допускового контролю параметрів функціонування і технічного стану з виведенням результатів тільки на дисплей у кабіні водія;
- вбудовані системи діагностування – автономні або що функціонують комплексно зі стаціонарними інформаційно-керуючими центрами.

Ці системи призначені для непрямого узагальненого контролювання роботоздатності вузлів і агрегатів з видачею результатів на дисплей водію та в бортовий накопичувач для подальшого прогнозування й обліку ресурсу та напруження вузлів, коригування режимів ТО.

Змішаним обладнанням є таке обладнання, частина якого розміщена на тракторі (накопичувачі інформації), а частина поза ним – для знімання й аналізу інформації. До складу обладнання входять у різних комбінаціях такі основні елементи:

- дисплеї;
- датчики і радари;
- лідари;
- відеокамери;
- технології теплового зору;
- системи нічного бачення;
- стереокамери;
- пристрої, що задають тестовий режим;
- датчики, що сприймають діагностичні параметри та перетворюють їх у сигнал, зручний для обробки або безпосереднього використання;
- вимірювальні пристрої та пристрої відображення результатів.

Компоненти мехатронних і телематичних систем моніторингу і контролю роботи трактора можуть виконуватися за такими параметрами:

- місце розташування в реальному часі;
- зупинки та точний час перебування на них;
- маршрут, інтервал і фіксація усіх відхилень від нього;
- пробіг за будь-який період часу;
- робота виконавчих механізмів трактора із зазначенням точного часу, місця і тривалості їх включення, що у свою чергу дає можливість точного списання пального.

Контроль роботи і технічного стану двигуна трактора:

- мотогодини роботи двигуна;
- обороти вала двигуна для контролю режимів експлуатації і силових агрегатів трактора (коробки передач, мостів);
- температура для запобігання перегрівання і виходу з ладу двигуна;
- тиск оливи для своєчасного прийняття рішень щодо усунення низького тиску.

Контроль витрати пального:

- рівень пального для відстеження заправки, зливання пального та кількість пального в баку в будь-який момент часу;
- витрата пального дає можливість контролювати миттєву витрату, витрату за вибраний період часу, витрату на 100 км пробігу або на види робіт, несправності в роботі двигуна, що призводять до підвищеної витрати пального.

Контроль роботи водія:

- за спостереженням акуратності їзди по ямах та нерівних дорогах, що при правильному водінні трактора дає можливість заощадити кошти на ремонт ходової частини;
- контроль плавності ходу за відстеженням розгону, гальмування трактора та ривків при переході з передачі на передачу.

6.2. Склад телематичних систем трактора

Більшість традиційних систем телематики мають у своєму складі телематичний блок, що функціонує за допомогою програмного забезпечення і вбудовані бортові системи адаптивного керування робочими процесами. Система телематики отримує дані від датчиків трактора. Блок телематики має порт для аналізу технічного стану, а дані, збережені у ньому, можуть передаватися на персональний комп'ютер або до іншого зовнішнього телематичного модуля супутникової навігації.

Система телематики містить додаткове джерело живлення та блок, який, у свою чергу, має пристрій зв'язку, що вибірково забезпечує двосторонній зв'язок між телематичним блоком та персональним комп'ютером. Крім того, ще є контролер, який керує електроживленням приладів та обладнання трактора з метою запобігання перевантажень акумуляторної батареї.

Схематично систему телематики сучасного трактора наведено на рис. 6.1 [42].

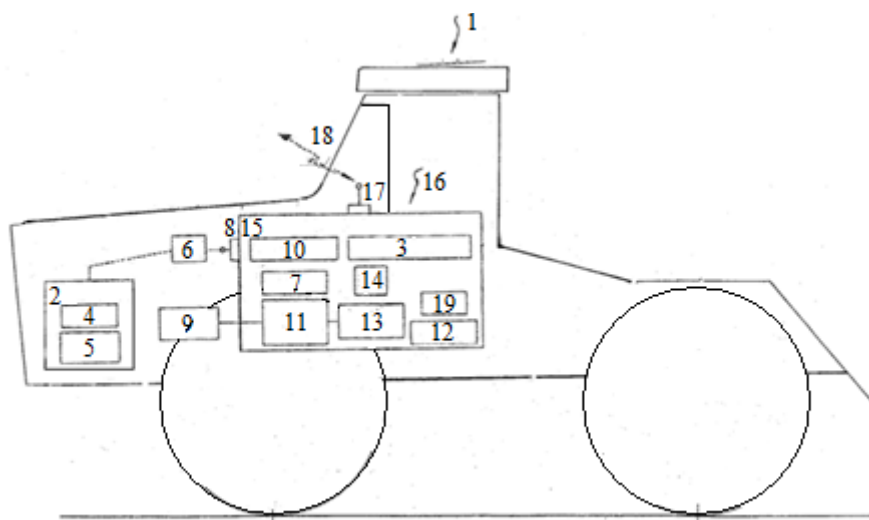


Рис. 6.1. Структурна схема системи телематики трактора

Трактор із системою телематики 16 складається з однієї або кількох підсистем. Наприклад, підсистема 2 (двигун) має датчик 4 відповідного типу (акселерометр, датчик витрати пального, датчик тиску, датчик світла, вольтметр тощо) може бути використана для виявлення несправностей двигуна.

Підсистема 2 і датчик 4 можуть перебувати у з'єднанні з електронним блоком керування двигуном (ЕБК) 6. Так, ЕБК може отримувати інформацію про стан систем трактора від підсистеми 2.

Система телематики 16 збирає різну інформацію з трактора і підтримує зв'язок із зовнішнім пристроєм (наприклад, комп'ютер, локальна точка доступу, та/або сервер тощо), щоб додатково опрацьовувати інформацію про трактор. Її можна використати для моніторингу трактора, визначення страхових тарифів, управління тракторним парком, розслідування нещасних випадків тощо. Крім того, система телематики використовує унікальний засіб і спосіб керування потужністю для зв'язку із зовнішнім пристроєм 18.

Блок телематики 15 містить рознімач телематики 8. У показаному варіанті з'єднувач телематики 8 має електричний зв'язок з блоком управління 6. У деяких варіантах конструкцій рознімач телематики 8 є інтерфейсом бортової діагностики. В інших варіантах з'єднувач телематики 8 використовує автономний мікроконтролер для автоматичного визначення, який зі стандартних інтерфейсів трактора під'єднаний. Рознімач телематики забезпечує зв'язок з ЕБК 16, щоб відновити інформацію про трактор з підсистеми 2.

Блок телематики 15 може містити систему глобального позиціонування (GPS) 14. GPS використовується для визначення місця знаходження трактора. У деяких варіантах конструкцій GPS може мати зовнішню антену, яка взаємодіє із зовнішньою системою GPS. Крім того, цей блок може мати у своєму складі акселерометр 3, який виявляє прискорення й уповільнення трактора під час його руху.

Система телематики містить і систему керування електроживленням 11 трактора. Ця система вибірково викликає телематичний блок 15 для живлення щонайменше з одного основного джерела живлення 9 або допоміжного 13. У деяких варіантах конструкцій систем телематики блок телематики 15 містить таймер 12, який записує тривалість часу, скільки телематичний блок знаходиться у режимі очікування, і як тільки заданий час очікування пройшов (визначається за допомогою таймера 12), то блок телематики збільшує енергоспоживання. Цей блок за інформацією від таймера підраховує кількість невдалих спроб його встановлення бездротового зв'язку із зовнішнім пристроєм 18.

6.3. Дисплеї інформаційного забезпечення керування трактором

Телематичне обладнання тракторів дає можливість візуально представляти на одному або кількох дисплеях інформацію про режим роботи трактора, причіпного обладнання та про параметри їх технічного стану, в тому числі у вигляді кодових повідомлень про несправності, що виникли. Це надає інформацію, яка дає можливість працювати на раціональних режимах точного зем-

леробства, виявляти та усувати несправності, що з'явилися, не допускаючи їх розвитку у відмови.

Дисплей 4-го покоління (44100, 44200, 44600) може використовуватися як пристрій відображення для будь-якого блока керування, який відповідає стандарту ISO 11783 (ISOBUS). Це включає можливість керування блоками ISOBUS. Дисплей 4-го покоління одночасно завантажує різні контролери ISOBUS та обмінюється з ними даними. Місце установки дисплеїв показано на рис. 6.2.

Дисплей John Deere Generation 4 CommandCenter™ спроектований таким чином, щоб забезпечити максимальну зручність користування та максимально високу продуктивність праці. Одна система програмного забезпечення забезпечує уніфікованість, а апаратні опції забезпечують цілу низку цінних можливостей і функцій.



Рис. 6.2. Місце розташування дисплея на тракторі 8R

Дисплей CommandCenter™ під'єднується до CommandARM™. Дисплей доступний у варіантах виконання з діагоналлю екрана 8,4 та 10 дюймів.

Програмне забезпечення CommandCenter™ 4-го покоління міститься в процесорі, а не в самому дисплеї.

Параметри CommandCenter 4 4100:

- сенсорний екран з діагоналлю 7";
 - USB порт для передачі даних і оновлення програмного забезпечення;
 - вбудована пам'ять 4 Гб;
 - управління з допомогою функціональних клавіш та коліщатка прокрутки;
 - підтримка до однієї відеокамери;
 - підтримка функцій RDA, Parallel Tracking, AutoTrac;
 - не працює з антеною iTC.
- 1 рознімач USB, 1 вихід додаткового дисплея.

Параметри CommandCenter 4 4200:

- сенсорний екран з діагоналлю 10";
- USB порт для передачі даних і оновлення програмного забезпечення;
- вбудована пам'ять 32 Гб;
- управління з допомогою функціональних клавіш та коліщатка прокрутки;
- підтримка до однієї відеокамери;
- підтримка функції RDA;
- підтримка всіх доступних функцій до активації Premium;
- не працює з антеною iTC.

Параметри CommandCenter 4 4600:

- сенсорний екран з діагоналлю 10";

- USB порт для передачі даних та оновлення програмного забезпечення;
- вбудована пам'ять 32 Гб;
- підтримка до трьох відеокамер;
- підтримка безпроводної передачі даних та функції RDA;
- управління з допомогою функціональних клавіш та коліщатка прокрутки;

- підтримка всіх доступних функцій до активації Ultimate;
- не працює з антеною iTC.

Універсальний дисплей GENERATION 4 4640 має:

- сенсорний екран з діагоналлю 10";
- USB порт для передачі даних і оновлення програмного забезпечення;
- вбудовану пам'ять 32 Гб;
- підтримку до чотирьох відеокамер;
- підтримку безпроводної передачі даних та функції RDA;
- підтримку всіх доступних функцій до активації Ultimate.

Процесор 4600 МГц має 4 входи для відеокамери, 4 рознімачі USB, 2 виходи додаткового дисплея.

6.4. Засоби телематичних систем керування трактором

У телеметричних системах можуть використовуватися різні діапазони коливань робочого середовища: звукові коливання; радіохвильові спектри; світлове випромінювання. В телеметричних системах допомоги водієві застосовуються приймально-передавальні пристрої (компоненти), що одержали назви: ультразвукові датчики-радары; інфрачервоні лідари і тепловізори; відеокамери (рис. 5.10, 5.11, 5.12).

Ультразвуковим датчиком-радаром називається сенсорний пристрій, що перетворює електричну енергію в ультразвукові хвилі (механічні вібрації з частотою понад 20 кГц) і навпаки. Принцип роботи ультразвукового датчика схожий на радар і визначає, чи існують цілі (об'єкти) на основі інтерпретації відбитого від них сигналу. Вважаючи швидкість звуку постійною, визначається відстань до об'єкта, яка відповідає інтервалу часу між відправкою сигналу й надходженням його відлуння. Ультразвуковий датчик має низку обмежень, що визначають сферу його застосування. Серед них виражена спрямованість сигналів, невелика дальність дії, невисока швидкість поширення хвиль. Основна перевага ультразвукових датчиків – це порівняно низька ціна. Ультразвукові датчики використовуються в різних паркувальних системах. Ультразвукові датчики зі збільшеною дальністю дії застосовуються в системах допомоги при зміні смуги руху для контролю «сліпих» зон.

Основними технічними характеристиками ультразвукового датчика є дальність виявлення перешкоди, частота сигналу, швидкодія визначення перешкоди. Сучасні паркувальні датчики мають дальність виявлення до 4,5 м, частоту сигналу 40 кГц і швидкодію близько 0,1 с. Точність показів знижується в поганих погодних умовах і при забрудненні. Сенсор може пропустити дрібні

предмети і поверхні, що мають низьку відбивну здатність. Датчик може неправильно працювати під час руху трактора крутим схилом, коли поверхня землі сприймається як перешкода. Помилки в показах спостерігаються при зустрічі з гладкою похилою поверхнею.

Лідари. Для підвищення чутливості і точності вимірювань на далеких дистанціях розроблені радари з інфрачервоним (лазерним) діапазоном випромінювання (довжина хвилі 800 нм). Такі радари отримали назву лідари У лідара на лазерний діод подаються короткі імпульси струму, що збуджують випромінювання через спеціальну програму. Відбитий сигнал приймається оптикою з урахуванням напрямку і подається на фотодіод для подальшої обробки в ЕБК. Прийнятий сигнал дискредитується в АЦП на частоті 50 МГц. Для визначення положення об'єктів, формування сектора огляду використовується скануючий механізм у випромінювальній і приймальній оптиці. Зазвичай, це рухливі дзеркала або обертові ширми.

У США, Японії та Європейському співтоваристві у якості датчиків відстані й відносної швидкості використовуються радари міліметрового діапазону, що працюють на частоті 77 ГГц. До того моменту, коли відбитий від перешкоди сигнал повернеться до приймача, частота випромінювача зміниться. Відстань до перешкоди визначається за частотою биття для сигналів випромінювання і відображення. За ефектом Допплера визначається швидкість руху трактора.

Лідари отримують слабший відбитий сигнал порівняно з міліметровими радарми. Вимірювання ефекту Допплера для лідарів на практиці не реалізується. Лідар вимірює тільки відстань до об'єкта, диференціюючи яке, контролер обчислює відносну швидкість. Радари в міліметровому діапазоні дають можливість вимірювати і відстань, і відносну швидкість, але їх роздільна здатність залежить від діаметра випромінювача.

Наступним кроком розвитку радарних систем стало застосування комбінації радарних пристроїв з інтегрованим пристроєм обробки сигналів (чипсетів). Такий чипсет від Freescale – це радар з частотним діапазоном 77 ГГц. З його допомогою забезпечується функціональність моніторингу оточення навколо в дальньому і середньому діапазонах огляду.

Відеокамери широко використовуються в різних системах сучасного трактора. Основна сфера застосування тракторних відеокамер – це системи активної безпеки: автоматичного екстреного гальмування, допомоги руху по польовій смузі, нічного бачення, розпізнавання колії, положення знаряддя, зчеплення, дорожніх знаків, аварійного рульового керування, виявлення пішоходів, кругового огляду, оптичного паркування.

Залежно від призначення системи, сигнал відеокамери служить для створення зображення або його подальшої обробки. У сучасних системах ЕБК обробляє зображення та формує попереджувальні сигнали водієві та керуючі сигнали на виконавчі пристрої систем.

Кількість і місце установки відеокамер визначаються конкретною системою. Найпоширеніше місце відеокамери – спереду, за салонним дзеркалом заднього виду.

Кольорові відеокамери застосовуються там, де кольорове зображення має принципове значення, а саме: в системі розпізнавання дорожніх знаків, оптичної паркувальної системи, положення знаряддя.

Оснoву цифрової відеокамери становить датчик зображення, який є інтегральною мікросхемою (матрицею). Матриця складається з масиву світлочутливих елементів (пікселів). Кількість пікселів у матриці визначає якість зображення.

Компонування радарів і відеокамер в одному модулі дає можливість отримати універсальний блок для будови систем повного огляду навколо трактора.

З метою підвищення роздільної здатності відеокамер розроблені стереосистеми огляду скомпоновані в один конструктив.

Стерео-камера здатна розрізняти зображення в межах одного кадру, а також стаціонарні та рухомі перешкоди. Камера дає можливість використовувати вхідні дані для визначення розміру перешкоди і відстані до неї, що не може бути отримане за допомогою монокамерних вимірювачів.

Для допомоги водієві в темний час доби застосовуються **технології теплового зору**. На сьогоднішній день, в тепловізорах використовується спеціальна матриця, яка реагує на тепло, що виділяється будь-яким об'єктом. На відміну від перших моделей тепловізорів, такі камери не бояться засвічення і їм не потрібне світло в принципі. Зображення на екрані повністю сформоване на основі тепла, що виділяється об'єктом. Найбільш важливими параметрами у тепловізорах є: частота оновлення кадрів і розмір об'єктива.

Знаходять застосування пасивні й активні **системи нічного бачення**. Системи відрізняються освітленням виявлених транспортних засобів, причепів, пішоходів і організацією засобів відображення інформації.

Система сканує сферу перед трактором за допомогою теплової камери і висвічує перешкоди або пішоходів на відстані до 90 м. Якщо, система визначає, що є ризик зіткнення транспортного трактора і виявленого пішохода, то колір освітлення стає червоним і видається сигнал застереження. Аналогічна функція підсвічування пішоходів з інфрачервоною камерою дальнього огляду (до 300 м) реалізована в системах нічного бачення BMW Night Vision та інших виробників. Сучасні тепловізори бачать на відстані до 400 м. В останніх моделях встановлені модулі, які можуть виділяти трактори (автомобілі), людей і тварин.

Інноваційні телематичні технології керування трактором і обладнанням – це системи точного водіння, заданою траєкторією, паралельного та синхронного водіння, керування навіскою, положенням знаряддя, точного землеробства, компенсації нерівностей рельєфу, секційно-контрольованого водіння, відслідковування режимів роботи парку тракторів, системи обміну даними.

Особливістю структури цих систем є застосування засобів телеметрії для контролю дистанції робочим обладнанням і точності руху трактора. Найбільша ефективність від застосування системи реалізується під час руху заднім ходом, у темний час доби, при сильному тонуванні скла, а також в умовах обмеженого простору.

Сучасні системи допомоги водієві (СДВ) покликані підвищити безпеку керування трактором. У мехатронних і телематичних системах об'єктом керування виступає механічний агрегат, а у фізіотехнічних – людський організм. У якості керуючих впливів у фізіотехнічних системах розглядаються збудники органів чуття і сприйняття водія.

Рівень допомоги СДВ визначається ступенем їх автоматизації і способом реалізації. Перетворювачі зусилля (підсилювачі керма, педалі, куліси) функціонують у напівавтоматичному режимі. Опційні системи є програмним розширенням основних функціональних систем або нештатними апаратними комплектаціями. Інформатори – пасивні СДВ, які можуть бути побудовані на базі традиційних засобів вимірювальної техніки (датчики, показчики, сигналізатори) або як телеметричні системи (радары, відеокамери, монітори).

«Автопілот» – це активні телематичні СДВ, в яких реалізується автоматичний режим функціонування трактора на різному рівні керування.

6.5. Телематичні системи надання діагностичної інформації та керування робочим обладнанням

Бортові мехатронні та телематичні системи сучасного трактора у своєму складі мають велику кількість виконавчих та керуючих пристроїв. До них належать різноманітні датчики, контролери, блоки керування та інші пристрої і механізми.

Для керування трактором потрібен обмін інформацією між окремими електронними блоками керування, тобто робота в мережі у тісному взаємозв'язку одного з одним. Обмін інформацією між електронними блоками зменшує загальну кількість необхідних датчиків і покращує керування окремими системами. Питання інтерфейсів систем передачі інформації, які проєктуються для використання в тракторах, розв'язані шляхом застосування шини CAN для передачі даних.

Застосовувана на тракторі система CAN дає можливість об'єднати в локальну мережу блоки керування або складні датчики, як, наприклад, датчик кута повороту рульового колеса.

Сучасні трактори – це поєднання складних механічних та електронних пристроїв, мехатронних і телематичних систем. Вони є одними з найінноваційніших технологій у точному землеробстві та є механізмом автоматичного дистанційного збирання, а також аналізу інформації й передачі на основі цих даних керівних команд. За допомогою супутників GPS визначається місцезнаходження техніки, а з допомогою мобільного зв'язку через регулярні часові проміжки до єдиного сервера передається більше 200 параметрів: GPS-координат, часу та характеру робіт, різних технічних показників. Доступне також визначення найоптимальнішого шляху до поля та траєкторії руху техніки, її робочого стану, поточного рівня пального, дистанційний сервісний супровід. Системи навігації дають можливість не тільки побачити поточне положення трактора (машин), але й перевірити результати їх роботи.

Згадані компоненти мехатронних систем і використання навігаційних систем стандарту ISO 11783 (ISOBUS) і AutoTrac забезпечують контроль параметрів якісного й ефективного використання трактором і сільськогосподарською технікою, параметрів ґрунту, обладнання ґрунтообробки, керування світловими приладами і причіпним знаряддям, точного водіння, взаємодії та синхронізації всього парку сільськогосподарської техніки.

За останні роки отримали розповсюдження інтелектуальні системи керування машинно-тракторними агрегатами на основі міжнародного стандарту ISO 11783 (ISOBUS), що слугує для встановлення електронного інформаційного зв'язку між тракторами та агрегованими з ним сільськогосподарськими знаряддями. Для ефективного використання сільськогосподарської техніки в компанії John Deere розроблено низку засобів: навігаційна система AutoTrac, мережа StarFire, Radio RTK, Mobile RTK. Це припускає можливість керування робочим обладнанням ISOBUS.

AutoTrac™ – це система рульового керування, яка дає можливість оператору не тримати руки на кермі під час руху машини по створеній лінії навігації поля.

AutoTrac (SF1, SF2 та RTK) – автоматичне спрямування машини вказаною прямою, кривою або адаптивною кривою.

Pivot Pro – автоматичне спрямування машини вказаними концентричними колами для полів зі шворнями поливальних секцій.

Swath Control Pro – вмикання або вимикання агрегату або секцій стріли розпилювача в залежності від GPS та визначених меж.

Інтелектуальні системи керування машинно-тракторними агрегатами забезпечують синхронізацію роботи трактора й агрегованої з ним сільськогосподарської машини з метою підвищення ефективності роботи агрегату в цілому (донедавна здійснювали керування окремими вузлами трактора або сільськогосподарської машини незалежно один від одного).

Трактори John Deere з функцією відстеження даних по шині CAN забезпечують додаткові переваги, наприклад:

- дистанційна діагностика та перевірка даних по шині CAN, а також оновлення програмного забезпечення через Service ADVISOR Remote для профілактичного техобслуговування, швидкого вирішення проблем і максимальної надійності трактора;

- планування технічного обслуговування з відправкою попереджень для техніки John Deere;

- дистанційний перегляд і порівняння налаштувань, даних про продуктивність та іншої важливої інформації про трактор, наприклад, рівень пального в баку, витрата пального, час роботи на холостому ході, використання системи автоматичного водіння AutoTrac для підвищення загальної продуктивності та ефективної експлуатації.

Використання телематичних систем – комбінації шини CAN, систем супутникового позиціонування та бездротових комунікацій дає можливість дистанційно оптимізувати в реальному часі роботу всього парку сільськогосподарських машин, аналізувати їх напрацювання, навантаження, витрату пально-

го, своєчасно виконувати технічне обслуговування. Дистанційно відслідковуються функціональні можливості трактора, його стан на предмет необхідності обслуговування та роботи з максимальною ефективністю. Підтримується робота автомобілів і тракторів щодо транспортування врожаю з найменшими затримками, з оптимальною продуктивністю.

Використання у сучасних тракторах системи JDLink Harvest Module надає користувачу всю інформацію для оптимізації функціонування кожного, можливість керувати логістикою парку машин, що знаходяться в роботі, підтримувати напрямок їх руху на основі карт Google.

Системи навігації трактора покликані допомогти ефективно працювати в полі, вибирати шлях руху трактора в дорозі та в полі.

Інтелектуальні комп'ютеризовані системи тракторів забезпечують землеробство на основі точного виконання технологічних операцій, контролю: швидкості тракторів, обсягу виконаних робіт, параметрів двигуна, витрати пального тощо.

Компанія John Deere та її стратегія FarmSight широко використовує супутникові системи інтелектуальних систем управління і передові рішення у галузі точного землеробства: точного водіння тракторів при виконанні польових робіт, синхронного водіння, об'єднань власників, операторів та дилерів у намаганні досягти високої продуктивності в управлінні сільським господарством, більш ефективно використовувати свій парк техніки.

Сучасні трактори мають телематичні модулі супутникової навігації, вбудовані бортові системи діагностування майже всіх їх технічних систем.

За своїми функціями і структурою діагностику трактора можна поділити на внутрішню бортову та зовнішню (дистанційну), пов'язану з телематичними і телекомунікаційними засобами передачі бортових даних і взаємодії з доквіллям, інфраструктурою доріг, іншими тракторами. Такий високий рівень створення систем внутрішньої та зовнішньої телематики забезпечено мехатронізацією та оснащенням CAN-шиною всіх агрегатів сучасного трактора (табл. 5.1).

В таких системах використовують радары ближньої та далекої дії, зовнішні та внутрішні відеокамери, лідари, системи нічного бачення, технології теплового зору (тепловізори), передні та задні радары паркування, системи попередження про сходження зі смуги руху, системи перемикання світла, монітори і телекомунікації.

На сучасних тракторах з допомогою інтелектуальних систем, геоінформаційних систем (GPS – система глобального позиціонування), систем дистанційного контролю можуть бути реалізовані такі функції:

- контроль технічного стану й аварійний захист механізмів і систем трактора;

- керування моторно-трансмісійною установкою, що включає: регулювання подачі пального в двигун, зміну передатного числа трансмісії, вмикання-вимикання приводу додаткового ведучого моста (на повнопривідних колісних тракторах) і низки допоміжних функцій;

- контроль ходу технологічного процесу, який виконує МТА, за кількісними та якісними показниками;

- керування робочим обладнанням трактора через регулювання положення навісних знарядь;
- водіння заданою траєкторією;
- комплексна автоматизація.

JDLink – це телематична система компанії John Deere, яка дає можливість встановити поєднання між тракторами і машинами, що працюють в полі, й офісним обладнанням та мобільними пристроями. Ця технологія основана на використанні модульного телематичного шлюзу (MTG-контролера), який збирає і передає дані мережею мобільного зв'язку, при цьому певна інформація відправляється практично в реальному часі. Дане рішення дає можливість сільгоспвиробникам дистанційно контролювати свій парк техніки, спостерігати за виконанням робіт, керувати логістикою, отримувати доступ до важливої інформації про машини, аналізувати продуктивність машин з подальшою оптимізацією, отримувати повідомлення по електронній пошті, надавати дистанційну підтримку операторам та автоматизувати обмін даними.

6.6. Телематичні системи дистанційного діагностування трактора, моніторингу та керування причіпним обладнанням

6.6.1. Функціональні телематичні системи

Для розширення можливостей дистанційного керування трактором використовують сигнали GPS і чотири види доступу різної точності руху (EGNOS, SF1, SF2, PTK). Усі системи працюють у комбінації з легко встановлюваними на трактор приймачами і дисплеями [4]. Схема функціональних телематичних систем керування показана на рис. 6.3.



Рис. 6.3. Спрощена схема функціональних телематичних систем керування трактором:

а – зв'язок між трактором та офісом; б – зв'язок між тракторами (машинами); в – мережевий зв'язок RTK Mobile; г – передача даних з трактора (машини) з допомогою вбудованої телематичної системи JDLink



Рис. 6.4. Термінал ISOBUS керує всіма машинами сільськогосподарського виробництва

Стандарт ISOBUS відповідає вимогам ISO 11783 і є першим міжнародним стандартом передачі даних каналами зв'язку між такими видами обладнання: трактори, дисплеї, агрегати, програмне забезпечення (рис. 6.4).

Кожний трактор і сільськогосподарська машина ISOBUS може працювати з будь-яким терміналом ISOBUS від інших постачальників таких, як John Deere®, CNH/Trimble®, Müller Elektronik®, Fendt®, Massey Ferguson®, Topcon®. Функціональні можливості ISOBUS слугують основою для забезпечення безперебійного зв'язку в системі ISOBUS між усіма компонентами, включно з власним універсальним терміналом або машиною обприскувачем.

6.6.2. Телематичні системи керування трактором і причіпним обладнанням

Компанія John Deere на базі стандарту ISO 11783 (ISOBUS) розробила різноманітні системи, які забезпечують взаємодію між трактором і причіпним знаряддям (рис. 6.5).

Система ISOBUS дає можливість стандартизувати комп'ютерну техніку і програмне забезпечення, краще використовувати, комбінувати й координувати роботу машин та знаряддя, автоматизувати налаштування машин та знаряддя на різні операції, здійснювати обмін даними між системами, що знаходяться в польових умовах, та офісними комп'ютерами виробників сільгосппродукції, сервісних служб і виробників техніки.

Вона працює на основі шинного зв'язку CAN-bus з використанням різних електронних засобів. CAN-шина забезпечує підключення будь-яких виконавчих та керуючих пристроїв (усіляких сенсорів, контролерів тощо), які можуть одночасно приймати і передавати цифрову інформацію (дуплексна система).

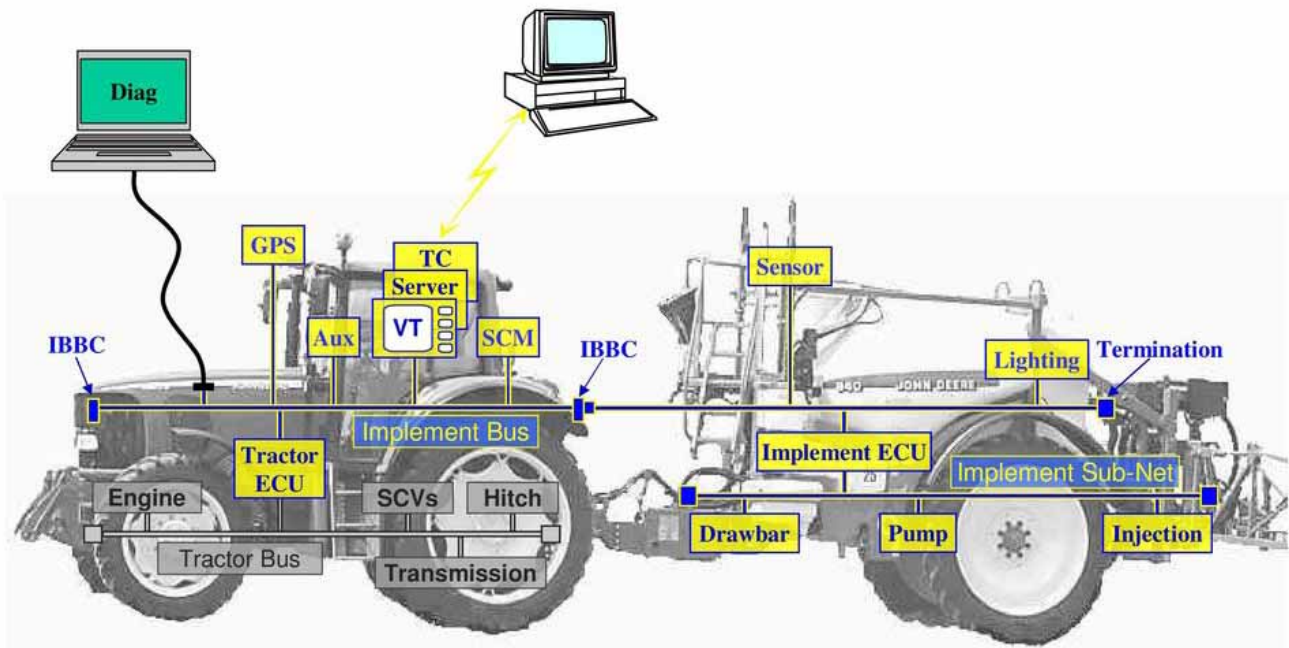


Рис. 6.5. Функціональне покриття стандартом ISOBUS (ISO 11783):

IBBC – ISOBUS Bus Breakout Connector – розривний рознімач шини; Engine – двигун; Tractor ECU – ЕБК трактора; Aux – вихід Aux; VT – віртуальний термінал; Pump – насос; Injection – впорскування

Інтелектуальна система Machine Sync дає можливість трактористу, знаходячись в кабіні трактора, бачити на моніторі мапу з місцезнаходженням на полі інших тракторів, комбайнів, причепів і т. п. й приймати рішення, необхідні в даний момент часу. Система Machine Sync повідомляє трактористу трейлера ступінь заповнення бункера, таким чином даючи можливість визначити, як скоро потрібне розвантаження, і до якого комбайна під'їхати в першу чергу, якщо збирання поля ведеться кількома комбайнами. Комбайнер, у свою чергу, може напряму викликати вантажівку і почати розвантаження (рис. 6.6).



Рис. 6.6. Система Machine Sync в дії

Схема Rede CAN шини ISOBUS зв'язку трактора і причіпного обладнан-

ня приведена на рис. 6.7. Назва ISOBUS утворена зі стандарту для шин CAN ISO 11783+BUS – системи двох одиниць – фізичне з'єднання між електронними компонентами на основі CAN.

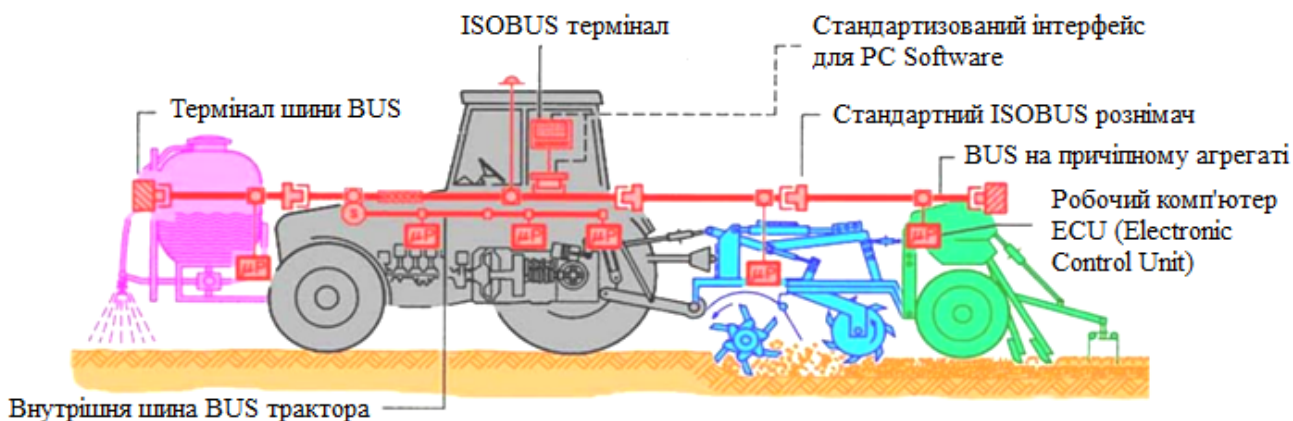


Рис. 6.7. З'єднання трактора й обладнання через ISOBUS

Рознімачі для зв'язку між трактором і агрегатами з використанням ISOBUS та дисплеями представлені на рис. 6.8.

9-полюсний рознімач ISO в кабіні: в кабіні трактора з підтримкою ISOBUS повинен бути такий рознімач.

Розривний рознімач шини знаряддя (IBBC): в кабіні трактора з підтримкою ISOBUS повинен бути такий рознімач.

Розривне гніздо шини знаряддя (IBBP) або гніздо ISO: на агрегаті з підтримкою ISOBUS є такий рознімач для підключення до трактора.

Діагностичний рознімач (рознімач Service ADVISOR).

Рознімач Service ADVISOR для машин John Deere

Як стандартний рознімач для розширення BUS використовується чотирьохполюсний рознімач Deutsch.



Рис. 6.8. Види рознімачів

Органи керування трактором приведені на рис. 6.9.

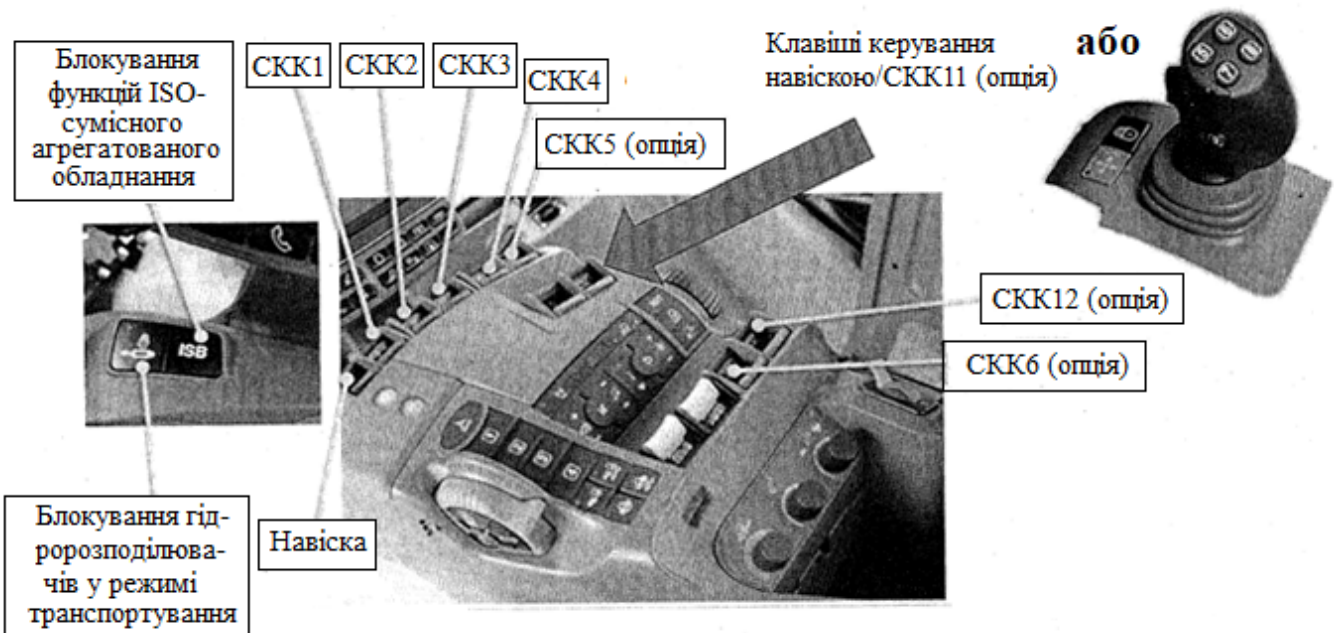


Рис. 6.9. Органи керування трактора 9R John Deere

Обмін даними між трактором і машинами In-Field Data Sharing (WDT) дає змогу використовувати одночасно карту оброблених зон та ліній навігації для машин. Ця функція призначена для координації роботи кількох одиниць техніки на одному полі (рис. 6.6, 6.10) [4].

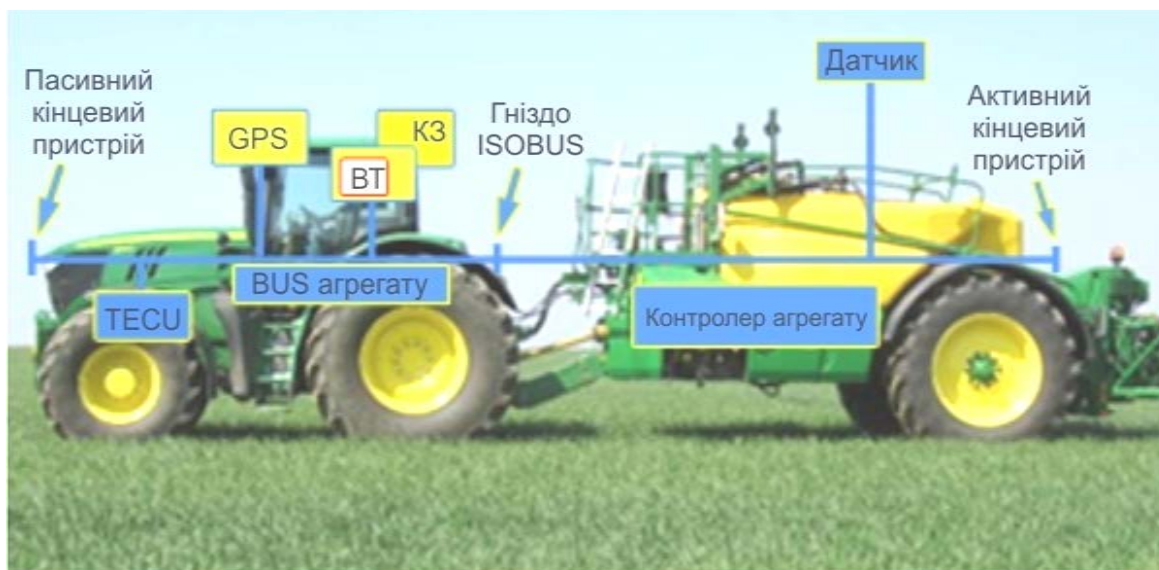


Рис. 6.10. Система шин керування трактором та агрегатами причіпного обладнання:

КЗ – контролер задач; BT – віртуальний термінал

6.6.3. Телематичні системи моніторингу ефективності експлуатації парку тракторів

Принципи роботи телематичної системи JDLink та операційного центру приведені на рис. 6.11.

Платформа MyJohnDeere.com дає можливість збільшити час безвідмовної роботи, оптимізувати логістичні процеси і прийняття агрономічних рішень.

Цей портал дає можливість клієнтам отримувати доступ до відомостей, які можуть знадобитися для керування парком машин. Доступ до порталу MyJohnDeere.com може здійснюватися через будь-який пристрій з можливістю інтернет-підключення, включаючи ноутбуки, смартфони, планшети та настільні комп'ютери.



Рис. 6.11. Принципи роботи телематичної системи JDLink та операційного центру

Перелік доступних функцій:

- Part Advisor (каталог запчастин);
- інформаційний портал Stellar Support;
- вхід до системи JDLink;
- операційний центр;
- симулятор дисплеїв.

