В. Д. Мигаль

Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів

Монографія

Харків «Майдан» 2018

УДК 62-5
М 94

Рецензенти: **Алексієв О. П.,** д-р техн. наук, професор кафедри «Комп'ютерні технології і мехатроніка» Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Самородов В. Б., д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою «Автомобіле- і тракторобудування» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Лебедєв А. Т., д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою «Трактори й автомобілі» Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка

Мигаль В. Д.

М 94 Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія / В. Д. Мигаль. Х.: Майдан, 2018. 262 с.

ISBN 978-966-372-704-2.

Узагальнені досягнення науки і практики щодо факторів, які впливають на ефективність технічної експлуатації автомобілів. Розглянуто чинники, що визначають якість та надійність автомобілів, вплив на технічний стан якості проектування, виготовлення і дорожньо-транспортних умов експлуатації автомобілів; телематичні та інтелектуальні транспортні системи інформаційного забезпечення ефективного керування автомобілями та транспортними потоками.

Описані основні функції інтелектуального транспорту, структура систем телематики, бортові системи самодіагностування, телематичні системи дистанційної діагностики та підвищення безпеки руху автомобілів; телематичні та навігаційні системи моніторингу параметрів автомобіля, його ідентифікації, диспетчерського керування та ефективності технічної експлуатації автомобілів.

Монографія розрахована для магістрів та спеціалістів автомобільного транспорту

УДК 62-5

ISBN 978-966-372-704-2 © В. Д. Мигаль, 2018

Зміст

Перелік скорочень 6
Вступ 7
1. Стан і перспективи розвитку технічної експлуатації автомобільного транспорту 9
1.1. Сучасний стан автомобільного транспорту 9
1.2. Стан завдань щодо підвищення ефективності технічної експлуатації автомобілів 12
2. Вплив якості проектування, виготовлення та умов експлуатації на надійність та інтенсивність зміни технічного стану автомобілів в експлуатації 16
2.1. Вплив технологій проектування та виготовлення автомобілів на їх якість і надійність 16
2.1.1. Технічний рівень створюваних автомобілів 16
2.1.2. Показники надійності автомобілів 22
2.2. Вплив умов експлуатації на технічний стан автомобіля 24
2.2.1. Класифікація умов експлуатації автомобілів 24
2.2.2. Вплив дорожніх умов на ефективність експлуатації автомобілів 26
2.2.3. Показники надійності автомобільних доріг 29
2.2.4. Вплив транспортних умов на ефективність технічної експлуатації автомобілів 31
2.2.5. Вплив природно-кліматичних та сезонних умов на технічний стан автомобілів 35
2.2.6. Майстерність водіння та надійність водія 36
2.3. Чинники, що впливають на інтенсивність зміни технічного стану та ефективність технічної експлуатації автомобілів 42
3. Інформаційні системи забезпечення експлуатаційної надійності автомобільних доріг 46
3.1. Інформаційне та телекомунікаційне забезпечення контролю автомобільних доріг 46
3.2. Мехатронні та телематичні системи автомобільних доріг 47
3.3. Розвиток мехатронних, телематичних та інтелектуальних засобів контролю і діагностування автомобільних доріг 49
3.4. Процеси діагностування автомобільних доріг 51
4. Телематичні та інтелектуальні транспортні системи ефективного керування дорожнім рухом автомобілів 56
4.1. Інформаційне забезпечення керування автомобілем та транспортними потоками 56
4.2. Засоби інформатизації дорожнього руху автомобілів 65
4.3. Засоби виявлення, розпізнавання та керування транспортними потоками 66
4.4. Комплексні детекторні системи 76
4.5. Автоматизовані системи керування дорожнім рухом 77
4.6. Структура автоматизованих систем керування дорожнім рухом 78
5. Системи моніторингу місцезнаходження, параметрів руху та пройденого шляху автомобіля 81
5.1. Навігаційні системи 81
5.1.1. Склад навігаційних систем 81

5.1.2. Диференціальна система позиціонування 84
5.1.3. Системи технічних засобів визначення місцезнаходження автомобіля 87
5.2. Системи визначення місцезнаходження автомобіля 92
5.2.1. Принципи контролю місцезнаходження 92
5.2.2. Визначення місцезнаходження транспортного засобу за допомогою базових станцій GSM 93
5.2.3. Інерційні та інтегровані системи вирахування пройденого шляху 94
5.2.4. Методи визначення місцезнаходження автомобілів, що використовуються в AVL-системах 96
5.2.5. Моніторинг місцезнаходження за електронними картами 97
5.2.6. Засоби визначення пройденого шляху 98
5.2.7. Схеми навігаційних систем моніторингу автомобілів 100
5.2.8. Функціональні можливості супутникового моніторингу автомобілів 105
6. Системи і засоби ідентифікації та контролю транспортного процесу, транспортних послуг і технічного стану автомобіля 108
6.1. Системи радіочастотної ідентифікації автомобіля 108
6.2. Пристрої маркування й ідентифікації автомобіля 108
6.3. Зчитувачі 111
6.4. Мобільні системи отримання і передачі даних 113
6.5. Системи і пристрої постійного контролю параметрів автомобіля 115
6.6. Види та особливості систем мобільного зв'язку 124
6.7. Призначення й основні завдання, які вирішують системи моніторингу автомобілів 126
6.8. Апаратна частина трекінгової системи моніторингу автомобілів у реальному часі 130
6.9. Міські навігаційні системи моніторингу дорожнього руху автомобілів 133
7. Бортові системи керування рухом, діагностики та безпеки автомобіля ... 137
7.1. Системи самодіагностики, збору інформації та дистанційного діагностування автомобіля 138
7.1.1. Бортові системи інтелектуального автомобіля 138
7.1.2. Бортові контролери зв'язку CAN блоків керування автомобіля 139
7.1.2.1. Способи передачі даних 139
7.1.2.2. Компоненти шини CAN 144
7.1.3. Бортові інформаційні системи автомобілів 146
7.1.4. Інформаційне забезпечення роботоздатності та самодіагностика автомобіля 149
7.1.4.1. Функціональне призначення самодіагностики 149
7.1.4.2. Можливості бортової системи самодіагностики 153
7.1.4.3. Пошук несправностей з допомогою бортової системи самоконтролю 155
7.1.4.4. Процеси самодіагностики 158
7.1.4.5. Чинники, що впливають на достовірність визначення несправностей бортовою системою самоконтролю 161
7.1.5. Бортові системи моніторингу, дистанційного зв'язку та контролю технічного стану автомобіля 163

7.1.5.1. Види інформаційних систем 163
7.1.5.2. Системи дистанційної діагностики автомобілів 174
7.2. Системи інформування водія та керування автомобілем у транспортному потоці 183
7.2.1. Види основних бортових систем та підсистем інтелектуального автомобіля 183
7.2.2. Системи круїз-контролю 185
7.2.3. Системи запобігання зіткненню під час руху та паркування 189
7.2.4. Системи контролю перетинання розмітки, бокової та мертвої зони 194
7.2.5. Системи керування фарами та освітленням дороги 196
7.2.6. Системи відслідковування стану водія та нічного бачення 198
7.2.7. Системи контролю підвіски 201
7.2.8. Системи контролю ходової частини 204
7.2.9. Система автоматичного керування склоочисниками та склоомивачем 207
7.3. Системи забезпечення керованістю, технічної та екологічної безпеки автомобіля 208
7.3.1. Системи і параметри транспортної безпеки автомобіля 208
7.3.2. Чинники, що визначають рівень безпеки руху автомобілів і причини ДТП 214
7.3.3. Функціональне забезпечення безпеки автомобіля в системі «автомобіль-водій-дорога» 218
7.3.4. Системи зниження токсичності відпрацьованих газів двигунів 221
8. Засоби телекомунікаційних та інтелектуальних систем моніторингу технічної експлуатації автомобілів 230
8.1. Навігаційні та бортові системи контролю параметрів і технічного стану автомобілів 230
8.2. Телематичні наземно-бортові та навігаційні системи моніторингу параметрів автомобіля і вантажу 233
8.3. Структура і компоненти систем моніторингу автомобілів 237
8.3.1. Склад телематичних систем автомобілів 237
8.3.2. Алгоритмічне і програмне забезпечення моніторингу технічного стану автомобілів 238
8.3.3. Формування та використання моніторингу умов експлуатації в системах підвищення ефективності технічної експлуатації автомобільного транспорту 241
8.3.4. Обладнання моніторингових систем і дистанційного діагностування автомобілів 245
8.3.5. Компоненти комплексних систем моніторингу та оптимізації роботи транспорту автопарку 252
Висновки 258
Література 259