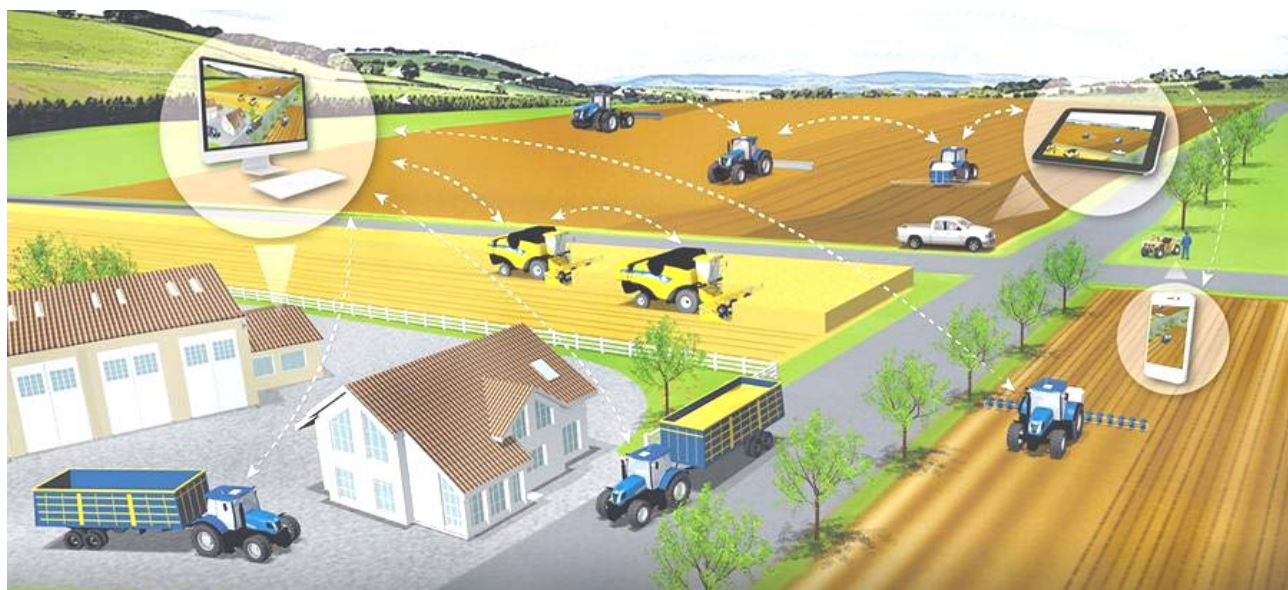


Рис. 6.12. Схема функціонування телематичної системи PLM Connect

Розроблена компанією New Holland телематична система PLM Connect (рис. 6.12) дає можливість проводити моніторинг парку автомобілів і тракторів з офісу, відправляти й отримувати інформацію в режимі on-line, що заощаджує час і підвищує продуктивність. В залежності від потреб сільгоспвиробник може вибрати пакет початкового рівня Essential або покращений професійний – Professional.

Стандартна версія дає можливість з однієї Web-сторінки керувати парком і картографічними даними, слідкувати за всіма тракторами і машинами, а також відображати їх поточне положення і виконувати операції. Безпека парку машин забезпечується завдяки можливості встановлювати віртуальні геозони і години заборони на роботу, що захищає від крадіжок або несанкціонованого використання агрегатів. Крім того, пакет надає можливість переглядати пройдений технікою шлях, отримувати повідомлення по електронній пошті або у вигляді текстових повідомлень про вихід машини за межі геозони чи про увімкнення запалювання у неробочий час. Можна створювати індивідуальні звіти про місцезнаходження техніки та про години роботи двигуна у вказаний проміжок часу. Професійна версія системи має всі функції початкового рівня, а також дає можливість відслідковувати робочі параметри і коди помилок тракторів з допомогою відображення на різних дисплеях. Передбачені також додаткові можливості: відправка текстових повідомлень з Web-портала й отримання інформації від операторів, контроль пального, що залишилося, SMS-тривога у разі крадіжки пального.

Аналітичний модуль Agrotronic дає можливість контролювати зливання пального, несанкціоновані вивантажування, всі види простоїв, технологічні процеси і параметри експлуатації машин. Завдяки аналізу часу роботи зростає ефективність використання техніки в господарстві. Порівняння показників продуктивності й оптимізація налаштувань дають можливість максимально використовувати потужність агрегатів, скорочувати час на їх технічне обслуговування, покращувати планування і логістику, знижувати вартість володіння парком техніки. В бортову систему агрегату інтегровані обладнання і програма на базі серверної та передавальної архітектури. Пристрій зчитує й автоматично регулярно відправляє через канал GPRS десятки різних параметрів роботи машини на Web-сервер. Компоненти системи включають вбудований у бортовий комп'ютер GPRS-модем, зовнішню ГЛОНАСС- або GPRS-антену, карту пам'яті та SIM-карту.

В систему можна заходити як з планшета чи мобільного телефону, так і з ноутбука або стаціонарного комп'ютера. Спостерігати за технікою може будь-який представник сільгосппідприємства за наявності відповідних повноважень. Меню на сайті представлене розділами «Слідкування», «Повідомлення», «Аналіз» та «Керування», які відображаються на всіх сторінках Web-порталу дистанційного моніторингу. На головній сторінці представлена загальна та порівняльна інформація за поточну добу щодо всієї техніки.

Модуль Agrotronic обробляє отримані відомості та надає їх у зручному для подальшої інтерпретації вигляді. Дані про загальний час активності машини, простої, тривалість перегонів, розворотів, збирання дають можливість ана-

лізувати ефективність використання робочого часу. Відомості про простої з увімкненим двигуном, злите та витрачене пальне, місце заправлення і зливу, відхилення від маршруту дають можливість судження про цільове чи нецільове використання техніки. З допомогою інформації про пересування та простої з повним бункером, час і кількість розвантажувальних операцій можна слідкувати за якістю логістики. Вбудовані аналітичні інструменти та безперебійне поповнення баз даних забезпечують можливість постійного покращення окремих операцій. Повний обсяг інформації на кожній конкретній ділянці поля створює умови для оптимізації витрат і вживання заходів щодо підвищення врожайності. За рахунок цього з'являється реальна можливість збільшити рентабельність бізнесу на 10-15 відсотків.

Корпорація AGCO створила власну телематичну систему для керування парком сільгоспмашин AgCommand, яка збирає дані, що відносяться до місцезнаходження, налаштувань та робочих характеристик. Розробка – це комплексне бездротове інформаційне рішення для сільгоспвиробників і дилерських центрів, яке дає можливість оцінити в режимі реального часу до 25 основних параметрів роботи агрегату (причому на комбайнах ця кількість може збільшуватися до 28), а також порівнювати ефективність до п'яти одиниць техніки. Система використовує модуль запису даних, установлений на сільськогосподарських машинах, підключений до антени GPS, і модем GSM. Через них геолокаційні відомості передаються на сервер компанії, де зареєстрований користувач може отримати до них доступ через захищений Web-портал. Сайт дає можливість керувати обслуговуванням агрегатів. Якщо техніка знаходиться поза зоною впевненого прийому сигналу, то вбудована пам'ять не допустить втрати інформації й передасть її на сервер у разі переміщення в зону покриття протягом 50 годин. Повідомлення власника про в'їзд чи виїзд машини за попередньо визначені межі можна отримувати або у вигляді листів на електронну пошту, або у вигляді текстових повідомлень на мобільний телефон. Також розробка дає можливість вести звітні журнали з відомостями про сервісне обслуговування, наприклад, заміну масла і фільтрів. Для роботи з системою установка програмного забезпечення не потрібна, так як доступ до даних здійснюється через будь-який браузер. Крім того, розроблений безкоштовний додаток для мобільних пристроїв.

Принцип функціонування систем телеметрії автомобілів і сільськогосподарських машин однаковий: за допомогою супутників GPS визначається місцезнаходження об'єктів, а за допомогою мобільного зв'язку через регулярні проміжки часу до єдиного сервера передається набір різних даних про GPS-координати, час і характер робіт, технічні показники агрегатів. Користувач на комп'ютері в офісі може проглядати зібрану інформацію в режимі реального часу або аналізувати її пізніше, а також керувати технічним обслуговуванням. Відомості можуть бути передані споживачу і на мобільний телефон. Таким чином, телематичні системи допомагають контролювати парк машин й оптимізувати роботу господарства.

Опція Claas Combine Leage надає сільгоспвиробнику можливість перегляду і порівняння анонімних показників продуктивності машин інших підпри-

емств, що може сприяти оптимізації роботи його власного обладнання. Допомогати фіксувати, інтерпретувати й обробляти дані призване доповнення автоматичного документування, для роботи якого використовуються завчасно завантажені межі ділянок. Функція TONI в доповнення до показників трактора фіксує також дані пристрої та агрегатів, для чого використовується інтерфейс ISOBUS. Telematics у поєднанні з TONI є єдиною телеметричною системою, яка забезпечує в реальному часі незалежну від виробника візуалізацію, документування й оптимізацію агрегату (рис. 6.13).

Система Telematics має низку корисних функцій. Перша з них – це щоденний аналіз часу роботи, який надає дані про те, як і коли працювала машина. При цьому виявляються джерела додаткових затрат, наприклад, вимушені простої та слабкі місця логістики. В рамках цієї опції з допомогою спеціального індикатора на карті можна проглядати смуги руху трактора. Інша функція телеметричної системи – оптимізація продуктивності, що дозволяє порівнювати показники ефективності до трьох машин у режимі реального часу і вносити необхідні зміни. Завдяки цьому можна оптимально налаштувати навіть ту техніку, якою керують недосвідчені механізатори, а це буде сприяти підвищенню їх кваліфікації та мотивувати до самостійного виконання налаштувань, які залежать від конкретної ситуації. Такий аналіз дає можливість робити висновки про помилки у керування або про обсяг майбутнього ремонту, а спеціальне програмне забезпечення дає можливість здійснювати детальну дистанційну діагностику. Встановлені карта і додаток допомагають визначати місцезнаходження трактора в полі без детального опису маршруту. За бажанням аграрія система може передавати дані технічного обслуговування представникам фірми-виробника, завдяки чому відповідна служба зможе провести первинний аналіз, визначити причини збоїв у роботі агрегатів та надати допомогу на місці.

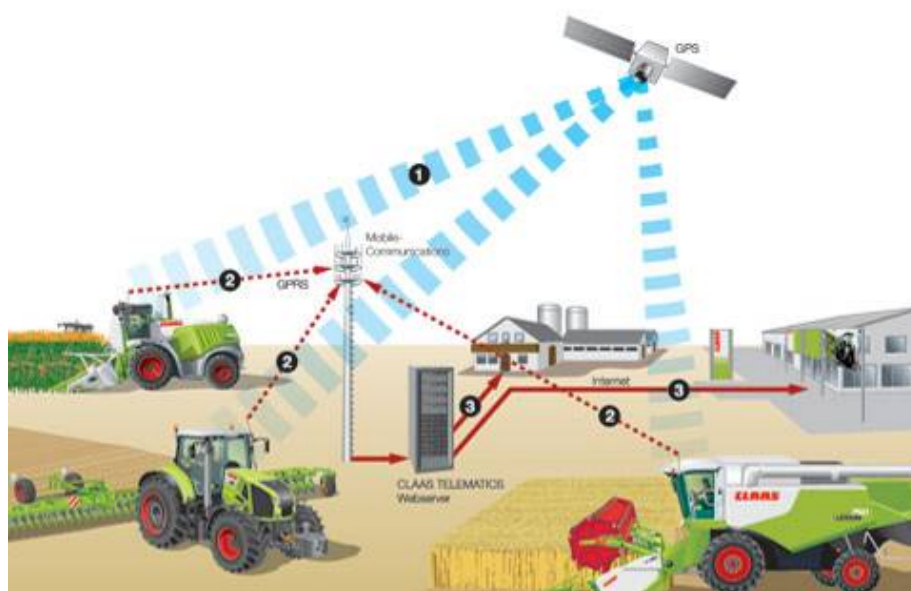


Рис. 6.13. Схема функціонування телеметричної системи Telematics:

1 – прийом даних про місцезнаходження через супутник; 2 – передача даних та налаштувань машини з допомогою мобільного зв'язку на сервер; 3 – виклик даних фермером або дистанційна діагностика дилером

Мобільний додаток на базі операційних систем iOS та Android, який розробила німецька компанія дає можливість користування функціями телеметричної системи поза межами офісу з допомогою смартфонів і планшетів. Додаток побудований за тією самою схемою, що і сайт, значить, дотримується принципів інформування, оптимізації й аналізу. Завдяки цьому багато проблем можуть бути вирішені дистанційно, а під час виклику співробітник сервісної організації вже буде мати всю необхідну інформацію і зможе доставити потрібні запасні частини.

Компанія Case IH розробила власну телематичну систему AFS Connect, яка дає можливість відслідковувати продуктивність сільськогосподарських машин й керувати ними в реальному часі на комп'ютері з офісу, а також проводити дистанційну діагностику і зв'язуватися з водіями з допомогою GPS та бездротових мереж. Аналіз отриманих даних дає можливість покращити логістику, зменшити витрату пального та підвищити продуктивність. У системі використовується комбінація супутників GPS і технології мобільного зв'язку для бездротового з'єднання обладнання в режимі on-line. Інформація, яка надається в реальному часі, допомагає керувати парком техніки, складати звіти про ефективність роботи, дистанційно управляти файлами та здійснювати двостороннє спілкування. Розробка дає можливість аналізувати час роботи агрегатів на холостому ходу або тривалість розвантажування. Дані про потужність двигуна, витрату пального, продуктивність передаються в форматі звіту на офісний комп'ютер. Можна створювати статистичні звіти про роботу машин та їх операторів, а також порівнювати показники збирання врожаю (рис. 6.14).

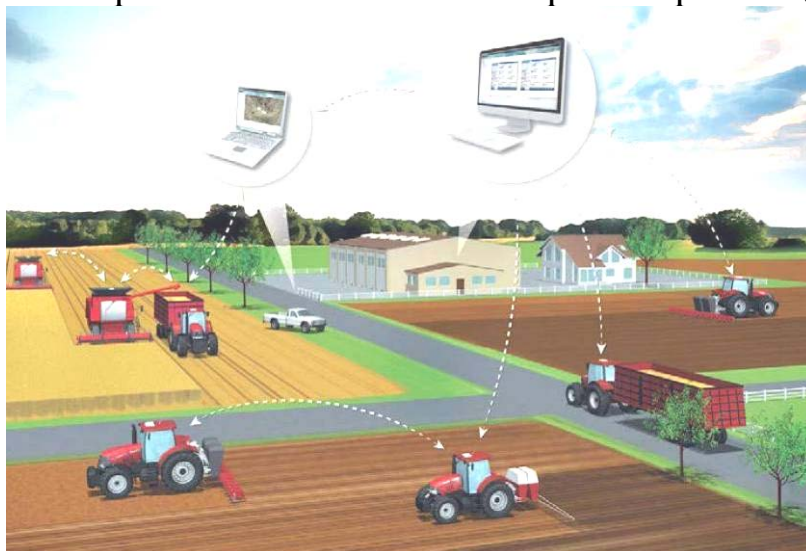


Рис. 6.14. Схема роботи телематичної системи AFS Connect

Телематичні дані, які надає AFS Connect™, передаються на офісний комп'ютер в режимі реального часу. Це значить, що керівники можуть відправити миттєві рекомендації або інструкції, якщо потрібно скоригувати робочий процес.

Телеметричні дані дають можливість приймати адміністративні рішення з більшою точністю і більш виважено для підвищення ефективності роботи.

Завдяки AFS Connect™ можна побачити місце і час роботи машини для планування наступного етапу роботи.

Точне знання того, де знаходиться трактор або комбайн (в якому полі або в якій частині поля), дає можливість направляти вантажівки або бензовози до машини в полі, зводячи до мінімуму часові витрати і забезпечуючи максимальну ефективність роботи співробітників і техніки.

За допомогою AFS Connect Basic можна отримувати повідомлення у разі виходу машини із обраної області. Таке рішення має не тільки функції безпеки, але також допомагає власникам стежити за тим, щоб оператори (особливо, якщо вони недосвідчені або не знають особливостей місцевості) дотримувалися встановлених маршрутів та обраної області.

Телематична система JDLink фірми John Deere дає можливість відслідковувати роботу машин безпосередньо з офісу, а також з будь-якого місця з доступом в Інтернет або з мобільного телефону. В залежності від набору функцій вона поділяється на варіанти Select, Ultimate та Harvest Modules. Інформація про місцезнаходження машин надається на кольоровій мапі Google.

У звичайній версії при спрямуванні трактора до комбайна або збиральної машини на поле можна надати водію точні план і маршрут руху. Також є можливість відстежити, де і як довго була техніка з того моменту, як вона виїхала з підприємства. У разі спроби угону агрегату надходить повідомлення на мобільний телефон і сторінку JDLink в Інтернеті, причому існує можливість визначити напрямок руху й положення технічної одиниці через певні проміжки часу. Більш розвинена версія системи видає інформацію, необхідну для прийняття рішення про ефективну витрату пального й оптимізацію налаштувань. Наприклад, можна визначити час, витрачений на завдання, та скоротити тривалість непродуктивного використання двигуна, тобто роботи на холостому ході. Версія сумісна з системою CANBUS на машині й забезпечує доступ до всіх основних даних обладнання в доповнення до базової конфігурації (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Можливості модулів телематичної системи JDLink

Можливості	JDLink Select	JDLink Ultimate	JDLink Harvest Modules
Розташування машин	+	+	+
Геокоординати	+	+	+
Напрацювання	+	+	+
Планування ТО	+	+	+
Витрата пального	-	+	+
Використання машин	-	+	+
Діагностика машин	-	+	+
Налаштування машин	-	-	+
Продуктивність машин	-	-	+
Service ADVISOR Remote	+	+	+

Професійна версія системи допомагає оптимізувати роботу зерно- та ко-

рмозбиральних комбайнів, надаючи інформацію про врожайність, вологість культури, яку збирають, продуктивність та налаштування машин. Порівняння параметрів техніки можна використовувати для підвищення ефективності роботи та вдосконалення навичок операторів. Усі дані можуть бути передані керівнику підприємства на мобільний телефон в реальному часі. Установка додаткової функції Service ADVISOR Remote дає можливість заощадити час на ремонт, так як у дилера відсутня необхідність спеціально їхати в господарство для проведення діагностики. Замість цього він може дистанційно виявити несправності й відразу доставити потрібні запчастини.

6.7. Дистанційний зв'язок тракторів та їх сервісний супровід

6.7.1. Дистанційний моніторинг тракторів

Сучасні трактори та інша сільськогосподарська техніка – це поєднання складних механічних та електронних пристроїв, мехатронних і телематичних систем. Вони є одними з найінноваційніших технологій у точному землеробстві та є механізмом автоматичного дистанційного збирання й аналізу інформації й передачі на основі цих даних керівних команд. З допомогою супутників GPS визначається місцезнаходження техніки, а з допомогою мобільного зв'язку через регулярні часові проміжки до єдиного сервера передається більше 200 параметрів: GPS-координат, часу та характеру робіт, різних технічних показників. Доступне також визначення найоптимальнішого шляху до поля та траєкторії руху техніки, її робочого стану, поточного рівня пального, дистанційний сервісний супровід. Системи навігації дають можливість не тільки побачити поточне положення машин, але й перевірити результати їх роботи або у разі необхідності продивитися дані з архіву. Для позначення операцій на полях використовуються різні кольори. Це дає можливість легко визначити, чи всі поля оброблені, чи була інформація задокументована належним чином, обмінюватися даними з консультантами, підрядниками або клієнтами.

Система супутникової навігації, Інтернет, мобільний зв'язок та відповідні програмні додатки вносять інновації в точне землеробство, використовуючи систему телематики – комбінацію шини CAN-bus і систем супутникового позиціонування та бездротових комунікацій, – можна дистанційно в реальному часі відслідковувати роботу парку сільськогосподарських машин і керувати ними; проводити аналіз напрацювання машин, їх навантаження з метою зниження витрати пального, підвищення продуктивності, порівнювати показники врожайності при використанні різних машин, оцінювати якість роботи оператора.

Для сервісного обслуговування, діагностики, оновлення налаштувань і програмного забезпечення тракторів та сільськогосподарських машин дилери використовують систему JDLink компанії John Deere. Дистанційний доступ здійснюється з допомогою цієї системи і додаткової функції Service Advisor Remote. Це дає можливість підключитися до шини CAN машини та проаналізувати її технічний стан, дистанційно провести діагностику і виявити несправ-

ність, визначити компоненти, що потребують ремонту, зробити заявку на потрібні запасні частини. Інформацію можна відслідковувати на сайті www.jdlink.com, проводити її реєстрацію, поглиблений аналіз експлуатації парку машин, аналізувати витрату пального.

Завдяки наявності додатків для iPad та iPhone всі найважливіші функції JDLink можна використати безпосередньо з офісу або з будь-якого місця з доступом в Інтернет, визначити місцезнаходження трактора й автомобіля, керувати логістикою парку машин, що знаходяться в роботі, отримати напрямок їх руху за мапою Google та дані про кількість годин, проведених у полі, звернути увагу на низький рівень пального в баку, відслідкувати повний цикл операцій збиральних робіт. Модулі системи JDLink дають можливість установлювати тестове попередження оператора або інші служби офісу про низький рівень пального в баку, заповнення зернового бункера; аналізувати продуктивність роботи оператора і машинного парку. З допомогою функції Service Advisor Remote можна проводити моніторинг машино-годин, сервісних послуг, планувати технічне обслуговування тракторів, автомобілів та інших машин, виявляти потенційні несправності та своєчасно проводити ТО для збільшення періодичності безвідмовної роботи всіх обслуговуваних ТЗ.

Система JDLink Ultimate дає можливість не тільки інформувати в реальному часі про витрату пального але й оптимізувати витрату пального в подальшому шляхом скорочення часу роботи двигуна на холостому ході, непродуктивного використання робочого часу, витраченого на окремі операції щодо підбору параметрів і налаштувань режимів роботи машини (швидко, повільно), правильного підбору трактора, підбору комбінацій машин для окремих видів робіт на сьогодні або на майбутнє.

Модуль Harvest Module системи JDLink дає можливість оптимізувати роботу і продуктивність зерно- та кормозбирального комбайна за рахунок отримання в реальному часі інформації про вологість зерна та врожайність від гектара до гектара: така інформація дає можливість не використовувати машину по максимуму і цим заощаджувати пальне.

Базова система моніторингу JDLink Select віддалених тракторів, автомобілів та інших сільськогосподарських машин надає повну інформацію з прив'язкою до місцезнаходження. Система особливо корисна за наявності парку сільськогосподарських машин різних виробників, коли оптимізація логістики суттєво важлива для загальної ефективності та швидкості виконання завдань: геозони розташування окремих ТЗ, моніторинг машино-годин, робіт з технічного обслуговування.

Система JDLink Ultimate – потужний інструмент оптимізації споживання пального та оцінювання продуктивності – використовує систему CAN-bus трактора і надає доступ до всіх важливих показників роботи. Дає можливість проаналізувати інтенсивність роботи машини, її завантаження й отримати детальний аналіз споживання пального, отримати цінну діагностику.

Сервісна діагностика з використанням системи Service Advisor дає можливість дилеру з JDLink проведення дистанційної діагностики. Це заощаджує час на виїзд, підвищує кількість усунених при першому звертанні неполадок і

зменшує простої та кількість фактичних виїздів для проведення діагностики, підвищує продуктивний машинний час, виявляє можливі у майбутньому несправності, забезпечує найкращий коефіцієнт готовності транспортних засобів і причіпного знаряддя, також забезпечує експлуатаційні характеристики за рахунок дистанційного обслуговування і підтримки.

Центр керування на порталі MyJohnDeere.com є центральним майданчиком для зв'язку між машинами, операторами і полями.

Система проста у використанні і для підключення потрібний будь-який пристрій з доступом в Інтернет, можна працювати з даними де завгодно, легко можна поділитися важливою інформацією з діловими партнерами. Дана система відкрита для роботи з будь-якими машинами незалежно від моделі або підключення до інших комп'ютерних систем. У центрі керування можна зручно зберігати, сортувати та візуалізувати всю інформацію з полів. Інтегровані інструменти дають додаткові переваги для навігаційних систем щодо будь-чого: підготовка нових файлів налаштувань для майбутнього сезону, керування межами полів, редагування ліній ведення або створення файлів з приписами. Додаток MyJobsManager дає можливість планувати роботу в режимі перегляду календаря, а також надає огляд інструментальної панелі для всіх поточних операцій. Призначені завдання синхронізуються протягом кількох секунд з операторами, надаючи їм усю необхідну інформацію для правильної роботи. Звіти про завдання можуть бути індивідуалізовані й експортовані для забезпечення прозорості при виставленні рахунків.

З профілактичним обслуговуванням, дистанційним обслуговуванням і значними можливостями підтримки можна визначати час безперебійної роботи машини на наступний рівень, допомагаючи збільшувати цінність машини і знизити витрати на технічне обслуговування. Використовуючи дистанційний доступ до дисплея можна визначати сезонну оптимізацію машини і правильне налаштування обладнання ISOBUS.

6.7.2. Бортові телематичні системи контролю робочих параметрів і технічного стану тракторів

Завдяки можливостям діагностичного профілактичного обслуговування та підтримки дилер John Deere може визначити час безперебійної роботи трактора. Телеметрична система, створена корпорацією AGCO, пропонується в двох версіях, які відрізняються переліком зчитуваних по шині CAN даних: «Standard+» та «Advanced». Також компанія розробила універсальну систему, яка може бути встановлена практично на будь-яку техніку різних виробників. Базовий варіант системи реєструє відомості про місцезнаходження, дату, час, стан двигуна, напрацювання у мотогодинах, робочий стан, швидкість переднього ходу, витрату пального в режимі реального часу та інші характеристики. Переваги цієї версії полягають у доступі в масштабі часу, близькому до реального, до відомостей про місцезнаходження і стан обладнання; підвищення експлуатаційної готовності, тобто система допомагає планувати технічне обслу-

говування транспортних засобів й оцінювати їх продуктивність. При цьому сервісне супроводження може бути організоване самим клієнтом або ж доручене дилеру. Звіти про ефективність дають можливість швидко проаналізувати дані та виявити ефективний і нерезультативний час роботи. У такій комплектації передбачена повністю автоматична передача даних в офісний комп'ютер.

Розширена версія системи збирає дані по шині CANBUS T3 для передачі більш повних відомостей на сайт і детального аналізу її продуктивності. Серед основної інформації, яку передає система, є частота обертання колінчастого вала двигуна; кількість, витрата і рівень пального; температура охолоджувальної рідини тощо. Однак, наряду із загальними параметрами передбачений огляд характеристик певних видів техніки. Наприклад, для трактора відправляються відомості про режим роботи коробки передач, зчіпного пристрою, приводів; частоту обертання заднього і переднього ВВП; буксування коліс, гусениць та інші.

При допомозі розширеної версії здійснюється оптимізація параметрів технічного засобу шляхом аналізу впливу налаштувань на продуктивність і порівняння показників техніки одного призначення. Передбачена функція попереджень про невідповідність характеристик, наприклад, про підвищену температуру охолоджувальної рідини, збільшену витрату пального по агрегатам або полям; отримання розширених звітів та ін. Така комплектація забезпечує доступ до віртуальної приладової панелі транспортного засобу в режимі реального часу, завдяки чому оператор дистанційно може змінювати параметри продуктивності обладнання чи витрати пального. Узнати про те, що техніка увійшла чи полишила певну територію, сільгоспвиробник може з допомогою спеціальної функції «Геозона».

Для цього базова комплектація багатьох машин John Deere включає телематичну систему JDLink, яка має можливість дистанційного ТО і перегляд на дисплеї.

Можливості обслуговування. У разі погодження дилер може контролювати стан машини користувача. Якщо надійде попередження про несправність, фахівець з технічного обслуговування буде негайно повідомлений. Він зможе дистанційно проаналізувати основну причину проблеми і у багатьох випадках навіть дистанційно її вирішити. Маючи інформацію про справність машини до призначеного огляду, можна уникнути небажаних випадків, необхідності тривалої діагностики у самому господарстві, а також вартісних термінових замовлень запасних частин. Це дає можливість власнику довше залишатися в полі та скорочує витрати на технічне обслуговування.

Система дистанційного перегляду дисплея (RDA) фірми John Deere дає можливість менеджерам господарства, дилерам і навіть виробникам обладнання ISOBUS дистанційно допомагати операторам з налаштуваннями, оптимізувати продуктивність машини й усувати несправності так, мовби вони знаходилися в кабіні.

Система RDA дає можливість оператору отримувати допомогу з налаштування трактора (машини) або визначення несправності (відмови), а також покрокові інструкції щодо усунення несправності.

Необхідні засоби:

- дисплеї GS3 2630, Gen 4 CommandCenter 4100, 4600 та Gen 4 Universal 4640;
- контролер MTG з проводом Ethernet;
- підписка JDLINK Access+RDA або JDLINK Connect;
- налаштування необхідних прав доступу в обліковому запису клієнта.

Система бездротової передачі даних John Deere (WDT) дає можливість заощадити час і кошти, а також підвищити продуктивність за рахунок передачі файлів з налаштуваннями, приписами і дані системи документування по каналах мобільного зв'язку між дисплеєм, встановленим в машині, й офісом. Для цього потрібні:

- дисплеї GS3 2630, Gen 4 CommandCenter 4100, 4600 та Gen 4 Universal 4640;
- контролер MTG 3G або 4G з проводом Ethernet;
- підписка JDLINK Connect;
- налаштування необхідних прав доступу в обліковому запису клієнта.

Власнику не доведеться очікувати фахівця, щоб вийти в поле, а це означає: вища тривалість безперебійної роботи і нижча вартість експлуатації.

Додатки Go-Apps (GoHarvest) дають можливість отримати на смартфон відповіді щодо можливих запитань щодо технічного обслуговування (рис. 6.15). Можна отримати доступ до мобільної версії JDLINK з допомогою додатка, необхідно просто виконати пошук «John Deere App Center».

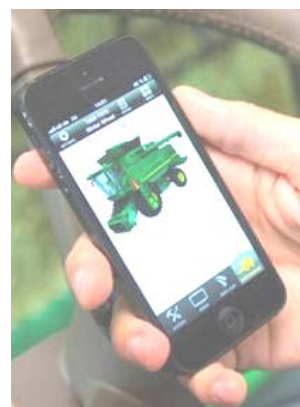


Рис. 6.15. Показ інформації на смартфон

Пакет послуг Farm Sight від John Deere дає можливість отримати необхідні дані про роботу трактора. Індивідуальний дистанційний моніторинг дає можливість проводити профілактичне обслуговування, оптимізувати витрату пального та вихідну потужність, а також надати більш детальну агрономічну інформацію для прийняття обґрунтованих рішень щодо підвищення ефективності технічної експлуатації тракторів.

Дисплеї покоління GS3 та Gen 4 є підготовленими для ведення документації завдяки запису даних для окремих точок при роботі в полі та створення точних карт врожаю, внесення тощо). Крім того, дані дисплеї можуть завантажувати завдання на роботу (налаштування машини, межі поля, маршрути тощо), що дозволить зменшити кількість помилок з боку оператора та час на підготовку машини для роботи.

А функція ISOBUS документування дозволить оброблювати отримані дані програмним забезпеченням сторонніх виробників.

Необхідні засоби:

- дисплей GS3 2630 чи GEN 4 4200, 4600 або 4640;
- для дисплеїв GEN 4 активація Premium;
- налаштування документування в системі GEN 4 або GS3.

Контрольні запитання

1. Наведіть зовнішнє і внутрішнє телематичне обладнання трактора типу John Deere.
2. Яке телематичне обладнання входить до систем контролю роботоздатності трактора?
3. Яке обладнання контролює технічний стан двигуна трактора?
4. Яке обладнання контролює витрати пального і роботу водія трактора?
5. Визначте поняття «моніторинг трактора».
6. Визначте схематично систему телематики сучасного трактора.
7. З яких компонентів складається телематичний блок трактора?
8. Яку інформацію видають на дисплей?
9. Де міститься програмне забезпечення – в дисплеї чи в процесорі?
10. У чому полягає універсальність дисплеїв тракторів John Deere 4-го покоління?
11. Наведіть засоби телематичних систем керування точністю руху трактора.
12. Які відеокамери використовуються на тракторі?
13. Наведіть приклади, де і для чого використовуються радары на тракторі.
14. Поясніть поняття «автопілот».
15. Яку роль відіграє система CAN-шини в керуванні роботоздатністю внутрішніх телематичних систем?
16. Які переваги дає застосування CAN-шини на тракторі?
17. Які переваги і можливості надають водію телематичні системи трактора?
18. За допомогою яких засобів і систем визначається місцезнаходження тракторів?
19. Які можливості надають системи навігації для контролю якості використання тракторів?
20. Як телематичні системи виконують дистанційно (віддалено) діагностування трактора?
21. Як використовуються телематичні системи у відстеженні даних по шині CAN для планування технічного обслуговування трактора?
22. Як використовуються телематичні системи в логістиці парку сільськогосподарських машин?
23. Як інтелектуальні комп'ютерні системи трактора використовуються для забезпечення точного виконання технологічних операцій землеробства?
24. Поясніть, як використовуються телематичні та телекомунікаційні системи в передачі бортових даних трактора.
25. Як використовуються сигнали GPS і види доступу точності SF1, SF2 та RTK в дистанційному керуванні трактором?
26. Як забезпечується взаємодія між трактором і причіпним знаряддям?
27. Наведіть принципи роботи телематичних систем для оптимізації логістичних процесів і прийняття агрономічних рішень.
28. Наведіть схеми функціонування телематичних систем керування парком машин і тракторів.
29. Наведіть бортові системи телематики для контролю робочих параметрів і технічного стану тракторів.

7. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ПАРАМЕТРІВ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ТРАКТОРА

7.1. Характеристика об'єктів діагностування

Об'єкти діагностування електричних та електронних систем – це джерела і споживачі струму, системи керування автоматичними коробками передач, автоматичні трансмісії, підвіски гальмівної системи, електроприводи підйому й опускання стекол, електричні прилади, апаратура і компоненти електронних систем, що забезпечують роботу бортових систем трактора. До них належать: пуск двигуна, освітлення дороги та причіпного обладнання, світлова сигналізація, контрольно-вимірювальні прилади, форсунки, клапани виконавчих механізмів. Кількість електроапаратури, електронного обладнання в тракторах постійно збільшується.

Електричне устаткування трактора є комплексом електромеханічних пристроїв, електричних апаратів, електронних блоків, датчиків та виконавчих пристроїв, поєднаних в електричні системи (електромеханічні, електронні, мікропроцесорні). І далі розвиток світової індустрії тракторобудування буде пов'язаний зі збільшенням частки складності та вартості електронних систем у конструкції тракторів. Їх використання спрямоване на зниження витрати пального, концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах, підвищення потужності, активної та пасивної безпеки, керованості й комфортабельності тракторів. З позиції технічної експлуатації тракторів упровадження електронних систем пов'язане з появою витрат часу і засобів на їх ТО та ремонт.

Система електроживлення трактора складається з генератора й акумуляторної батареї (АКБ), підключених паралельно. Її основними діагностичними параметрами є напруга генератора під навантаженням, натяг ремня генератора та ступінь розрядженості акумулятора. Для визначення цих параметрів в умовах експлуатації можуть бути використані електровимірювальні прилади загального призначення (вольтметри, амперметри), однак, частіше використовують спеціальні прилади, особливо для двигунів з мікропроцесорними системами керування.

Джерела струму забезпечують електроенергією всіх споживачів у тракторі. Джерелами струму в тракторі є генератор і акумуляторна батарея. До джерел струму також відносять і прилади їх регулювання.

АКБ – це найрозповсюдженіші накопичувачі енергії для автотранспортних засобів. Практично всі сучасні трактори використовують енергію акумуляторних батарей для живлення електричного й електронного обладнання.

Електрообладнання трактора надійно захищене запобіжниками, тому при контролі електричних кіл у першу чергу необхідно перевіряти саме запобіжники.

Типовий електричний контур трактора складається із споживача електроенергії (робочого компонента), набору вимикачів, реле, виконавчих елект-

ромоторів, запобіжників, плавких вставок/переривачів кола, що мають відношення до роботи даного компонента, а також з'єднувальної електропроводки, її контактних клем і рознімачів.

До електронних блоків сучасного трактора належать: транзисторні комутатори струму, електронні регулятори напруги бортової мережі, блоки керування примусового холостого ходу, електронні тахометри, електронні реле блокування стартера, реле покажчиків повороту, реле склоочисників, захисту від перевищення частоти обертів, електронні сигналізатори контролю справності ламп і аварійного падіння рівня оливи тощо.

Крім розглянутої системи вбудованого діагностування, на тракторі широко застосовується набір сигналізаторів аварійних режимів, які попереджають про можливий стан перед відмовою або про виникнення прихованих несправностей таких, як перегрівання двигуна, аварійний тиск оливи, несправність робочих гальм, увімкнене стоянкове гальмо, акумуляторна батарея не заряджається тощо.

Трактори 8R та 9R John Deere обладнані двигуном з перемикачем акумуляторної батареї та індикаторним сигналом, який використовує систему селективного каталітичного відновлення (SCR). Індикатор світиться під час продування системи реагентом-відновником (DEF). Не слід переводити перемикач акумуляторної батареї у положення ВИМКНЕНО, доки індикатор не згасне.

7.2. Електричні несправності електрообладнання і методи їх пошуку

7.2.1. Причини несправностей електрообладнання

Опис причин несправностей електрообладнання тракторів в експлуатації ускладнюється через їх оснащення різними електричними й електронними системами керування. Тому при розробці методів технічного обслуговування слід звертатися до інструкції з експлуатації трактора, які постачаються виробниками трактора.

До найбільш уразливих елементів в електрообладнанні вітчизняних тракторів належить електромережа. Обрив проводів і наконечників, пошкодження ізоляції, що призводить до короткого замикання в мережі – все це є наслідком механічних і теплових впливів, недопустимого натягу та скручування проводів, тертя їх об металеві частини трактора. Бувають випадки відмови в роботі акумуляторних батарей, стартерів, генераторів і реле-регуляторів.

Основна кількість несправностей припадає на акумуляторну батарею і генератор з реле-регулятором – порушення контактів внаслідок обриву електричних кіл, ослаблення їх кріплень, окислення контактуючих поверхонь, перегорання запобіжників, замикання кіл через пошкодження ізоляції, а також вихід з ладу окремих елементів: лампочок освітлювальних приладів, датчиків контрольно-вимірювальних приладів, реле тощо.

90% несправностей електрообладнання виникають з таких причин:

- вихід з ладу кінцевого споживача (лампа, сигнал, тягове реле і т. п.);
- відсутність контакту там, де він потрібен (відсутність «маси» приладу, корозія контактів кола живлення, обрив проводу);
- наявність контакту там, де його не повинно бути (коротке замикання на масу, про що найчастіше сигналізує запобіжник, що перегорів);
- окислення, яке супроводжується зниженням напруги й інтенсивним нагріванням порушених контактів;
- підгорання контактів у тяговому реле стартера;
- вихід з ладу контактів перемикачів.

Найчастіше відмови електрообладнання пояснюються найпростішими причинами такими, як пошкодження корозією або ослаблення кріплення клемних з'єднань, вихід з ладу запобіжника або топкої вставки, відмова реле і т. п. Перш ніж почати пошук внутрішніх несправностей компонента, що відмовив уважно перевіряють стан усіх, які мають відношення до його функціонування запобіжників, рознімачів і з'єднувальних проводів.

Для визначення переліку вузлів і клемних з'єднань, що підлягають перевірці, вивчають відповідні схеми електричних з'єднань.

До переліку діагностичного обладнання, необхідного при пошуку відмов електрообладнання, слід віднести універсальні вимірювачі кіл: мультиметр, омметр, вольтметр; для деяких перевірок також підійде 12-вольтна лампа з комплектом з'єднувальних проводів, лампа-пробник з індивідуальним джерелом живлення, омметр, джерело живлення з комплектом з'єднувальних проводів, а також набір проводів-перемичок, обладнаних різного типу з'єднувальними клемми і, бажано, вбудованим переривачем кола, або запобіжником (для шунтування підозрілих ділянок кола або електричних компонентів). Перш ніж починати застосування діагностичного обладнання, необхідно уважно вивчити схему електричних з'єднань компонентів відповідного контуру.

Для пошуку причини відмови, що має нестабільний характер (порушення такого роду звичайно виявляються пов'язаними з окисленням контактних клем або ослабленням кріплення клемних з'єднань електропроводки), може бути виконана найпростіша перевірка мережі, яку виконують шляхом посмикування різних ділянок електропроводки відповідного контуру, в результаті чого локалізується дефектний відрізок мережі. Дану перевірку можна виконувати разом з будь-якою з перевірок.

Окрім несправностей, пов'язаних з порушенням якості електричних з'єднань, до числа найімовірніших та, що часто відбуваються, відмов електричних контурів слід віднести обриви та короткі замикання в мережі.

Обрив мережі звичайно відбувається через механічне пошкодження струмопровідних жил або через від'єднання контактних клем, що призводить до розмикання електричного контуру і припинення циркуляції в ньому електричного струму. В результаті обриву мережі її робочий компонент припиняє функціонувати, однак відповідні запобіжники (топкі вставки) не виходять з ладу. Коротким замиканням називається непередбачене конструкцією мережі замикання її електропроводки. При цьому струм починає циркулювати найко-

ротшим шляхом, звичайно виходячи на масу. Короткі замикання найчастіше за все виявляються пов'язаними з порушенням цілісності ізоляції електропроводки та обов'язково призводять до виходу з ладу відповідних запобіжників або топких вставок.

У першу чергу при несправностях електрообладнання необхідно уважно перевірити стан контактів на клеммах акумулятора. Поганий контакт у цьому місці часто призводить до появи якої-небудь несправності через слабкий контакт клем на акумуляторі (особливо у дизельних двигунів).

Найчастіше виходять з ладу (перегорають) запобіжники габаритних вогнів, якщо лампочки габаритів висять на проводі.

Основна кількість несправностей припадає на акумуляторну батарею і генератор з реле-регулятором – порушення контактів внаслідок обриву електричних кіл, ослаблення їх кріплень, окислення контактуючих поверхонь, перегорання запобіжників, замикання кіл через пошкодження ізоляції, а також; вихід з ладу окремих елементів: лампочок освітлювальних приладів, датчиків контрольно-вимірювальних приладів, реле і т. п.

До оціночних показників технічного стану приладів електрообладнання належать: рівень і щільність електроліту; ступінь зарядженості та стан контактних виводів акумуляторних батарей; величина струму та напруги при роботі генератора; струм спрацювання реле захисту; струм, який споживає стартер у момент замикання контактів електромагнітного реле.

7.2.2. Типові несправності електрообладнання і методи їх усунення

1. У разі відсутності напруги в бортовій електромережі після увімкнення вимикача маси необхідно перевірити:

- контакти в місці підключення проводів до елементів АКБ;
- справність запобіжника F1, встановленого під капотом трактора на двигуні;
- справність кола, що веде від АКБ до запобіжника.

2. У разі відсутності зарядки після запуску дизеля необхідно:

- перевірити стан ременя приводу генератора і регулювання напруги;
- перевірити справність запобіжника F1;
- за допомогою показчика напруги перевірити величину регульованої напруги генератора, яка повинна дорівнювати 13,2-14,1 В у положенні «Літо» гвинта посезонного регулювання або 14,2-15,2 В у положенні «Зима»;
- перевірити надійність контактів у колі, що веде від генератора до показчика напруги. Перевірку слід проводити при номінальних обертах дизеля й увімкнених робочих фарах.

3. При систематичному недозаряджанні акумуляторної батареї необхідно перевірити:

- величину регульованої напруги і, якщо вона нижче допустимого рівня, встановити гвинт посезонного регулювання генератора в положення «Зима» або замінити ІРН (інтегральний регулятор напруги);

- технічний стан АКБ;
- надійність контактів клем проводів, що ведуть від генератора до АКБ, виключивши можливість опору через слабкий контакт або окислення.

4. Тягове реле вмикається й відразу вимикається (несправність проявляється у стукові, що часто повторюється).

Причини:

- значна розрядженість АКБ, значний ступінь її сульфитації або коротке замикання в АКБ;
- підвищений опір кола живлення електростартера;
- обрив або поганий контакт утримуючої обмотки тягового реле з живильним проводом або з «масою»;
- неправильне регулювання додаткового реле стартера.

5. Стартер. Незадовільне функціонування стартера при несправній акумуляторній батареї спостерігається при заоливленні колектора і щіток, розрегулюванні реле вмикання, короткого замикання в обмотках стартера, відсутності контакту стартера з масою. Розрив у колі живлення – причина втрати роботоздатності будь-якого споживача струму.

Основні причини несправності вузлів та агрегатів системи пуску.

5.1. Стартер і тягове реле не вмикаються:

- несправність (значна сульфитація, коротке замикання пластин) або значна розрядженість АКБ;
- порушення контактів у з'єднаннях, обрив проводів у колах електропостачання і керування стартером;
- окислення полюсних виводів АКБ і наконечників проводів;
- порушення в роботі додаткового реле стартера, в замку вимкнення стартера або у вимикачі «маси»;
- несправності тягового реле стартера (обрив обмоток, міжвиткове замикання у втягувальній обмотці або замикання її на «масу», заїдання контактної диска, заїдання якоря тягового реле і т. д.).

5.2. Тягове реле вмикається, але якір стартера не обертається або обертається дуже повільно:

- значна розрядженість АКБ;
- окислення або ослаблення контактів у колі АКБ-стартер (тягове реле стартера);
- порушення в роботі контактної системи тягового реле;
- порушення контакту в рознімних з'єднаннях всередині стартера;
- значне окислення або забруднення колектора електродвигуна, підгорання колектора;
- значна спрацьованість щіток;
- зависання щіток у щіткотримачах;
- замикання на «масу» ізольованого щіткотримача;
- ослаблення пружин щіткотримачів;
- замикання на «масу» або міжвиткове замикання обмоток, збурення або якоря стартера;
- заклинювання якоря.

5.3. Електродвигун стартера вмикається, але колінчастий вал не обертається:

- пробуксовка муфти вільного ходу механізму приводу;
- туге (утруднене) переміщення механізму приводу по гвинтовим шліцам вала якоря;
- поломка важеля механізму приводу;
- поломка повідкової муфти або буферної пружини.

5.4. Стартер розвиває низькі пускові оберти.

Необхідно:

а) усунути можливе ослаблення кріплення або окислення клем силового кола:

- на акумуляторних батареях;
- на вимкненні «маси», в тому числі на гвинтах кріплення вимикача;
- на перемичці «маси» між кабіною, і корпусом трактора;
- на клеммах стартера та його кріпленні;

б) перевірити ступінь зарядженості акумуляторних батарей.

5.5. Тягове реле стартера спрацьовує (чутний стукіт його вмикання), однак дизель стартером не обертається. При цьому контрольна лампа на панелі приладів трактора функціонує нормально або притухає.

Необхідно:

- перевірити й, у разі необхідності, зачистити контакти тягового реле стартера, а також відрегулювати механізм приводу;
- перевірити стан щітково-колекторного вузла стартера.

5.6. Електростартер вмикається, але шестірня приводу не входить в зачеплення з вінцем маховика:

- ослаблення буферної пружини;
- наявність забоїв на зубцях шестірні приводу і вінця маховика;
- заїдання шестірні приводу на валу.

5.7. Електростартер після пуску не відключається:

- заїдання в замку вмикання стартера;
- заїдання механізму приводу на валу якоря;
- спікання контактів тягового реле;
- несправність реле блокування;
- перекіс у кріпленні стартера до картера маховика (муфти зчеплення).

5.8. Підвищений рівень шуму при обертанні якоря стартера:

- ослаблення кріплення електростартера;
- пошкодження зубців шестірні приводу або вінця маховика;
- велика спрацьованість втулок підшипників або шийок вала якоря;
- перекіс стартера при установці на двигун;
- зачіпання якоря за полюсне осердя обмотки збурення (затягнути і застопорити гвинти кріплення полюсного осердя).

7.2.3. Несправності вбудованих контрольно-вимірювальних засобів і їх компонентів

Основними причинами несправного стану магнітоелектричних показчиків є обриви кіл котушок у результаті перегрівання струмом при підвищеній напрузі в бортовій мережі або короткого замикання датчика чи проводів підключення. Причинами несправностей датчиків можуть бути: порушення режимів їх експлуатації (підвищення температури, тиску); спрацьованість елементів, що труться, (повзунки, котушки реостата); окислення контактів; порушення герметичності та руйнування діафрагми; втрата властивостей пружних елементів у результаті пластичної деформації або температурної деструктуризації (термобіметалеві пластини).

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 несправність самого приладу, датчика або про обрив проводу між ними. Для визначення місця несправності від'єднують провід від датчика і торкаються цим проводом «маси» трактора. Стрілка справного показчика повинна відхилитися від відмітки максимального значення параметра. Інакше можливий або обрив проводу, або несправність самого приладу. Уточнюють місце обриву за допомогою вольтметра, під'єднуючи його «плюсовим» кінцем до виводу показчика, а іншим – до «маси» трактора. Якщо вольтметр не показує напруги, то несправний показчик, інакше слід шукати обрив у проводі. 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.

Правильність показань контрольно-вимірювальних приладів трактора перевіряють шляхом під'єднання до них контрольних приладів і датчиків. При перевірці падіння напруги треба увімкнути дальнє світло фар і виміряти напругу між затискачем вмикача стартера, до якого приєднаний 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 тракторів різниця цих напруг не повинна перевищувати 0,6 В. Інакше необхідно перевірити чистоту і щільність з'єднань у колі, відсутність окислення в патронах і контактах перемикачів.

Для перевірки бортових контрольно-вимірювальних приладів використовують переносні прилади, які дають можливість без знімання з трактора контролювати 12- і 24-вольтові датчики, а також показчики температури, тиску й рівня пального різних систем (електротеплові, електромагнітні та логометричні). Для перевірки датчиків та аварійних сигналізаторів тиску в приладі є повітряна система з поршневым насосом і контрольним манометром. Для переві-

ки датчиків рівня пального призначений спеціальний кутомір, що фіксує кут нахилу важеля з поплавком.

Контрольно-вимірювальні прилади трактора перевіряють у разі наявності ознак їх несправності та при технічному обслуговуванні. Технічний стан датчиків температури охолоджувальної рідини, тиску оливи, рівня пального, амперметра панелі приладів контролюють під час проведення кожного четвертого ТО-2. Для цього їх знімають з трактора і випробовують на спеціальних приладах і стендах.

За діагностичні параметри при перевірках роботоздатності приладів системи контрольно-вимірювальних приладів на борту трактора приймаються положення стрілок покажчиків і реакція ламп сигналізаторів на панелі приладів. Для встановлення діагнозу та локалізації несправності використовують найпростіші діагностичні засоби. Калібрування покажчиків і тарування датчиків системи вимагають використання спеціальних діагностичних приладів – тестерів, осцилографів, мультиметрів.

У тракторах зарубіжного виробництва часто виникають такі несправності:

- немає світла фар. Перегоріли лампочки, запобіжники, знялись або окислились рознімачі на фарах; якщо трактор був у ДТП, то можливі обриви всередині проводів у місці удару (зовні проводи виглядають цілими);

- немає габаритних вогнів. Перегоріли лампочки, у разі несправної генераторної установки або поганого контакту на акумуляторній батареї можуть перегоріти навіть усі; перегорів запобіжник у салоні; окислився або підгорів вимикач стоянкових вогнів; внутрішні обриви проводів у битих машин;

- немає поворотів. Якщо «аварійка» теж не працює, то, перевіривши лампочки, необхідно зняти та відремонтувати реле поворотів. Причиною перегорання реле поворотів завжди є перенавантаження в колах. Це значить, що або машина була в ДТП і дець є коротке замикання, або в сигнальних ліхтарях використані не ті лампочки. Іноді несправностями є перемикачі поворотів, які слід замінити або зняти, розібрати та полагодити.

7.2.4. Несправності акумуляторних батарей

Акумуляторна батарея. До несправностей акумуляторних батарей відносяться сульфатація, коротке замикання пластин; прискорений саморозряд батареї (більше 3% за добу), причиною якого є сторонні домішки в електроліті; тріщини та пробоїни в моноблоці. Ознаки сульфатації пластин – зниження ємності акумулятора, швидке закипання електроліту під час заряджання та прискорене розряджання при користуванні стартером. Коротке замикання пластин характеризується зменшенням густини електроліту та різким пониженням напруги до нуля при випробуванні навантажувальною вилкою, а також слабким підвищенням густини електроліту при заряджанні акумуляторних батарей.

Роботоздатність акумуляторної батареї у значній мірі залежить від справності зарядного кола. Несправність зарядного кола проявляється як відсутність або невелике значення зарядного струму. Причинами можуть бути пробуксовка ременя приводу генератора, несправність самого генератора (обрив обмоток, коротке замикання), розрегулювання реле-регулятора. У цьому разі акумуляторна батарея недозаряджається. Систематичне недозарядження акумуляторної батареї відбувається також у разі великого перехідного опору у з'єднанні батареї з наконечниками через окислення контактних поверхонь і недостатнього затягнення наконечників. Перезарядка справної батареї може відбуватися у разі неправильного регулювання регулятора напруги, відсутності контакту реле-регулятора з масою трактора.

Вихідними діагностичними параметрами, що характеризують стан системи бортового електроживлення, є регульований рівень напруги U_{PH} і величина пульсацій ΔU_{PH} . Величину першого параметра вимірюють вольтметром, другого – осцилографом. Для електромеханічної системи керування допустимі відхилення цих параметрів від номінальних значень складають $U_{PH} \pm 3\%$, $\Delta U_{PH} \leq 5\%$. Відхилення значень указаних параметрів вище за допустимі призводить до значного зниження терміну служби, порушення режимів роботи системи. Несправності, що виникають у системі, характеризуються переліком ознак, які відповідають цим несправностям.

1. Не працюють усі споживачі: не горять лампи освітлення, не функціонує звуковий сигнал, стартер не вмикається, стрілка амперметра не відхиляється у бік розряду після пуску двигуна.

Причини несправностей і способи їх виявлення:

- розряджена або несправна АКБ. Перевірку роботоздатності виконують за допомогою найпростіших приладів (пробник, вольтметр);

- порушення мережі живлення через окислення або слабе кріплення виводів АКБ, амперметра, тягового реле стартера, вимикача маси або їх несправності. Пошук місця обриву виконують послідовним вимірюванням напруги в мережі згідно зі схемою системи бортового електроживлення або перемиканням окремих її ділянок.

2. Усі споживачі працюють з недостатньою потужністю, якщо двигун не працює (стартер обертає повільно, лампи горять тьмяно, сигнал звучить слабо).

Причини несправності та способи їх 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 мережі живлення. Місце порушення контактів визначають шунтуванням виводів за допомогою перемички або за падінням напруги на окремих ділянках мережі живлення. Падіння напруги на кожному механічному з'єднанні провідників не повинне перевищувати 0,1 В і складати не більше, ніж 4% від номінальної напруги в цілому на всіх проводах послідовного підключення ділянок мережі живлення.

3. АКБ не заряджається під час роботи двигуна, на будь-якій частоті обертання амперметр показує розрядний струм.

Причини несправності та способи їх виявлення:

- обрив або слабкий натяг ременя приводу генератора. Визначається зовнішнім оглядом і вимірюванням прогину ременя під навантаженням у відповідності з нормативним значенням;

- обрив мережі «генератор-АКБ». Місце обриву визначають за допомогою вольтметра або пробника з непрацюючим двигуном шляхом перевірки напруги АКБ на ділянках мережі, яку перевіряють;

- обрив мережі збурення генератора. Пробник або вольтметр підключають до вивода «Ш» генератора і включають запалювання. Якщо напруга на обмотці збурення відсутня – мережа її підключення обірвана;

- несправний регулятор напруги (РН) або генератор. Для локалізації несправності відключають РН від генератора, запускають двигун, короткочасно замикають клеми «Я» і «Ш» генератора між собою. якщо амперметр на панелі приладів показує зарядний струм – несправний регулятор. Якщо навпаки – несправний генератор.

4. АКБ недозаряджається, 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 їх виявлення:

- пробуксовка ременя генератора. Перевіряють візуально, збільшують натяг, знежирюють шків, замінюють ремінь;

- не відрегульований РН. Вимірюють значення напруги бортової мережі на середніх обертах при увімкнених фарах і порівнюють покази вольтметра з регламентованими значеннями;

- замазлювання контактних кілець або нещільне прилягання щіток в генераторі. Діагноз підтверджується зовнішнім оглядом у разі часткового розбирання генератора;

- порушення контакту в мережі зарядки АКБ при вібраціях двигуна. Пошук місця порушення здійснюють візуально.

5. АКБ надмірно заряджається: у разі тривалої роботи двигуна та різного навантаження бортової мережі амперметр постійно показує зарядний струм, стрілка амперметра не встановлюється в 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 їх 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 в широкому діапазоні зміна частоти обертання, – не відрегульований РН. Якщо напруга борту зростає пропорційно зростанню обертів, – необхідно відключити РН від генератора (розімкнути вивід «Ш»). Різке зниження напруги при цьому вказує на неспра-

вність РН. Якщо така реакція відсутня, це свідчить про замикання клем «Я» і «Ш» генератора;

- окислення контактів. Для підтвердження цього діагнозу вимірюють падіння напруги. Воно не повинне перевищувати 0,1 В при відключених споживачах, що не забезпечують роботу двигуна.

7.3. Типові моделі несправностей електронних і мехатронних систем

Несправність є моделлю, яка представляє ефект фізичного дефекту на логічному або функціональному рівні. Кілька різних дефектів можуть представлятися однією й тією самою несправністю (є відношення «багато до одного»). З іншого боку, одному фізичному дефекту інколи може відповідати кілька несправностей (відношення «один до багатьох»). Несправність звичайно має більш чітку трактовку, ніж фізичний дефект. Будучи моделлю, несправність не завжди точно відповідає фізичному дефекту, але використовувані моделі – несправності, як правило, корисні (ефективні) при виявленні дефектів. Класичним прикладом є одиночні константні несправності, хоча очевидно, що ця модель не точно описує всі фізичні дефекти. Але тести, побудовані для цих несправностей, виявляються ефективними і для інших типів несправностей. Однак, як і будь-яка модель, константні несправності не описують усіх можливих дефектів. Особливо це стосується сучасної МОП-технології. Тому розроблені інші моделі – несправності (зокрема, типу транзистор «постійно відкритий або закритий»), які більш адекватно відображають фізичні дефекти цієї технології. У табл. 7.1 представлені найбільш розповсюджені типові моделі несправності.

Таблиця 7.1

Типові моделі несправності

Моделі несправності	Опис
Одиночні константні несправності	Одна лінія схеми приймає постійне значення 0 або 1
Кратні константні несправності	Дві або більше ліній схеми мають постійні значення сигналів
Мостикові несправності	Дві або більше ліній схеми, значення сигналів на яких не залежать одна від одної у справній схемі, стають електрично пов'язаними в несправній
Несправності «стійке замикання транзистора»	У КМОП-логіці транзистор знаходиться постійно у замкнутому (провідному) стані
Несправності транзистора «стійкий обрив транзистора»	У КМОП-логіці транзистор знаходиться постійно у розімкнутому (не провідному) стані. При цьому звичайно він відключений або від живлення, або від землі та поводить себе при цьому як елемент пам'яті
Несправності «затримка»	Причиною є затримка розповсюдження сигналів в одному або більше шляхах схеми

Моделі несправності	Опис
Переміжні несправності	Причиною є погіршення внутрішніх параметрів схеми. Неправильні сигнали виникають при деяких, але не всіх станах схеми. Погіршення параметрів прогресує доти, доки не проявиться як постійна несправність
Нестійкі несправності	Неправильні значення сигналів спричиняють «наводки». Наводка може бути ємнісною через шини живлення або індуктивною
Дефектно орієнтовані несправності	Несправності електричного або логічного рівня, причиною яких є дефекти на фізичному рівні
Функціональні несправності	Виникають тоді, коли цифрові системи описуються на функціональному рівні за допомогою мов опису апаратури і представляються також мовними засобами. Повнота тестів також оцінюється на функціональному рівні (покриття шляхів, розгалужень і т. п.)
Нетестовані несправності	Несправності, для яких не може бути побудований тест. Серед них: <ul style="list-style-type: none"> - надлишкові несправності, присутність яких не змінює поведінку схеми; - несправності, які призводять до неправильної поведінки схеми, але тести для них не можуть бути побудовані даними методами. До них належать, наприклад, несправності, що перешкоджають ініціалізації послідовних схем

Слід відмітити, що моделі несправності тісно пов'язані з моделями цифрових систем. Очевидно, що моделям схем різних рівнів абстракції відповідають моделі несправностей різних рівнів.

Замикання. Несправності типу замикання відбуваються тоді, коли відбувається з'єднання двох або більше ліній схем і утворюється «провідна логіка» у місці електричного зв'язку, що виник. Кратні замикання (з'єднання більше двох ліній) виникають звичайно на зовнішніх входах інтегральних схем.

Транзисторні несправності (стійкий обрив і замикання транзистора). Найрозповсюдженішими є такі види відмов у технології «метал-окисел-провідник»:

- обрив і замикання транзисторів;
- обриви між стоком, витоком і затвором;
- короткі замикання: витік-стік, затвор-стік, затвор-витік.

Дефекти короткого замикання звичайно виникають через пробій оксиду. Такі несправності називаються «резистивними замиканнями».

Несправності типу «затримка». Ситуації, коли схема структурно і логічно коректна, але час розповсюдження сигналу деякими її шляхами перевищує допустимі для правильного функціонування значення. Такі несправності розповсюдження сигналу не можуть бути виявлені на низькій частоті роботи схеми, але виявляються на високих текстових робочих частотах. З цією метою використовуються дві основні моделі: затримки вентиля, затримки шляху.

7.4. Форми проявлення несправностей мехатронних і електронних систем

Під дефектами, несправностями і помилками систем на стадії виготовлення й експлуатації розуміють:

– **дефект** в електронній системі – ненавмисна відмінність між проєктованим і реалізованим обладнанням;

– **помилка** – неправильний вихідний сигнал, який видає система, що містить дефект. Це дефект який характеризується незначною зміною заданих характеристик системи, несуттєво впливає на її функціонування, що відбувається внаслідок спотворення або неправильного зчитування електронних сигналів;

– **несправність** – це представлення дефекту на функціональному рівні.

Несправностями електричних та електронних елементів є такі:

– **обрив кола**, що характеризується розривом електричного зв'язку з джерелом електричної енергії (або між елементами електричного кола). Обрив кола відбувається в результаті відпаювання, від'єднання або обгорання контакту, обриву проводу і т. п.;

– **замикання** – характеризується миттєвим зниженням активного і реактивного опору кіл нижче за критичні значення при зіткненні протилежних за полярністю проводів, унаслідок чого утворюється рух потоку електронів у місці зіткнення елементів кола. Замикання відбувається в результаті зіткнення оголених проводів, у тому числі при пошкодженні ізоляції тощо;

– **поганий контакт з'єднаних** проводів характеризується значним підвищенням (або нестабільністю) опору проходженню потоку електронів і (або) частковому або тимчасовому його припиненню у з'єднанні рухомих або нерухомих контактів. Поганий контакт є наслідком порушення правил складання (з'єднання проводів), ослаблення кріплення контактів, окислення контактів і т. п.;

– **пробій** – це порушення робочих характеристик таких елементів електричного кола, як діод, транзистор, мікросхема, котушка (тепловий пробій) і т. п. Пробій характеризується порушенням ізоляції елементів кіл або несанкціонованим проходженням струму в напівпровідниках.

В електричній частині складових одиниць бувають такі форми прояву дефектів:

– **збій** – характеризується значним порушенням початкового налаштування системи внаслідок порушення послідовності надходження або пропуску електронних сигналів;

– **вимкнення системи** – повне спонтанне або примусове припинення її функціонування в результаті відмови електричної частини або відмови елементів електричної частини системи, які впливають на її роботоздатність;

– **аварія** – характеристика критичного стану електронної частини складової одиниці, при якій мають місце відмови одного або кількох елементів, виконання функції яких в системі зарезервоване, тому вона тимчасово може функціонувати, але для полегшення повного функціонування системи потрібне термінове усунення відмов її елементів.

Для технічних систем, які містять в контурі управління ЕОМ, особливо неприємні відмови типу збій. **Збій** – це відмова, яка самоусувається, призводить до короткочасного порушення роботоздатності. Збій може призвести до спотворення і повної втрати інформації, яка міститься в ЕОМ, і тоді самовідновлення апаратури після збою вже не приведе до відновлення роботоздатності системи.

Ті несправності, які визначаються на структурній моделі системи, називаються структурними несправностями. Їх ефект, як правило, зводиться до зміни з'єднань компонентів. Функціональні несправності визначаються на функціональній моделі системи. Наприклад, ефект функціональної несправності може проявлятися у зміні функції, яку реалізує компонент системи або оператор мови опису апаратури.

Типовими несправностями з'єднань компонентів системи є обрив і замикання. Обрив відповідає порушенню з'єднання компонентів схеми. Причиною порушення з'єднання може бути брак або відсутність провідного матеріалу, наприклад, у металевому провіднику. З іншого боку, відсутність з'єднання може виникнути внаслідок наявності зайвих часток діелектрика, наприклад, між провідними шарами. Замикання утворюється в результаті з'єднання ліній схеми, які у справній системі ізольовані одна від одної. Його причиною може бути наявність зайвих провідних часток між провідниками, пробоем оксиду в МОП-структурах, який утворює з'єднання з деяким невеликим, але необов'язковим нульовим опором і т. п.

Тимчасові несправності. При таких несправностях тимчасово з'являються неправильні сигнали в схемі. Це відбувається у різних цифрових елементах, але найчастіше в мікросхемах пам'яті та мікропроцесорах. Серед цих несправностей розрізняють «короткочасні збої». Вони відбуваються, коли сигнали міняють своє значення внаслідок, наприклад, «шумів». Такі несправності важко виявити й виправити. При цьому важливо мінімізувати шуми та підвищити перешкодозахищеність схеми. Подібні несправності, можуть бути внаслідок, наприклад, флуктуацій напруги, метастабільності тригерів або космічних випромінювань.

Спонтанні відмови можуть виникнути внаслідок кодозалежної несправності в мікросхемах пам'яті та мікропроцесорах.

Функціональні несправності змінних даних і управління. У найпростішому варіанті модель константної несправності розповсюджується на змінні операторів мови регістрових передач. При цьому розуміють постійні значення окремих змінних. Несправності «даних», як правило, пов'язують з пам'яттю або регістрами. Несправності «керування» пов'язані зі змінними, що описують, наприклад, умови виконання деякої операції.

Помилки (несправності) тексту програм (Hardware Description Languages – HDL). Проста помилка тексту програми HDL відповідає мірі покриття операторів при тестуванні програмного забезпечення, яка має обмежену точність, оскільки не враховує прояви помилки на зовнішніх виходах пристрою. «Аналіз мутації» відповідає помилці тексту програми для тестування програмного забезпечення. При цьому «мутант» представляє версію функціонального

опису, який відрізняється від оригіналу на одну потенційну помилку. В цьому випадку оператор мутації визначається функцією, яка застосовується до оригіналу для генерації «мутанта». Типовим прикладом оператора мутації є заміна одній арифметичній операції на іншу.

Функціональні несправності мікропроцесорів. Згідно з основними функціями мікропроцесорів можна розглядати такі моделі функціональних несправностей:

1. Модель несправності функції дешифрування адрес регістрів.
2. Модель несправності функцій зберігання даних. Припускається, що будь-який розряд регістра може мати константні несправності 0, 1.
3. Модель несправності функцій передачі даних. При цьому будь-яка кількість ліній може мати константні несправності 0, 1 і будь-яка пара ліній може замкнутися (сигнали на цих лініях набувають однакових значень).
4. Модель несправності дешифрування інструкцій і функцій керування послідовністю операцій. При цьому припускається, що може відбутися одна або кілька таких подій:
 - одна або кілька мікроінструкцій в команді не виконуються;
 - додатково виконуються мікроінструкції, які не повинні бути в даній команді;
 - додатково виконуються мікроінструкції, яких немає в послідовності даної команди.

Контактна несправність однаково діє тільки на з'єднання між вентилями, при цьому логічні елементи функціонують правильно. Кожна лінія схеми може мати два типи цих несправностей: контакт 0 і контакт 1. Отже, контактна несправність фіксує на даній лінії постійне значення сигналу 0 або 1, незалежно від значення сигналу, що подається на нього. Часто такі несправності моделюють замикання лінії схеми на «землю» або джерело живлення.

Перш ніж приступити до пошуку несправностей в електричному або електронному колі, необхідно ознайомитися з цим колом: для чого воно призначене, з яких компонентів і з'єднувачів складається, де розташоване в тракторі, як працює. Діагност повинен знатися на роботі послідовних і паралельних кіл і знати зв'язок між напругою, опором і силою струму.

Не слід експериментувати з електронними колами, навімання з'єднувати і роз'єднувати проводи. Напруга живлення всіх кіл має бути правильною. Електронні кола працюють від дуже низької напруги, звичайно від 0 до 5 В або від 0 до 8 В і споживають дуже невеликі струми, порядку міліамперів. Подача в електронне коло напруги 12 В часто виводить його з ладу.

При діагностуванні електричних кіл необхідно спочатку визначити тип несправності. Є три стани, які можуть привести до збоїв у роботі кіл:

- обрив у колі;
- коротке замикання в колі;
- високий опір.

Розімкнене коло – це коло, в якому є обрив, поганий електричний контакт, зроблений навмисно (перемикачем) або ненавмисно (погане з'єднання або обірваний провід).

Якщо є повне роз'єднання кола, воно ідентифікується як розімкнене. При цьому шлях струму від джерела живлення і назад, до іншого полюса джерела (акумуляторної батареї), не є замкнутим. Причинами розриву кіл можуть бути такі:

- перемикачі, що перегоріли;
- обриви проводів, особливо поблизу штекерів і з'єднувачів;
- внутрішні обриви компонентів, наприклад, в перемикачах і лампах розжарювання;
- надмірно високий опір, який часто має ті ж ознаки, що й обриви. Це часто буває через поганий контакт або пошкодження корозією.

Високий електричний опір – такий стан кола, коли є дуже велика перешкода для протікання електричного струму або деяка частина кола має опір вищий нормального. Високий опір може виникнути через корозію, погане з'єднання, несправність проводів або контактів, неправильну контактну площу виводів, з'єднувачів або штекерів. Високий опір завжди виникає між компонентами кола.

Високий опір створює небажану перешкоду в електричному колі, що призводить до небажаного падіння напруги або недостатньої потужності в колі корисного навантаження. Лампи при цьому можуть горіти тьмяно, вали двигунів можуть обертатися повільніше і т. п. Занадто високий опір часто має такі ж симптоми, що й обрив у колі, тобто потрібні пристрої можуть не працювати. Слабкий або пошкоджений корозією контакт у місці з'єднання з «масою» є однією з найбільш поширених несправностей, оскільки цей контакт у нормі повинен мати майже нульовий опір.

Опір може виражатися в одиницях «падіння напруги». У багатьох електричних колах майже вся напруга живлення повинна додаватися до навантаження. Якщо напруга акумуляторної батареї 12,5 В, це означає, що всі 12,5 В використовуються в колі. Було б ідеально, якби вся ця напруга була прикладена до кола навантаження, але так ніколи не буває, оскільки частина напруги падає на опір з'єднань, поки струм доходить до навантаження. Цей опір звичайно складається з опору штекерів, контактів перемикачів і внутрішнього опору проводів. Частина напруги втрачається, замість того, щоб витратитися в корисному навантаженні. У будь-якому разі падіння напруги є результатом дії опору або навантаження.

Якщо електричний опір кола перевищує норму, на шляху до навантаження втрачається значна частина напруги. Пристрій, що працює при зменшеній напрузі, може давати збої.

Короткозамкнене коло – це коло, в якому утворився такий шлях проходження струму, якого не повинно бути. Короткозамкнене коло може бути наслідком замикання проводу на «масу» або проводу на провід. Коротке замикання кіл не обов'язково призводить до перегорання запобіжника або появи запаху горілого – все залежить від того, в якому місці замкнуте коло. За наявними ознаками іноді можна легко відшукати місце замикання. Три основні випадки замикання проводів на «масу» і результати цих замикань:

- при замиканні навантаження на джерело живлення може перегоріти за-

побіжник. Якщо в колі немає запобіжника, підвідний провід перегрівається, ізоляція починає плавитися й диміти;

– якщо є замикання навантаження на «масу», навантаження може бути постійно увімкнене;

– при замиканні на «масу» працюючих компонентів, часто стан оцінюється як «відсутність несправностей».

Фізичні дефекти залежать від технології виготовлення і матеріалу підкладки інтегральних схем. Типовими дефектами інтегральних схем (ІС) є:

– дефекти виробництва ІС – пропущені при металізації контактні вікна або ділянки оксиду, паразитні транзистори, пробій оксиду (у МОП-структурах) і т. п.;

– дефекти матеріалів – об’ємні дефекти (тріщини, недосконалість кристала), забруднення поверхні, наколювання або вкраплення оксиду, похибки травлення і т. п.;

– дефекти (несправності) старіння – пробій діелектриків, електричне перенапруження, нестабільність поверхневого потенціалу, електроміграція і т. п.;

– дефекти упаковки – погіршення контакту, витік у перемичках.

Дефекти виникають у процесі виготовлення або при експлуатації електронних систем. Фізичні дефекти відбуваються внаслідок помилок людини або неправильної роботи технологічного обладнання. Часте повторення одного й того самого дефекту показує на необхідність покращення процесу виробництва або проектування цього пристрою. Вказані дефекти трапляються на етапі виготовлення окремих ІС і суттєво залежать від використовуваної технології. Однією з причин виникнення дефектів є нестабільність умов процесу виготовлення. Вони включають випадкову флуктуацію навколишнього середовища, наприклад, турбулентність потоку газу при дифузії й окисленні; відхилення фізичних і хімічних параметрів матеріалів, наприклад, флуктуація щільності та в’язкості фоторезисторів і домішок у воді й газах.

Оскільки технологічний процес виробництва плат суттєво відрізняється від виготовлення ІС, то на цьому етапі мають місце інші фізичні дефекти. У табл. 7.2 представлені типові фізичні дефекти, які виникають при виготовленні друкованих плат і частота їх виникнення.

Таблиця 7.2

Типові фізичні дефекти, що виникають при виготовленні плат

Тип дефекту	Частота появи
Замикання	51
Обриви	1
Пропущені компоненти	6
Неправильні компоненти	13
Перевернуті компоненти	6
Вигин провідників	8
Неправильні аналогові специфікації	5
Неправильна цифрова логіка	5
Дефекти характеристик	5

Моделі несправностей тісно пов'язані з моделями цифрових систем. Очевидно, що моделям схем різних рівнів абстракції відповідають моделі несправностей різних рівнів.

Дефекти і несправності ІС можуть виявлятися на різних етапах експлуатації («життя»). Відношення інтенсивності відмов до терміну «життя» описується добре відомою кривою, представленою на рис. 7.1. Дефекти, які можуть бути виявлені візуально і шляхом оптичного сканування, виявляються в багатьох ІС протягом 20 тижнів їх експлуатації (період «дитячої



Рис. 7.1. Залежність інтенсивності відмов від часу

смертності»). Наприкінці цього періоду рівень відмов стабілізується на 10-20 років (нормальний час «життя»). Далі настає період старіння. При надмірній експлуатації тут крива носить експоненціальний характер. Для сучасних ІС основним фактором старіння є перегрівання внаслідок високої щільності розміщення транзисторів і використовуваних надвисоких частот.

7.5. Вибір діагностичних параметрів і методів діагностування несправностей

Основними діагностичними параметрами електричних і мехатронних систем є: електричних сигналів – сила струму, значення напруги, частота, шпаруватість та тривалість періодичних сигналів; електричних кіл – опір, ємність, індуктивність; параметрів неелектричних величин – зазори між контактними парами, пружність притискних пружин, густина електроліту, частота обертання.

Методику й алгоритми діагностування електричних і електронних систем трактора розробляють за діагностичною моделлю рис. 7.2.

Визначення номенклатури контрольованих параметрів і стратегії пошуку несправності є одним із найважливіших завдань, що необхідно вирішити при діагностуванні електричних і електронних технічних систем. Очевидно, що введення додаткових контрольованих параметрів приводить, з одного боку, до підвищення достовірності діагностики, а з іншого – до ускладнення алгоритму діагностики, збільшення часу діагностування і т. п. Зменшення кількості контрольованих параметрів приводить до прямо протилежних результатів. Крім того, самі параметри мають різну діагностичну цінність. Звичайно, при цьому необхідно, в першу чергу, вибирати і контролювати параметри з більшою діагностичною цінністю, тобто параметри, які містять більше всього діагностич-

ної інформації. Тому виникає завдання обґрунтованого вибору контрольованих параметрів і стратегії пошуку несправності.

При виборі діагностичних параметрів контролю електрообладнання або його системи беруть до уваги далі описані принципи.



Рис. 7.2. Діагностична модель

Перший принцип полягає в тому, що структурні та вихідні діагностичні параметри об'єкта повинні забезпечувати оцінку його технічного стану без розбирання. А це означає, що діагностичним параметром стають вихідні робочі процеси виробу або системи. До таких діагностичних параметрів можна віднести, наприклад, струм електростартера при повному гальмуванні якоря та інші електричні характеристики.

Другий принцип – це однозначність діагностичного параметра, тобто в процесі експлуатації за певний пробіг трактора або за певну кількість годин роботи двигуна параметр змінюється монотонно, а не стрибкоподібно.

Третій принцип – стабільність діагностичного параметра, що означає знаходження конструктивного параметра виробу всередині заданого точнісного інтервалу його зміни. Прикладом може слугувати вихідна напруга генераторної установки, межі зміни якого визначає регулятор напруги.

Четвертий принцип вибору діагностичного параметра – його чуттєвість, тобто зміна його приросту при зміні конструктивного параметра виробу в процесі витрачання свого ресурсу повинна приймати додатне значення.

П'ятий принцип – інформативність діагностичного параметра. Це комплексна властивість, що об'єднує всі попередні та характеризує зняття невідзначеності при визначенні технічного стану об'єкта діагностування. Вона зводить до мінімуму можливість прийняти фактично несправний за технічним параметром об'єкт діагностування за справний (помилка першого роду) і навпаки (помилка другого роду), використовуючи вибраний діагностичний параметр.

Тому склався певний порядок вибору діагностичного параметра виробів і систем електрообладнання:

- виявляють несправності, відмови і пошкодження, що найчастіше повторюються, за даними підконтрольної експлуатації або за результатами технічної експлуатації;

- аналізують причинно-наслідкові зв'язки нероботоздатних або справних елементів виробу і його вихідних параметрів;

- складають функціональну схему структурно-наслідкових зв'язків по колу: агрегат або складова одиниця – сполучення або елемент – структурний параметр – характер несправності – ознака – діагностичний параметр.

Існують різні підходи до обґрунтування вибору контрольованих параметрів. Основними є такі:

- **метод, що ґрунтується на знаходженні коефіцієнтів впливу**, припускає виявлення зв'язку між контрольованими параметрами і характеристиками діагностованої системи, які визначають її технічний стан. Такий зв'язок у вигляді коефіцієнтів впливу контрольованих параметрів на показники якості системи встановлюється на математичній моделі або шляхом фізичного експерименту на реальній діагностованій, системі. Як інформаційно-діагностичні вибираються ті контрольовані параметри, які мають найбільші коефіцієнти впливу;

- **метод факторного аналізу** дає можливість визначити статистичний зв'язок показників якості діагностованої системи з її контрольованими параметрами. Ті параметри, для яких цей зв'язок має значення, приймаються як інформаційно-діагностичні;

- **метод математичного моделювання** встановлює інформаційно-діагностичні ознаки досліджуваної системи, найбільш чутливі до змін її технічного стану. Математичне моделювання може проводитись як на цифрових, так і на аналогових машинах, а також на цифро-аналогових комплексах. При цьому моделюються різні відмови і режими роботи діагностованої системи;

- **метод експертних оцінок** припускає визначення номенклатури контрольованих параметрів із залученням фахівців у тій предметній області, до якої відноситься діагностована система;

- **оптимальні методи** забезпечують вибір контрольованих параметрів і стратегії пошуку несправності згідно з прийнятим показником оптимальності.

7.6. Класифікація систем контролю і діагностування

На сьогодні автоматичні системи контролю і діагностики виконують широкий спектр завдань. До них у першу чергу відносяться:

- контроль робоздатності досліджуваної системи;
- здійснення реконфігурацій у системі, спрямованих на відновлення її робоздатності;
- прогнозування можливих відмов;
- прогнозування розвитку відмови та її наслідків та ін.

Звичайно, всі перераховані завдання повинні по можливості виконуватися системою діагностики в реальному масштабі часу.

Важливою характеристикою систем діагностування є глибина діагностування. Ця характеристика визначає рівень діагностики, що проводиться, за ієрархією технічної системи. Можна здійснювати діагностування до рівня окремих пристроїв, що утворюють технічну систему, блоків і елементів.

До сьогодні створено велику кількість типів систем технічної діагностики, які шляхом виділення низки суттєвих відмінних ознак можуть бути класифіковані згідно з рис. 7.3.

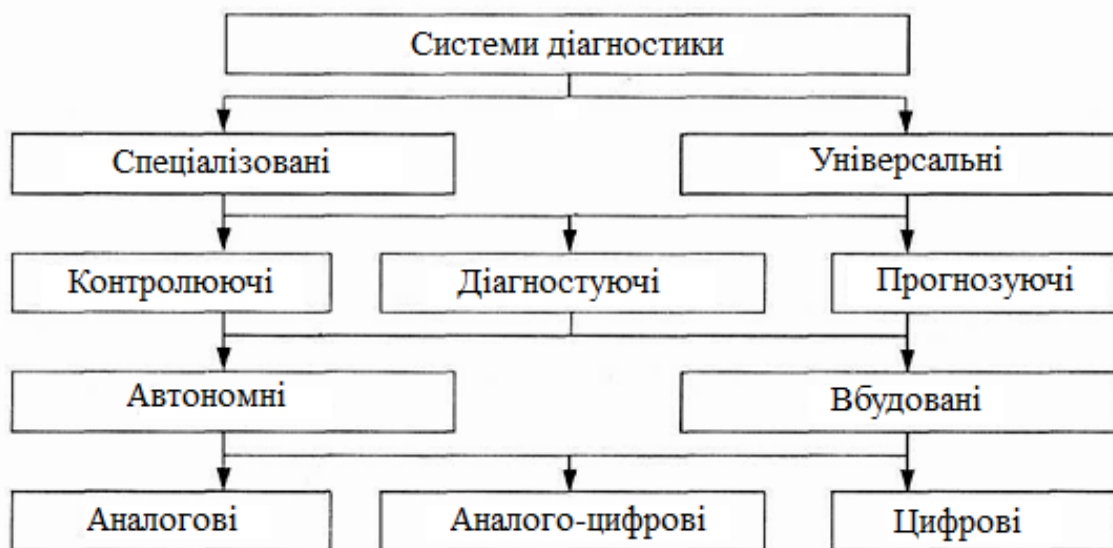


Рис. 7.3. Класифікація систем технічної діагностики

За призначенням системи технічної діагностики можна розділити на спеціалізовані та універсальні. Спеціалізовані системи призначені для діагностики об'єктів одного типу, причому перелік контрольованих параметрів і алгоритмів діагностики жорстко заданий і не може змінюватися. Для реалізації таких систем потрібен мінімум апаратури.

Універсальні системи діагностики припускають можливість оцінювання технічного стану різних об'єктів, контролю великої кількості параметрів і застосування гнучких алгоритмів.

В залежності від завдань, виконуваних системою діагностики, можна виділити контролюючі, діагностуючі та прогнозуючі системи. Мета контролюючих систем полягає в оцінюванні тільки робоздатності об'єкта діагностуван-

ня. Це найпростіший вид завдань, які виконує система діагностики. Для технічних систем, що виконують життєво важливі функції, такий вид діагностики може виявитися кращим, тому що можлива його реалізація в реальному масштабі часу і своєчасне вживання заходів щодо переходу на резервні системи. А пошук несправності при цьому доцільно виконати в стаціонарних умовах.

Діагностуючі системи дають можливість зробити висновок не тільки про роботоздатність об'єкта діагностики, але і вказати пристрій або елемент, що відмовили. Глибина діагностики залежить від ступеня деталізації об'єкта діагностування на окремі пристрої й елементи.

Система прогнозуючої діагностики дає можливість оцінити технічний стан досліджуваного об'єкта у майбутні моменти часу на підставі тенденцій у змінах контрольованих параметрів.

7.7. Методи і засоби діагностування електричних систем

Електричне устаткування трактора є комплексом електромеханічних пристроїв, електричних апаратів, електронних блоків, датчиків та виконавчих пристроїв, поєднаних в електричні системи (електромеханічні, електронні, мікропроцесорні). Таким чином, перелік діагностичних параметрів електрообладнання складається з параметрів електричних сигналів (сила струму, значення напруги, частота, шпаруватість та тривалість періодичних сигналів), електричних кіл (опір, ємність, індуктивність) та параметрів неелектричних величин (зазори між контактними парами, пружність притискних пружин, щільність електроліту, частота обертання).

Діагностичні параметри електричних, мехатронних та електронних пристроїв можна поділити умовно на кілька груп: параметри постійних значень, параметри діючих значень, часові параметри, параметри форми.

Електричні вимірювання здійснюють контактним (гальванічним) або безконтактним способом за допомогою перетворювачів електромагнітної енергії (датчиків електричних величин) та електричних вимірювальних приладів (вольтметрів, амперметрів, частотомірів, осцилографів, омметрів).

Класифікація методів, способів і засобів діагностування електричних, електронних, а також і неелектронних приведена на рис. 7.4.

Для електричних систем, здебільшого, альтернативними ДП є струм споживання, електричний опір кола живлення, напруга на ділянках кола. Для контролю цих параметрів на борту трактора застосовують універсальні вимірювальні прилади.

До приладів оцінки параметрів постійних значень можна віднести вимірювачі електричного опору R (омметри), постійної напруги U (вольтметри) та струму I (амперметри). Омметри використовуються для «холодної» перевірки кіл та дискретних елементів схеми. Вольтметри та амперметри використовують для оцінювання діагностичних параметрів при ввімкнутому об'єкті діагностування («гаряча» перевірка кіл). Діагностичні параметри значень, що діють, до яких належить напруга змінного струму та змінний струм, вимірюють

амперметрами та вольтметрами змінного струму. Функції перелічених вимірювальних приладів найчастіше реалізовані в комбінованих приладах універсального застосування мультиметри або тестери.