Перелік скорочень

АСС – Adaptive Cruise Control – адаптивний круїз-контроль (може бути Active Cornering Control – система стабілізації поперечного положення кузова)
ASR – Automatic Slip Regulation або Acceleration Slip Regulation (див. **ПБС**), у різних виробників система називається по-різному (наприклад, **ETC** – Electronic Traction Control)
AVL – Automatic Vehicle Location System – система автоматизованого визначення місцезнаходження автомобіля
CAN – Controller Area Network – мережа контролерів – інтерфейс міжсистемного обміну
ECU – Electronic Control Unit – електронний модуль (блок) управління (див. **ЕБК**)
ESP – Electronic Stability Program – електронна система курсової стійкості (ще ПЗС – протизаносна система)
GSM – Global System for Mobile Communication – глобальна система для мобільного зв'язку
GPS – Global Positioning System – супутникова система навігації
GPRS – General Packet Radio Service – пакетний радіозв'язок загального користування
NFC – Near Field Communication– комунікація ближнього поля
RFID – Radio Frequency Identification – автоматична радіочастотна ідентифікація
SBAS – Satellite-based Augmentation System – система супутникової диференціальної навігації
АБС (ABS) – антиблокувальна система гальм
АД – автомобільна дорога
АКБ – акумуляторна батарея
АРМ – автоматизоване робоче місце
АС – автоматизована система
АСКДР – автоматизована система керування дорожнім рухом
АТ – автомобільний транспорт
АТЗК – автомобільний транспорт загального користування
АТП – автотранспортне підприємство
АЦП – аналого-цифровий перетворювач
БД – база даних
БС – базова станція
БСК – бортова система контролю
БСКД – бортова система контролю і діагностики
ВАДС – водій-автомобіль-дорога-середовище
ВГ – відпрацьовані гази
ГЛОНАСС – глобальна навігаційна супутникова система
ГНСС – глобальна навігаційна супутникова система
ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння
ДЛН – дистанційна локалізація несправностей
ДТП – дорожньо-транспортна пригода
ЕБК – електронний блок керування
ЕРС – електрорушійна сила
ЗКЗІ – Засіб криптографічного захисту інформації
ІДК – інтелектуальний діагностичний комплекс
ІЛМ – інформаційно-логічна модель
ІНС – інерційна навігаційна система
ІПК – інтелектуальний програмний комплекс
ІСМ – інформаційна система моніторингу
ІТС – інтелектуальна транспортна система
КДТІ – комплект апаратури індуктивних детекторів транспорту
ККД – коефіцієнт корисної дії
КП – пункт керування
КПП – коробка перемикання передач
МПАТ – мале підприємство автомобільного транспорту
МС – мобільна станція
ПАТ – підприємство автомобільного транспорту
ПБС – протибуксовна (антипроковзна) система
ПДЛ – пересувна дорожня лабораторія
ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій
ПК – персональний комп'ютер
ПММ – паливно-мастильні матеріали
ПНВТ – паливний насос високого тиску
ПР – поточний ремонт
Р – ремонт
СД – самодіагностика
СККД – система контролю й керування доступом
СНС – супутникова навігаційна система
СТО – станція технічного обслуговування
ТЕА – технічна експлуатація автомобільного транспорту
ТЗ – транспортний засіб
ТЗД – технічні засоби діагностування
ТО – технічне обслуговування
ТТС – телематична транспортна система
ШНМ – штучні нейронні мережі

ВСТУП

Від того, які транспортні машини створені, які експлуатаційні показники їх характеризують, як машини взаємодіють з людьми та довкіллям,залежить ефективність багатьох галузей людської діяльності. При створенні автомобілів відбувається постійний пошук збільшення ступеня автоматизації робочих процесів, оптимальних режимів роботи, потужності, швидкості, навантаження, забезпечення високого рівня екологічності, підвищення комфортабельності, ефективності експлуатації та безпеки функціонування, підвищення тягово-швидкісних якостей, зниження витрат пального, витрат на технічне обслуговування та ремонт, а також на експлуатаційні матеріали.

Однак, досягнення перерахованих якостей автомобілів в експлуатації може бути реалізоване лише за умови належних дорожньо-транспортних і кліматичних умов, водіння, високої організації і рівня проведення технічного обслуговування. Неналежне виконання цих умов призводить до різкого погіршення технічного стану автомобілів, керування їх готовністю до експлуатації та зниження ефективності технічної експлуатації автомобільного транспорту (ТЕА). Негативними наслідками є зростаюча затримка людей і вантажів, вартості їх перевезення, висока витрата пального, недопустимий рівень забруднення довкілля, людських втрат через ДТП, зростання витрат енергоресурсів і матеріалів на відновлення роботоздатності автомобілів та проведення непередбачуваних технічного обслуговування (ТО) та ремонту (Р).

Основою комплексного вирішення завдання щодо підвищення ефективності автомобільного транспорту є інтеграція в ТЕА телематичних та інтелектуальних транспортних систем, які дають можливість використовувати глобальні супутникові й радіонавігаційні засоби та ефективні інформаційні керуючі технології контролю в реальному часі функціонування дорожньо-транспортного комплексу.

Інфраструктура транспортних систем та управління ними настільки складні, що без допомоги автоматизованих систем неможливо відслідити стан транспортних засобів, планувати перевезення й оперативно керувати ними. Всебічний аналіз технічного стану транспортних засобів, прийняття рішень на підставі цього аналізу є основним завданням технічної експлуатації автомобілів.

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) виконують збір інформації з допомогою складових підсистем навігації та телематики; обробляють інформацію, отримуючи різні дані; проводять їх аналіз, виробляючи альтернативні рішення з метою прийняття обґрунтованих рішень.

Методами та засобами телематики можна вирішити велику кількість всіляких завдань з моніторингу, прогнозування, керування транспортними потоками, які вимагають отримання, аналізу, узагальнення та обробки колосальних обсягів інформації про події з автомобілями, час коли вони відбуваються, про місце розташування, параметри автомобілів і вантажів.

Розвиток телематичних та інтелектуальних систем дпє можливість вирішити такі проблеми:

- недопустимий рівень людських втрат у результаті ДТП;

- затримки обороту вантажів і пасажирів;

- підвищення продуктивності транспортних систем і автомобільного транспорту;

- зниження використання енергоресурсів, що негативно впливають на довкілля та ефективність використання автомобільного транспорту;

- ефективне проведення дистанційного моніторингу та діагностування автомобільного транспорту;

- оптимізація процесів ТО та Р.

З допомогою засобів телематики та ІТС стає можливим дистанційне діагностування автомобіля. Крім цього, з установленою телематичною системою можна вирішувати завдання керування рухом автомобілів, виявляти і записувати загальну інформацію про транспортний засіб (ТЗ): швидкість руху, місце його знаходження, шляхову витрату пального, про технічний стан; обґрунтовано проводити ТО та Р і, відповідно, забезпечувати готовність парку автомобілів АТП і СТО.

В монографії подано формулювання функціональних можливостей та практична реалізація інтелектуальних транспортних систем для ідентифікації та моніторингу автомобільного транспорту. Сформульовані основні положення впливу дорожніх, транспортних і кліматичних умов та інфраструктури доріг на технічний стан і ефективність експлуатації автомобілів. Наведені практичні результати використання телематичних та інтелектуальних транспортних систем: для керування дорожнім рухом; визначення місцезнаходження автомобілів; параметрів руху тапройденого шляху; контроль транспортного процесу, транспортних послуг; моніторинг і дистанційне діагностування й безпека автомобілів. Розгянуті приклади телекомунікаційних та інтелектуальних систем моніторингу технічної експлуатації автомобілів.

Монографія базується на досвіді вчених (роботи яких наведені у списку літератури) із сучасних напрямків розвитку мехатроніки, телематики, синергетики, інформаційних технологій та інтелектуальних транспортних систем. Вкладом у цей розвиток автора монографії є роботи [10, 11, 33, 35, 45, 46].

Автор висловлює щиру подяку рецензентам за слушні зауваження, поради і побажання щодо монографії. Глибоко вдячний О. І. Жадану за кваліфіковане редагування та комп’ютерну верстку тексту і рисунків монографії.

1. СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

1.1. Сучасний стан автомобільного транспорту

У даний час автомобільний парк України нараховує понад 10 млн. одиниць автомобілів, структура яких виглядає таким чином [1]: вантажних автомобілів – 15,5%, автобусів – 2,6%, легкових автомобілів – 81,9%.

Автомобільний транспорт (АТ) є найважливішим сектором української економіки, який обслуговує практично всі галузі господарювання та верстви населення, сприяє зростанню якості мобільності населення.

Мережа автобусних сполучень за станом на сьогоднішній день включає близько 19 тис. міських, приміських, міжнародних маршрутів, на яких задіяно приблизно 50 тис. автобусів. До переходу до ринкової економіки систему транспорту загального користування в Україні у різні роки обслуговували від 45 до 54 тис. автобусів, які були зосереджені в 449 спеціалізованих ПАТ державної форми власності.

АТ продовжує залишатися з наземних видів транспорту найбільш ресурсномістким і небезпечним для населення і навколишнього середовища.