Часові параметри електричних сигналів (частота f , тривалість імпульсу t та їх шпаруватість q) дають можливість оцінювати роботу час задавальних, формувальних та релаксаційних кіл і каскадів електронних пристроїв систем керування, вимірюються за 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), вимірюються за допомогою осцилографів.

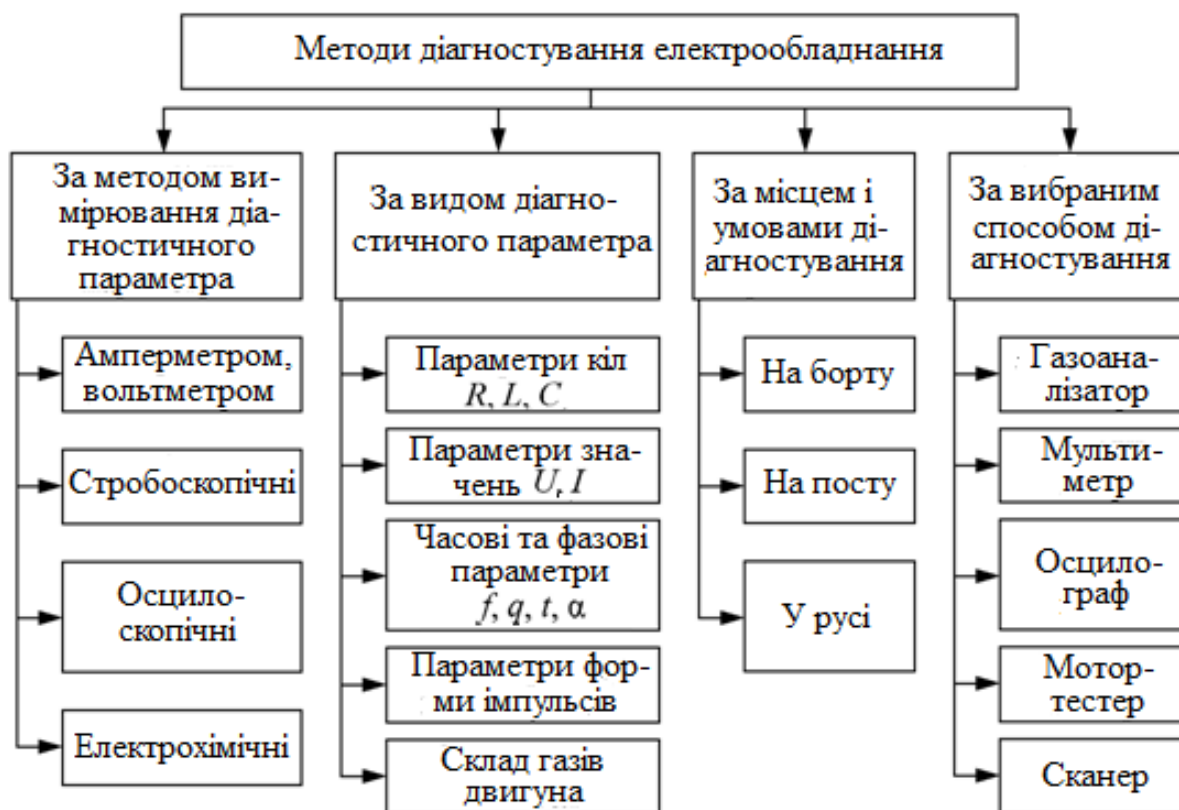


Рис. 7.4. Класифікація методів і засобів діагностики електричних систем трактора

Фазовий зсув між періодичними гармонійними сигналами однакової частоти (напруги та струму) характеризує реактивну складову опору кола змінного струму, вимірюється за допомогою осцилографів. В імпульсних пристроях фазовий зсув періодичних сигналів взагалі розглядається як функціональний параметр. Інформація про фазові зсуви у робочих процесах ДВЗ, зазвичай, надається за кутом положення колінчастого вала α (кути випередження запалювання, подачі пального, випуску газів) і дає можливість оцінити оптимальність функціонування його систем вимірювання за допомогою стробоскопів).

В електричних системах трактора застосовуються перетворювачі електричної енергії різного призначення (прилади освітлювання, нагрівачі, актуато-

ри тощо), тому до переліку діагностичних параметрів можна додати неелектричні параметри: сила та напрям світлового пучка головних фар, температура нагрівальних елементів, робочі зазори тощо. До переліку методів вимірювання в такому разі можна додати оптоелектричні, термоелектричні, тензометричні тощо, а до переліку діагностичних приладів – реглоскоп, термометр, динамометр тощо.

Електричний діагностичний прилад – засіб діагностики, в якому вимірювання та реєстрація (індикація) діагностичного параметра (електричного або неелектричного) реалізується електричним способом (контактним або безконтактним).

Комбіновані засоби діагностики здійснюють функції кількох спеціальних приладів (мотор-тестери).

Для контролю електрообладнання використовуються прості прилади – вольтметри безпосередньої оцінки й індикатори напруги (логічні пробники). Для локалізації пошкоджень електричних кіл бортових мереж живлення, використовуються гальванічні перемички.

Індикатори напруги є найбільш універсальними і доступними приладами при діагностуванні електрообладнання трактора в дорожніх умовах. Як індикатор може використовуватися лампа розжарювання потужністю до 3 Вт. Для діагностування електронних систем використовують індикатори на світлодіодах, які мають високий вхідний опір (струм споживання 5-15 мА). Це дає можливість уникнути перенавантаження напівпровідникових приладів електронних пристроїв при діагностичних операціях.

Логічний пробник (рис. 7.5) – це відносно простий прилад, електронний аналог контрольної лампи. Контрольна лампа має низький вхідний опір, її застосування може призвести до виходу з ладу елементів у високоомних мікроелектронних схемах.

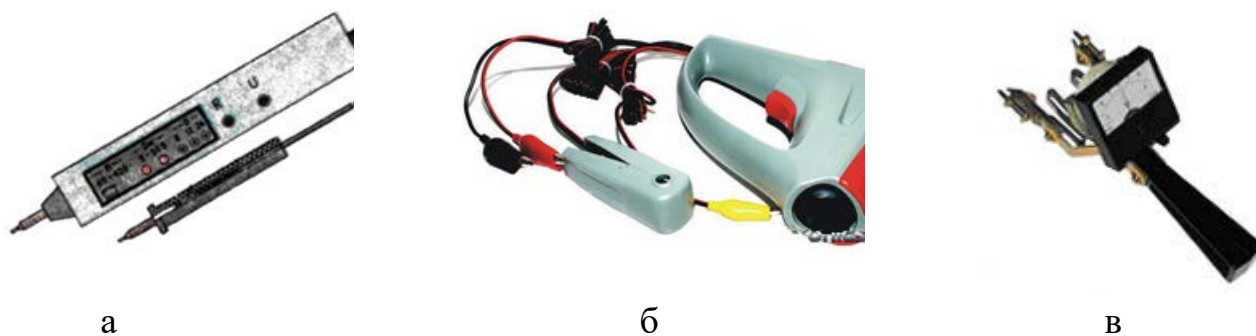


Рис. 7.5. Зовнішній вигляд переносних діагностичних приладів:
а – логічний пробник (індикатор); б – стробоскоп; в – навантажувальна вилка

Логічний пробник має високий вхідний опір, що не впливає на електричні мережі, які тестують, він застосовується для безпечного тестування низьковольтних слабкострумних мереж. Два проводи з'єднують прилад із зовнішнім джерелом живлення, наприклад, з акумуляторною батареєю, а шуп підключається до мережі, яку досліджують. Пробник та досліджувана електрична мережа повинні мати спільну землю («масу»). Логічні пробники можуть мати три індикатори (світлодіоди) різного кольору (червоний, зелений, жовтий) або зву-

ковий сигналізатор (зумер). У таких пробниках припускається перемикач діапазонів робочих напруг.

На більшості моделей логічних пробників є перемикач діапазонів робочих напруг з положеннями CMOS і TTL. CMOS – для електронних систем з робочою напругою 16 В, а TTL – для робочої напруги 5 В. Електронна схема в пробнику поділяє подавану на щуп напругу на три зони: низька, середня і висока. Звичайно для сигналу з високою напругою вмикається червоний світлодіод, для низької напруги – зелений. Для сигналу в середній зоні світлодіоди не вмикаються. Жовтий світлодіод вмикається при подачі на щуп імпульсного сигналу. При цьому під час знаходження амплітуди імпульсної напруги у відповідній зоні загорається червоний або зелений світлодіод.

Логічний пробник може інформувати користувача про наявність напруги тільки в певній зоні значень, і його діагностичні можливості обмежені.

7.8. Діагностування електронного блока керування трактора

У процесі діагностування під час технічного обслуговування та ремонту рекомендується дотримуватися таких правил:

- не від'єднувати ніяких електричних контактів без попереднього вимкнення;
- під час електрозварювальних робіт блок керування повинен бути від'єднаний від усіх виводів, а при температурі вищій за 80 °С (камера гарячої сушки) його слід зняти з трактора;
- від'єднати акумуляторну батарею під час її підзаряджання;
- перед перевіркою датчиків кабельних з'єднань завжди від'єднувати штекер блока керування;
- не перевіряти сам ЕБК;
- під час перевірки з допомогою вольтметра, омметра або контрольної лампи використовувати лише високоомні прилади і проводити перевірку обережно, щоб не створити короткого замикання або помилково не з'єднати неправильні виводи;
- крім цифрових вольтметра, омметра, які мають великий внутрішній опір, і контрольної лампи, потрібен також манометр (для вимірювання тиску в паливній системі);
- не допускається підключення енергоємних елементів – конденсаторів, дроселів, фільтрів;
- слід пам'ятати, що при відключенні акумуляторної батареї стирається інформація, яка міститься в електронній пам'яті.

Електронні вузли чутливі до статичної напруги, яку створює людина під час нормальної життєдіяльності. Тому після роз'єднання штекерного рознімача можна легко пошкодити ЕБК, торкаючись штекерів і не помічаючи цього.

Щоб не допустити пошкодження ЕБК, необхідно:

- братися тільки за корпус від'єданого вузла, не торкатися виводів пальцями або інструментом;

– носячи з собою ЕБК, час від часу слід «заземляти» себе, доторкуючись до металевих об'єктів (непофарбованої водяної труби, наприклад). Це зніме накопичений заряд потенційно небезпечної статичної електрики;

– не тримати ЕБК від'єднаним довше, ніж це потрібно.

Перш ніж почати локалізувати несправності електронного блока (ЕБ) в умовах ділянки відновлення, необхідно отримати підтвердження діагнозу (переконатися, що блок дійсно нероботоздатний), щоб виключити помилкові та зайві втручання. Помилковий діагноз про несправність ЕБ, установлений на борту трактора, може бути через:

– порушення проводки підключення ЕБ;

– несправності інших пристроїв, що мають електричний зв'язок з ЕБ, який перевіряють (датчики, виконавчі пристрої);

– неправильний режим вимірювання, несправності (або невідповідності) діагностичного приладу, на підставі якого поставлений діагноз, помилки оператора.

Щоб підтвердити або спростувати попередній діагноз, необхідно випробувати електронний блок, імітуючи умови борту трактора (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). У якості вихідних діагностичних параметрів ЕБ при цьому розглядаються:

– значення опору на виводах рознімача зовнішніх підключень;

– сила струму споживання або у навантаженні;

– значення напруги, підведеної до навантаження;

– параметри форми і часові параметри керуючого сигналу.

Якщо діагноз про несправність ЕБ підтверджується, його вибраковують або відновлюють.

При локалізації несправності в ЕБ (пробоїв елементів схеми або пошкодження монтажу) в якості діагностичних вибирають структурні електричні параметри (напруга або опір), які вимірюють в контрольних точках схеми пристрою.

Процес діагностування ЕБ поєднує «холодні» (без підключення живлення) і «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 не забезпечується (холостий хід). За результатами перевірок відбувається структурна (роботоздатний або нероботоздатний) і параметрична (задовольняє або не задовольняє нормованим значенням параметрів) ідентифікація несправності. Загальний алгоритм процесу діагностування ЕБ, незалежно від призначення (типу) електронного блока, приведений на рис. 7.6.

Звичайно початку перевіряють опір на виводах рознімача з допомогою омметра. Низький опір на виводах рознімача відносно маси у багатьох випад-

ках свідчить про пробій транзисторів (вхідного або вихідного) або про зами-
 кання монтажу, надмірне значення – про обрив кіл.

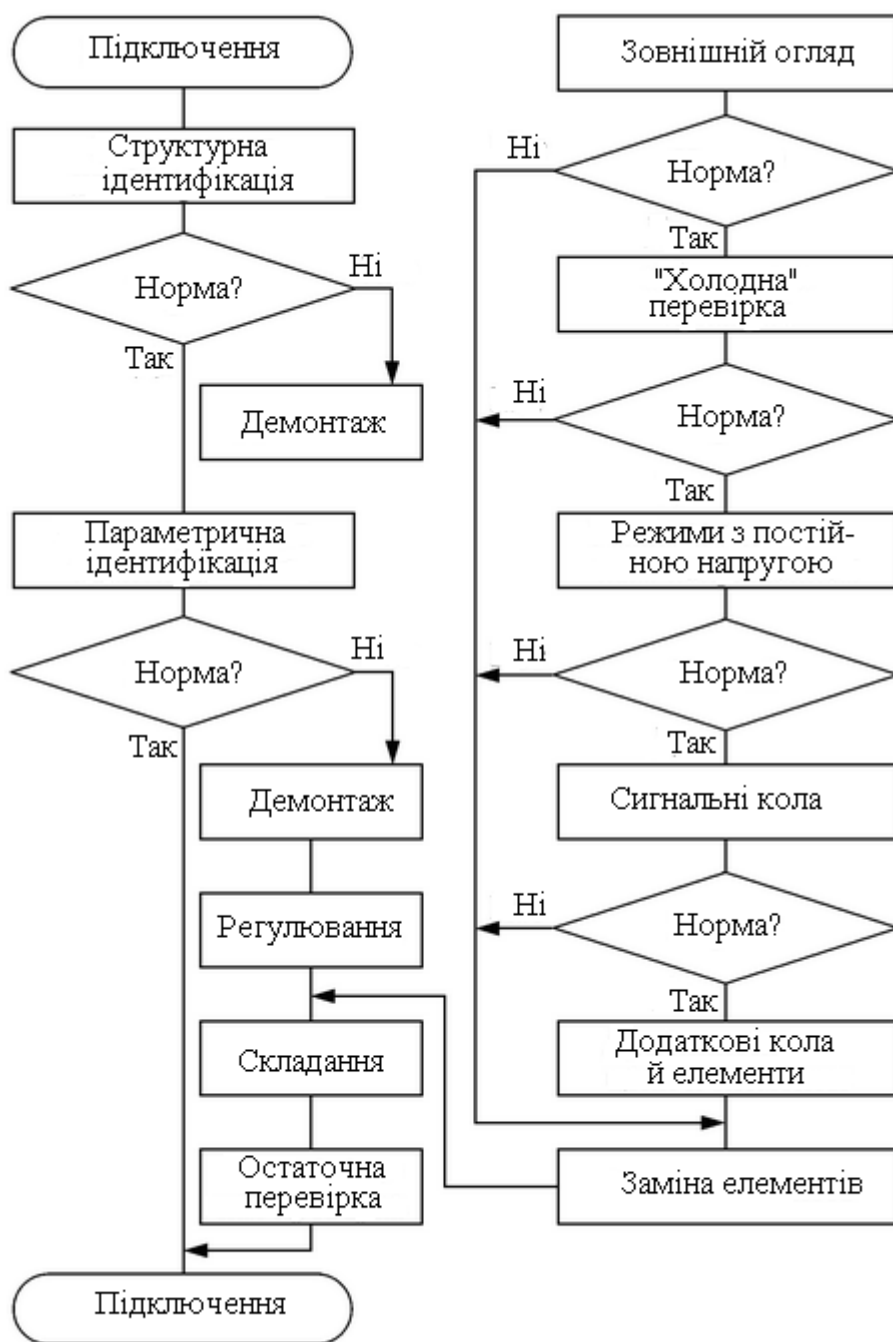


Рис. 7.6. Загальний алгоритм процесу діагностування електронних блоків

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 відключення кола. Таким чином забезпечується контроль струмів у колах ЕБ на холостому ході і під навантаженням.

Якщо сила струму споживання перевищує номінальне значення, це свід-

чить про наявність замикань (пробоїв). Недостатня сила струму або його відсутність указує на перегорання елементів або на гальванічні порушення монтажу.

Якщо струм споживання ЕБ 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, шпаруватості) і забезпечують номінальний режим функціонування ЕБ. При цьому спостерігають за реакцією амперметра у колі навантаження.

Якщо алгоритм функціонування ЕБ відповідає його призначенню, вважається, що пристрій роботоздатний (структурна ідентифікація). У цьому разі проводять кількісне оцінювання вихідних параметрів ЕБ (параметричну ідентифікацію) і, якщо необхідно, виконують регулювання (налаштування).

Для виконання операції регулювання забезпечують доступ до монтажного блока ЕБ. Процес регулювання (калібрування) полягає у налагодженні параметрів елементів, що 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 і зовнішній огляд його елементів і монтажу.

Контроль функціонування за структурними параметрами. При наявності ознак несправностей окремих елементів або монтажу (обгорання, опалення, зміна кольору, механічні пошкодження, руйнування) діагноз про несправність елемента підтверджують шляхом «холодної» перевірки (з допомогою омметра) й у разі необхідності елемент замінюють. Потім повторюють перевірку функціонування ЕБ у робочому стані. Якщо ЕБ при цьому не функціонує, його відключають від живлення і перевіряють схему пристрою (у першу чергу напівпровідникових приладів) омметром з використанням карти опорів. У разі необхідності виводи елементів випаюють для вимірювання опору окремих ділянок.

Для транзистора, що функціонує в лінійному режимі (рис. 7.7, а), розподілення потенціалів між електродами визначає пряме зміщення емітерного і зворотне зміщення колекторного переходів (напруга на виході транзистора більша напруги на його вході ($U_{KE} > U_{BE}$)). У транзистора, що перебуває у стані відсічки (рис. 7.7, б), обидва переходи зміщені у зворотному напрямку, а в режимі насичення (рис. 7.7, в) - у прямому напрямку. При цьому в стані насичення напруга на вході транзистора перевищує напругу на його виході: $U_{BE} > U_{KE}$, а у стані відсічки – навпаки.

Якщо напруга на вході U_{BE} або на виході U_{KE} транзистора дорівнює нулю (або потенціали електродів однакові), то транзистор пробитий. Якщо ці напруги значно перевищують нормовані значення (дорівнюють напрузі живлення пристрою $U_{П}$), то 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).

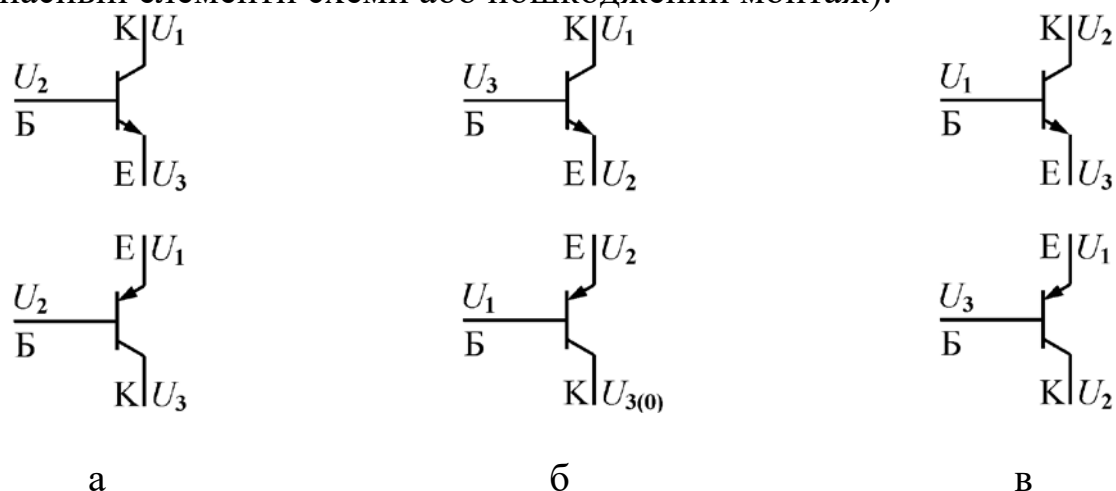


Рис. 7.7. Співвідношення потенціалів на електродах справного транзистора ($U_1 > U_2 > U_3$):

а – у лінійному режимі; б – у стані відсічки; в – у стані насичення

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 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, зруйнування монтажу, обриви електродів підключення в структурі транзисторів або мікросхем.

У низці випадків причиною нероботоздатності ЕБ може бути несправність додаткових кіл і елементів схеми: захисту транзисторів, термостабілізації режимів, зворотних зв'язків (для приладів релаксаційного типу ці зв'язки є основними), фільтрів живлення та ін. Пошук таких несправностей здійснюють відповідно до схем ЕБ конкретного призначення з урахуванням умов їх функціонування. Після локалізації несправності її усувають, ЕБ складають і остаточно перевіряють.

До списку методів перевірок ЕБ слід додати метод діагностування за температурними потенціалами. Цей метод полягає у вимірюванні температур поверхонь елементів схеми і порівнянні їх з картою температур справного пристрою в номінальному режимі функціонування. Перевищення температури будь-якого елемента схеми свідчить про наявність замикань (пробоїв, витоків), зниження – про обрив кіл (перегорання елементів, зруйнування монтажу). Метод дає можливість оперативно локалізувати несправний елемент і виключає помилкове втручання в монтаж пристрою та необережні 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 еле-

ментів використовують спеціальні мультиметри, в яких передбачене використання температурного зонда.

Обладнання дільниці відновлення комплектується монтажним обладнанням і 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, яка регулюється в діапазоні 4–20 В і забезпечує струм у навантаженні до 10 А з контролем цих параметрів і електронним захистом від перенавантажень;
- два мультиметри (тестери) або комплект вимірювальних приладів, що їх замінюють (омметр, вольтметр і амперметр);
- генератор гармонічних коливань з вихідною напругою, яка регулюється за частотою в діапазоні 10–20000 Гц та за амплітудою в діапазоні 0,2–10 В, а також має вихідний опір не більше 600 Ом (вимірювальний генератор звукового діапазону типу ГЗ-102);
- генератор прямокутних імпульсів з регулюванням частоти проходження 5–50000 Гц, шпаруватості формування 5–95%, амплітуди сигналу 0,5–20 В і 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.

7.9. Діагностування мікропроцесорних систем трактора

Електрообладнання агрегатів трактора з мікропроцесорним керуванням діагностують з допомогою сучасних мотор-тестерів, осцилографів, сканерів та інших електронних систем. Ці засоби мають високу роздільну здатність, а результати вимірювань більш достовірні, оскільки діагностування може виконуватися комплексно, у взаємозв'язку з іншими системами і у більшості випадків безпосередньо на тракторі.

Програмовані запам'ятовуючі вбудовані засоби діагностування або самодіагностування відслідковують і заносять у пам'ять інформацію про несправності електронних систем для зчитування її з допомогою діагностичного рознімача і контрольного табло (Check Engine), звукової або мовної індикації про передвідмовний стан систем двигуна. Діагностичний рознімач використовується для підключення сканера і мотор-тестера.

Алгоритм роботи програмованої діагностичної системи полягає в такому: при увімкненні вимикача запалювання діагностичне табло загоряється і, поки

двигун не працює, перевіряється справність елементів системи. Після пуску двигуна табло повинне погаснути. Якщо ж воно продовжує світитися, значить виявлена несправність і код несправності заноситься у пам'ять ЕБК (контролера). Причину увімкнення табло необхідно вяснити 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 ЕБК 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.

Перший спосіб. На об'єкт діагностування діють імітатором сигналів датчиків виконавчих пристроїв у вигляді еталонних напруг, струмів або частот і фіксують реакцію об'єкта у вигляді діагностичного сигналу. Як приклад можна привести комп'ютерний діагностичний комплекс, який через діагностичний рознімач за стандартом ISO 17987 підключають до електронної системи і 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 в 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 проявилися в процесі експлуатації, так і ті, що 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 і форма вихідної напруги. Ці сигнали можна проаналізувати візуально на екрані осцилографа або дисплея у порівнянні з еталонними, що знаходяться в пам'яті ЕБК системи. У низці випадків видається прогноз технічного стану об'єкта і конкретні заходи з переліком робіт з усунення виявлених несправностей.

У пам'яті самого діагностичного пристрою можуть міститися відомості про попередні перевірки технічного стану об'єкта, про трактор і 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 й обґрунтованість вибору діагностичних параметрів виробу чи системи.

7.10. Діагностування трактора інтелектуальними системами оператора

7.10.1. Огляд трактора та технічна безпека електричних систем

Огляд електричної системи. Крім топких запобіжників та реле, які встановлені у панелях топких запобіжників (за сидінням оператора), трактори також оснащені центрами електричних навантажень з напівпровідниковими пускачами, розташованими у двох електронних блоках керування. Ці центри електричних навантажень з напівпровідниковими пускачами замінюють собою кола топких реле, які використовувалися раніше. Їх основною функцією є регулювання більшості підвищених струмових навантажень, наприклад, задні світлові прилади на захисних крилах та звукова сигналізація. Електрична схема центру електричних навантажень контролює навантаження та напругу, забезпечуючи швидкий час реакції та можливість попереджувати оператора, якщо електричне коло перенавантажується або якщо напруга виходить за межі допустимої, тобто обрив кола (знижений струм) або коротке замикання у колі (надвисокий струм).

Якщо електричне коло несправне і видається діагностичний код несправності, коло залишатиметься вимкненим, а діагностичний код несправності залишатиметься активним доти, поки оператор не відновить коло. Якщо коло чи один з його компонентів знову вмикається і проблему усунуто, система функціонуватиме у звичному режимі. Наприклад, якщо у колі освітлення виявлено надвисокий струм, система центру електричних навантажень вимкне коло. Якщо оператор вимикає перемикач освітлення та знову вмикає його, а система діагностує нуль ампер, коли освітлення, яке керується вимикачем, вимкнене, то центр електричних навантажень знову увімкне систему і буде відновлено нормальний режим роботи.

Якщо загальне навантаження струму центру електричних навантажень перевищує заданий рівень, програмне забезпечення автоматично зупинить систему, вимкнувши одне коло. Логічна схема зачекає кілька секунд між вимкненням електричної схеми, щоб визначити, чи впав загальний струм контролера нижче за заданий рівень, чи може слід вимкнути додаткові кола.

Напівпровідникові схеми розраховані на постійне значення. Якщо необхідно встановити на трактор додаткові електричні пристрої, рекомендується використовувати блок розеток або розетки разом з перемикачем увімкнення/вимкнення. Зрощування дроту у неправильному місці може призвести до перенавантаження кола і вимкнення електросхеми.

Якщо потрібно встановити додаткові світлові прилади та органи керування знаряддям, наприклад, перемикачі, зверніться до свого дилера компанії. Дилер може надати інформацію про правильний спосіб підключення перемикача освітлення за допомогою одного з допоміжних дротів, розташованих у семиконтактному рознімачі на задньому боці трактора.

У тракторі може утворюватися статична електрика, заряд якої може призвести до травмування.

Заходи безпеки при поводженні з акумуляторними батареями.

1. Газ, який виділяється з акумуляторної батареї, може вибухнути. Не допускайте потрапляння іскор і полум'я на акумуляторні батареї. Використовуйте ліхтарик для перевірки рівня електроліту в акумуляторних батареях.

2. Заборонено перевіряти заряд акумуляторної батареї, з'єднуючи клема металевим предметом. Для перевірки заряду акумуляторної батареї слід користуватися вольтметром або ареометром.

3. Завжди відключайте спочатку заземлений (-) затискач акумуляторної батареї та встановлюйте його на місце останнім.

4. Сірчана кислота в електроліті акумуляторної батареї є отруйною і вона достатньо сильна: може викликати опік шкіри, пропалити дірки в одязі, призвести до сліпоты при потрапленні в очі.

Заходи безпеки:

1. Заливка акумуляторних батарей у добре провітрюваній зоні.

2. Використання засобів захисту очей та гумових рукавичок.

3. Уникання використання стиснутого повітря для очищення акумуляторних батарей.

4. Уникання вдихання парів під час додавання електроліту.

5. Уникання розлиття електроліту.

6. Використання правильного пускозарядного пристрою та процедури заряджання акумуляторної батареї.

Якщо кислота пролита на шкіру або в очі:

- промити шкіру водою;

- нанести харчову соду або лайм, щоб нейтралізувати кислоту;

- промивати очі водою протягом 15-30 хвилин.

Одразу слід звернутися за медичною допомогою.

У разі проковтування кислоти:

- не викликайте блювоти;

- випийте велику кількість води або молока, проте не більше 2 літрів;

- одразу слід звернутися за медичною допомогою.

7.10.2. Захист електронних систем від електрики та шумів

Електростатичний розряд. Людське тіло може стати генератором електростатичної напруги. Як показано в табл. 7.3, напруга, що генериується, може досягати 35000 В залежно від атмосферних умов.

Якщо виникає високовольтний електростатичний розряд, він може сильно вплинути на чуттєву електроніку трактора, включно з пристроями керування двигуном, приладовими панелями та радіосистемою. Достатньо тільки доторкнутися пальцями до виводів електронного пристрою, щоб вивести його з ладу. Маловідомим фактом є те, що людина не відчуває електростатичний розряд з напругою менше 3000 В, у той же час значно нижча напруга здатна пошкодити електронні пристрої. Оскільки людина не відчуває електростатичний розряд, неможливо взнати, що відбулося пошкодження електронних компонентів.

Виникнення електростатичної напруги

Спосіб виникнення електростатичного заряду	Електростатична напруга	
	відносна вологість, 10–20 %	відносна вологість, 65–90 %
Ходіння по килиму	35000	1500
Ходіння по підлозі з вініловим покриттям	12000	250
Робота за верстаком	6000	100
Вінілові конверти з технічними інструкціями	7000	600
Звичайні поліетиленові пакети	20000	1200
Робочий стілець з покриттям з пінополіуретану	18000	1500

Електростатичний розряд – небажаний електричний струм з високою напругою, викликаний доторкуванням людини-носія електростатичного заряду. Електростатичний розряд легко пошкоджує електронні пристрої.

Часто електростатичний розряд не призводить до миттєвого руйнуванню електронних пристроїв, але він може вплинути на їх утомленість, що в подальшому може призвести до поломки або неправильного функціонування типу «то працює, то не працює». Очевидно, що люди, які працюють з електронікою транспортних засобів, повинні вивчити заходи щодо захисту від електростатичного розряду.

Статичне заземлення. Технік, який працює з електронікою трактора, повинен забезпечити хороше заземлення для стікання електростатичного заряду зі свого тіла

Місцем, куди будуть укладатися чутливі електронні деталі, може бути заземлений провідний мат, оскільки килимки і сидіння можуть накопичити електростатичний заряд у кілька тисяч вольт. Синтетичний одяг також може набрати великий заряд. Робоче місце також повинно звільнюватися від електростатичного заряду.

Важливо, щоб тіло працюючої людини і провідний мат були електрично з'єднані з корпусом трактора. Людина може звільнитися від електростатичного заряду, торкаючись до металевого верстака або кузова автомобіля перш, ніж торкатися до чутливих електронних деталей, однак слід пам'ятати, що заряд може з часом з'являтися знову. Рухи рук, ніг, корпусу, доторкування до обивки сидінь можуть призвести до швидкого повторного накопичення заряду.

Шуми в датчиках та інтерфейсних системах залежать від їх захищеності від шумів зовнішніх джерел. Прикладами розповсюджених шумів є сплески напруги на лінії живлення, блискавки, зміни навколишньої температури, сонячна активність, магнітні, електростатичні та радіочастотні електромагнітні поля, сили гравітації, вібрація (прискорення), іонізуючі випромінювання, хімічні речовини. Способами їх розповсюдження є ємнісний зв'язок, магнітні поля, проводи, монтаж. Прийомними пристроями є чутливі елементи електронних схем, резистори, конденсатори, передпідсилювачі.

Подібні перешкоди при попаданні в датчики та інтерфейсні схеми впливають на їх вихідні сигнали.

Технічна безпека зварювальних робіт поруч з електронними блоками керування. Забороняється запускати двигун за допомогою обладнання для дугового зварювання. Значення струму та напруги занадто високі й можуть вивести з ладу електроустаткування трактора.

1. Від'єднайте мінусовий (-) кабель акумуляторної батареї.
2. Від'єднайте плюсовий (+) кабель акумуляторної батареї.
3. З'єднайте плюсовий та мінусовий кабелі між собою. Забороняється виконувати підключення до рами трактора.
4. Приберіть із зони зварювання усі джгути дротів.
5. Підключіть заземлення зварювального апарата поруч із точкою зварювання та в стороні від блоків керування.
6. Після завершення зварювальних робіт виконайте у зворотному порядку кроки 1-5.

7.10.3. Візуальний контроль технічного стану трактора

Технічне діагностування електрообладнання й електронних систем трактора вимагає знань типових видів несправностей, діагностичних параметрів, методів і засобів діагностування-електричних схем та електронних блоків керування трактором. Ці знання визначають рівень кваліфікації діагноста й обслуговуючого персоналу.

Контроль системи електропостачання здійснюється прямим і непрямим методами з використанням приладів і пристроїв загального призначення у вигляді контрольної лампи, додаткового зумера, вольтметра, амперметра, омметра, мультиметра, сканера, мотор-тестера. У більшості випадків використовуються типові алгоритми.

1. Несправності електропроводки:
 - провисання проводів;
 - потертості;
 - налипання сторонніх матеріалів і бруду;
 - стан кріплення електропроводки, з'єднувальних колодок;
 - пошкодження електропроводки з'єднувальних колодок, вмикача «маси», датчиків спідометра, тахометра, передніх і задніх ліхтарів, датчика вмикання контрольної лампи блокування міжосьового диференціала;
 - стан контактних поверхонь з'єднання проводів і штекерів.
2. Перевірити, чи немає оголених проводів, які можуть призвести до замикання компонентів на масу або до короткого замикання на інші компоненти.
3. Перевірити проводи на предмет відсутності або спрацьованості. Ці ознаки можуть указувати на несправність проводки.
4. Перевірити на відсутність погано закріплених або поламаних рознімачів і порваних проводів. При будь-якій діагностиці, що включає перевірку рознімачів джгутів проводів, слід завжди враховувати можливість зміщення клеми в корпусі рознімача, що призводить до втрати з'єднання. Таке відбувається,

якщо клема при монтажу не «стала на місце», й упізнати цей стан під час огляду рознімачів, як правило, непросто. Може знадобитися ретельний огляд.

5. Необхідно оглянути батареї на предмет відсутності: корозії клем, незакріплених клем або виводів батареї, забруднення, підвищеної вологості, пошкоджень корпусу, наявності необхідного рівня електроліту.

6. Перевірити натяг ременя генератора.

7. Почекавши 5-10 хвилин після вимкнення трактора, оглянути на предмет відсутності перегрітих деталей і компонентів. Часто вони мають запах підгорілої ізоляції.

8. Якщо в ході огляду неполадки, що перешкоджають запуску трактора не виявлені, то слід повернути ключ запалювання в «ХОД». Задіяти кола допоміжного обладнання, індикаторних ламп, ламп приладів і т. п. Перевірити, чи немає іскор чи диму, що можуть указувати на коротке замикання.

9. Запустити трактор і перевірити правильність роботи всіх приладів, а також заряджається система чи розряджається.

10. Перевірити стан і кріплення генератора і стартера, а також приєднаної до них електропроводки. Періодично перевіряють стан і надійність кріплення проводів, відсутність їх провисання, потертостей.

11. Візуально перевіряють стан і надійність кріплення з'єднувальних колодок вмикача «маси», датчиків спідометра, тахометра, з'єднувальних колодок передніх і задніх ліхтарів, датчика вмикання 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 (вмикання механізму блокування мостів) не повинні мати пошкоджень. Виводи проводів до датчиків спідометра і тахометра повинні бути закриті гумовими чохлами.

12. Контроль параметрів електрообладнання проводиться, як правило, без зняття з трактора окремих агрегатів і приладів. Усунення несправностей у більшості випадків полягає у визначенні (за допомогою індикаторів або тестерів) місць обриву або замикань електричних кіл та їх відновленні шляхом підтягування ослаблених з'єднань, зачистки, усуненні обривів або замикань проводів і заміні елементів, що вийшли з ладу. Однак, якщо на посту ТО не можна переконатися у їх повній справності, необхідно знімати агрегати і прилади для всебічного контролю на спеціальних стендах.

Контрольно-вимірні прилади перевіряють у разі наявності ознак їх несправності та при технічному обслуговуванні. Технічний стан датчиків температури охолоджувальної рідини, тиск оливи, рівня пального, амперметра панелі приладів контролюють під час проведення кожного четвертого ТО-2. Для цього їх знімають з трактора і випробовують на спеціальних приладах і стендах.

Багато з електричних відмов неможливо виявити навіть після запуску трактора, тому необхідний систематичний повний огляд електричної системи.

Для діагностики електричної системи тракторів John Deere рекомендується використовувати цифровий мультиметр JT05791 або подібний до нього з аналоговим дисплеєм для проведення необхідних електричних вимірювань.

При використанні мультиметрів завжди слід звертатися до інструкцій з експлуатації, що поставляють виробники.

Оцінити стан технічного об'єкта можна, спостерігаючи за виконанням покладених на нього функцій (функціональне діагностування) або подаючи на об'єкт зовнішні впливи і спостерігаючи за його реакцією (тестове діагностування).

Основне достоїнство функціонального діагностування в тому, що для його реалізації не потрібні спеціальні генератори стимулюючих впливів. Діагностування полягає в обробці інформації, яка характеризує якість функціонування об'єкта діагностування, тобто необхідно визначити характер, вибрати точки в об'єкті для знімання і момент знімання інформації.

Функціональне діагностування здійснюється шляхом спостереження за результатом окремої операції - реакції структурної одиниці на вхідний вплив. При такому способі контролю можливі одномірні та багатомірні випадки.

Перш ніж почати пошук причин відмови споживача електроенергії, що вийшов з ладу, необхідно уважно вивчити відповідну електричну схему, якомога ясніше уявити собі принцип функціонування компонентів, які входять до складу контуру, що перевіряється. Перелік можливих причин відмови може бути зведений до мінімуму шляхом виключення з нього справно функціонуючих компонентів, які мають стосунок до роботи контуру, що перевіряється. При одночасному порушенні функціонування відразу кількох компонентів найбільш імовірною причиною відмови є вихід з ладу спільного для відповідних кіл запобіжника, плавкої вставки або порушення заземлення.

7.10.4. Технічне обслуговування та безпека акумуляторних батарей

Акумулятори не потребують щозмінного технічного обслуговування. Але під час тривалої роботи в умовах високих температур і у разі частого прокручування колінчастого вала може виникнути потреба у доливанні води. Див. табличку на батареї [1, 49]:

- для очищення батареї не дозволяється використовувати стиснене повітря;
- є ризик утворення зарядів статичної електрики і, як результат, травми;
- газ, що виділяється в батареях трактора, може вибухнути. Не допускайте іскор і відкритого вогню поблизу акумуляторів. Для перевірки рівня електроліту користуйтеся електричним ліхтариком;
- категорично забороняється прикладати до виводів батареї металеві предмети. Для перевірки зарядки використовуйте вольтметр або гідрометр;
- кабелі заземлення завжди від'єднуйте раніше, ніж плюсові кабелі. Під'єднувати ж їх слід в останню чергу. Не дозволяйте від'єднаному кабелю

торкатися металевих поверхонь;

- виводи і клеми батареї та її аксесуари містять свинець та його сполуки.

Ці речовини вважаються канцерогенними;

- уникайте контакту з отруйною сірчаною кислотою, яка міститься в електроліті;

- слідкуйте за чистотою та надійністю клем акумуляторів;

- роботи з технічного обслуговування батареї та рознімачів виконують щороку. Для проведення сервісних робіт складають карту обліку (табл. 7.4).

Таблиця 7.1

Карта обліку сервісних робіт та ТО акумуляторних батарей і рознімачів

Рік	Дата	Підпис	Штамп дилера
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Штирі акумуляторної батареї, клеми та пов'язані з ними компоненти містять свинець, свинцеві сполуки та хімічні речовини, які можуть викликати захворювання на рак і становлять загрозу для здоров'я. Мийте руки після поводження з цими компонентами. Провідники, підключені до від'ємної клеми акумуляторної батареї, завжди слід знімати першими, а під'єднувати останніми. Не допускайте, щоб від'єднаний затискач від'ємної клеми торкався металевої поверхні.

Не допускайте потрапляння на тіло отруйної сірчаної кислоти, яка є компонентом електроліту. Електроліт може спричинити опіки шкіри, пошкодити одяг, а в разі потрапляння в очі призвести до сліпоти.

Хоча деякі акумуляторні батареї не потребують обслуговування, але внаслідок певних умов, наприклад, тривалої експлуатації за високої температури повітря або частого запускання двигуна, може виникнути потреба у додаванні дистильованої води. Див. наклейку на акумуляторній батареї.

Для забезпечення оптимальних характеристик акумуляторної батареї клеми слід тримати в чистоті, а затискачі повинні бути сильно затягнуті. Під час заміни акумуляторних батарей дотримуйтесь рекомендацій виробника.

Трактор обладнаний перемикачем акумуляторної батареї з індикаторним сигналом, також він обладнаний двигуном, який використовує систему селективного каталітичного відновлювання. Індикатор горить під час продування системи сечовиною. Не слід переводити перемикач акумуляторної батареї у ВИМКНУТЕ положення, доки не погасне індикатор.

Перемикач акумуляторної батареї без індикаторного сигналу: двигун не обладнаний системою селективного каталітичного відновлювання. Перед виконанням перемикача період очікування не потрібен.

7.11. Контроль блока споживачів та заміна топких запобіжників і технічна безпека

Перш ніж починати перевірку або заміну топкого запобіжника, відключіть плюсові та мінусові клеми від обох акумуляторних батарей.

Не намагайтеся демонтувати головні топкі запобіжники, якщо ви не отримували таких вказівок від свого дилера компанії.

Запобіжники, які використовуються для заміни, повинні мати той самий номінал, що і замінювані.

Забороняється відкривати блок керування та чистити його за допомогою струменя високого тиску. Волога, сміття та інші забруднення можуть викликати пошкодження, які неможливо усунути.

1. Підтримуйте клеми в чистоті. Волога, бруд та інші забруднення можуть з часом викликати корозію клем і порушення в електричних з'єднаннях.

2. Якщо з'єднувач не використовується, встановіть на нього правильну заглушку або кришку, щоб захистити його від забруднень і вологи.

3. Блоки керування ремонту не підлягають.

4. Оскільки блоки керування є компонентами з найменшою ймовірністю відмови, перед їх заміною знайдіть несправність, виконавши процедуру діагностики. (Слід звернутися до дилера).

5. Клеми джгутів дротів та з'єднувачі електронних блоків керування піддаються ремонту.