АТ витрачає більше 60% пального нафтового походження, 70% трудових ресурсів, викликає більше 96% дорожньо-транспортних пригод. На автомобільний транспорт припадає, відповідно до оцінок, 40-50% забруднення навколишнього середовища, в тому числі у великих містах – 60-70%, а в мегаполісах і більше 85%. При цьому не менше 25% забруднень пояснюється технічним станом автомобілів і виробничою діяльністю ПАТ.

Основними системними проблемами АТ на сучасному етапі є [1]:

- втрата адміністративних важелів управління АТ як повністю приватизованого;
- зниження обсягів транспортної роботи;
- збитковість діяльності пасажирського транспорту на автобусних маршрутах загального користування;
- масове старіння рухомого складу та невідпрацьованість механізмів його заміни;
- невідповідність структури вантажного і пасажирського парку попиту на його послуги;
- незадовільний рівень безпеки автомобільних перевезень і значне економічне навантаження на навколишнє середовище.

Технічна експлуатація автомобілів (ТЕА), за визначенням [2-6] є однією з найважливіших підсистем АТ, яка, в свою чергу, є підсистемою транспорту в структурі досить складної транспортно-комунікаційної програми держави.

Від функціонування ТЕА в значній мірі залежить ефективність роботи АТ в цілому. Так, якщо сфера виробництва забезпечує транспортний процес автомобілями потрібного типажу і якості, то ТЕА перетворює фізичну можливість, закладену в автомобіль проектувальниками, конструкторами, технологами і виробниками, у фактичну, забезпечуючи справність і роботоздатність автомобілів в процесі, наприклад, комерційної експлуатації (КЕ).

Сучасна структура автомобільного транспорту загального користування (АТЗК) – це сукупність окремих перевізників і автопідприємств у вигляді малих підприємств автомобільного транспорту (МПАТ), які є основними представниками автомобільної галузі. Основні особливості їх системи ТЕА [1, 2]:

- відсутність нормативної бази щодо обов'язковості кожним власником рухомого складу (РС), проводити певний комплекс технічних впливів, які забезпечують роботоздатність і безпеку РС, результатом чого є втрата на АТЗК механізму управління рівнем технічного стану автомобільного парку через гнучку систему ТО та Р;

- відсутність необхідної інформаційної бази галузі у вигляді мережі опорних підприємств, що дозволяло АТЗК раніше, по-перше, контролювати реалізовані показники якості та надійність РС в експлуатації і, по-друге, пред'являти обґрунтовані вимоги заводам-виробникам автомобілів;

- неефективність, запропонованої державою, системи сертифікації послуг ТО і Р.

У результаті АТЗК і, перш за все, малі підприємства автомобільного транспорту галузі, виявилися в складних умовах, тому що вони [1, 2]:

- зобов'язані забезпечити технічний стан РС згідно з державними вимогами безпеки руху та екологічної безпеки транспорту;

- не мають умов (бази, обладнання, персоналу) для підтримки роботоздатності та необхідного технічного стану РС;

- не мають чітко узаконених зобов'язань застосовувати систему ТО та Р і виконувати такий мінімальний обсяг робіт з ТО та Р, який може забезпечити необхідну роботоздатність і безпеку РС.

Створений організаційний і технологічний вакуум призвів до практично неконтрольованої експлуатації автомобілів у більшості МПАТ, що у свою чергу призвело до різкого погіршення технічного стану автомобільного парку, збільшило кількість ДТП, викликаних несправністю автомобілів, та забруднення навколишнього середовища.

Так, за даними НИИАТ [7] у ході проведення інструментальної перевірки у низці регіонів РФ було виявлено, що понад 30% автомобілів з більш ніж 105 тис. перевірених, мали несправності та відмови, з якими їх експлуатація заборонена. Основні відмови і несправності: гальмівна система – 29%; рульове керування – 20%; система освітлення і сигналізації – 19% із усіх 100%. Виявлення причин ДТП на місці події технічно і методично підготовленими фахівцями показало, що близько 15% з них пов'язані саме з незадовільним технічним станом, яке значно вище офіційної статистики.

Основною метою ТЕА як підсистеми АТ є забезпечення необхідного рівня технічного стану автомобілів. У цілому до 50% собівартості перевезень прямо або побічно залежить від якості й ефективності ТЕА. Найважливішим ланкою ТЕА є вибір системи технічного обслуговування і ремонту автомобілів, яка регулюється комплексом взаємопов'язаних положень і норм, що визначають порядок, організацію, зміст і нормативи проведення робіт із забезпечення роботоздатності парку автомобілів.

На сучасних автотранспортних підприємствах діють три групи способів ТЕА.

Перша група. ТЕА виконується власними силами на власному підприємстві.