Повітря під тиском, спрямоване на електронні чи електричні компоненти або рознімачі, може призвести до утворення статичної електрики й виходу обладнання з ладу.

Вода під тиском, спрямована на електронні чи електричні компоненти або рознімачі, підшипники та гідравлічні ущільнення, паливні насоси, випускний отвір або інші вразливі деталі та компоненти, може спричинити вихід обладнання з ладу. Потрібно зменшити тиск і розпилувати струмінь під кутом від 45 до 90 градусів. Під час миття не можна спрямовувати струмінь води на випускні отвори або заливні отвори баків.

Електрична схема топких запобіжників, які використовуються для заміни, приведена на рис. 7.8.

На схемі показано місце розміщення (1), номінал (2) і найменування (3) топких запобіжників центра електричного навантаження.

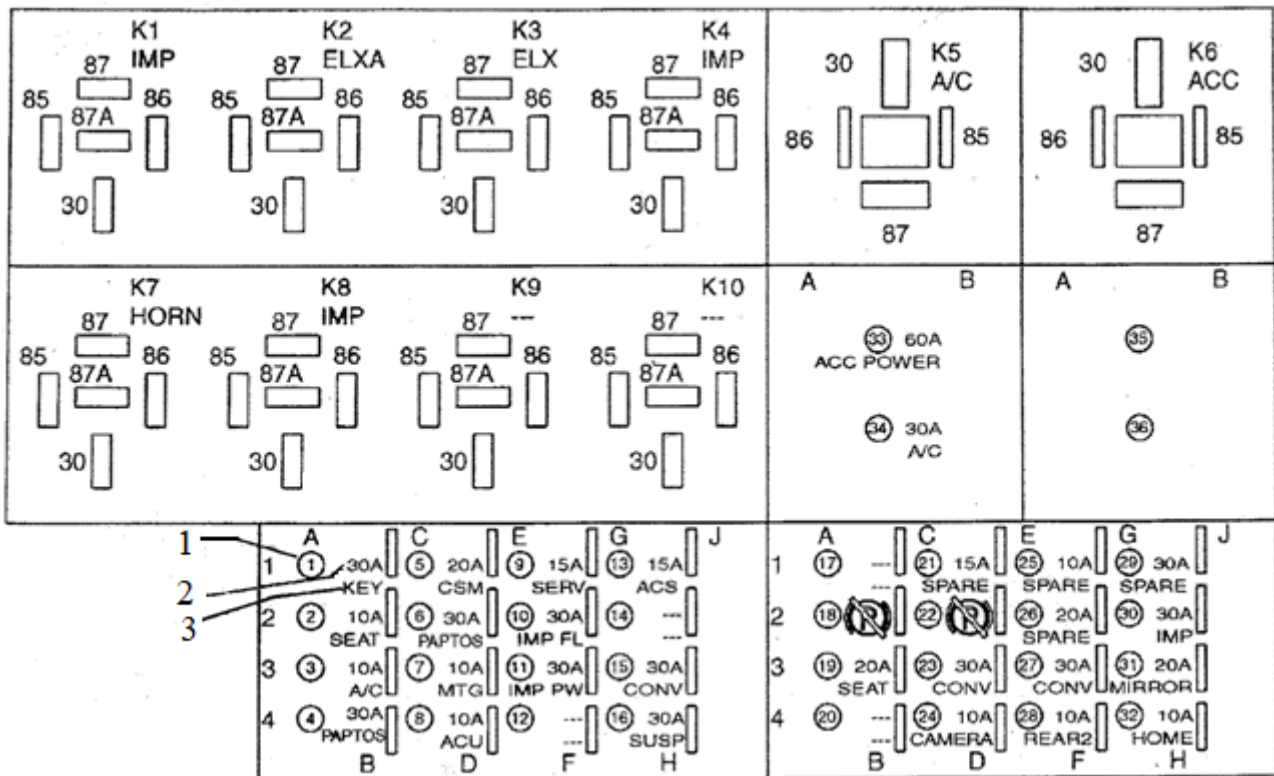


Рис. 7.8. Схема розташування електричних компонентів і топких запобіжників центру електричного навантаження:

K1 – реле живлення рознімача для підключення знаряддя згідно зі стандартом ISO; K2 – реле електронної схеми; K3 – реле електронної схеми; K4 – додаткове реле знаряддя; K5 – реле вентилятора; K6 – реле додаткового обладнання; K7 – реле звукової сирени; K8 – реле світильників знаряддя; K9 – не використовується; K10 – не використовується; 1 – ключ запалювання, 30 А; 2 – датчик присутності оператора на сидінні, 10 А; 3 – кондиціонер повітря, 10 А; 4 – не використовується; 5 – радіоприймач, дисплей кутової стійки та внутрішні світлові прилади, 20 А; 6 – не використовується; 7 – модульний телематичний шлюз, 10 А; 8 – блок керування на підлокітнику, 10 А; 9 – сервер, 15 А; 10 – світильники знаряддя, 30 А; 11 – додаткове знаряддя, 30 А; 12 – не використовується; 13 – кермовий контролер, 15 А; 14 – не використовується; 15 – акумулятор розетки, 30 А; 16 – підвіска плазунів (лише плазуни), 30 А; 17 – не використовується; 18 – відтискання стоянкового гальма; 19 – елементи керування на сидінні, 20 А; 20 – не використовується; 21 – запасний, 15 А; 22 – відтискання стоянкового гальма; 23 – комутовані розетки, 30 А; 24 – система живлення відеокамери та розетка на підлокітнику, 10 А; 25 – запасний, 10 А; 26 – запасний, 20 А; 27 – комутовані розетки, 30 А; 28 – блок керування заднім шасі, 10 А; 29 – запасний, 30 А; 30 – рознімач знаряддя згідно зі стандартом ISO, 30 А; 31 – виносне дзеркало, 20 А; 32 – режим повернення на базу, 10 А; 33 – блок живлення додаткових пристроїв, 60 А; 34 – електродвигун вентилятора, 30 А; 35 – не використовується; 36 – не використовується

Контрольні запитання

1. Наведіть об'єкти діагностування електричних та електронних систем трактора.
2. Які вимоги висувають до техніки безпеки при контролі та заміні топких за-

побіжників?

3. Які бувають несправності електрообладнання трактора?
4. Що необхідно перевірити у разі відсутності зарядки АКБ після запуску двигуна трактора?
5. Які основні причини несправності вузлів та агрегатів електрообладнання системи пуску?
6. Наведіть типові несправності вбудованих контрольно-вимірювальних засобів трактора.
7. Назвіть типові несправності акумуляторної батареї.
8. Які причини відмов бортової мережі електроживлення електрообладнання трактора?
9. Які деталі та компоненти акумуляторних батарей містять свинець і його сполуки, що вважаються канцерогенними?
10. Наведіть правила безпеки та технічного обслуговування акумуляторних батарей.
11. Визначте поняття «дефект» і «несправність» в електронних і мехатронних системах.
12. Наведіть форми проявлення несправностей електронних і мехатронних систем трактора.
13. Охарактеризуйте поняття «тимчасові несправності» електронних систем.
14. Які бувають функціональні несправності електричних і електронних систем?
15. Охарактеризуйте несправності електронних систем типу «контактна несправність».
16. Наведіть моделі функціональної несправності мікропроцесора.
17. За яких умов може виникнути підвищення електричного опору в електричному колі?
18. Які фактори (принципи) беруть до уваги при виборі діагностичного параметра контролю стану електрообладнання?
19. Наведіть номенклатуру контрольованих параметрів електрообладнання.
20. Що розуміють під поняттям «глибина діагностування»?
21. Наведіть правила техніки безпеки та технічного огляду електронної системи трактора.
22. Які заходи безпеки при проведенні ремонтних зварювальних робіт?

8. ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ТРАКТОРА

8.1. Структура тестових і функціональних систем діагностування

Розрізняють системи тестового та функціонального діагностування. У системах тестового діагностування на об'єкт подаються спеціально організовані тестові впливи від засобів діагностування. При цьому, зазвичай, об'єкт діагностики не використовується за основним призначенням, а працює тільки для завдань діагностики. У системах функціонального діагностування на об'єкт надходять робочі впливи, передбачені його алгоритмом функціонування за призначенням. У системах обох видів системи діагностування сприймають і аналізують відгуки об'єкта на вхідні (тестові або робочі) впливи (стимули) й видають результат діагностування, тобто ставлять діагноз: об'єкт справний або несправний, роботоздатний або нероботоздатний, функціонує правильно або неправильно, має певну несправність або в об'єкті ушкоджена окрема його частина.

Таким чином, діагностична система складається з активізуючої (діагностичної установки) та вимірювальної (діагностичного приладу) частин.

Діагностичні системи залежно від рівня керованості можуть бути виконані як неавтоматичні, автоматизовані або автоматичні. Для реалізації автоматизованого чи автоматичного процесу діагностування, зазвичай, використовують комп'ютеризовані або комп'ютерні діагностичні системи.

Некомп'ютерна діагностична система не виключає застосування персонального комп'ютера оператором з метою отримання довідкової діагностичної інформації про об'єкт діагностики, занесення та обробки результатів діагностування. При цьому персональний комп'ютер не має безпосереднього інформаційного зв'язку із засобами та об'єктами діагностики (рис. 8.1, а).

Комп'ютеризована діагностична система передбачає застосування у своєму складі комп'ютерних засобів для отримання інформації про технічний стан об'єкта діагностики. У таких системах програмно-апаратні засоби системи (датчики, актуатори, перетворювачі сигналів, комп'ютери) цілком розташовані за межами трактора (не є штатним обладнанням трактора). Зазвичай, комп'ютеризована система створюється на базі звичайної електромеханічної діагностичної системи шляхом її комп'ютеризації і цілком підпадає під категорію «діагностичне устаткування» (рис. 8.1, б). Для узгодження цифрових сигналів діагностичного комп'ютера з електромеханічними перетворювачами діагностичного устаткування використовуються цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП). Для вимірювання аналогових сигналів електричних приладів вимірювальної частини системи діагностичним комп'ютером застосовуються аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП).

Комп'ютерна діагностична система передбачає обмін інформацією між діагностичним комп'ютером зовнішнього підключення та бортовим комп'ютером, на базі якого інтегрована бортова діагностична система. У таких системах основні діагностичні функції реалізуються на базі елементів штатно-

го обладнання трактора (рис. 8.1, в) [48].

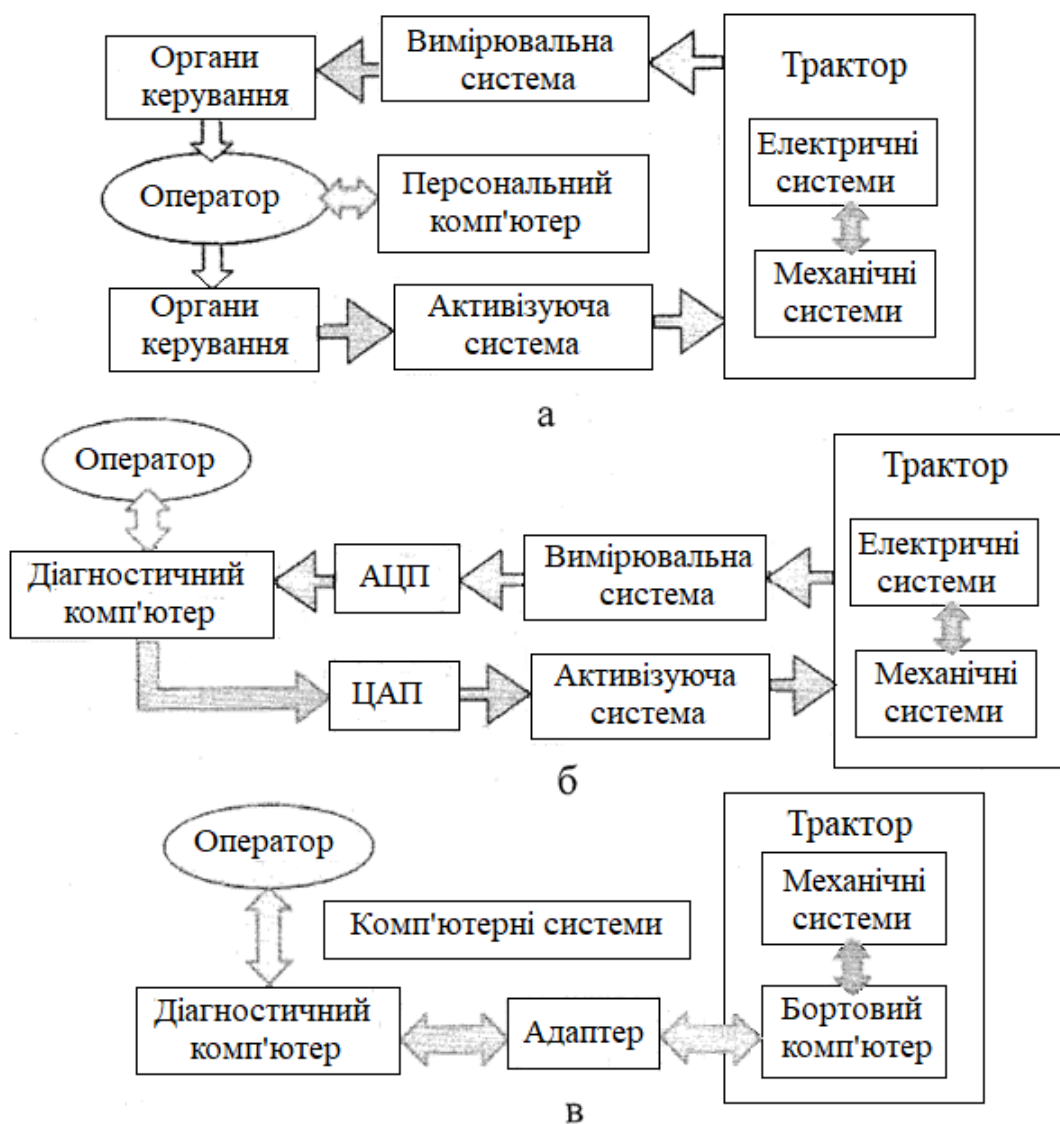


Рис. 8.1. Узагальнені структури діагностичних систем:
 а – некомп'ютерної; б – комп'ютеризованої; в – комп'ютерної

У такому разі діагностична система за категорією засобу поділяється на «діагностичне обладнання» та «діагностичне устаткування». При цьому діагностичний комп'ютер (прилад), що підключається до бортового комп'ютера, зазвичай, виконує тільки функції операторської периферії (клавіатура та монітор). Узгодження рівнів цифрових сигналів комп'ютерної мережі, утвореної в такий спосіб, здійснюється за допомогою адаптера.

Інтегровані діагностичні системи належать до класу вмонтованих засобів діагностики, які втілені у мехатронні системи на програмному та апаратному рівнях і виконують кілька пасивних (спостереження, інформування) та активних (резервування, адаптація) функцій, реалізація яких базується на використанні програми експертної системи.

Експертна система (ЕС) – програма, що використовує експертні знання (знання фахівців) для забезпечення ефективного виконання неформалізованих завдань в інтерактивному режимі. Для неформалізованих завдань характерні

певні ознаки: завдання не можуть бути задані в числовій формі; мету не можна виразити в термінах точно визначеної цільової функції; не існує алгоритмічного вирішення завдання; наявність ознак помилковості, неоднозначності та суперечливості вихідних даних.

В основі функціонування ЕС лежить використання знань, а маніпулювання ними здійснюється на базі евристичних правил, які сформовані експертом. Експертні системи видають поради, проводять аналіз, здійснюють класифікацію, надають консультації і ставлять діагноз. На відміну від звичайних програм, які використовують процедурний аналіз, ЕС вирішують завдання у вузькій предметній галузі на основі дедуктивних міркувань.

Окрім функціонального призначення ЕС класифікують за кількома структурними ознаками:

- способом формування рішення (аналізуючи або синтезуючи);
- часового обліку (статичні або динамічні);
- видом даних та знань (детерміновані або невизначені);
- кількістю джерел знань.

Під час розробки ЕС для певних предметних галузей використовують програмні оболонки, що вже існують.

Основу ЕС складає **база знань** (формалізовані емпіричні знання), що призначена для зберігання довготермінових даних, які описують об'єктну галузь і правила доцільних перетворень даних цієї галузі. Аналіз об'єктної галузі в ЕС здійснюється шляхом вибору адекватного рішення з бази знань при надходженні **бази даних**, що визначають окремі факти, які характеризують об'єкти, процеси та явища в предметній галузі.

Стосовно діагностики трактора як об'єктна галузь розглядається мехатронна система, а як предметна – її технічний стан. У такому разі як база знань розглядаються допустимі (еталонні) значення діагностичних параметрів і алгоритми функціонування справної системи (далі по тексту – база даних), а як база даних – поточні (фактичні) значення діагностичних параметрів і алгоритми функціонування системи по факту їх реалізації (далі по тексту – поточні дані). Зрозуміло, що вся поточна інформація про стан мехатронної системи, що надходить та зберігається в ЕС є параметрами електричних величин (сигналів), які аналізуються в інтерпретованому (кодовому) вигляді шляхом порівняння. При цьому можна розглядати і апаратну складову ЕС (рис. 8.2) [48].

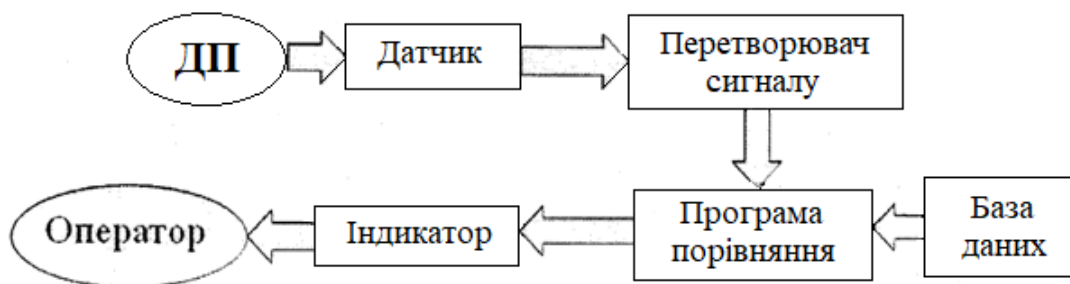


Рис. 8.2. Структурна схема діагностичної експертної системи

Залежно від призначення та режиму функціонування, інтегровані діагностичні системи мають різну структуру та поділяються на інформаційні системи, системи самодіагностики, адаптації та резервування (рис. 8.3).

Інформаційна діагностична система (рис. 8.3, а) – інтегрована система, побудована на базі експертної системи, призначена для контролю ДП об'єкта керування, яка виконує пасивні функції діагностики (реєстрація відхилень ДП за межі допустимих значень). Сигнали датчиків інформаційної системи не використовуються для реалізації процесу керування об'єктом і розглядаються тільки як діагностичні параметри. У базі даних ЕС зберігаються допустимі значення параметрів сигналів переліку датчиків інформаційної системи.

Система самодіагностики (рис. 8.3, б) – інтегрована діагностична система, побудована на базі експертної системи, призначена для діагностики елементів системи керування (датчиків, виконавчих пристроїв, ЕБК), яка виконує пасивні функції діагностики (реєстрація факту та локалізація несправності). Інформаційні сигнали датчиків і сигнали керування виконавчими пристроями системи самодіагностики використовуються для реалізації процесу керування об'єктом. Таким чином, режимні (робочі) сигнали системи керування (об'ємні стрілки зв'язків) одночасно розглядаються і як діагностичні параметри (тонкі стрілки зв'язків).

Система резервування (рис. 8.3, в) – інтегрована діагностична система, побудована на базі експертної системи, призначена для підтримки роботоздатності мехатронної системи у разі виходу з ладу окремих її елементів, яка виконує активні функції діагностики (апаратна заміна елемента або програмне заміщення сигналу). Система резервування, як і система самодіагностики, базується на аналізі поточної інформації, що надходить з робочих сигналів системи керування.

Система адаптації (рис. 8.3, г) – інтегрована діагностична система, побудована на базі експертної системи, призначена для підтримки оптимального керування об'єктом у разі впливу на мехатронну систему дестабілізуючих факторів (зовнішніх, структурних), виконує активні функції діагностики (корекція функцій перетворення у середовищі ЕБК). Використовується у гнучких (зі зворотними зв'язками) системах керування. Система адаптації відтворює функції системи автоматичного керування (стабілізації вихідного параметра), де в контурі зворотного зв'язку використовується датчик вихідного сигналу (параметра), а як опорний рівень розглядається зразкове значення цього параметра, що зберігається в базі даних ЕС.

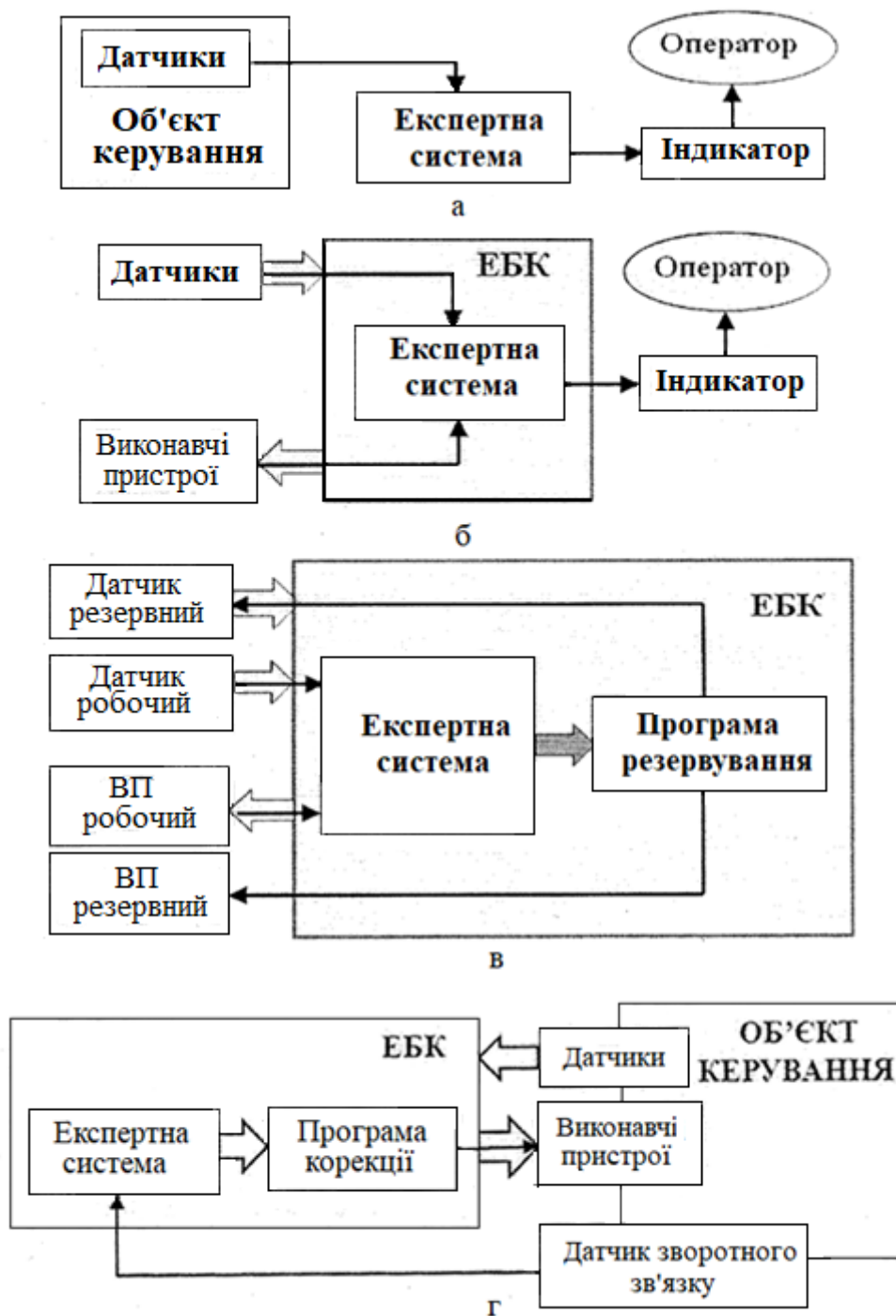


Рис. 8.3. Структурні схеми інтегрованих діагностичних систем:
 а – інформаційна; б – самодіагностики; в – резервування; г – адаптації

8.2. Засоби діагностування механізмів трактора за сукупністю механічних та електричних систем

Діагностичні прилади та устаткування для обслуговування поділяють на засоби діагностики електричних та неелектричних (механічних) систем. Прилади для діагностування електричних систем, у свою чергу, також можна поділити на прилади, що вимірюють електричні та неелектричні величини (параметри).

Діагностичні прилади та устаткування для обслуговування сучасних тракторів можна поділити на функціональні групи відповідно до призначення об'єктів діагностики (рис. 8.4).

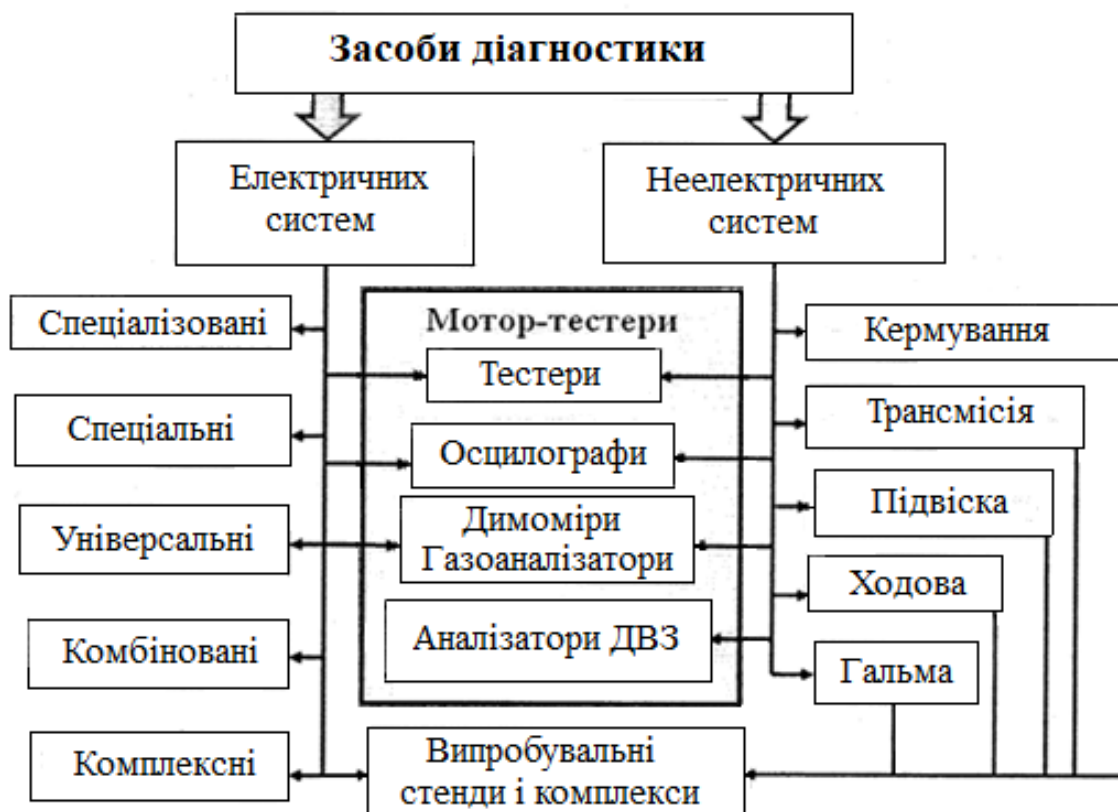


Рис. 8.4. Класифікація засобів діагностики трактора за призначенням та функціональним наповненням

Неелектричний діагностичний прилад – засіб діагностики, в якому вимірювання та реєстрація (індикація) неелектричного діагностичного параметра реалізується неелектричним способом за допомогою неелектричних приладів безпосередньої оцінки.

Електричні вимірювання неелектричних величин здійснюють тільки за допомогою перетворювачів неелектричної величини (впливу) до електричної (сигналу, параметра). Такі перетворювачі називають датчиками неелектричних величин (датчики температури, тиску, переміщення). Реєстрація неелектричної величини здійснюється непрямо на підставі показань електричних індикаторів (вимірювальних приладів).

Якщо діагностування електромеханічних агрегатів здійснюється у знятому з трактора стані (агрегатна діагностика), застосовуються випробувальні стенди для імітації механічних впливів на електричні пристрої (апарати, агрегати). До переліку таких стендів можна віднести стенди спеціального призначення (перевірки елементів паливних систем, пуску ДВЗ, електропостачання) та універсальні стенди комплексних перевірок електрообладнання.

Процес діагностування механічних систем трактора (керма, трансмісії, підвіски, ходової частини, гальм), зазвичай, потребує використання випробувальних стендів для імітації дорожніх умов, у яких перебуває (стенди з біго-

вими барабанами, вібростенди, поворотні платформи), з вимірювальними комплексами для реєстрації неелектричних діагностичних параметрів.

Діагностичний стенд – стаціонарне конструктивне та функціональне поєднання діагностичного установаження та діагностичних приладів.

Діагностична система – засіб діагностики, в якому реалізоване поєднання діагностичного обладнання та устаткування на функціональному (програмному) та апаратному рівнях.

Діагностичний комплекс – функціонально пов'язане діагностичне устаткування, до складу якого належать діагностичні стенди та прилади різного призначення (діагностичні пости, лінії).

Діагностичний пристрій – засіб діагностики, який належить до складу діагностичного приладу (стенда, комплексу), виконує певні функції перетворення, але не має операторської периферії (органів керування та індикаторів).

Діагностичне обладнання – засоби діагностики, що встановлюються на борту трактора або інтегроване в його агрегати чи системи (належить до складу трактора).

Діагностичне устаткування – засоби діагностики, що використовуються за межами борту (не належить до складу трактора).

Діагностичне установаження – засіб діагностики, за допомогою якого активізується (стимулюється) об'єкт діагностики з метою проведення перевірок.

Неелектричні вимірювання проводять за допомогою вимірювального інструмента та вимірювальних пристроїв безпосередньої оцінки (щупи, динамометри, термометри, манометри, ареометри).

Неелектричні (механічні, гідравлічні, пневматичні, оптичні) пристрої та системи в більшості випадків діагностуються за допомогою електричних вимірювальних систем з використанням датчиків неелектричних величин.

Засоби діагностики будь-якої технічної системи розрізняють за загальними класифікаційними ознаками: призначенням, категорією, структурою, функціональним наповненням, конструкційними атрибутами (рис. 8.5).

Функціональне призначення та категорія діагностичного засобу комплексно характеризують конструкцію або композицію та прив'язку засобу до об'єкта діагностики. Стосовно мехатронних систем розрізняють кілька категорій діагностичних засобів, що підпорядковані певним чином.

Відмінною рисою сучасних діагностичних приладів є їх мікропроцесорна будова, що дає можливість використовувати дисплейні засоби індикації у структурі приладу, або універсальні засоби комп'ютерної техніки (монітор, клавіатуру, принтер) як периферійне оточення приладу. Автономність таких приладів надає унікальну можливість використовувати їх під час діагностування систем трактора в дорожніх умовах.

Варто зазначити, що ДВЗ за функціональним складом є сукупністю механічних та електричних систем, і тому прилади для діагностування ДВЗ (мотор-тестери) розглядаються як комплекс вимірювальних приладів електричних та неелектричних параметрів систем ДВЗ. При цьому передбачається вимірювання діагностичних параметрів на робочих (тестових) режимах ДВЗ.



Рис. 8.5. Конструктивні рішення функціонального призначення засобів діагностики

Мотор-тестери – прилади призначені для діагностики систем електричних та неелектричних параметрів. У мотор-тестері, як основні, реалізовані функції осцилографа (аналізатора двигуна) та активатора спеціальних тестів на працюючому ДВЗ в автоматичному режимі. Мотор-тестери дають можливість проводити тести (аналізувати електричні та неелектричні діагностичні параметри).

До переліку параметрів, які контролюються за допомогою сучасних мотор-тестерів базової комплектації, слід віднести всі параметри, які перевіряються згаданими діагностичними приладами:

- значення напруги акумулятора;
- сила струму стартера і генератора;
- якість напруги бортової мережі живлення;
- параметри імпульсних напруг у колах;
- значення параметрів імпульсних сигналів датчиків;
- час накопичення енергії та значення струму;
- ефективна потужність ДВЗ;
- циклова витрата пального;
- тиск у паливній магістралі;
- розрідження у впускному трубопроводі;
- частота обертання колінчастого вала;
- температура оливи;
- кути замкнутого стану контактів переривача і випередження запалювання;
- величина розрідження у впускному колекторі.

Портативні мотор-тестери поєднують в одному корпусі вимірювальний блок і засоби відображення інформації (дисплей), керування (клавіатуру) і комунікацій (рознімач), живляться від бортової мережі трактора або від автономного акумулятора.

Портативна конструкція дає можливість використовувати прилади під час руху трактора, спостерігати за зміною параметрів і визначати приховані та непостійні несправності через порт діагностичного рознімача.

Портативний прилад доцільно використовувати як накопичувач оперативної діагностичної інформації з наступним її детальним аналізом за допомогою персонального комп'ютера у стаціонарних умовах (перегляд збережених осцилограм і даних на зручному моніторі, ведення клієнтської бази, оновлення програмного забезпечення, роздрукування отриманих даних).

Комплектація портативних версій мотор-тестерів, звичайно, забезпечує функції сканера, газоаналізатора, осцилографа і мультиметра. Завдяки відсутності вмонтованої експертної системи вартість таких приладів нижча вартості консольних мотор-тестерів майже вдвічі.

У більш потужних мотор-тестерах діагностичні дані зчитуються й обробляються мікропроцесором та виводяться на монітор у модифікованому вигляді, зручному для аналізу й постановки діагнозу. Такі мотор-тестери додатково дають можливість реєструвати електричні параметри на цифровому рівні й оцінювати:

- відносну ефективну потужність;
- втрати потужності при нестабільних режимах;
- баланс циліндрів за відносною компресією;
- нерівномірність частоти обертання колінчастого вала двигуна;
- кут випередження початку подачі пального;
- тривалість подачі пального;
- максимальний тиск впорскування пального;
- остаточний тиск у трубопроводі високого тиску.

Мотор-тестери останнього покоління використовуються для діагностування тракторів з мікропроцесорними системами керування, в яких є інтегровані діагностичні системи (системи самодіагностики). Характерною ознакою таких мотор-тестерів є наявність у їх структурі (комплектації) діагностичного сканера, який підключається до діагностичного рознімача системи керування трактора.

Сучасний мотор-тестер на базі персонального комп'ютера (ПК) має такі можливості:

1. Наявність багатоканального цифрового осцилографа для контролю вихідних кіл систем запалювання і живлення, в тому числі і високовольтної частини.
2. Спільна робота с газоаналізатором, димоміром.
3. Наявність цифрового мультиметра з можливістю виведення параметрів у графічному вигляді.
4. Реалізація тестів системи енергопостачання (отримання діаграм струмів та напруг при пуску) з використанням струмових датчиків.

5. Тестування і моніторинг механічних систем ДВЗ через датчики тиску (діаграми тиску: у впускному колекторі, в циліндрі, в паливній магістралі).

6. Наявність бази даних нормативних параметрів діагностування систем двигуна.

7. Ведення бази даних клієнтів з можливістю запису параметрів діагностування і робіт щодо усунення неполадок.

Найбільш досконалі мотор-тестери дають можливість у режимі реального часу порівнювати еталонні та реальні параметри сигналів, а також визначати попередній діагноз за допомогою автоматизованих експертних систем постановки діагнозу.

Непостійні або ті, що не повторюються, відмови можуть бути виявлені тільки при постійному діагностуванні параметрів трактора під час експлуатації. Це роблять бортові діагностичні системи, що є частиною програмного забезпечення ЕБК двигуна.

Інформація, яку надають мотор-тестери, знімається безпосередньо з двигуна і дає можливість знайти несправності, які недоступні сканеру. До такої інформації відносяться форми напруги та струмів датчиків і виконавчих механізмів. За допомогою мотор-тестера з'являється можливість оцінити процес згорання паливно-повітряної суміші. За формою осцилограм можна зробити висновок про стан форсунок, компресії, стану клапанів, складу суміші.

У блоки керування електронними системами сучасних тракторів вбудована функція самодіагностики, яка дає можливість виявляти несправності датчиків, електропроводки і самого блока. Для зчитування цієї інформації трактори оснащуються діагностичними рознімачами для підключення до них сканерів.

8.3. Засоби діагностування мехатронних та електронних компонентів і систем

Ефективність процесів діагностування визначається не тільки якістю алгоритмів, але і якістю засобів діагностування (в не меншій мірі).

Види і засоби діагностування електрообладнання двигуна трактора класифікують на дві основні групи: вбудовані або бортові засоби і зовнішні пристрої. У свою чергу, вбудовані засоби поділяються на інформаційні, сигнальні та програмовані (запам'ятовуючі). Зовнішні засоби поділяють на стаціонарні та переносні.

Засоби діагностики мехатронних систем можна класифікувати за кількома загальними ознаками, серед яких можна виділити дві основних: за типом об'єкта керування (призначення мехатронної системи) і за видом діагностичного параметра (рис. 8.6).

Додатково можна розрізняти засоби агрегатної і бортової діагностики. У разі агрегатної діагностики окремих елементів системи керування використовують спеціальні тестери, що забезпечують імітацію умов експлуатації (заміщають об'єкт керування). Для активізації датчиків використовують стимулятори неелектричних величин, а вихідні параметри реєструються вимірювальними приладами електричних величин. Під електричними параметрами розу-

міють параметри електричних величин (значення напруги, сили струму), сигналів (амплітуда, частота, шпаруватість, тривалість) та електричних характеристик (опір, ємність, індуктивність).



Рис. 8.6. Засоби й об'єкти діагностики мехатронних систем:

ВП – виконавчий пристрій; ІД – інформаційний датчик; ЕП – електричний (електронний) пристрій; ДП – діагностичний параметр; ЕБК – електронний блок керування; ДВЗ – двигун внутрішнього згорання; АБС – антиблокувальна система; АКП – автоматична коробка передач

Процес діагностування датчиків і виконавчих пристроїв ЕБК в системах керування полягає у порівнянні значень діагностичних параметрів, які вимірюють на їх виводах, з паспортними (довідковими) даними. Перевірку параметрів елементів системи виконують у їх робочому (увімкненому) стані або у вимкненому стані в тракторі або ж в умовах електричного стенда. У першому випадку для електричних елементів установлюється факт наявності несправності (застосування вольтметра), у другому – підтверджується діагноз і локалізується місце пошкодження (застосування омметра).

Для активізації виконавчих пристроїв використовують імітатори вхідних сигналів системи керування (апаратні драйвери), а вихідні параметри реєструються вимірювальними приладами неелектричних величин безпосередньої оцінки. Агрегатна діагностика ЕБК системи керування, як і будь-якого електронного блока, полягає у його тестуванні. При цьому стимуляція ЕБК здійснюється з допомогою імітатора сигналів датчиків та джерел живлення, а реєстрація вихідних сигналів на еквівалентах навантаження здійснюється вимірювальними приладами електричних величин: вольтметрами, осцилографами, мультиметрами.

Результатом діагностування за вихідними (на виході об'єкта керування)

або за структурними параметрами (на виході системи керування) мехатронної системи є відповідь на запитання «що несправне?»: механіка чи електроніка.

Симулятори навантаження виконавчих пристроїв у більшості випадків є резистивними еквівалентами електричних елементів виконавчих пристроїв. Вони підключаються до рознімачів заміщуваних виконавчих пристроїв. Імітатори датчиків і симулятори виконавчих пристроїв дають можливість протестувати ЕБК системи керування і локалізувати місце пошкодження кабельної мережі підключення периферійних пристроїв ЕБК.

Емулятори ЕБК – це комбіновані контрольно-вимірювальні прилади, в структурі яких передбачені драйвери виконавчих пристроїв та вимірювачі електричних величин (напруги, струму, опору). Емулятори ЕБК підключаються у кабельну мережу систем замість штатного ЕБК. Дозволяють проводити перевірку кіл зовнішніх підключень шляхом вимірювання опору; контролювати сигнали, що надходять від датчиків; активізувати (перевіряти) виконавчі пристрої шляхом подачі керуючих сигналів (стимулів) оператором. На рис. 8.7, як приклад, зображено емулятор ЕБК, який використовується для тестування гальмівних систем з ABS (тестер ABS).

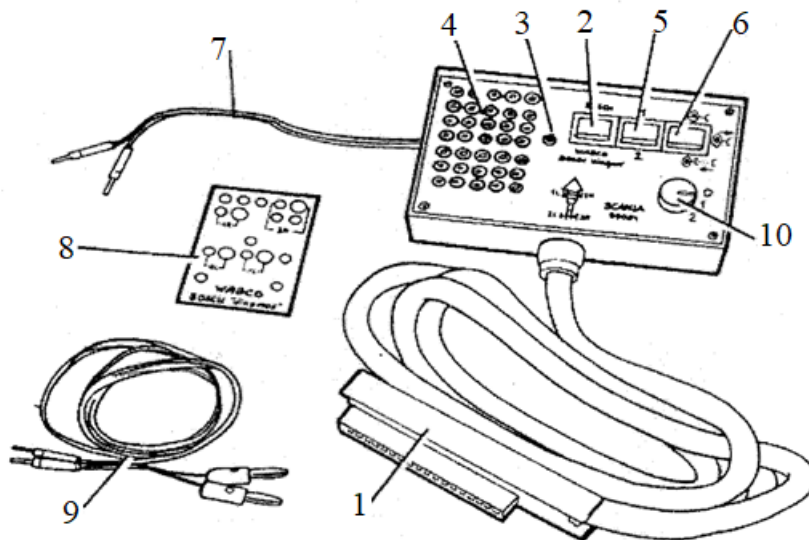


Рис. 8.7. Контрольно-вимірювальний прилад Scania 99084:

1 – рознімач ЕБК; 2 – системний перемикач; 3 – світлодіод; 4 – точки вимірювання параметрів; 5 – перемикач реле; 6 – перемикач клапана; 7 – вимірювальні кабелі; 8 – матриця; 9 – кабелі підключення універсальних вимірювальних приладів; 10 – перемикач режиму

Для контролю неелектричних параметрів мехатронних систем використовують електричні прилади вимірювання неелектричних параметрів і вимірювальні прилади безпосереднього оцінювання. В електричних приладах використовують перетворювачі (датчики) неелектричної величини в електричну (вимірювальні зонди), у приладах безпосереднього оцінювання неелектрична величина реєструється безпосередньо механічним способом (компресметри, вакуумметри, вимірювачі тиску пального, оливи, підсмоктування повітря, негерметичності та ін.).

Засоби контролю діагностичних параметрів механічних систем ДВЗ, які можна класифікувати за видом параметрів, функціональним наповненням та призначенням, приведені на рис. 8.8.