Друга група. ТЕА виконують підрядні організації, які мають постійний штат кваліфікованих фахівців і необхідну виробничу технічну базу. Однак, така організація ТЕА не дає можливості фахівцям знати, що відбувається з автомобілем у його динаміці. Забезпечення безвідмовності автомобіля на лінії проявляється в однаковому підході до автомобілів різного віку: перелік операцій та періодичність ТО ідентичні як для нового автомобіля, так і для автомобіля перед його капітальним ремонтом.

Третя група. Система ТЕА існує у вигляді сервісного гарантійного та післягарантійного обслуговування. При такому способі реалізації умов ТЕА можуть існувати два рівні організації сервісу: фірмовий та авторизований, коли обов'язковою складовою є підключення до мережі Інтернет. При цьому на основі інформації про надійність агрегатів, вузлів і систем автомобіля в цілому забезпечується аналіз відмов, ремонту, аварій, впливів під час ТО та Р на надійність і подальший прогноз робото здатності автомобіля. Такі системи дають можливість забезпечувати індивідуальний підхід до оцінювання технічного стану кожного конкретного автомобіля.

Для ефективної роботи автомобільного транспорту необхідно постійно здійснювати їх конструктивну модернізацію та використовувати нові технологічні й інформаційні методи та підходи вибору стратегії технічної експлуатації, проведення ТО та Р. Конструктивна модернізація автомобільного транспорту, полягає у широкомасштабному використанні комп'ютерних та інформаційних) систем, які контролюють різноманітні процеси технічної експлуатації автомобілів, забезпечують їх інформатизацію, оптимізують та планують їх роботу, а також створюють умови для проведення моніторингу параметрів технічного стану. При цьому важливим завданням є оптимізація та обґрунтування комплексу технічних дій для поліпшення ТО та Р, а також забезпечення високого коефіцієнту технічної готовності автомобілів в умовах експлуатації, які змінюються у часі.

Використання автомобіля у нестаціонарних умовах експлуатації вимагає постійного контролю фактичного його стану, проведення необхідних технічних дій з обслуговування для забезпечення належного роботоздатного стану. Подібна інтерпретація умов використання автомобілів можлива лише за рахунок моніторингу технічного стану, що ґрунтується на обробці апріорної інформації, безперервній діагностиці та прогнозуванні параметрів їх технічного стану. У зв'язку з цим перед науковцями, що займаються питаннями експлуатації автомобілів, стоїть проблема забезпечення повноцінного зв'язку між процесами експлуатації автомобілів і параметрами умов експлуатації, а також узагальнення й удосконалення методів прогнозування технічного стану автомобілів.

Аналіз сучасного стану проблем транспортних систем показує, що їх численні причини пов'язані не тільки з недостатнім рівнем ТЕА, потужностей транспортної інфраструктури, але і в значній мірі з недостатнім рівнем організації руху та керування транспортними потоками.

1.2. Стан завдань щодо підвищення ефективності технічної експлуатації автомобілів

Сучасний автомобільний транспорт є надзвичайно складною організаційно-технічною системою, керування якою на сьогодні практично неможливе в межах традиційних підходів. Ефективність його функціонування залежить від технічного стану, багатьох факторів та умов експлуатації, організації ТО та Р. У зв'язку з цим з'являється проблема керування технічним станом автомобіля в експлуатації на основі даних, отриманих у процесі моніторингу умов експлуатації в реальному часі, діагностуванні та прогнозуванні основних параметрів стану. Цій проблемі присвячені роботи [8-17]. Більшість цих завдань у процесі вдосконалення методів оперативного керування технічним станом автомобіля, які вирішують технічні служби експлуатації, мають інформаційну складову оцінювання: дорожніх умов експлуатації автомобілів щодо висоти дороги над рівнем моря, профілю та рельєфу місцевості, типу і стану дорожнього покриття; ремонту, будівництва й обслуговування об'єктів дорожньої інфраструктури; їх моніторинг; прогнозування можливих аварійних ситуацій, транспортних умов щодо насиченості й інтенсивності руху автомобілів, особливостей вантажу, режиму і швидкості руху; атмосферно-кліматичних умов, культури експлуатації автомобілів тощо. Перераховані та подібні їм завдання поки що, в основному, вирішуються застарілими методами (розробленими коефіцієнтами), які вже не забезпечують необхідної якості надійності та ефективності ТЕА.