Рис. 8.8. Класифікація засобів контролю і діагностування мехатронних систем ДВЗ

Слід пам'ятати про можливі перешкоди у вигляді статичного заряду, що при потраплянні в датчики та інтерфейсні схеми впливає на їх вихідні сигнали. Прикладом цього може бути торкання до чутливих електронних деталей, що призводить до статичного заряду, який з часом може зникати і з'являтися знову. Рухи рук, ніг, корпусу, доторкування до обивки сидінь можуть призвести до швидкого повторного накопичення заряду.

Для зняття статичного заряду перед роботою з будь-яким електронним пристроєм треба торкнутися рукою з робочим інструментом корпусу трактора. Зокрема для кожної системи керування обумовлюються додаткові застереження та попередження, пов'язані з особливостями функціонування та призначенням системи.

Шуми в датчиках та інтерфейсних системах залежать від їх захищеності від шумів зовнішніх джерел. Прикладами розповсюджених шумів є сплески напруги на лінії живлення, блискавки, зміни навколишньої температури, сонячна активність, магнітні, електростатичні та радіочастотні електромагнітні поля, сили гравітації, вібрація (прискорення), іонізуючі випромінювання, хімічні речовини. Способами їх розповсюдження є ємнісний зв'язок, магнітні поля,

проводи, монтаж. Прийомними пристроями є чутливі елементи електронних схем, резистори, конденсатори, передпідсилювачі.

Оскільки в мехатронних системах електричні системи пов'язані з механічними, можна вважати, що вихідні параметри мехатронної системи (механічної частини) непрямо визначаються через вихідні, а відповідно і структурні параметри електричної частини. Стосовно мехатронної системи ДВЗ таке твердження трактується відповідно до тягово-швидкісних характеристик на виході трансмісії та складу відпрацьованих газів (рис. 8.9).

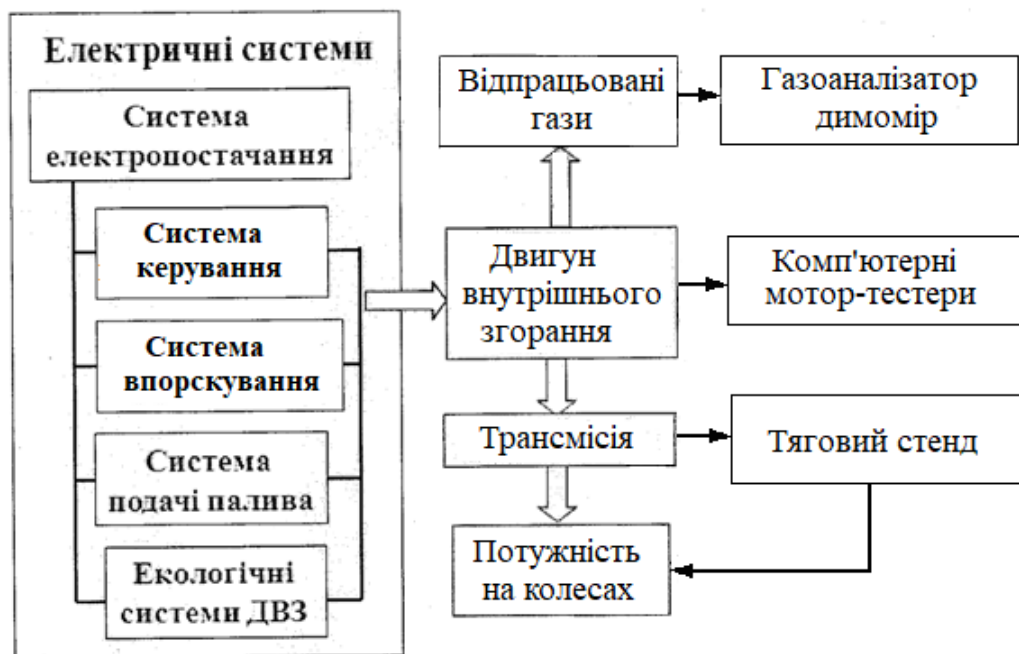


Рис. 8.9. Структура комплексної діагностики трактора

Таким чином, для діагностування електричних систем трактора наряду з універсальними приладами вимірювання електричних параметрів використовуються і засоби діагностики неелектричних систем, що застосовуються при діагностичних лініях (реглюскоп, димомір, газоаналізатор, мотор-тестер, тяговий стенд), спеціальні стенди та спеціалізовані прилади агрегатної діагностики (комплексні засоби діагностування).

Комплексні засоби діагностики (діагностичні комплекси) – програмно-апаратні засоби та діагностичне устаткування, що призначені для контролю комплексу діагностичних параметрів (пости та лінії діагностики).

Комп'ютерна діагностика мехатронних систем під час їздових випробувань трактора здійснюється за допомогою портативних діагностичних сканерів.

Персональні комп'ютери (ПК) можна використовувати як ноутбук, так і планшет. Вони дають можливість працювати завжди гнучко і комфортно, особливо у суворому середовищі майстерні, керувати тестовими та діагностичними системами. ПК є важливою ланкою в сучасній майстерні.

У базі даних ЕБК для порівняння зберігаються верхні та нижні значення (рівні) сигналів, кількість помилкових сигналів за певний період часу, недостовірні комбінації сигналів, рівні сигналів за межами адаптивних значень.

Якщо параметр, що порівнюється (перевіряється), має недопустимі чи недостовірні значення або спостерігаються «загальмовані» сигнали, до пам'яті ЕБК заноситься код несправності (код помилки).

Для зберігання кодів помилок в ЕБК використовується енергонезалежна пам'ять. Функціонування (живлення) мікросхем пам'яті забезпечується окремим проводом (що не відключається від АКБ) або мініатюрним акумулятором, розташованим в ЕБК. За необхідністю код несправності з пам'яті може буди вилучений оператором для ідентифікації несправності та подальшої її локалізації та усунення.

Під час роботи системи керування у справному стані параметри сигналів мають допустимі значення, що знаходяться у межах робочого діапазону (від верхнього до нижнього рівня). Недопустимі значення можуть бути при несправному стані системи та виходять за межі робочого діапазону. Недостовірні сигнали не виходять за межі значень робочого діапазону, але не можуть існувати у заданому режимі функціонування системи у справному її стані.

8.4. Універсальні та програмно-апаратні засоби загальної і бортової діагностики

Універсальні_вимірювальні прилади загального призначення (осцилографи, мультиметри, вимірювальні генератори електричних сигналів) та універсальні прилади (осцилографи, автотестери, імітатори сигналів) використовуються для діагностування будь-якої електричної системи за параметрами електричних сигналів та кіл (рис. 8.10).

Цифровий мультиметр – це цифровий тестер з багатосегментним дисплеєм з високим входнім опором. Цифровий мультиметр є невід'ємною частиною діагностичного обладнання. Виконує функції кількох вимірювальних приладів, вимірює силу струму, напругу, частоту, тривалість імпульсів. На сьогодні випущено багато типів цих приладів.



а



б



в

Рис. 8.10. Зовнішній вигляд діагностичних приладів:
а – мультиметр; б – осцилограф; в – сканер

Мультиметри (автотестери, кишенькові тестери, мультископи) мають розширені функції та діапазони вимірювань параметрів. Такі прилади постачаються разом з датчиками зовнішніх вимірів (вимірювальними зондами). Завдяки цьому дають можливість додатково вимірювати:

- частоту електричних імпульсів до 200 кГц;
- швидкість обертання колінчастого вала 0-10000 хв⁻¹;
- кут замкнутого стану контактів – 0-80%;
- електричний опір - 0,01 Ом-40 МОм;
- напругу змінного та постійного струму – 0,1 мВ-1000 В;
- постійний струм – 0,01 мА-2000 А;
- розрідження та тиск газів і рідини;
- температуру газів, рідин та твердої поверхні до 1290 °С.

Для живлення мультиметрів використовуються, як правило, автономні джерела напруги.

Осцилограф – це найчастіше двомірний електронний вольтметр, який показує, як напруга змінюється в часі. Осцилографи останнього покоління відрізняються від осцилографів попереднього покоління наявністю: кількох вимірювальних каналів; можливості перетворення (модифікації) інформаційних сигналів та отримання зображень на цифровому рівні; здатності працювати в режимі запам'ятовування зображення і даних. Наряду з цим мікропроцесорна будова приладу дає можливість автоматизувати процеси вимірювання і статистичної обробки вимірюваної інформації.

Осцилографи комплектуються адаптерами підключення вимірювальними зондами електричних і неелектричних величин.

Моделі осцилографів відрізняються одна від одної за експлуатаційними показниками та технічними характеристиками: кількістю вимірювальних каналів; особливостями каналу синхронізації, запам'ятовування, обробки та зберігання інформації; розміром та роздільною здатністю екрана; додатковими опціями керування та модифікації зображення.

Вимірювальні канали осцилографів за призначенням поділяють на універсальні (до 50 В), первинної напруги системи (до 1000 В), вторинної напруги системи (до 50 кВ). Для перегляду осцилограм запалювання всіх циліндрів одночасно на одному каналі використовуються спеціальні кабелі-суматори.

Основними параметрами кожного каналу є: межа виміру напруги, діапазон часового розгортання, вхідний опір. Діапазон часового розгортання для цифрових осцилографів визначається частотою дискретизації аналого-цифрового перетворення сигналу. Синхронізація сигналу дозволяє спостерігати стійкий періодичний сигнал із прив'язкою до певного моменту запуску часового розгортання. Для виявлення нестабільності сигналу при стаціонарних змінах частоти робочих процесів використовується режим післясвітіння (повторення попереднього циклу розгортання зі зменшеною яскравістю).

Сучасні осцилографи підтримують опцію автоматичного налаштування (розгортання, синхронізація) для спостереження за сигналами певних типів датчиків і виконавчих механізмів.

Діагностичні сканери (діагностичні комп'ютери) – прилади, що призначені для діагностування мікропроцесорних систем керування з інтегрованою системою самодіагностики. У поєднанні з бортовим комп'ютером сканер утворює локальну комп'ютерну мережу, яка розглядається як комп'ютерна діагностична система (рис. 8.11).

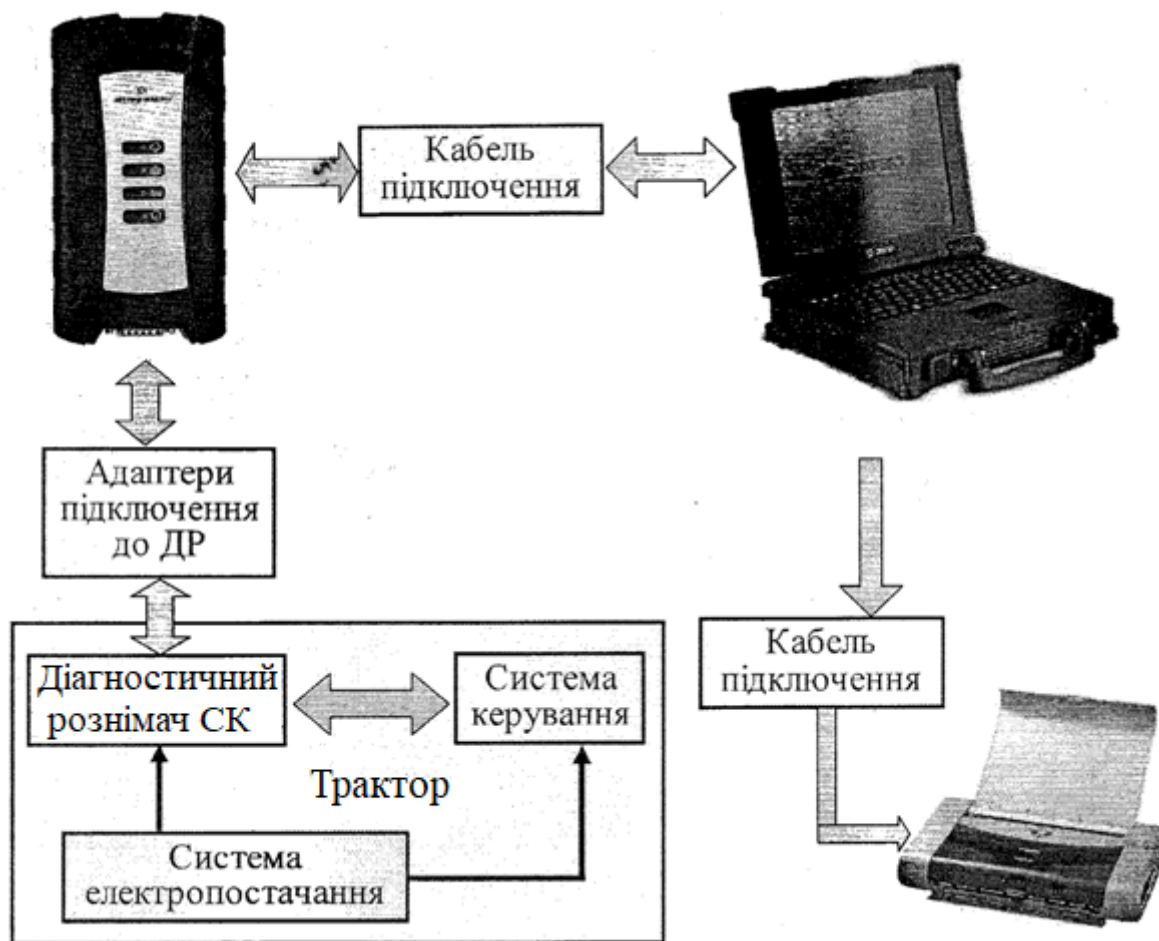


Рис. 8.11. Конфігурація програмно-апаратного діагностичного сканера

Підключення сканера до трактора здійснюється через діагностичний рознімач системи керування (див. рис. 8.12, 8.13). Сканер отримує доступ до внутрішньої інформації ЕБК, забезпечує зчитування та стирання кодів несправностей, що формуються під час технологічного транспортного процесу або їздових випробувань і видає цю інформацію на дисплей. Додаткові функції сканера полягають у реєстрації даних про режимні параметри електричних кіл системи керування та забезпеченні тестових впливів на об'єкт керування шляхом формування сигналів керування виконавчими пристроями. Обмін інформацією між сканером і бортовою системою керування (зчитування даних та команди керування) відбувається на цифровому рівні у вигляді послідовних кодів, що формуються в середовищі електронного блока керування (ЕБК), та діагностичного комп'ютера. Тому на відміну від мотор-тестера, сканер не дає жодних відомостей про параметри електричних процесів у високовольтній частині си-

стеми, електричних пристроїв, що керуються дистанційно через виконавчі реле, та стан механічних вузлів двигуна. Оскільки сканер не є вимірювальний прилад, а всього лише дешифратор, його можливості обмежені програмою, закладеною в ЕБК. Повнота діагностичної інформації, що одержана за допомогою сканера, та універсальність його застосування на тракторах різних марок залежить від розробників системи керування та сканера.

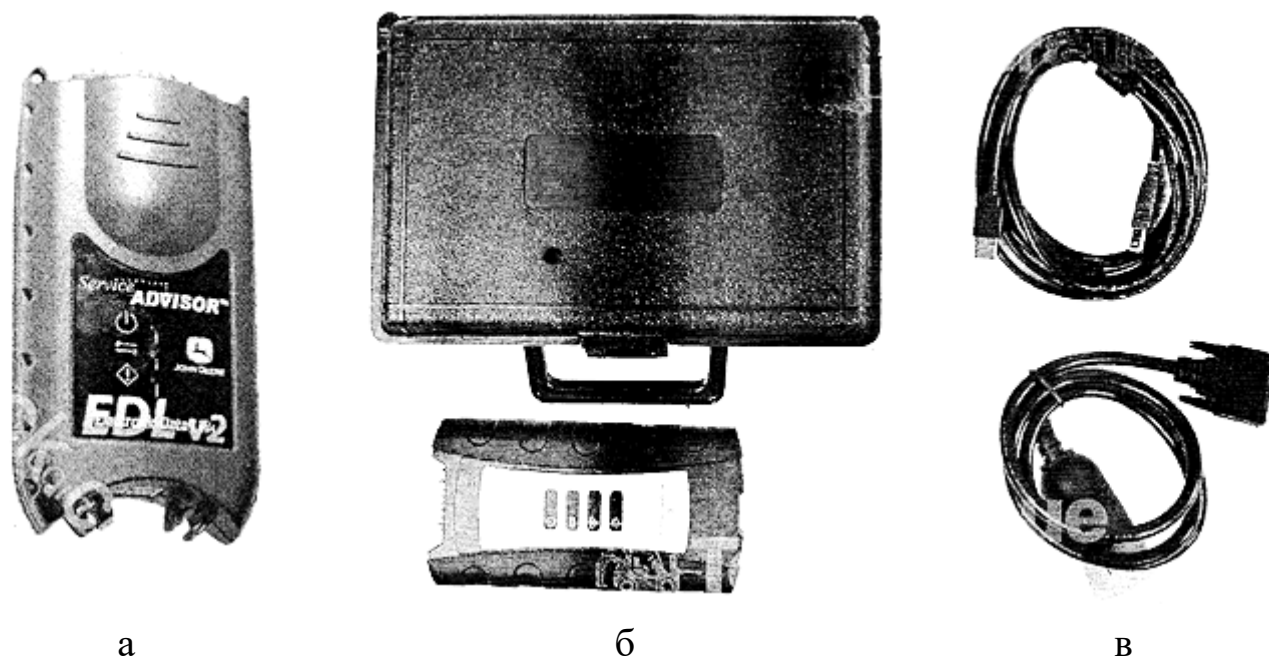


Рис. 8.12. Прилади для діагностування мехатронних і електронних систем трактора:

а – автотестер для діагностування трактора John Deere EDLV2; б – сканер Data Link V3 з адаптером V5.3 JDL V3; в – діагностичні адаптери для підключення сканера і принтера



Рис. 8.13. Діагностичні адаптери підключення сканерів і принтера

Для підвищення ефективності використання в сканерах передбачається підключення периферійних пристроїв таких, як персональний комп'ютер, принтер, інформаційні картриджі.

Підключення сканера до персонального комп'ютера через послідовний порт розширює можливості спостереження та аналізу даних, що зчитуються з бортового комп'ютера. Спеціальне програмне забезпечення дає можливість переглядати дані зі сканера у модифікованому (табличному, графічному) ви-

гляді на моніторі комп'ютера, зберігати їх, створювати бази даних тракторів, що обслуговуються.

Слід відмітити, що сканер не замінить манометр або омметр, за його допомогою не можна визначити компресію в циліндрі або порушення електричної ізоляції. Тому недоцільно використовувати сканер до проведення базових перевірок паливної системи, електричних з'єднань, компресії в циліндрах. Крім того, наявність помилок (кодів несправностей), які реєструє сканер, не є достатньою інформацією, щоб зробити висновок про технічний стан датчика або виконавчого пристрою, а відсутність помилок не є однозначним критерієм для висновку про справний стан системи керування.

Сумісність діагностичного приладу та системи керування, що перевіряється, визначається їх програмним забезпеченням (протоколом обміну) та типом (конфігурацією) діагностичного рознімача. Програмна універсальність сканерів забезпечується використанням інформаційних картриджів (програмних носіїв), а апаратна – комплектом адаптерів підключення до діагностичних рознімачів бортової системи. Порядок обміну інформацією між сканером та ЕБК визначається виготовлювачем ЕБК і називається протоколом. Таким чином, застосування сканерів визначається протоколом обміну. З цього приводу з'явилися мультимарочні та системні сканери, що забезпечують діагностику значної кількості марок тракторів різних виробників (різних протоколів) і переліку систем керування за призначенням.

Апаратне узгодження автономних діагностичних приладів з бортовою системою самодіагностики (діагностичним рознімачем (див. рис. 8.11) і периферійними комп'ютерними пристроями здійснюється за допомогою комунікаційних пристроїв, до яких належать інформаційні кабелі, адаптери підключення до діагностичного рознімача та діагностичні адаптери (рис. 8.12, 8.13).

8.5. Засоби комп'ютерної діагностики

Для діагностування сучасних тракторів широко використовуються комп'ютерні мотор-тестери, системи діагностування, сканери, осцилографи, мультиметри, стенди для контролю двигунів, ходової частини, трансмісії та інших вузлів і агрегатів, які випускають фірми Bosch, SUN, Nextech, Texa, Autologic та ін.

Для підвищення ефективності ТО та Р тракторів потрібна індивідуальна інформація про їх технічний стан до і після ТО та Р з використанням сервісних інтелектуальних програм.

Засоби комп'ютерної діагностики мехатронних систем поєднують бортові інтегровані діагностичні системи, діагностичні прилади зовнішнього підключення і пристрої, які забезпечують універсальність використання останніх (рис. 8.14).

Прилади комп'ютерної діагностики мають у своєму складі головний програмний модуль (діагностичний комп'ютер). Одним із способів діагностування мікропроцесорних систем керування з інтегрованою діагностичною системою

(бортовий комп'ютер) є використання персонального комп'ютера. Таким чином, у засобах комп'ютерної діагностики слід розрізняти поняття діагностичний комп'ютер, бортовий комп'ютер, персональний комп'ютер.



Рис. 8.14. Класифікація засобів комп'ютерної діагностики

Діагностичні сканери Texa Navigator TXTs, CANUSB, New Holland, Launch X431 HD BOX III, Jaltest для діагностики імпортової сільгосптехніки, тракторів, комбайнів дають можливість зчитувати дані з датчиків у реальному масштабі часу, міняти блоки керування, проводити калібрування, також діагностувати двигун, АКП, підвіску, гальмівну систему, електронну комбінацію приладів та інші системи.

Прилади комп'ютерної діагностики різняться за функціональним наповненням і призначенням (сканери, мотор-тестери, комбіновані прилади) та програмно-апаратною реалізацією діагностичних функцій.

Комбіновані комп'ютерні прилади на відміну від сканерів реалізують додаткові функції вимірювальних приладів: цифрового запам'ятовуючого осцилографа, мультиметра, імітаторів сигналів датчиків та керуючих сигналів виконавчих пристроїв.

Програмно-інформаційні пристрої є додатковими апаратними носіями інформації (програми, бази даних, каталоги, пошукові системи, help-системи), що використовуються у складі перелічених діагностичних приладів та забезпечують їх програмну універсальність застосування.

Комплектація діагностичного комп'ютерного приладу містить стандартний набір кабелів. Головний кабель каналу зв'язку з'єднує діагностичний рознімач трактора з приладом та використовується для передачі даних. Рознімачі на кінцях кабелю ідентичні. З одного кінця приєднується діагностичний при-

лад, а рознімання на іншому кінці кабелю через адаптер прилад підключається до діагностичного рознімача трактора.

Кабель для принтера з'єднує порт (зазвичай RS-232) діагностичного приладу з принтером. Кабель (адаптер) для оновлення програмного забезпечення з одного кінця приєднується до головного кабелю як адаптер, з іншого – до персонального комп'ютера, за допомогою якого здійснюється оновлення.

Мікропроцесорна основа діагностичних приладів дає можливість використовувати цифрові прилади та пристрої загального і спеціального призначення як допоміжні функціональні блоки (рис. 8.15).



Рис. 8.15. Периферійне оточення приладів комп'ютерної діагностики:

а – персональний комп'ютер; б – портативний принтер

Застосування програмних сканерів. Програмні сканери – це комплект інформаційного диска з програмним забезпеченням, що встановлюється на персональному комп'ютері (ПК), та діагностичний адаптер підключення до діагностичного рознімача трактора (рис. 8.16).

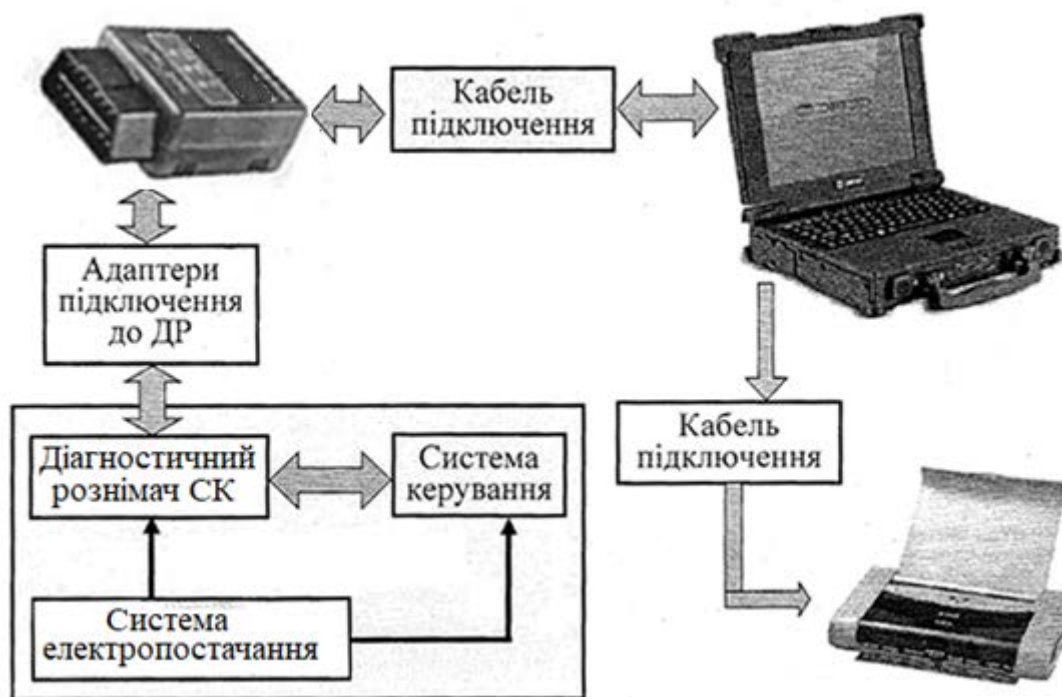


Рис. 8.16. Конфігурація програмного діагностичного сканера

Діагностичні адаптери – пристрої узгодження бортової системи діагностики трактора безпосередньо з ПК. Функціональні можливості програмного сканера цілком визначаються обсягом та змістовністю програмного забезпечення щодо їх використання. Наприклад, програма обмеженої потужності для діагностування систем керування ДВЗ забезпечує основні функції діагностичного сканера: графічну інтерпретацію параметрів, додаткові тести автоматичних випробувань, програми обробки та зберігання даних клієнтури, сервісні опції користувача тощо. Діагностичні адаптери відрізняються типом рознімача з боку підключення до борта трактора та способом підключення до ПК (рис. 8.12, 8.13).

Підключення до ПК здійснюється через вільний порт (USB або RS232). Варто додати, що діагностичний адаптер не перетворює, а тільки нормалізує сигнал двійкового коду і тому один тип адаптера може працювати з кількома програмами.

Деякі сканери мають і апаратну, і програмну (компакт-диск) версії.

Комбіновані комп'ютерні прилади на базі діагностичного комп'ютера поєднують функції діагностичного сканера, додаткові функції універсальних вимірювальних приладів (цифрового запам'ятовуючого осцилографа, мультиметра) та спеціальних тестерів (імітаторів сигналів датчиків та керуючих сигналів виконавчих пристроїв). Зазвичай такі прилади містять бази даних (у ППЗП або на зовнішніх носіях).

Підключення комбінованих приладів здійснюється не тільки до діагностичного рознімача (ДР) бортової системи керування (як сканер), а і безпосередньо до кіл електричних систем, включаючи зовнішні підключення ЕБК (рис. 8.17).

Така конфігурація приладу дозволяє проводити більш глибоку локалізацію несправності (визначити місце порушення кола) та перевіряти кола електричних систем, що керуються на дистанції (виконавчі реле) та не підлягають ідентифікації інтегрованою системою самодіагностики. На відміну від підтримки графічного режиму (кодова інформація з діагностичного рознімача) режим осцилографа забезпечує безпосереднє (аналогова інформація) осцилографування сигналів та реєстрацію параметрів у масштабі реального часу.

Для реалізації функцій комбінованого приладу використовуються 16-розрядні процесори.

Зв'язок з периферійними комп'ютерними приладами здійснюється через порти вводу-виводу RS232, H-Bus, USB. Живлення приладів передбачає коливання рівня постійної напруги в межах 8-18 В.

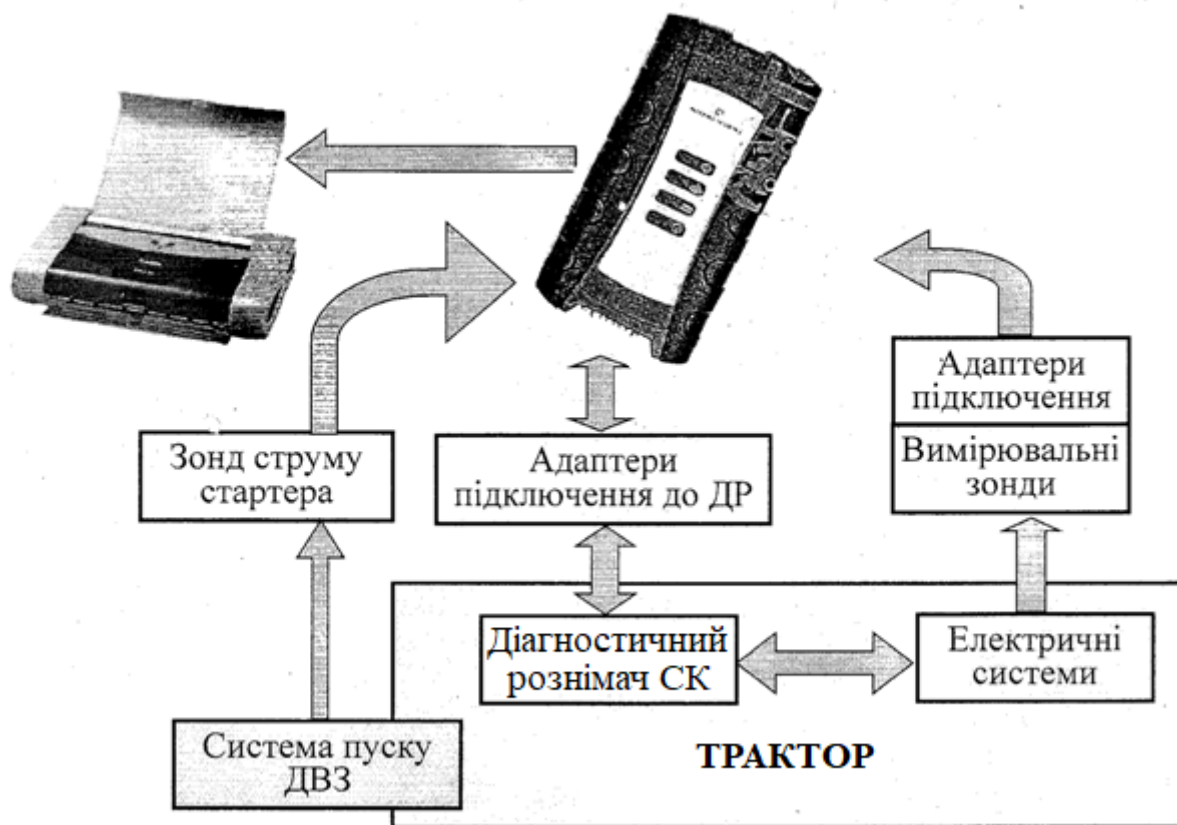


Рис. 8.17. Конфігурація комбінованого приладу комп'ютерної діагностики

8.6. Характеристика систем самодіагностики

8.6.1. Загальна характеристика

Необхідність упровадження систем самодіагностики (СД) пов'язана з підвищенням складності та вартості електронних систем та підвищенням витрат на проведення діагностичних операцій традиційними способами. Встановлення достовірного діагнозу вимагає високої інженерної кваліфікації від фахівця, який здійснює аналіз інформації, отриманої від системи самодіагностики, а також потребує досить тривалого часу для пошуку несправності. Тому тенденція розвитку засобів діагностики складних електричних систем полягає у розміщенні їх на борту трактора як інтегрованих діагностичних систем. При цьому діагностичний прилад зовнішнього підключення забезпечує тільки функції операторської периферії (органи керування й індикатор) та буферного пристрою (інтерфейсу). Таким чином, діагностичне обладнання постів діагностики переходить у ранг діагностичного обладнання трактора.

Система бортової самодіагностики є складовою частиною систем керування двигуном та агрегатами трактора. Система СД може бути інтегрована в окремі системи керування або реалізована на базі центрального бортового комп'ютера, який контролює функціонування кількох систем керування одночасно.

Система СД контролює стан датчиків системи керування, впливає на функціонування виконавчих пристроїв, повідомляє водія (оператора) про наявність несправності, локалізує та ідентифікує несправність під час її виникнення, здійснює захисні функції.

8.6.2. Функціональне призначення системи самодіагностики

Під час звичайної експлуатації трактора бортовий комп'ютер періодично тестує електричні та електронні системи та їх компоненти. У разі виявлення несправності контролер комп'ютера переходить в аварійний режим роботи, підставляючи значення параметра, яке пасує при цьому, замість того, що дає несправний блок. Протоколи зв'язку надають діагносту низку стандартних функціональних можливостей щодо режимів діагностування. В окремих випадках доцільно за командою датчика здійснювати автоматичну зупинку трактора або інші дії з метою недопущення аварійного стану або викиду робочої рідини, що знаходиться під тиском.

Водій отримує інформацію про несправність за допомогою контрольної лампи «Check Engine» (перевірити двигун) або світлодіода, що розташовані на панелі приладів. Мікропроцесор ЕБК заносить специфічний код несправності в пам'ять, яка здатна зберігати інформацію у разі відключення живлення ЕБК. Це забезпечується підключенням мікросхем пам'яті окремим кабелем до акумуляторної батареї або застосуванням малогабаритних підзаряджувальних акумуляторів, розташованих на друкованій платі ЕБК.

Функціонування системи СД полягає у постійному або періодичному порівнянні електричних сигналів (значень параметрів) кіл електронного блока керування з переліком контрольованих параметрів, що занесені до постійної пам'яті (бази еталонних даних) ЕБК.

Функції бортової системи самодіагностики показані на рис. 8.18. Система СД може бути інтегрована в окремі системи трактора (керування двигуном, вузлами, агрегатами) або реалізована на базі центрального бортового комп'ютера, який контролює функціонування кількох систем керування одночасно.

Система СД контролює стан датчиків системи керування, впливає на функціонування виконавчих пристроїв, повідомляє водія (оператора) про наявність несправності, локалізує та ідентифікує несправність під час її виникнення, здійснює захисні функції, повідомляє діагностичну інформацію в служби технічної експлуатації (рис. 8.18).

Діагностична інформація, яка формується у системі СД, використовується не тільки для пасивного повідомлення водія чи оператора про наявність та вид несправності, але й активно впливає на несправну систему керування, нормалізуючи її роботу. Такий автоматичний вплив (аварійний режим) є необхідним для забезпечення роботоздатності трактора на режимах, близьких до оптимальних, доки несправність буде усунено.

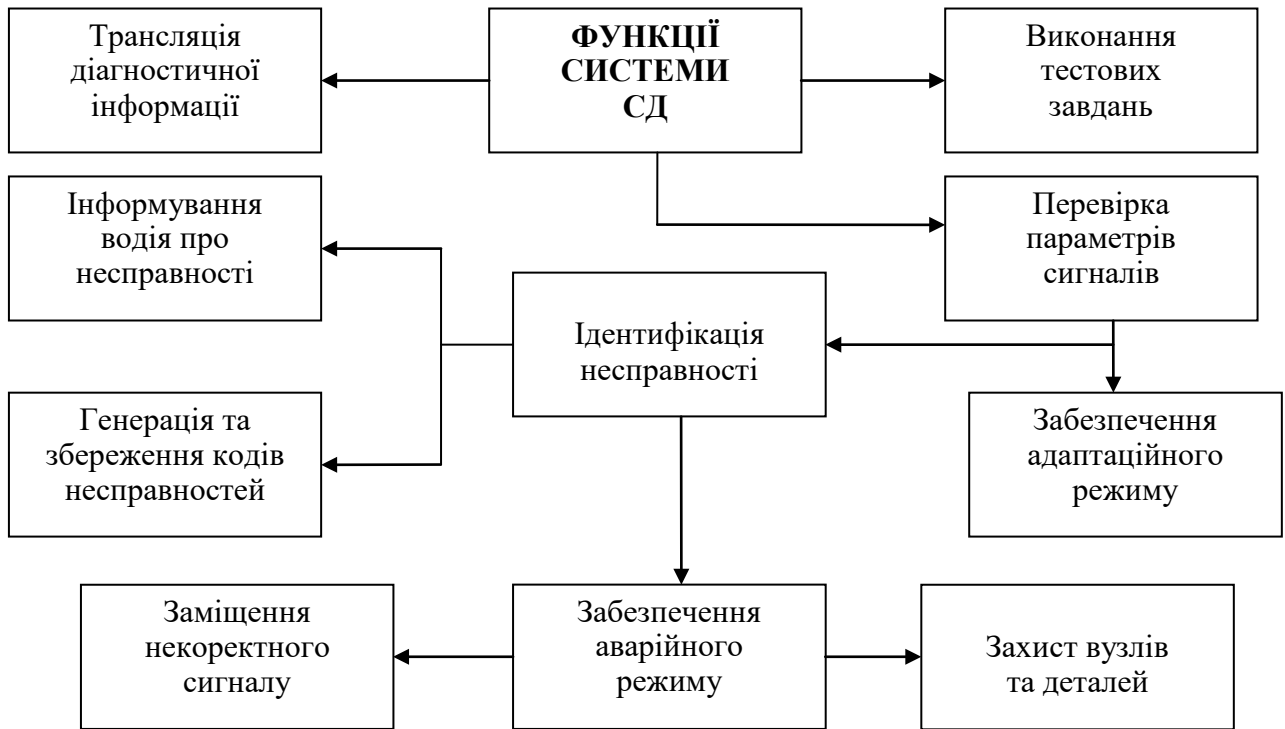


Рис. 8.18. Функції бортової системи самодіагностики

Самодіагностика технічних систем трактора дає можливість оптимізувати робочі процеси, передбачаючи:

- ідентифікацію системи та ЕБК;
- розпізнавання, зберігання та зчитування інформації про статичні й одиничні порушення роботи;
- зчитування поточних реальних даних, що включають умови довкілля та специфікації;
- моделювання функцій системи;
- програмування параметрів системи.

8.6.3. Рівні функціонування системи самодіагностики

Самодіагностика трактора характеризується виконанням кількох вимог:

1. Контроль за роботою складних систем і вузлів. Конструкція трактора, що все більше ускладнюється, робить можливості самодіагностики достатньо важливими для виявлення й усунення несправностей. Метою є інтегрування всієї системи у процес діагностування.

2. Захист вузлів і деталей, які наражаються на особливий ризик у разі появи несправностей. Як приклад, можна навести захист каталітичного нейтралізатора, що реагує на пропуски згорання пального. Система реагує на певну частоту появи пропусків подачі пального в циліндр, 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 ви-

значає масову витрату повітря) генерується сигнал його заміни, що базується на значеннях частоти обертання колінчастого вала і положення дросельної заслінки.

4. Інформування водія про несправності системи діагностики за допомогою індикаторних ламп, дисплеїв або акустичних пристроїв попередження.

5. Зберігання точної інформації. Система зберігає в пам'яті ЕБК попереджувальну інформацію і дані про окремі несправності. Також у запам'ятовувальному пристрої зберігаються дані про умови роботи технічних систем трактора на момент виявлення несправності.

6. Доступ до збережених даних про несправності. Дані, що зберігаються у пам'яті системи самодіагностики під час роботи трактора, можуть бути передані на діагностичний стенд з дисплеєм через послідовно підключений багатоканальний вхід (порт).

7. Індикація даних про несправності у формі миготливого коду на панелі приладів. Це допомагає обслуговуючому персоналу пришвидшити діагностику шляхом звуження поля можливих джерел несправностей.

Інформаційно-допоміжні системи дають можливість провадити навчання методам економічного і безпечного руху, атестацію режимів руху на полі та визначати маршрутні нормативи часу руху, витрату пального, затрат на ТО та ремонт.

Для поелементної перевірки, визначення характеру несправностей та пошуку елементів, що відмовили, найскладніші мікропроцесорні системи керування оснащують спеціальним «діагностичним рознімачем» і підключають до них вторинні переносні прилади – тестери і сканери.

Зчитування інформації з діагностичного рознімача може здійснюватися за допомогою діагностичного сканера або тестера. Сучасні універсальні діагностичні сканери дають можливість здійснювати до шести рівнів діагностування:

- рівень ідентифікації системи керування;
- зчитування з пам'яті кодів несправностей;
- зчитування фактичних параметрів (поток даних);
- керування виконавчими механізмами;
- проведення узгодження, адаптації та навчання окремих компонентів або підсистем;
- зчитування результатів спеціальних екологічних тестів, які проводить система самодіагностики під час руху, виконання сільськогосподарських робіт.

В алгоритмі роботи сучасної бортової системи самодіагностування можна виділяти кілька рівнів функціонування.

Перший рівень – перевірка сигналів датчиків, установлених в системі. Перевіряється версія: чи не виходить сигнал датчика за межі допускового діапазону.

Другий рівень перевірок – порівняльний. Оцінюється ймовірність того, що датчик, який перевіряється, 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 за часом.

Четвертий рівень перевірки полягає в такому: якщо бортова система керування поставила діагноз про справність датчика, то за 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 бортова система самодіагностики передає на діагностичний рознімач, містить:

- коди наявних несправностей;
- фактичні дані процесів, якими керують;
- показання різних датчиків у вигляді напруги та у вигляді приведених фізичних величин;
- результати проведеного тестування підсистем системи керування.

Через систему самодіагностики можливо зчитати основні параметри роботи, наприклад, двигуна:

- режим роботи системи корекції пального, коли система працює в режимі зворотного зв'язку (замкнутого контуру) і при цьому дані з датчика кисню використовуються для коригування подачі пального;

- розрахункове навантаження на двигун;
- температура охолоджувальної рідини;
- короткострокове коригування подачі пального для низки циліндрів;
- довгострокове коригування подачі пального для низки циліндрів;
- тиск пального;
- тиск повітря у впускному колекторі двигуна;
- частота обертання колінчастого вала двигуна;
- швидкість трактора;
- кут випередження запалювання в циліндрі двигуна;
- температура повітря у впускному колекторі;
- годинна витрата повітря двигуном;
- положення дросельної заслінки;
- режим роботи системи подачі додаткового повітря в систему впуску;
- розташування датчиків кисню;
- дані з датчика кисню для низки циліндрів.

Постановка діагнозу здійснюється за таким алгоритмом: зчитування області пам'яті несправностей; якщо несправності є в наявності, то здійснюється перевірка параметрів системи, пов'язаних з елементом, який спричинив помилку.

Параметри, відображені діагностичним сканером, порівнюються з еталонними значеннями для даного режиму. У разі виходу значення параметра за межі допуску робиться висновок про можливу причину несправності на основі технічної документації. Якщо ж елементом, який перевіряється, є не датчик, а виконавчий елемент чи підсистема в цілому, то за командами діагностичного сканера елемент (підсистема), що тестується, вводиться в тестовий режим. Справність підсистеми оцінюється за задоволенням граничних умов, як керуючого сигналу, що задається, так і реакції системи на цей керуючий сигнал.

Відгук на керуючий вплив сприймається як зміна сигналів датчиків, установлених у підсистемі, яку тестують.

Якщо оцінювати метод «самодіагностики» з точки зору часових затрат, то він є «найшвидшим». Витрати часу, потрібного на проведення тестового діагностування, можна поділити на такі операції:

- підключення діагностичного сканера до діагностичного рознімача;
- ідентифікація блока керування й установка 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 й відключення діагностичного сканера.

8.6.4. Функціональні можливості сканера в діагностичній інформації

Використання бортових систем моніторингу дає можливість перейти від періодичного профілактичного діагностування до постійного контролю та аналізу стану вузлів трактора, що дає можливість заощадити значні кошти за рахунок своєчасного усунення несправностей, скорочення вартості ТО та термінів ремонту.

Трансляція діагностичної інформації (кодів помилок і даних) забезпечує зчитування вхідних і вихідних сигналів у середовищі ЕБК. У режимі виконання тестових завдань ЕБК одержує команди від приладу, що проводить тестування (сканера).

Передача необхідної інформації від системи самодіагностики до контактів рознімача (колодки) відбувається по спеціальних дротових лініях зв'язку L-line, K-line, CAN безпосередньо на певні контакти діагностичного рознімача (рис. 8.19).

Сучасні сканери дають можливість виконувати додаткові функції й можуть відрізнятися за кількістю функцій, які виконуються по каналам діагностики «L» і «K», обсягом вимірюваних параметрів і змістом інформації, яка надається оператору (рис. 8.19).

Зчитування кодів залежно від рівня системи та сканера може здійснюватися за трьома варіантами: перетворення «повільних» кодів до цифрового вигляду на дисплеї сканера; виведення «швидких» кодів у до цифровому вигляді; текстове тлумачення кодів несправностей, що виводяться.

Зчитування кодів несправностей може здійснюватися за допомогою тестера (мотор-тестера, сканера), підключеного до діагностичного рознімача.

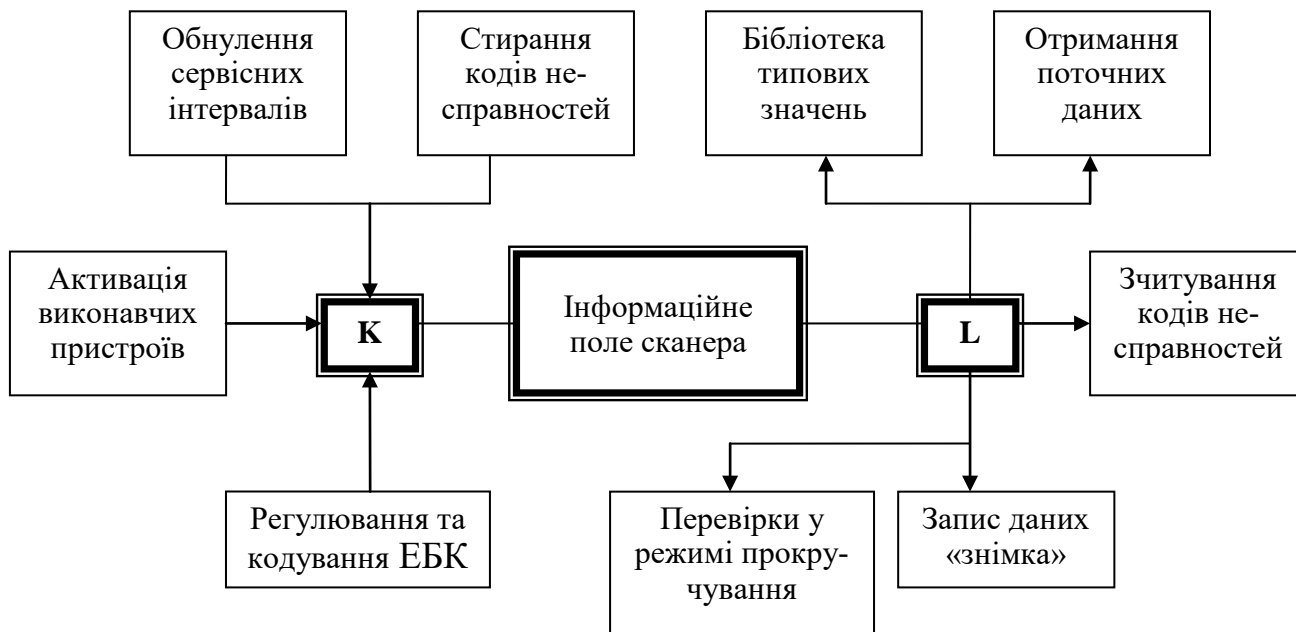


Рис. 8.19. Функціональні можливості сканера:
К (control), L (line) – інформаційні канали

Сучасні системи СД контролюють так звані «повільні» сигнали, які означають відсутність втручань водія протягом певного часу експлуатації. Наприклад, механічне роз'єднання приводу датчика положення дросельної заслінки «загальмовує» відповідний сигнал, але сигнали датчиків масової витрати повітря та частоти обертання вала ДВЗ свідчать про зміну режимів ДВЗ.

Таким чином, процес самодіагностики має низку обмежень, що зумовлені неможливістю або недоцільністю локалізації несправності без участі оператора:

1. Визначення несправності відбувається тільки у разі наявності відповідного коду несправності у бібліотеці даних системи СД.
2. Вилучення кодів несправностей можливе лише за умов, які передбачені програмою діагностування системи СД.
3. Несправності та пошкодження механічного характеру, що не підтверджуються реакцією електричних датчиків, не охоплюються системою СД (за винятком систем останнього покоління).
4. Код несправності, зазвичай, визначає несправність у певному колі системи, але не дає можливості локалізувати місце пошкодження.
5. Несправності електрообладнання (особливо високовольтних кіл) можуть призводити до генерації електромагнітних перешкод та викликати генерацію помилкових кодів несправностей.
6. Не кожна система СД здатна реагувати на «загальмовані» сигнали датчиків.
7. Не кожна система СД здатна визначити недостовірні сигнали, параметри яких знаходяться в межах допустимих значень.

Трансляція діагностичної інформації (кодів помилок і даних) забезпечує зчитування вхідних і вихідних сигналів у середовищі ЕБК. У режимі виконан-

ня тестових завдань ЕБК одержує команди від приладу, що проводить тестування (сканера).

Якщо виникає несправність у колі будь-якого датчика, система СД наряду із записом коду несправності та вмиканням лампи-індикатора несправності забезпечує заміщення втраченого сигналу. Сигнал, який втрачено, у цьому разі формується на підставі аналізу даних від інших датчиків системи керування, що непрямо (у першому наближенні) відтворюють втрачену інформацію. Заміщення сигналів деяких датчиків відбувається шляхом вилучення їх значень безпосередньо з постійної пам'яті ЕБК. При несправностях кіл основних датчиків (наприклад, датчик положення колінчастого вала) система СД забезпечує фіксований обмежений режим роботи або зупиняє ДВЗ, доки несправність не буде усунена. Реакція системи СД в аварійному режимі (режимі резервування) наведена в табл. 8.1.

Таблиця 8.1

Програмні втручання системи самодіагностики

Несправності в колах датчиків	Операції резервування
ДД – обриви та замикання сигнального проводу	ЕБК переводить ДВЗ на аварійний режим з безпечними кутами запалювання
ДТОР – обриви та замикання сигнального проводу	ЕБК заміщує сигнал датчика на сигнал, що вираховується за часом роботи ДВЗ. Інформація про сигнал зберігається у пам'яті ЕБК
ДМВП – обриви та замикання сигнального проводу або провідників живлення	ЕБК заміщує сигнал датчика на сигнал, що формується на основі сигналів ДПКВ та ДПДЗ
ДПДЗ – обриви та замикання сигнального проводу, тривала нерухомість датчика (роз'єднання проводу датчика)	ЕБК заміщує сигнал датчика на сигнал, що формується на основі сигналів ДПКВ та ДМВП
ДПКВ – обриви та замикання сигнальних проводів, порушення екрана проводів (кількість імпульсів на оберт колінчастого вала перевищує 58)	ЕБК зупиняє двигун або переводить його на фіксовану частоту обертання колінчастого вала
ДША – обриви та замикання сигнального проводу або провідників живлення	ЕБК ігнорує сигнал датчика та повідомляє водія (лампа-індикатор несправностей) без зупинки двигуна

У процесі експлуатації трактора відбувається поступове спрацювання деталей об'єкта керування (люфти, биття) та погіршення характеристик датчиків (втрата чутливості, збій калібрування) і виконавчих пристроїв системи керування (засмічення форсунок тощо). Як наслідок, це викликає відхилення сигналів керування та керуючих впливів від оптимальних значень. Такі відхилення також можуть виникати в результаті заміни окремих елементів системи на неідентичні, використання несортного пального і т. п. Система СД при таких відхиленнях не переходить до аварійного режиму та не сигналізує про несправність, аж доки значення структурних діагностичних параметрів не вийдуть за межі допустимих. Таким чином, відбувається поступове погіршення вихідних характеристик об'єкта керування (для ДВЗ – підвищення токсичності, зниження ефективної потужності та паливної економічності).

Ці недоліки усуваються в адаптивних системах керування зі зворотним зв'язком за вихідним параметром (системи керування ДВЗ з датчиками кисню). Зворотний зв'язок дає можливість реалізувати адаптивний режим системи СД, що полягає в коригуванні базових даних, які містяться в характеристичних картах ЕБК відповідно до зміни вихідних параметрів мехатронної системи, відносно їх оптимальних значень.

Варто зазначити, що процес адаптації може виключити функціонування системи в аварійному режимі, якщо з датчиків надходять сигнали, значення параметрів яких не виходять за межі допустимих. Щоб уникнути такої невідзначеності, в пам'яті ЕБК зберігаються допустимі рівні відхилень параметрів у межах яких підтримується режим адаптації. Якщо вихідні параметри мехатронної системи виходять за рівні адаптивних значень, система СД ініціалізує аварійний режим.

Швидкість, з якою інтегрована система СД обмінюється даними з діагностичним приладом, залежить від довжини лінії послідовної передачі даних і швидкості передачі даних ЕБК трактора. Швидкість передачі даних вимірюється в бодах. Один бод дорівнює передачі одного біта інформації за секунду. Швидкість відображення даних залежить від типу ЕБК і не може бути змінена за допомогою діагностичного приладу.

Окремі програми для тестувального блока зберігаються у підключених модулях, тоді як коригування та передача даних у системі здійснюється за допомогою інтерфейсу даних.

8.6.5. Вилучення діагностичної інформації інтегрованих систем самодіагностики

Вилучення діагностичної інформації (кодів несправностей) оператором здійснюється за допомогою індикаторів, у ролі яких у різних системах СД використовуються: контрольна лампа (СЕ – Check Engine) або MIL – індикаторна лампа системи самодіагностики, що знаходиться на панелі приладів у салоні трактора; світлодіод (або два різного кольору), який міститься у корпусі ЕБК; пристрої зчитування несправностей (апаратні або програмні сканери), що підключаються до діагностичного рознімача системи керування (рис. 8.20).

Фірмами-виробниками діагностичного устаткування розроблено кілька видів сканерів з різним функціональним наповненням.

Підключення сканерів до системи СД здійснюється через діагностичні рознімачі, що мають оригінальну конфігурацію залежно від виробника трактора або системи керування (рис. 8.11, 8.16). На деяких тракторах виробниками використовуються й інші види рознімачів. Іноді на тракторах встановлюється рознімач, що взагалі не підтримується жодним із сканерних протоколів. У таких випадках необхідно користуватися сканером, розрахованим на роботу із заводськими протоколами конкретної марки трактора. Щоб оцінити застосованість того чи іншого сканера для діагностики конкретного трактора необхідно визначити протокол, який можливо використати. Для цього слід:

- подивитися у технічній документації даної марки;

- подивитися у дилерській інформаційній базі даних;
- використати сканер, який дає можливість ідентифікувати використовуваний на тракторі протокол;
- оглянути діагностичний рознімач і за наявності задіяних виводів на ньому ідентифікувати використовуваний на тракторі протокол.

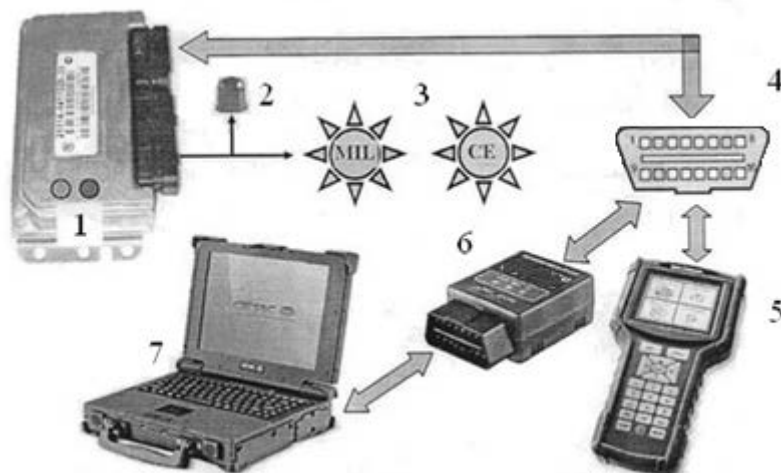


Рис. 8.20. Засоби обміну інформацією системи самодіагностики:

- 1 – світлодіоди, вмонтовані в корпус ЕБК; 2 – світлодіод зовнішнього підключення; 3 – сигнальні лампи діагностики на панелі приладів трактора; 4 – діагностичний рознімач трактора; 5 – діагностичний сканер; 6 – діагностичний адаптер; 7 – персональний комп’ютер

Реакція засобів індикації може свідчити про справність системи СД (при вмиканні діагностування), установлювати факт наявності несправності у системі керування (під час руху трактора) та визначати код, що локалізує несправність (під час діагностування системи керування).

Перша процедура здійснюється при вмиканні. У цьому разі індикатор за свічується, а після запуску двигуна (або після фіксованого часу) він гасне. Постійне горіння індикатора після пуску двигуна або в процесі експлуатації трактора вказує на наявність несправності в системі керування. Третій режим індикації ініціюється оператором для зчитування коду несправності після встановлення факту її наявності.

Розрізняють «повільні» коди, що реєструють за допомогою лампи SE або світлодіода, та «швидкі» двійкові коди, які зчитуються за допомогою сканера з подальшим їх повільним відтворенням на табло у вигляді десяткового числа.

Процедура вилучення «повільних» кодів містить такі дії: на діагностичному рознімачі або рознімачі ЕБК перемикають певні виводи, це ініціює надходження коду на індикатор. Код відтворюється у вигляді спалахів індикатора з певною тривалістю та періодичністю. Якщо в системі керування не передбачено лампи SE або вмонтованого світлодіода, як індикатор використовують зовнішній світлодіодний пробник або вольтметр, що підключаються до визначених виводів діагностичного рознімання або рознімача ЕБК.

Після локалізації й усунення несправності здійснюється стирання кодів з пам'яті ЕБК. Існує кілька методів (залежно від виробника системи керування та часу її впровадження) очищення пам'яті від кодів несправностей.

Стирання кодів у більшості систем СД відбувалося за допомогою сканерів або перемиканням відповідних виводів рознімача ЕБК. Знищити коди також можна від'єднанням клеми АКБ або рознімача від ЕБК. У деяких сучасних системах керування використовується довготермінова пам'ять, що дозволяє зберігати інформацію про несправності навіть після відключення живлення всієї системи. Стирання кодів у таких системах здійснюється тільки за допомогою сканерів.

Діагностична інформація у багатьох випадках подається у вигляді десяткових кодів на дисплей сканера, а потім розшифровується за допомогою таблиць несправностей. За змістом перелік діагностичних повідомлень умовно можна поділити на кілька груп: процедурні повідомлення; повідомлення про несправності елементів системи або їх кіл; характеристика сигналу; несправності окремих систем; відхилення процесів.

Повідомлення про несправності елементів системи та їх кіл поєднують несправності датчиків, ЕБК, виконавчих пристроїв.

Повідомлення, які характерні для систем керування дизелями:

- зворотний зв'язок керування подачею пального;
- датчик положення важеля керування;
- датчик положення кулачкової шайби;
- тягове реле зміни випередження впорскування пального;
- датчик положення педалі акселератора;
- керування початком впорскування.

Якщо при експлуатації трактора з дизельним двигуном виникають симптоми або ознаки несправностей, а система СД не реагує на їх наявність, можна припустити, що несправність має неелектричний (механічний) характер. Інший випадок, коли система СД реагує на виникнення несправності (сигналізує лампа СЕ), але отримати код несправності неможливо (відсутність відповідних діагностичних приладів). У таких випадках як стартову (початкову) діагностичну інформацію для локалізації пошкоджень розглядають діагностичні карти симптомів несправностей.

З метою уніфікації засобів комп'ютерної діагностики використовується міжнародний стандарт, який визначає протокол обміну інформацією між ЕБК і діагностичним тестером (сканером) через послідовний інтерфейс. Стандарт установлює єдину методологію доступу до даних, кодів несправностей та регламентує випробувальне (інструктивне) керування системами трактора за допомогою сканера.

Згідно зі стандартом сканер повинен обмінюватися інформацією з ЕБК по одному проводу (L-line) або по двом проводам (K-control, L-line) діагностичного рознімача (рис. 8.19). По проводу «К» передаються дані в обидва боки, лінія «L» спрямована в один бік і використовується тільки при встановленні зв'язку між ЕБК і сканером (рис. 8.20). Далі лінія «L» переходить у стан логіч-

ної одиниці. До діагностичного рознімача також повинні підключатися «маса» трактора і напруга живлення від акумуляторної батареї.

Під час встановлення логічного контакту з ЕБК сканер посилає одночасно по лініях «К» і «L» спеціальний 8-ми бітовий код. Якщо код правильний (співпадає з необхідним), ЕБК посилає сканеру 8-ми бітовий код з інформацією про швидкість наступного обміну даними. Цю швидкість встановлює ЕБК. Потім ЕБК посилає два кодових слова з інформацією про наступний обмін даними. Сканер повертає інверсії цих кодів в ЕБК. На цьому процес ініціалізації (підготовки до діагностування) завершується.

Дані пам'яті несправностей можуть також бути зчитані у незашифрованому вигляді за допомогою тестера. Такий тестер, основним елементом якого є ноутбук, дає можливість користувачу у разі відомих кодів несправностей отримати інформацію про подальші дії щодо виявлення несправностей. Такими діями можуть бути, наприклад, відображення таблиці даних, виміряні сила струму або напруга за допомогою мультиметра чи осцилографа, вимірювання інших параметрів.

З метою уніфікації засобів комп'ютерної діагностики використовується міжнародний стандарт ISO 17987, який визначає протокол обміну інформацією між ЕБК і діагностичним тестером (сканером) через послідовний інтерфейс. Стандарт установлює єдину методологію доступу до даних, кодів несправностей та регламентує випробувальне (інструктивне) керування системами трактора за допомогою сканера.

Діагностичні процедури, реалізовані після ініціалізації, залежать від програмного забезпечення ЕБК і сканера. Звичайно, є можливість зчитувати коди несправностей, зображувати їх на дисплеї сканера з текстовими коментарями. Більш складне програмне забезпечення дає можливість проводити діагностику датчиків і виконавчих пристроїв, забезпечувати тестування системи шляхом активізації виконавчих пристроїв через ЕБК.

Швидкість обміну інформацією між ЕБК і сканером визначається бортовим комп'ютером. Висока швидкість обміну інформацією (до 62500 біт/сек) дає можливість за допомогою сканера реєструвати найкоротші випадкові (нерегулярні) відхилення параметрів від норми й проводити контрольні-діагностичні виміри під час руху.

8.7. Діагностика шини CAN, що зв'язує блоки керування трактора

Система CAN, що застосовується на тракторах, дає можливість об'єднати в локальну мережу блоки керування або складні датчики. Стандарт мережі призначений для організації високонадійних каналів зв'язку трактора.

Локальна мережа контролерів (CAN) є послідовною шиною, яка підтримує одночасну роботу багатьох ведучих пристроїв і призначена для створення високонадійного каналу зв'язку у розподілених системах керування.

Конструктивно CAN-шина часто – це звитий провід з високим CAN-H і

низьким CAN-L рівнями, що пов'язують між собою все необхідне обладнання, на кінцях шини встановлені резистори-термінали з номінальним опором 120 Ом.

На рис. 5.4, 5.6-5.8 зображено підключення пристроїв до CAN-шини. CAN-шина – це локальна мережа, що пов'язує блоки керування (рис. 5.2, 5.5), і є джгутом проводів, прокладених від передньої частини трактора до задньої (рис. 5.1).

Трактори можуть бути з одним і трьома блоками керування, об'єднаними в мережу з допомогою системи шин даних, які підтримані різними протоколами зв'язку: OBD-II, J1939, J1708, EURO IV, EURO V. Стандарт ISOBUS відповідає вимогам ISO 11783. CAN-шина трактора 9R John Deere приведена на рис. 5.4. Стандарт ISO 17987 мережі LIN-шин призначений для організації не вартісних каналів зв'язку з низькою відповідальністю (Local Interconnect Network). Термінатори в мережах шини LIN не встановлюються. До таких каналів належать блоки перемикачів, регулятори обертів вала двигуна, навіски, керування SCV навіскою.

Для контролю функціонування CAN-шини розроблені контактні та безконтактні сканери. Використання безконтактних сканерів є пріоритетним, тому що вони не впливають на роботу шини, не займають діагностичний рознімач і не руйнують ізоляцію. Вони працюють тільки на зчитування інформації.

На рис. 8.21 показаний безконтактний пристрій CANCrocodile, призначений для контролю функціонування CAN-шини.

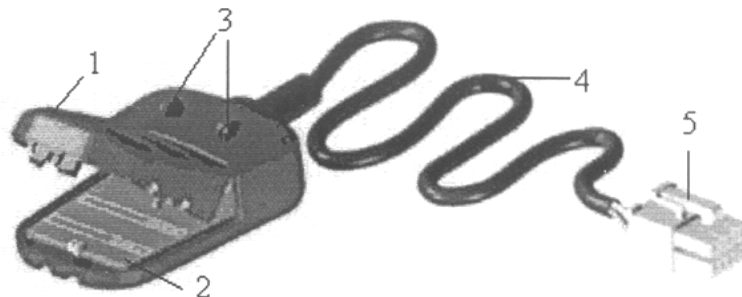


Рис. 8.21. Безконтактний пристрій CANCrocodile:

1 – корпус; 2 – плата; 3 – індикатори; 4 – з'єднувальний кабель;
5 – рознімач живлення і передачі даних

Несправності шини CAN силового агрегату, які зустрічаються найчастіше, можуть бути виявлені з допомогою мультиметра або омметра. Осцилограф дає можливість визначати затримки стрибкоподібних переходів, відбиті сигнали або спотворення форми сигналу.

Сигнали, що передаються по шині CAN силового агрегату, відображаються на екрані осцилографа з високою роздільною здатністю (0,02 мс на поділку по ширині та 0,5 В на поділку по висоті) та записуються в пам'ять осцилографа (зупинений кадр). Щоб не виникали проблеми, пов'язані з роздільною здатністю приладу, не слід проводити вимірювання на загострених ділянках запису (наприклад, на правому і лівому краях картинки на екрані осцилографа).

Частими причинами несправностей можуть бути, перш за все, пошко-

дження ізоляції, обрив проводів або порушення контактів у рознімачах. Цим несправностям присвоєні коди у відповідності до стандартних вимог ISO (табл. 8.2). У цій таблиці приведені можливі несправності шини CAN.

Таблиця 8.2

Несправності шини CAN за стандартом ISO

ISO	CAN-High	CAN-Low
1		Обрив
2	Обрив	
3		Замикання на «плюс»
4	Замикання на «масу»	
5		Замикання на «масу»
6	Замикання на «плюс»	
7	Замикання на провід Low	Замикання на провід High
8	Відсутність R_{term}	Відсутність R_{term}

Щоб визначити, чи є пара звитих проводів CAN-шиною, якщо так, то чи виконується передача даних і який з проводів шини є низьким або високим, необхідний мультиметр.

У першому випадку необхідно виміряти внутрішній опір шини при повністю вимкненому живленні бортової мережі. При цьому опір між проводами має складати 60 Ом.

Діагностичний інтерфейс (шлюз) забезпечує обмін даними між шинами силових агрегатів, системи «Комфорт», адаптивних фар, електромеханічного стоянкового гальма, шини датчиків, комбінованих приладів, діагностичної системи, блоків керування систем ESP, ABS, керування двигуном та інших систем керування.

8.8. Бортові системи контролю і діагностування тракторів

8.8.1. Бортові системи керування робочими процесами та рухом трактора

Високий рівень мехатронізації та телематизації тракторів, розвиток мікропроцесорної техніки, навігаційних систем та інформаційних технологій дає можливість успішно вирішувати завдання глобалізації, інформаційного контролю, сервісу і діагностування трактора, керування роботою тракторного парку.

На сьогодні провідні тракторобудівні фірми застосовують на тракторах від великого до малого класів розгалужені мікропроцесорні бортові системи контролю (БСК) для одночасного допускового контролю 15-20 і більше параметрів. На додаток до функцій перших впроваджених БСК ці системи забезпечують контроль майже всіх агрегатів трактора [4].

Сучасні бортові системи діагностування – це включені в конструкцію трактора датчики, пристрої вимірювання, мікропроцесори та пристрої відо-

браження діагностичної інформації.

Більшість сучасних бортових систем інтелектуального трактора можна поділити на три основні групи:

1. Система керування трактором.
2. Бортова система інформування водія.
3. Система збору й передачі інформації.

Кожна з груп має у своєму складі відкриті й закриті підсистеми. Електронні системи трактора сьогодні, в основному, виконують функцію закритих. Отримана від різних датчиків трактора інформація аналізується за допомогою відповідних програм і виробляє в електронному блоці керування команди для виконавчих пристроїв з метою підвищення безпеки руху, зручності керування, підвищення ефективності трактора та зниження навантаження на довілля. Також сигнали від деяких систем можуть бути використані як відкриті для передачі у зовнішнє середовище: інформаційним центрам сільськогосподарського виробництва, взаємозв'язку з іншими тракторами і машинами. Трактор може не тільки передавати інформацію від внутрішніх систем, але й отримувати її від зовнішніх джерел і використовувати для більш безпечного й ефективного, навіть, автоматичного керування.

Бортові системи трактора визначають сукупність спостережень (моніторинг) протягом певного часу, що спрямовано на встановлення фактичного стану об'єкта з метою регулювання якостей цього об'єкта. Моніторинг має адресність і предметну спрямованість, застосовується до конкретних об'єктів для вирішення конкретно поставлених завдань.

Проведення моніторингу пов'язане або з процесом керування об'єктом, або з визначенням його технічного стану. У першому випадку як індикаторні, розглядаються режимні параметри, що характеризують поточний стан справної системи, у другому – діагностичні параметри, що визначають ступінь справності системи.

Сучасні бортові системи тракторів John Deere дають можливість проводити:

- налаштування всіх систем трактора перед початком робіт завдяки ресурсу MyJohnDeere;
- попередження про помилки в JDLink, які надходять у вигляді SMS-повідомлень відповідальній особі в господарстві та дилеру;
- проводити своєчасну дистанційну діагностику трактора за допомогою системи Service Advisor Remote (SAR) та отримувати коди помилок і виконувати ТО;
- аналіз ефективності роботи трактора (через JDLink) з наданням повних звітів щодо оптимізації налаштувань і використання трактора;
- надавати технічну підтримку оператору з дистанційним доступом до AMS-компонентів та налаштування систем, необхідних коригувань, встановлювати пряме підключення до дисплея оператора в кабіні, відповідати на загальні технічні питання;
- оптимізувати роботи трактора і збиральної техніки за допомогою системи HarvestDoc, проводити перевірку коректності роботи трактора, налашту-

вання систем та калібрування датчиків безпосередньо під час роботи трактора та інших машин.

Монітор-система – це програмно-апаратна реалізація системи моніторингу конкретного призначення. Програмна частина монітор-системи (монітор-програма) – це алгоритми проведення вимірювань параметрів та обробки отриманої інформації у певних режимах та форматах. Апаратна частина монітор-системи – це інформаційно-вимірювальний комплекс, що складається з вимірювальної частини (датчиків вимірювальної інформації), пристроїв обробки інформації та засобів відображення інформації.

Протоколи зв'язку за стандартом ISO надають діагносту низку стандартних функціональних можливостей щодо режимів діагностування. Установлення достовірного діагнозу вимагає високої інженерної кваліфікації від фахівця, який здійснює аналіз інформації, отриманої від системи самодіагностики, а також часто досить тривалого часу для пошуку несправності.

Також бортові системи інформують водія, інформаційні центри та технічні служби про технічний стан трактора з метою оцінити його готовність виконувати технологічну або транспортну роботу, про необхідність отримання сервісних послуг, проведення регулювальних робіт, ТО та Р. Збирання системою АСК тракторного парку статистичних даних про технічний стан, про фактичні польові, навантажувальні, транспортні та кліматичні умови експлуатації конкретного трактора дає можливість уникати відмов за рахунок своєчасного усунення несправностей, коригування періодичності проведення ТО та Р, враховуючи фактичний технічний стан трактора. Крім того, це дає можливість підтримувати нормативну екологічну та технічну безпеку трактора, підвищувати продуктивність та знижувати трудомісткість польових робіт, перевезення вантажів, підвищувати ефективність технічної експлуатації тракторів.

Телематичні й інтелектуальні системи моніторингу та діагностування дають можливість враховувати основні фактори, які впливають на середню кілометрову витрату пального: дорожні умови, масу трактора і тягові характеристики, питому потужність, наробіток трактора з початку експлуатації, тип двигуна тощо. Саме від урахування всіх цих факторів залежить ефективність діагностування та технічної експлуатації та технічної експлуатації тракторного парку.

Моніторинг технічного стану та робочих режимів і процесів трактора дає можливість контролювати зміну параметрів вузлів, агрегатів і систем трактора, а також дистанційно отримувати необхідну інформацію про параметрів для керування роботою систем трактора. Важливою складовою моніторингу технічного стану є екологічний контроль, вплив режимів роботи двигуна на ресурс моторної оливи та витрати пального.

Призначенням бортових систем інтелектуального трактора є керування робочими процесами та рухом, контроль і прогнозування технічного стану, передача у зовнішнє середовище й отримання інформації для ефективного керування трактором.

Системи бортового діагностування дають можливість оцінювати технічний стан складових одиниць або систем при щоденному обслуговуванні чи

безперервно в процесі експлуатації. Постійно контрольовані параметри бортової системи діагностування дають можливість виявляти відмови та несправності, які спричиняють аварійну ситуацію, значні втрати через простої машини або прискорене спрацювання вартісного обладнання.

Безперервний моніторинг параметрів технічного стану параметрів вузлів, агрегатів і систем трактора забезпечують мехатронні та телематичні системи. Вони виконують функції самодіагностики, діагностики керованих ними процесів та інформування водія, механіка, диспетчерську службу про відхилення, які виникли, контрольованих значень параметрів технічного стану і робочих процесів. Контроль мотогодин дає можливість контролювати й реєструвати реальний час роботи двигуна, агрегатів, коробки передач, мостів, контролювати витрату пального, технічний стан двигуна (рис. 8.22). Контроль витрати пального дає можливість фіксувати витрату пального: миттєву, за вибраний період часу, на 100 км пробігу або за 1 годину роботи трактора, а також виявляти несправності в роботі двигуна, які призводять до підвищення витрати пального.

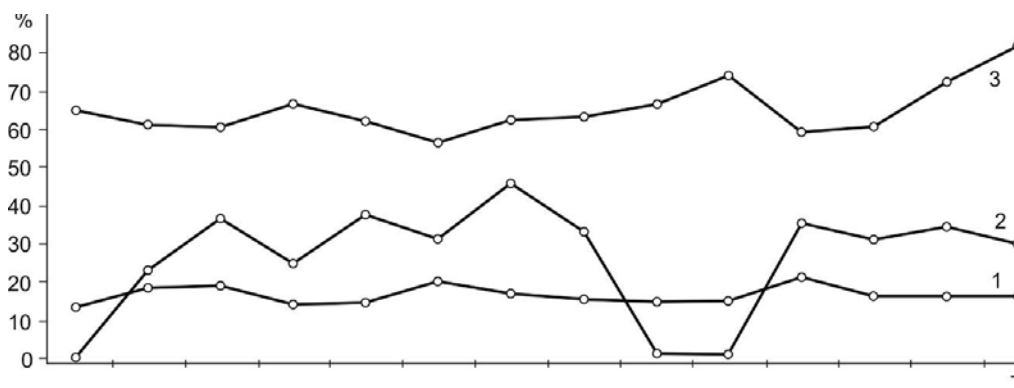


Рис. 8.22. Середній коефіцієнт навантаження двигуна:
1 – холостий хід; 2 – транспортування; 3 – робота

Для забезпечення керованості, сервісного супроводу та безпеки трактора сучасний інтелектуальний трактор має бортову систему контролю за технічним станом:

- систему самодіагностики;
- систему дистанційного (віддаленого) діагностування;
- систему попередження та рекомендації щодо технічного обслуговування.

8.8.2. Бортові системи діагностичного обслуговування трактора

Останніми роками все більш широкого поширення набувають інтелектуальні системи ТО, які застосовуються на різних ремонтно-обслуговуючих підприємствах, зокрема у сфері сервісних підприємств технічного обслуговування тракторів. Діагностичне обслуговування передбачає попереджувальний аналіз стану тракторів, який здійснюється за результатами контролю в реальному часі відхилень у функціональних параметрах і виявлення аномалій, що

потенційно ведуть до пошкоджень. Це дає можливість передбачати можливі аварії задовго до того, коли вони відбудуться. Діагностичне обслуговування має низку переваг: зменшення або повне виключення несподіваних поломок; упорядкування забезпечення необхідними деталями; збільшення часу життя тракторів. Однак таке обслуговування є досить дорогим і для його проведення потрібні висококваліфіковані фахівці.

Інтелектуальні системи знаходять найбільше застосування в діагностичному обслуговуванні, яке здійснюється у поєднанні з телематикою, що основана на використанні датчиків з функцією відстеження даних по шині CAN, завдяки чому забезпечується глибоке проникнення в особливості роботи трактора і, як наслідок, оптимізація процедур обслуговування з метою підвищення роботоздатності трактора (рис. 8.23).

Діагностична інформація, яка формується в системі самодіагностики використовується не тільки для пасивного інформування водія або оператора системи діагностичного обслуговування про наявність і вигляд несправності, але й активно впливає на несправну систему, нормалізуючи її роботу. Такий автоматичний вплив (аварійний режим) необхідний для забезпечення роботоздатності трактора на режимах, що близькі до оптимальних доти, поки несправність не буде усунена.

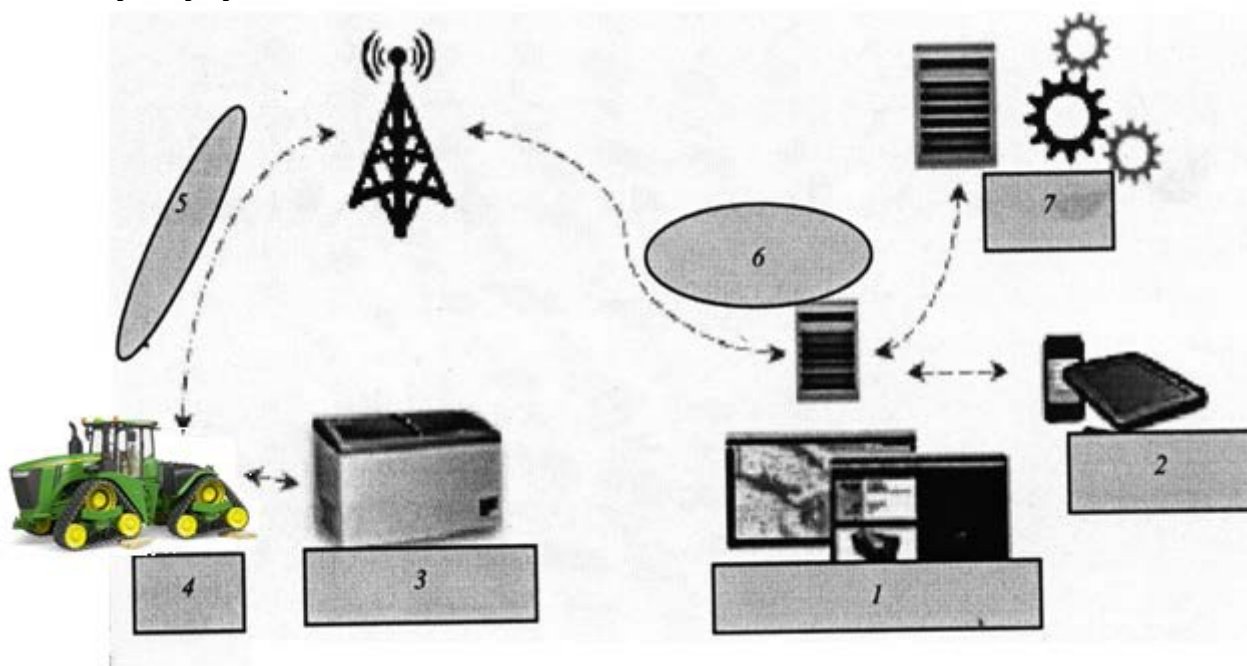


Рис. 8.23. Система діагностичного обслуговування, яка використовує датчики і телематику:

1 – центр контролю та управління; 2 – дистанційне управління; 3 – внутрішні датчики; 4 – зовнішні датчики; 5 – потік даних від датчиків в реальному часі; 6 – збирання даних, 7 – аналітична обробка даних

Інтелектуальні системи не тільки повідомляють водія і центр контролю про несправності трактора, але й намагаються їм запобігти. Наприклад, за роботою більшості сучасних тракторних двигунів слідкує бортовий діагностичний блок, який регулює подачу пального, відслідковує тривалість горіння су-

міші в циліндрі. Ці параметри надзвичайно важливі для надійної та довговічної роботи колінчастого вала двигуна, який може вийти з ладу навіть через короткочасну зміну складу робочої суміші. Блок здатен зафіксувати один пропущений спалах за 400 обертів колінчастого вала.

У багатьох тракторів високого рівня інтелектуалізації діагностичні системи визначають інтервали між плановими ТО. Виходячи з середньої швидкості руху, кількості мотогодин, умов експлуатації та напруження, інформація про які заноситься в бортовий комп'ютер, останній визначає час відвідування СТО.

У межах кожного такого інтервалу система діагностичного обслуговування збирає дані від датчиків і використовує один з таких методів для визначення стану трактора, яка піддається моніторингу:

- трендовий аналіз (порівняння значень одного й того ж показника за кілька періодів часу для виявлення основної тенденції зміни показника);
- розпізнавання образів (установлення співвідношення між певними типами пошкоджень і конкретними пошкодженнями трактора);
- критичні інтервали (перевірка наявності даних у межах критичних інтервалів);
- статистичний аналіз процесу (дані про існуючі пошкодження піддаються аналітичним процедурам, щоб знайти точну модель кривої руйнування, і нові дані порівнюються з цією моделлю для ідентифікації якого-небудь потенційного пошкодження).

Системи діагностичного обслуговування тракторів, які побудовані на основі використання моніторингу датчиками в реальному часі та телематичних технологій, мають високу гнучкість і забезпечують значні економічні вигоди. Основні переваги діагностичного обслуговування у порівнянні з традиційними видами ТО: дистанційний моніторинг датчиками і збирання даних, обробка даних від датчиків в режимі реального часу, попереджувальний аналіз.

Інформаційна система управління ТО може мати три рівні:

1. Збирання даних – здійснюється шляхом моніторингу основних показників, які характеризують стан контрольованого трактора.
2. Аналітична обробка даних – проводиться в автоматизованому режимі за допомогою методів статистичної обробки, математичного моделювання, нечіткої логіки, експертних систем, нейромережових і генетичних алгоритмів (усі ці методи складають базу сучасних технологій прогнозування).
3. Управління інформацією – інтеграція й актуалізація потоків інформації, узгодження внутрішньої інформації ремонтного підприємства з інформацією, яка надходить від інших організацій, зокрема, консалтингових служб, інформаційних агенцій тощо.

Датчики тракторів з функціями відстеження даних по шині CAN дають можливість здійснювати діагностичне обслуговування, передавати потоки даних про умови функціонування трактора на сервісну станцію контролю тракторів або дилеру, які аналізують їх у реальному часі, використовуючи дані по шині CAN і методи попереджувального аналізу, виявляють несправності. При виявленні таких відхилень виконуються відповідні дії, спрямовані на повідом-

лення оператора про необхідність вживання коригувальних заходів, планування ТО та Р.

Сервер мережі станції – це потужний і надійний комп’ютер, що працює цілодобово і постійно підключений до мережі Інтернет. Він керує мережею, здатний зберігати і пересилати інформацію за запитами інших комп’ютерів, одночасно відповідаючи на велику кількість цих запитів. Працює в парі з резервним сервером, на який дублюються потоки інформації. Користувач має можливість отримувати з сервера всю інформацію.

Станція контролю може працювати в тій же комунікаційній мережі, що й датчики. Вона також може бути з’єднана з датчиками через глобальну мережу або за допомогою супутникового зв’язку.

У разі появи функціональних порушень і ознак несправностей обладнання трактора водій повідомляє про це на станцію сервісного контролю або дилерові, які виконують дистанційний контроль технічного стану, проводять необхідні вимірювання діагностичних параметрів.

Після того, як усі вимірювальні процедури завершені, слід провести аналіз передісторії появи ознак несправності та визначити, що в поведінці трактора є допустимим, а що – аномальним. З урахуванням того, що стаціонарне діагностичне обслуговування є дорогим, його доцільно проводити в тих випадках, коли витрати, пов’язані з наслідками аномалій, є значно більшими, ніж вартість виявлення цих аномалій.

При проведенні діагностичного обслуговування важливо встановити частоту виконуваних вимірювань. При цьому слід враховувати той факт, що більшість пошкоджень обладнання трактора не трапляються раптово і їх часто можна визначити вже на передвідмовній стадії розвитку. Якщо стає зрозумілим, що які-небудь частини трактора перебувають на фінальній стадії розвитку пошкоджень, то є можливість запобігти цим руйнуванням повністю або уникнути їх наслідків.

Характер розвитку пошкоджень в процесі функціонування більшості трактора показаний на рис. 8.24. У ході роботи, через якийсь період часу, трактор входить у фазу потенційної відмови (ПВ) і починають виявлятися ранні ознаки спрацювання та руйнування або іншої стресової поведінки і, якщо не вжити відповідних заходів, то врешті-решт настане цілковита функціональна відмова (ФВ). Як правило, інтервал між точками ПВ і ФВ є досить великим, що дає можливість своєчасно помітити ПВ і запобігти руйнуванню.