Існуючі системи дорожньо-транспортних умов і технічної експлуатації автомобільного транспорту мають низку недоліків, що потребують невідкладних рішень:

- недопустимий рівень людських втрат у результаті дорожньо-транспортних пригод (ДТП);
- затримка пасажирів та вантажів;
- висока витрата пального в результаті обмежених можливостей вибору водієм режимів роботи автомобіля, заторів на дорогах тощо;
- зростання споживання енергоресурсів і матеріалів для відновлення роботоздатності автомобілів при ТО та Р;
- низька продуктивність автомобільного транспорту через незадовільні дорожньо-транспортні умови експлуатації;
- негативний вплив підвищеної витрати пального, енергоресурсів та незадовільного технічного стану автомобілів на довкілля;
- зниження швидкості руху на дорогах, що впливає на збільшення необхідної кількості автомобілів, а також транспортної складової у кінцевій ціні продукції та послуг;
- низька продуктивність (швидкості руху) транспортних систем через недостатньо високий рівень керування транспортними потоками;
- недостатня потужність транспортної інфраструктури.

Відомо, що щорічно у ДТП по всьому світу гине 1,3 млн. людей. Від 20 до 50 мільйонів осіб отримують травми або стають інвалідами. Ці дані зростають з року в рік. Генеральна асамблея ООН оголосила 2011-2020 роки Десятиліттям дій щодо забезпечення безпеки дорожнього руху. Тому ефективність роботи ав-

томобільного транспорту визначається не тільки продуктивністю, собівартістю, але й безпекою руху [22, 27].

Зростаюча затримка людей і вантажів, вартості їх перевезень, високий рівень ДТП пов'язані, перш за все, як з недостатнім рівнем готовності автомобілів, так і з об'єктивним станом автомобільного транспорту та потужностей транспортної інфраструктури: недостатня організація і технічний рівень технічного обслуговування та ремонту, низький рівень керування та прогнозування технічного стану.

Негативні наслідки стану доріг і транспорту, затримки людей і вантажів, впливу транспорту на екологічну та технічну безпеку, масштаби і значимість яких дають підставу оцінювати їх як стратегічний виклик національного масштабу.

Основним комплексним завданням щодо підвищення ефективності автомобільного транспорту є впровадження процесів інтеграції глобальних супутникових, радіонавігаційних систем, які здатні забезпечити ефективність інформаційно-керуючих технологій, контроль функціонування та взаємодія підприємств АТП, СТО і транспортних систем. Такий підхід дає можливість вирішувати велику кількість різноманітних завдань моніторингу, прогнозування, керування дорожньо-транспортними потоками, які вимагають отримання, аналізу, узагальнення і переробки колосальних обсягів інформації про індивідуальний технічний стан автомобілів, час подій, місце розташування і параметри транспортних засобів і вантажів, включаючи дистанційний індивідуальний контроль технічного стану автомобілів. Сучасна телематика – це набір технологій, що поєднують інформаційні технології та телекомунікацію, щоб функціонально поєднати мобільні та стаціонарні пости ТО та Р.

Транспортна політика багатьох розвинених країн на сьогодні ґрунтується на розробці та просуванні телематичних та інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які вважаються потужним засобом для вирішення найактуальніших проблем підвищення ефективності використання автомобільного транспорту: автоматизоване керування транспортними потоками, їх моніторинг і прогнозування технічного стану, інформування, обліку і контролю технологічних та інформаційних потреб учасників транспортного процесу, підвищення безпеки й ефективності транспортних процесів. Телематичні властивості дорожньо-транспортних систем є ключовими для функціонування інтелектуальних систем. Інтеграція сучасних інформаційних і комунікаційних технологій та засобів автоматизації в транспортну інфраструктуру, а також в транспортні засоби дають можливість керувати транспортними потоками, визначати місцезнаходження та параметри автомобілів і вантажів, забезпечувати інженерні служби інформацією для ефективного використання та обслуговування транспортних засобів.

Світова практика показує, що впровадження ІТС дає можливість зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод до 50%, збільшити пропускну здатність доріг на 25-30%, знизити витрату пального на 20%, витрати часу в дорозі на 30%, збільшити зайнятість населення на 5% [8]. Наприклад, у США, що зараз значно відстали у цьому плані від Японії та Південної Кореї, системи керування автострадами збільшують швидкості від 13 до 48% порівняно з режимом

перенавантаження, що існував раніше. У Південній Кореї загальна економія від реалізації ІТС-технологій оцінюють у 1,5 мільярдів доларів щорічно. Протягом наступних 20 років очікують створення виробничих потужностей на 20 мільярдів доларів і зменшення економічних втрат через затори на дорогах на 26 мільярдів доларів [8].