Цей інтервал може складати години, дні, тижні або місяці залежно від складності системи трактора. Однак, незалежно від тривалості ПВ-ФВ інтер-



Рис. 8.24. Схема розвитку пошкоджень у процесі функціонування трактора

валу система діагностичного обслуговування має бути здатною визначити ранні сигнали після моменту ПВ і відповісти на них до моменту ФВ. У відповідь дії звичайно включають низку кроків, які повинні здійснюватися в межах ПВ-ФВ інтервалу.

Прогнозування технічного стану з використанням автоматизованої (комп'ютеризованої) системи керування (АСК) – це поетапна процедура обробки інформації, яка надходить до центру діагностування. Обробка інформації щодо конкретного трактора проводиться з метою вирішення комплексних завдань статистичної обробки та прогнозування. Характер цих завдань і умови їх реалізації обумовлюють структуру і набір програмного та технічного забезпечення, необхідного для реалізації процесу прогнозування технічного стану тракторів в АСК.

Зовнішнє інформаційне забезпечення включає таку інформацію:

- керуючу (для АСК) технічним станом трактора і масиви інформації в пам'яті комп'ютера при впровадженні системи прогнозування;
- результати контролю технічного стану трактора та інформацію для ідентифікації в системі;
- про поточний стан трактора, результати прогнозування і також службову (результати надходження даних, аварійні виклики і т. д.).

Внутрішнє інформаційне забезпечення включає:

- інформацію про поточний технічний стан трактора;
- інформаційно-довідковий масив, який містить кількісні значення нормативів для прогнозування і тексти, необхідні для друку вихідних документів.

Методичне забезпечення системи прогнозування містить:

- методику оцінювання факторів умов експлуатації, яка необхідна для виявлення значущих чинників;
- методику побудови системних моделей прогнозування технічного стану тракторів з урахуванням умов експлуатації;
- методику прогнозування технічного стану тракторів на основі багатofакторних моделей, які враховують індивідуальний стан трактора і його зміну під впливом факторів експлуатації.

Програмне забезпечення містить:

- комплекс програм з прогнозування технічного стану трактора;
- комплекс програм з аналізу та моделювання багатofакторних об'єктів.

8.8.3. Загальні елементи дистанційного контролю та діагностування тракторів

Для дистанційного діагностування на борту можна використати конектор (діагностичний рознімач), який забезпечує методом бездротового підключення (блютуз або Wi-Fi) зв'язок з інформаційним пристроєм по радіоканалу, доступ до віддаленого сервера інтернет за допомогою спеціальної програми. У цьому разі використовується вбудований в інформаційний пристрій модуль GSM, який використовує для передачі даних мобільний інтернет.

Системи бортового контролю та діагностування дають можливість оцінювати роботоздатність вузлів, агрегатів і систем при щоденному обслуговуванні або безперервно в процесі роботи. У всіх цих телематичних системах раціонально використані трекінгові системи, системи мобільного, супутникового та стільникового зв'язку, системи навігації, комунікації з тракторами та ін. Схема взаємодії елементів сервісу дистанційного діагностування параметрів технічних систем трактора показана на рис. 8.25. Це робиться для можливості виробником чи службою сервісу ТО дистанційно визначати потребу в ТО та Р для конкретного трактора, завчасно обґрунтувати операції ТО та Р.



Рис. 8.25. Схема взаємодії елементів сервісу дистанційного діагностування тракторів

Основним елементом сервісу дистанційного діагностування є діагностична система Service ADVISOR. Це сукупність мехатронних систем тракторів John Deere: електронних блоків керування, датчиків, виконавчих пристроїв, підключення до шини CAN. Ця система дає можливість підключатися до трактора по мережі JDLINK для дистанційного доступу до інформації з діагностичними кодами несправностей та реєстрації діагностичних даних.

Зчитування з блоків системи контролю і діагностування (БСКД) трактора і центрального комп'ютера трактора можливе в режимах on-line або off-line після роботи (рейсу) і під час проведення чергового ТО. За допомогою БСКД водій може вчасно отримати попередження про критичні режими та несправності в системах трактора, самостійно (без використання додаткового обладнання) проводити контрольне діагностування електронних систем і визначати вид і місце несправності, яка виникла під час роботи. У разі необхідності ви-

силається SMS-повідомлення власнику трактора та майстру, що виконує ТО та Р. Аналізується несправність та умови виникнення відхилень, приймається рішення щодо термінового вживання заходів. У разі необхідності надається on-line консультація майстру, на СТО або для іншої організації. На основі аналізу отриманої інформації спеціалісти сервісу: консультують водія; приймають рішення про можливість дистанційного стирання помилок; запрошують до сервісного центру для усунення несправностей.

On-line діагностика не може замінити кваліфікованого діагноста і вирішити всі проблеми пов'язані з пошуком несправності у всіх можливих випадках. У разі складних або кількох несправностей може знадобитися більш складне додаткове обладнання, щоб підтвердити й (або) уточнити діагноз. Але навіть у складних випадках первинний діагноз та спрямування пошуку є важливими для скорочення часу пошуку фактичної несправності.

Система дистанційного моніторингу технічного стану трактора є функціональним доповненням бортових навігаційно-зв'язкових комплексів тракторів, де під дистанційним діагностуванням в технічній службі розуміють будь-яке достовірне виявлення технічного стану елемента (вузла, агрегату, системи) трактора. Система дистанційного моніторингу забезпечує логістичну підтримку процесу етапу технічної експлуатації рухомого складу, зумовлюючи його електронний інформаційний супровід, тобто організацію інформаційних потоків з оперативними даними значень величин параметрів технічного стану трактора (рис. 8.26).

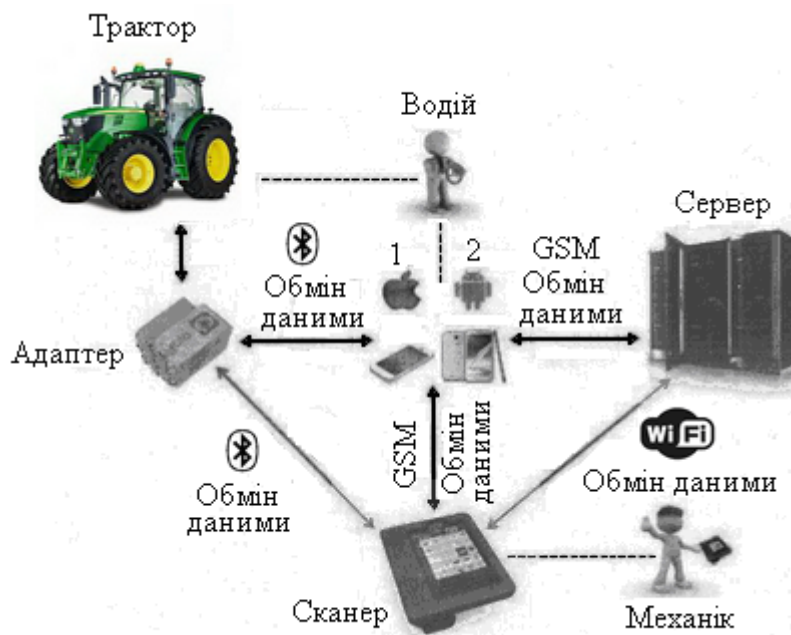





Рис. 8.26. Спрощена схема дистанційної комп'ютерної діагностики трактора:

1 – смартфон ( - операційна система IOS); 2 – планшет ( - операційна система Android);  - блютуз

Отже, дистанційна діагностика має такі можливості:

- постійно контролювати технічний стан тракторів;
- своєчасно виявляти несправності, попереджуючи серйозні відмови (поламки) трактора;
- скорочувати кількість звертань до сервісних СТО завдяки можливості дистанційного стирання випадкових помилок;
- ведення сервісу «технічної історії» полегшує пошук та усунення так званих «плаваючих» помилок, коригувати проведення ТО та Р;
- перебування трактора в сервісі стає менш тривалим, тобто скоротити простої трактора за рахунок попереднього проведення дистанційної діагностики, підготовки до ТО чи ремонту та наявності «технічної історії»;
- наявність «технічної історії» дає можливість враховувати періодичність і уточнювати обсяги ТО та Р;
- можливість для користувачів, навіть знаходячись далеко від кваліфікованих фахівців, за допомогою телематики все ж отримувати від них допомогу;
- можливість для автосервісів, не маючи своїх фахівців, відкрити у себе абсолютно нову послугу – діагностика on-line за допомогою професійних фахівців з діагностики і ТО сучасних тракторних систем. Створювати відповідні центри ТО та Р.

8.8.4. Діагностичне забезпечення тракторів 8R John Deere

Збільшення останнім часом кількості інтелектуальних тракторів у сільському господарстві обладнаних комп'ютерними системи та самодіагностикою, застосування бездротових технологій створюють можливості контролювати технічний стан тракторів у реальному часі.

Інтелектуальні трактори мають системи перегляду діагностичної інформації для трактора, знаряддя та програм на дисплеї. Адреси доступу до діагностики, діагностичних кодів несправностей та інформації щодо кожного окремого пристрою з'єднано з CAN-шиною. Це місце перегляду всіх активних та збережених діагностичних кодів несправностей. Апаратне забезпечення дисплея дає можливість перегляду показань діагностики для процесора, дисплея, перегляд інформації про діагностику всіх систем CAN-шини. Кожний пристрій у списку ідентифікується за ідентифікатором пристрою, адресою CAN-шини та розташуванням у CAN-мережі. Кількість CAN-повідомлень отримує дисплей від усіх контролерів трактора і знаряддя, підключених до дисплея.

Після вибору контролера дисплей перемикається в режим детальної діагностичної інформації. Діагностичні коди несправностей ідентифікуються (відображаються) за номером і типом адреси за вибраним контролером. У вкладці «Діагностичні коди несправностей» відображаються всі поточні та збережені коди по системі.

У тракторах John Deere використовуються дистанційне діагностування та оновлення програмного забезпечення.

Service ADVISOR™ – це діагностичний інструмент який використовується дилерами John Deere для виконання діагностики, а також оновлення налаштувань трактора і програмного забезпечення.

Цей інструмент забезпечує доступ до діагностичних кодів несправностей та діагностичних адрес, дозволяє реєструвати показання, робити записи і програмувати контролери. Ця технологія має дві складові – програмну та апаратну.

Service ADVISOR™ Remote (SAR) – це функція Service ADVISOR™, яка дає можливість технічним спеціалістам дилера підключатись до трактора з активованою функцією SAR по мережі JDLINK™ для дистанційного доступу до інформації з діагностичними кодами несправностей та реєстрації діагностичних даних, а також дистанційного програмування контролерів на тракторах з активованою функцією SAR.

Аналогічно оновленню програмного забезпечення на комп'ютерах, функція SAR дає можливість дистанційно надавати оновлене програмне забезпечення за допомогою бортового модуля JDLINK™. Дистанційне програмування дає можливість компанії John Deere оновлювати програмне забезпечення для покращення ефективності трактора. Ця функція може використовуватись для перепрограмування більшості контролерів тракторів. Користувач активно співпрацює з дилером в цьому процесі, завантажуючи та встановлюючи оновлення програмного забезпечення.

За допомогою послуги Service ADVISOR™ Remote (SAR) дилери можуть надсилати нове програмне забезпечення на трактор для оновлення блоків керування. Після відправки дилером програмного забезпечення на дисплеї відображається повідомлення про наявність нового програмного забезпечення.

На вкладці «Мережа» відображаються показання діагностики для тракторів, які оснащені модульним телематичним шлюзом (MTG). MTG є одним з основних компонентів, які дають можливість використовувати телематичні рішення John Deere, наприклад, JDLINK™, Service ADVISOR™ Remote та John Deere Remote Display Access (дистанційний доступ до дисплея) (RDA).

MTG містить мікропрограмне забезпечення, модем стільникового зв'язку та SIM-пристрій, Він виконує передачу та прийом даних і повідомлень по стільниковим мережам.

Для роботи RDA необхідне безперервне з'єднання по стільниковій мережі. JDLINK™ не вимагає наявності безперервного з'єднання по стільниковій мережі, оскільки MTG може зберігати до 1000 годин даних.

Попередження про відключення сервісного обслуговування та інформаційних індикаторів супроводжуються інформаційним повідомленням, діагностичним кодом несправності та (або) описом несправності, які відображаються на дисплеї CommandCenter™.

Контрольні запитання

1. Яке функціональне призначення експертної системи?
2. Що передбачає система комп'ютерної діагностики? Як її можна реалізувати?
3. Які засоби передбачає комп'ютеризована діагностична система?
4. На якій базі будують інформаційні діагностичні системи?
5. До якого класу вбудованих систем діагностики належить інтегрована діагностична система?
6. Що таке неелектричний діагностичний прилад?
7. Які системи й агрегати трактора належать до неелектричних систем?
8. Які відмінні риси сучасних приладів діагностування?
9. Наведіть можливості сучасних мотор-тестерів у діагностуванні трактора.
10. Які функції реалізовані в мотор-тестері?
11. Наведіть перелік параметрів трактора, які контролюються за допомогою сучасних мотор-тестерів.
12. Якими засобами вимірюються електричні параметри трактора?
13. Які діагностичні засоби використовуються для вимірювання електричних параметрів?
14. Які параметри можна виміряти мультиметром?
15. Які діагностичні прилади відносяться до комбінованих?
16. Наведіть універсальні прилади для електричних вимірювань.
17. У чому полягає призначення мехатронних систем об'єктів керування?
18. Наведіть електричні параметри діагностування електронних систем.
19. Чим відрізняються засоби комп'ютерної діагностики: діагностичний комп'ютер, бортовий комп'ютер, персональний комп'ютер?
20. Які бувають причини підвищеного шуму в датчиках та інтерфейсах систем вимірювання параметрів?
21. Які засоби слід застосовувати при діагностуванні мехатронних і електронних систем при їздових випробуваннях тракторів?
22. Наведіть можливості персонального комп'ютера в діагностуванні трактора.
23. Які можливості сканера в заміні діагностичного комп'ютера?
24. Перелічіть універсальні вимірювальні прилади загального призначення та їх можливості використання.
25. Чим можуть відрізнятися осцилографи за експлуатаційними показниками?
26. Як можливості сучасного сканера у діагностуванні трактора?
27. Чому діагностичний сканер називають діагностичним комп'ютером?
28. Як можна сканер підключити до трактора?
29. Сканер може замінити манометр або виміряти компресію в циліндрах двигуна?
30. Визначте поняття «повна діагностична інформація» трактора або агрегату.

31. Як відбувається обмін інформацією між сканером і бортовою системою керування (зчитування)?
32. Яка різниця між мотор-тестером і діагностичним сканером щодо можливостей вимірювання параметрів?
33. Діагностичний сканер вимірювальний прилад чи дешифратор?
34. За допомогою яких засобів здійснюється апаратне узгодження автономних діагностичних приладів з бортовою системою самодіагностики?
35. Яка індивідуальна діагностична інформація надається системою самодіагностики персоналу для підвищення ефективності технічного обслуговування та ремонту трактора?
36. За якими ознаками розрізняють поняття: «діагностичний комп'ютер», «бортовий комп'ютер», «персональний комп'ютер»?
37. За допомогою яких пристроїв здійснюється узгодження автономних діагностичних приладів з бортовою системою самодіагностики?
38. Що таке діагностичний адаптер?
39. Наведіть функціональні можливості програмного сканера.
40. Яке призначення самодіагностики?
41. Яка необхідність упровадження системи самодіагностики?
42. Перелічіть можливості об'єктів трактора щодо їх контролю системою самодіагностики.
43. Які функції бортової системи самодіагностики?
44. Яку інформацію може отримувати водій від системи самодіагностики?
45. Наведіть рівні функціонування системи самодіагностики.
46. Наведіть шість рівнів діагностування трактора сканером.
47. Які основні параметри роботи двигуна трактора можна отримати через систему самодіагностики?
48. На основі яких даних перевірок система самодіагностики робить висновки про можливі причини несправності?
49. Поясніть, за рахунок чого часові витрати на діагностику методом «самодіагностики» є найшвидшими.
50. Які переваги має бортова система моніторингу?
51. Які засоби діагностування дають можливість зчитувати коди несправностей?
52. Які обмеження має процес самодіагностики, що зумовлені неможливістю або недоцільністю локалізації?
53. Як відбувається заміщення втрачених сигналів датчика?
54. Як проводиться вилучення оператором діагностичної інформації – кодів несправностей сканером?
55. Як проводиться стирання кодів несправностей сканером?
56. Більшість яких кодів несправностей елементів керування повідомляє система самодіагностики?
57. Яке призначення CAN-шини?
58. Які сканери використовують для контролю CAN-шини та їх переваги?

59. Наведіть основний діагностичний параметр контролю CAN-шини.
60. Як поділені бортові системи контролю і діагностування трактора?
61. Яке призначення бортових систем діагностики трактора?
62. Які системи трактора забезпечують роботу бортових систем?
63. На які групи можна поділити бортову систему моніторингу трактора?
64. Які попередження та рекомендації щодо ТО може надавати бортова система безпеки трактора?
65. Наведіть схему елементів сервісу дистанційного діагностування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мигаль В. Д. Технічна експлуатація тракторів. Технічне обслуговування: навч. посібник / В. Д. Мигаль, М. Л. Шуляк. – Х., ХНТУСГ: вид-во «Майдан», 2021. – 300 с.
2. Мигаль В. Д. Експлуатаційні властивості та надійність тракторів: навч. посібник / В. Д. Мигаль, М. Л. Шуляк. – Х.: ХНТУСГ, вид-во «Майдан», 2021. – 262 с.
3. Практичні основи діагностування автомобільних двигунів: навч. посібник / В. Д. Мигаль, В. А. Карагодський, О. І. Воронков, І. М. Нікітченко. Електронне видання на CD-ROM. – Х.: ХНАДУ, 2021. – 442 с.
4. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи тракторів і автомобілів: навч. посібник / В. Д. Мигаль, М. Л. Шуляк, І. О. Шевченко. – Х., ДБТУ: вид-во «Майдан», 2022. – 246 с.
5. Мигаль В. Д. Мехатронні та телематичні системи автомобіля: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2017. – 313 с.
6. Анілович В. Я., Гринченко А. С., В. В. Кирабом. Міцність та надійність машин. – К.: Урожай, 1996. – 288 с.
7. Бендера І. М., Рудь А. В., Козій Я. В. Проектування сільськогосподарських машин. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О. В., 2011. – 640 с.
8. Васілевський О. М., Ігнатенко О. Г. Нормування показників надійності технічних засобів. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 160 с.
9. Герман В. Ф., Панченко В. О., Гусак О. Г. та ін. Надійність та експлуатація гідромашин і гідроприводів. – Суми: Сумський державний університет, 2016. – 175 с.
10. Горбатюк Є. О., Мазур М. П., Зенкін А. С. та ін. Технологія машинобудування. – Львів: Новий світ, 2009. – 358 с.
11. Канарчук В. Є., Полянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин. – Львів: Либідь, 2003. – 424 с.
12. Collins J. A. Failure of Materials in Mechanical Design: Analysis, Prediction, Prevention: John Wiley & Sons, 1993.
13. Іванкова О. В., Бартош В. Ю. Дослідження впливу змінюючих технологій відновлення деталей на ресурс машин, 2019.
14. Теорія експлуатації машин та проектування технічних систем: навч. посібник / О. В. Козаченко, О. М. Шкрегаль, С. П. Сорокін та ін. – Х.: ПромАрт, 2018. – 320 с.
15. Козаченко О.В. Технічна експлуатація сільськогосподарської техніки. – Х.: Торнадо, 2000. – 192 с.
16. Трактори та автомобілі. – Ч. 7. – Технологічні основи мобільних енергетичних засобів: навч. посібник / В. М. Антощенко, Р. В. Антощенко, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедев // за ред. проф. А. Т. Лебедева. – Х.: Факт, 2013. – 232 с.
17. Лебедев А. Т., Кравчук В. И., Лебедев С. А. Тракторна енергетика: проблеми та рішення. Інженерія природокористування. 2014. № 1 (1). С. 6-11.
18. Самородов В. Б. Гальмівні системи сучасних колісних тракторів / В. Б. Самородов, В. В. Єпіфанов, А. І. Бондаренко // Вісник СевНТУ. Сер.: Машиноприладобудування та транспорт. – 2013. – Вип. 142. – С. 7-10.
19. Лебедев А. Т. Кваліметрія та метрологічне забезпечення випробувань тракторів: монографія / А. Т. Лебедев, С. А. Лебедев, А. І. Коробко. Під ред. А. Т. Лебедева. – Х.: Вид-во «Міськдрук», 2018. – 394 с.

20. Вибрация и надежность транспортных машин / Мигаль В. Д., Мищенко В. М., Волков В. П., Гаврилов С. А. Мищенко А. В. // под ред. В. Д. Мигалья. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2007 – 383 с.

21. Мигаль В. Д. Вібраційна діагностика машин, проектування, виготовлення, експлуатації: монографія / В. Д. Мигаль, Щ. В. Аргун. – Х.: ДБТУ, «Майдан», 2024. – 441 с.

22. Мигаль В. Д. Вібраційні методи та засоби розпізнавання дефектів машин. – Харків, 1996. – 239 с.

23. Arhun S., Hnatov A., Mygal V. та ін. An Integrated System of Alternative Sources of Electricity Generation for Charging Urban Electric Buses 20, P. 619-624.

24. Обґрунтування необхідності нормування вібрації транспортних машин. – ХГТУСХ, 2004, № 23. С. 316-320.

25. Мигаль В. Д., Аргун Щ. В., Гнатов А. В. та ін. Оцінка якості тракторів за вібраційними характеристиками. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. 2023, № 23. С. 43-49.

26. Mygal V., Arhun S., Hnatov A. та ін. Methods for Diagnosing Vehicles by an Operator-Diagnostician. Riga, Latvia: Riga Technical University, 09.May. 22.

27. Arhun S., Mygal V., Hnatov A. та ін. Determining the Quality of Electric Motors by Vibro-Diagnostic Characteristics. EAI Endorsed Transactions on Energy Web. 2020. Вип. 7, № 29.

28. Arhun S., Mygal V., Hnatov A. та ін. System Approach to the Evaluation of the Traction Electric Motor Quality. EAI Endorsed Transactions on Energy Web. 2020. Вип. 7, № 26.

29. Mygal V., Arhun S., Hnatov A. та ін. Substantiating the Criteria for Assessing the Quality of Asynchronous Traction Electric Motors in Electric Vehicles and Hybrid Cars. Journal of the Korean Society for Precision Engineering. 2019. Вип. 36, № 10. С. 989-999.

30. Mygal V., Lebedev A., Shuliak M. та ін. Reducing the Vibration of Bearing Units of Electric Vehicle Asynchronous Traction Motors. JVC/Journal of Vibration and Control. 2021. Вип. 27, № 9-10. С. 1123-1131.

31. Mygal V., Arhun S., Shuliak M. та ін. Assessing Design and Manufacturing Quality of Tractor Gearboxes by their Vibration Characteristics. Journal of Vibration and Control. 2023. Вип. 29, № 5-6. С. 1218-1228.

32. Mygal V., Arhun S., Shuliak M. та ін. Functional and Engineering Methods of Upgrading the Quality of Induction Traction Electric Motors. EAI Endorsed Transactions on Energy Web. 2021. Вип. 8, № 35. С. 1-9.

33. Мигаль В. Д. Вибрация машин и ее диагностические признаки / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХГПУ, 1997. – 264 с.

34. Мигаль В. Д. Нові напрямки підвищення надійності та ресурсу тракторів // Вестн. Харьк. гос. техн. ун-та сельск. хоз-ва. 2000. С. 11-18

35. Мигаль В. Д. Обґрунтування і розробка вібраційних принципів підвищення якості створювання і експлуатації сільськогосподарської техніки // Вісник аграрної науки. 1995, № 11. С. 5-12

36. Мигаль В. Д. Обґрунтування універсального вібраційного методу діагностування технічного стану сільськогосподарських машин на стадіях проектування, виготовлення, експлуатації та ремонту. Вісник аграрної науки. 1995, № 11. С. 5-12.

37. Державні стандартні норми виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039.99. Офіційний веб-портал парламенту України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/va039282-99>.

38. ISO 20816-3:2022 Mechanical Vibration – Measurement and Evaluation of Machine Vibration – Part 3: Industrial Machinery with a Power Rating above 15 kW and Operating Speeds between 120 r/min and 30 000 r/min / ISO, 2022.

39. ДСТУ EN 12096: 2005 Вібрація механічна. Повідомлення та перевірка параметрів вібрації. 2005.

40. Костогриз С. Г. Механіка вібраційного тертя у номінально нерухомому фрикційному контакті: атореферат дис. д-ра техн. наук: 05.02.04: Хмельницький, 1995.

41. ISO 1683:2015 Acoustics Preferred Reference Values for Acoustics / International Organization for Standardization, 2015.

42. ДСТУ 5348:2009 Вібрація та удар механічні. Кріплення акселерометрів механічне (ISO 5348:1998, IDT) / Технічний комітет стандартизації «Трактори і сільськогосподарські машини» (ТК 69), 2009.

43. ISO 20816-1:2016 Mechanical Vibration – Measurement and Evaluation of Machine Vibration / ISO, 2016.

44. Мигаль В. Д., Кухтов В.Г., Лесь О. М. та ін. Моделювання вібрацій підшипникових опор, що проектуються для транспортних засобів. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. 2006, № 47. – С. 13-18.

45. Мехатронні системи автомобілів і тракторів: підручник / Р. В. Антощенко, О. В. Нанка, А. Т. Лебедев, В. М. Антощенко, В. М. Кісь, І. В. Галіч. – Х., ХНТУСГ, 2020. – 219 с.

46. Технічне діагностування гідروприводу мобільних сільськогосподарських машин: навч. посібник / О. В. Надточій, Л. Л. Тітова, Л. Л. Роговський. К.: НУБіП України. 2020. – 427 с.

47. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість: підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Йосип Любінін, Казимир Лейда / За ред. проф. С Бойченка. – К.: «Центр учбової літератури», 2019. – 323 с.

48. Бороденко Ю. М. Мехатронні системи автомобіля. Частина 2 «Ходова частина»: підручник / Ю. М. Бороденко, А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун. – Х.: ХНАДУ, 2024. – 226 с.

49. Трактори серії 8R (серійний номер 140001). John Deere. Посібник оператора. OMRE592171. John Deere Waterloo Works. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://serviceadvisor.deere.com/WebSA/manuals/omre592171>.

ХРОНОЛОГІЧНИЙ ПОКАЖЧИК ВИДАНЬ АВТОРА.

Монографії, підручники, навчальні та довідкові посібники.

1. Мигаль В. Д. Вибрационные методы и средства распознавания дефектов машин / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХГПУ, 1995. – 235 с.
2. Мигаль В. Д. Вибрация машин и ее диагностические признаки / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХГПУ, 1997. – 264 с.
3. Мигаль В. Д. Вибродиагностика при проектировании и изготовлении машин / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХГПУ, 1996. – 244 с.
4. Мигаль В. Д. Вибродиагностика машин при эксплуатации / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХГПУ, 1997. – 293 с.
5. Мигаль В. Д. Техническая кибернетика транспорта. Введение в теорию кибернетики: конспект лекций / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2006. – 100 с.
6. Мигаль В. Д. Техническая кибернетика транспорта. Кибернетические системы управления техническим состоянием и движением транспортных машин: конспект лекций / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2006. – 98 с.
7. Мигаль В. Д. Техническая кибернетика транспорта. Техническая система управления и искусственный интеллект. Технические средства кибернетических систем транспорта: конспект лекций / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2006. – 90 с.
8. Мигаль В. Д. Основы технической диагностики автомобилей. Иллюстративный материал к самостоятельной работе для студентов-специалистов: метод. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 73 с.
9. Мигаль В. Д. Техническая кибернетика транспорта. Иллюстративный материал к самостоятельной работе для студентов-магистров: метод. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2005. – 77 с.
10. Мигаль В. Д. Технічна кібернетика транспорту: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид. дім «ІНЖЕК», 2007. – 328 с.
11. Мигаль В. Д. Вибрация и надежность транспортных машин: монография / В. Д. Мигаль, В. П. Волков, В. П. Мищенко, С. А. Гаврилов, А. В. Мищенко, под ред. В. Д. Мигалья. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 383 с.
12. Мигаль В. Д. Технічна кібернетика транспорту: навч. посібник / В. Д. Мигаль, В. П. Волков. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2008. – 308 с.
13. Мигаль В. Д. Теорія і методи наукової творчості: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид. дім «ІНЖЕК», 2007. – 424 с.
14. Мигаль В. Д. Теорія і методи наукової творчості: навч. посібник / В. Д. Мигаль, В. П. Волков. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2007. – 200 с.
15. Мигаль В. Д. Організація, методи та викладання результатів наукових досліджень: навч.-метод. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2009. – 276 с.
16. Мигаль В. Д. Технологія наукових досліджень. Методи системного підходу й моделювання: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2009. – 200 с.
17. Мигаль В. Д. Основы технической диагностики автомобилей. Аппаратные засоби вібраційного діагностування: навч.-метод. посібник / В. Д. Мигаль, І. А. Мармут. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2009. – 190 с.
18. Мигаль В. Д. Техническая безопасность автомобиля: справ. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2011. – 202 с.
19. Основы технического диагностирования автомобилей: лабораторный практикум / В. П. Волков, І. А. Мармут, В. Д. Мигаль та ін. – Х.: ХНАДУ, 2011 – 128 с.

20. Лабораторний практикум з технічної експлуатації автомобілів: навч. посібник / В. П. Волков, І. А. Мармут, В. Д. Мигаль та ін. / Під загальною ред. В. П. Волкова. – Х.: ХНАДУ, 2012 – 516 с.

21. Мигаль В. Д. Средства информационных систем автомобиля: справ. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 444 с.

22. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 1. Дефекты производства и эксплуатационные неисправности / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 374 с.

23. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 2. Диагностические параметры и признаки / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 342 с.

24. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 3. Методы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 548 с.

25. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 4. Средства диагностирования (Книга 1) / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 596 с.

26. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 5. Средства диагностирования (Книга 1) / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 450 с.

27. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 6. Диагностическое обеспечение технической и экологической безопасности / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 538 с.

28. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 1. Дефекты производства и эксплуатационные неисправности / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 350 с.

29. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 2. Диагностические параметры и признаки / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 342 с.

30. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 3. Методы диагностирования / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 548 с.

31. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 4. Средства диагностирования (Книга 1) / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 596 с.

32. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 5. Средства диагностирования (Книга 2) / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 460 с.

33. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 6. Диагностическое обеспечение технической и экологической безопасности / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 538 с.

34. Мигаль В. Д. Методы технической диагностики автомобилей: учеб. пособие / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2014. – 416 с.

35. Мигаль В. Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления: учеб. пособие / В. Д. Мигаль, А. Н. Врублевский. – Х.: Изд-во Майдан, 2015. – 269 с.

36. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3-х томах. Т. 1. Объекты и методы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 459 с.
37. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3-х томах. Т. 2. Неисправности, параметры и средства диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 403 с.
38. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3-х томах. Т. 3. Практические основы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 444 с.
39. Мигаль В. Д. Теория технической диагностики транспортных машин: учеб. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 466 с.
40. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей. Теоретические основы: учеб. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 516 с.
41. Мигаль В. Д. Основы технической диагностики автомобилей: учеб. пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2016. – 372 с.
42. Туренко А. Н. Проектирование диагностического обеспечения транспортных машин: учеб. пособие / А. Н. Туренко, В. Д. Мигаль, Л. А. Рыжих. – Х.: Майдан, 2016. – 392 с.
43. Мигаль В. Д. Техническая диагностика трансмиссии автомобилей: учеб. пособие / В. Д. Мигаль, С. А. Гаврилов. – Х.: Майдан, 2016. – 330 с.
44. Мигаль В. Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления: учеб. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2016. – 320 с.
45. Мигаль В. Д. Мехатронні та телематичні системи автомобіля: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2017, – 313 с.
46. Мигаль В. Д. Системы диагностирования автомобиля: учеб. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2017. – 605 с.
47. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації: монографія / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид-во «Майдан», 2018. – 262 с.
48. Мигаль В. Д. Теорія технічної експлуатації автомобілів: підручник / В. Д. Мигаль, А. Т. Лебедев, М. Л. Шуляк. – Х.: Вид-во «Майдан», 2019. – 216 с.
49. Мигаль В. Д. Експлуатаційні властивості та надійність тракторів: навч. посіб. для здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО / В. Д. Мигаль, М. Л. Шуляк. – Х., ХНТУСГ: ФОП Мірошніченко О. А., 2021. – 262 с.
50. Мигаль В. Д. Діагностування легкових автомобілів: навч. посіб. для здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО / В. Д. Мигаль, М. Л. Шуляк, С. О. Гаврилов. – Х., ХНТУСГ: ФОП Мірошніченко О. А., 2021. – 268 с.
51. Мигаль В. Д. Вантажний автомобіль. Сучасні конструкції: підручник / В. Д. Мигаль, А. Т. Лебедев, І. О. Шевченко, М. Л. Шуляк. – Х.: Вид-во «Майдан», 2021. – 370 с.
52. Мигаль В. Д. Технічна експлуатація тракторів. Технічне обслуговування: навч. посіб. для здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО / В. Д. Мигаль, М. Л. Шуляк. – Х., ХНТУСГ: ФОП Мірошніченко О. А., 2021. – 300 с.
53. Практичні основи діагностування автомобільних двигунів: навч. посіб. / В. Д. Мигаль, В. А. Карагодський, О. І. Воронков, І. М. Нікітченко. Електронне видання на CD-ROM, Х., ХНАДУ., 2021. – 442 с.
54. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи тракторів в автомобілів, сервісний супровід: навч. посіб. для здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО / В. Д. Мигаль, М. Л. Шуляк, І. О. Шевченко. – Х., ДБТУ: вид-во «Майдан», 2022. – 246 с.

55. Мигаль В. Д. Системи моніторингу ефективної експлуатації автомобілів: навч. посіб / В. Д. Мигаль, М. Л. Шуляк, І. О. Шевченко. – Х., ДБТУ: вид-во «Майдан», 2023. – 288 с.

56. Мигаль В. Д. Вібраційна діагностика машин, проектування, виготовлення, експлуатація: монографія / В. Д. Мигаль, Щ. В. Аргун – Х.: ДБТУ, вид-во «Експрес-книга», 2024. – 543 с.

57. Мигаль В. Д. Технічна діагностика тракторів: підручник / Мигаль В. Д., Шевченко І. О, Блезнюк О. В., Сорокін С. П. За загальною ред. проф. Мигалья В. Д. – Х., ДБТУ, вид-во «Майдан», 2024. – 360 с.

58. Мигаль В. Д. Діагностика мехатронних і телематичних систем тракторів: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х., ДБТУ, вид-во «Майдан», 2024. – 327 с.

Предметний покажчик

- аварія** 237
автопілот 171, 205
амперметр 225, 232, 233, 234, 246, 247, 251, 252, 254, 259, 260
безвідмовність 47, 78
безконтактний пристрій CANCrocodile 300
бортова система контролю (БСК) 301
витрата пального 13, 14, 18, 22, 24, 25, 26, 54, 80, 82, 83, 84, 85, 96, 98, 99, 114, 146, 147, 160, 165, 193, 199, 200, 206, 207, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 225, 273, 291, 303, 304
вібрація 14, 21, 27, 28, 29, 30, 41, 47, 50, 52, 53, 56, 72, 80, 83, 85, 105, 113, 114, 120, 131, 135, 136, 148, 153, 160, 175, 176, 183, 202, 234, 258, 278
віброаналізатор 30, 101
віброприскорення 28
відеокамера 193, 198, 201, 202, 203, 204, 207, 265
відмова 39, 43, 44, 51, 52, 58, 59, 60, 61, 62, 71, 72, 74, 227, 238, 307:
 - 1-ї групи складності 62
 - 2-ї групи складності 62
 - 3-ї групи складності 62
 - виробнича 58, 60
 - експлуатаційна 46, 60
 - електричної частини 52
 - залежна 61
 - конструкційна 58
 - критична 58
 - незалежна 61
 - параметрична 58
 - перемінна 61
 - повна 58, 59
 - повторювана 58
 - поступова 61
 - раптова 61
 - ресурсна 58
 - систематична 58
 - складна 46
 - функціональна 61
 - часткова 58, 59**відмовостійкість** 65
вольтметр 200, 225, 227, 231, 233, 234, 246, 248, 249, 253, 254, 257, 259, 262, 276, 281, 297
газоаналізатор 20, 94, 100, 101, 274, 279
гідротестер 109, 120, 121, 125
граничний стан 29, 30, 54, 66, 71, 72, 92, 104, 139, 255
димомір 99, 101, 274, 279
дисплей 95, 96, 99, 122, 123, 124, 126, 144, 158, 164, 183, 185, 189, 198, 200, 201, 202, 208, 209, 211, 213, 214, 221, 222, 223, 255, 261, 264, 274, 280, 282, 291, 293, 298, 299, 302, 311, 312

діагностика (діагностування) 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 52, 63, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 119, 120, 121, 123, 125, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 136, 138, 139, 140, 148, 149, 156, 164, 168, 190, 197, 198, 200, 206, 207, 208, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 225, 226, 239, 242, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 259, 261, 263, 266, 267, 268, 269, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 278, 279, 280, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 290, 291, 293, 294, 296, 297, 298, 299, 301, 302, 303, 304, 308, 309, 310, 311

економічність 12, 13, 18, 26, 76, 101, 102, 146, 295

електронний блок керування (ЕБК) 149, 150, 152, 154, 156, 161, 166, 169, 170, 177, 179, 187, 190, 191, 192, 193, 200, 203, 210, 249, 250, 255, 269, 275, 276, 277, 279, 280, 282, 283, 284, 287, 289, 290, 291, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299

ендоскоп 20, 100, 101, 130

збій 58, 60, 74, 237, 238, 295

код несправності 33, 96, 255, 256, 280, 282, 284, 289, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 309, 311, 312

компресограф 98, 101

компресометр 98, 101, 277

корозія 53, 56, 66, 68, 100, 227, 240, 260, 263

лідар 144, 198, 202, 203, 207

методи:

- інструментальні 18, 19, 20, 21, 22, 23
- інтелектуальні 18, 19, 20, 21, 22, 23
- органолептичні 18, 19, 20, 21, 22, 23, 39
- діагностування 33, 40, 42:
 - непрямі 85
 - прямі 85
 - за параметрами робочих процесів 88
 - за параметрами супутніх процесів 89
 - за структурними параметрами 90
 - фізичні 90
- визначення періодичності діагностування 33
- прогнозування залишкового ресурсу 33

мікропроцесор 96, 129, 152, 156, 157, 161, 190, 191, 192, 238, 239, 274, 289, 301

модульний телематичний шлюз (MTG) 164, 183, 186, 195, 208, 223, 312

монітор-система 303

мотор-тестер 90, 92, 93, 95, 100, 101, 128, 248, 254, 255, 259, 272, 273, 274, 275, 279, 282, 284, 285, 293

мультиметр 94, 101, 187, 227, 232, 247, 254, 255, 259, 261, 274, 276, 280, 281, 284, 285, 287, 299, 300, 301

начіпоздатність 18, 26

оператор-діагност 19, 33, 40, 41, 128, 130, 140

омметр 227, 246, 249, 250, 252, 254, 259, 276, 284, 300

осцилограф 94, 95, 101, 112, 128, 138, 187, 232, 233, 246, 247, 253, 254, 255, 273, 274, 276, 280, 281, 284, 285, 287, 299, 300

пам'ять:

- вбудована 201, 202, 215
- довготермінова 298
- електрично-програмована 191
- електронна 191, 249
- енергонезалежна 280
- оперативна енергозалежна 191
- постійна 191, 289, 295

персональний (бортовий, діагностичний) комп'ютер (ПК) 25, 96, 99, 101, 112, 121, 122, 123, 125, 126, 199, 200, 209, 213, 214, 215, 217, 222, 255, 266, 267, 274, 279, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 297, 299, 306, 307, 308, 309, 312

реглюскоп 248, 279

роботоздатність (роботоздатний) 23, 30, 31, 35, 36, 37, 38, 40, 45, 51, 54, 58, 60, 65, 69, 70, 72, 74, 78, 79, 80, 81, 87, 90, 92, 94, 98, 99, 101, 104, 107, 112, 113, 119, 139, 198, 229, 232, 233, 237, 245, 246, 250, 252, 266, 269, 289, 305, 309

самодіагностика 38, 85, 95, 131, 156, 254, 269, 270, 274, 275, 282, 284, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 303, 304, 305, 311

система дистанційної діагностики Service ADVISOR 164, 183, 206, 211, 218, 219, 220, 302, 309, 312

система допомоги водієві (СДВ) 205

система рульового керування:

- ACS 175
- AutoTrac 118, 164, 170, 186, 201, 206

система керування гальмуванням (ABS) 153, 176, 177, 277, 301

сканер 94, 128, 254, 255, 259, 274, 275, 279, 280, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300

споживчі властивості 12, 13, 14, 15, 24

спрацьованість (спрацювання) 20, 21, 28, 38, 47, 50, 52, 53, 55, 56, 58, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 79, 80, 81, 83, 84, 90, 94, 100, 110, 111, 113, 114, 119, 135, 136, 139, 140, 157, 229, 230, 231, 259, 295, 304, 307

стробоскоп 99, 101, 247, 248

телематична система:

- AFS Connect 217, 218
- AgCommand 215
- JDLINK 164, 183, 186, 195, 207, 208, 212, 213, 218, 219, 220, 222, 223, 302, 312
- PLM Connect 213, 214
- Telematics 216
- функціональна 208

тепловізор 202, 204, 207

фретинг-корозія 52, 67, 68

шина CAN 115, 125, 126, 127, 181, 182, 183, 184, 187, 188, 189, 190, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 219, 220, 221, 299, 300, 301, 305, 306, 309, 311

Навчальне видання

Мигаль Василь Дмитрович

**Діагностика мехатронних
і телематичних систем
трактора**

Навчальний посібник

В авторській редакції

Технічний редактор Жадан О. І.

Комп'ютерна верстка Жадан О. І.

Підписано до друку 07.05.2024. Формат 70x100/16.
Папір офсетний. Гарнітура Таймс. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 20,38. Зам. № 24-30.

Видання і друк ТОВ «Майдан»
61002, Харків, вул. Чернишевська, 59
E-mail: maydan.stozhuk@gmail.com

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 1002 від 31.07.2002 р.

МИГАЛЬ В. Д.

ДІАГНОСТИКА МЕХАТРОННИХ І ТЕЛЕМАТИЧНИХ СИСТЕМ ТРАКТОРА

*Навчальний посібник
для здобувачів ступеня вищої освіти
закладів вищої освіти*

Розглянуті показники якості створюваних тракторів, недоліки в оцінюванні проєктного рівня і технологій виробництва та ефективного їх діагностування.

Наведені типові несправності, їх діагностичні параметри, методи і засоби їх діагностування, а також необхідні знання діагносту для підвищення ефективності діагностування.

Охарактеризована структура мехатронних систем керування трактором: датчики і виконавчі органи, системи ДВЗ, силового приводу, трансмісії, автоматичних коробок передач, рульового керування та гальмівної системи.



Харків 2024