Через незадовільні дорожньо-транспортні умови середня швидкість руху транспорту на автомобільних дорогах Росії складає 40-60 км/год, у той час як у Європі це 80-100 км/год; вантажі переміщують за добу на відстань 250-300 км, а в Європі – 700-1300 км. Низька швидкість руху призводить до збільшення на 20-30% собівартості перевезень, зростання транспортної складової у кінцевій ціні продукції та послуг, яка доходить до 15-20% (у США та Європі цей показник не перевищує 7-10%) [8]. За прогнозом Транспортної стратегії РФ, на період до 2030 року, до 2020 року протяжність федеральних доріг Росії, що працюють у режимі перенавантаження, зросте до 19800 км (у 2010 – 13000 км). З 1995 по 2008 рік середньорічні темпи приросту федеральної дорожньої мережі склали 1,63% при зростанні автомобільного парку в 9%. Темпи розвитку РФ не можуть розширяти дорожню мережу такими самими темпами як і приріст транспортних засобів [8].

За даними Департаменту транспортних досліджень та керування інноваційними технологіями США пасажири та вантажі простоюють у заторах на дорогах 4,2 мільярди годин за рік. Це повний робочий тиждень кожного мешканця із сумарними втратами 87,2 мільярдів доларів. Безцільно щорічно спалюється 8,1 мільйона тонн пального, а це 22% усіх викидів CO_2 в атмосферу. Втрати РФ та України з цих чинників не публікуються.

Основними завданнями транспортної політики Європейського Союзу (ЄС) до 2050 року є застосування більш «чистих» транспортних засобів і чистих видів пального. Так, до 2030 року на 50% повинна бути зменшена частка автотранспортних засобів на традиційних видах пального, а до 2050 року передбачається поетапна відмова від їх використання у містах [8]. ЄС розробив заходи забезпечення зниження до 2020 року кількості загиблих у ДТП на 50%, приймаючи за початковий показник 1995 рік, коли в країнах ЄС у ДТП загинуло 45 тисяч чоловік. До 2050 року передбачено зменшення кількості ДТП до рівня близького до нуля.

Постійно зростаючі затори на дорогах і затримки пасажирів та вантажів на всіх видах транспорту, неприйнятний рівень людських втрат, зростання споживання енергетичних ресурсів і негативний вплив на довкілля у світі кваліфікують як стратегічні проблеми національного рівня [8].

Світовим транспортним суспільством рішення знайдене у створенні вже не систем керування транспортом, а транспортних систем, у яких засоби зв’язку, керування і контролю вже вбудовані у транспортні засоби та в об’єкти інфраструктури, а можливості керування (прийняття рішення) на основі інформації, отриманої в реальному масштабі часу, доступні не тільки транспортним операторам, але й усім користувачам транспорту.

Завдання вирішується шляхом побудови інтегрованої системи «людитранспортні засоби» з максимальним використанням найновіших інформаційно-керуючих технологій. Такі системи і стали називати інтелектуальними. Ви-

сокий рівень розвитку ІТС дає можливість забезпечити інформаційне керування підприємствами АТП, СТО дорожньо-транспортним сервісом, дистанційною діагностикою, інформаційним супроводженням виробничих процесів ТО та Р з урахуванням реальних експлуатаційних умов кожного автомобіля.

Що стосується автомобільного транспорту АТП і СТО метою розробки ІТС є чітке дотримання вимог щодо забезпечення безпеки руху, зменшення рівня впливу на довкілля, суттєве підвищення ефективності ТЕА та виробничої діяльності в цілому.

Для впровадження способів і технологічних процесів експлуатації автомобілів, удосконалення організації та розробки методів і технічних засобів автоматизації, комп'ютеризації та інформатизації процесів експлуатації доцільно використовувати нові можливості для отримання технічної інформації про окремі автомобілі шляхом моніторингу їх параметрів стану за допомогою сучасних засобів ІТС. Реалізація цих можливостей забезпечується поєднанням сучасних комп'ютерних технологій та мережею навігаційних супутникових систем, а саме: GPS, a-GPS, ГЛОНАСС, SBAS, GPRS, Internet, локальної мережі тощо [8-10, 14-17]. До бортових засобів ІТС сьогодні відносять традиційні та опційні об'єкти сучасної автомобільної телематики, автономні мікропроцесорні інтелектуальні системи моніторингу, діагностування та керування ТЗ.

2. ВПЛИВ ЯКОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА НАДІЙНІСТЬ ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1. Вплив технологій проектування та виготовлення автомобілів на їх якість і надійність

2.1.1. Технічний рівень створюваних автомобілів

Автомобіль – це складна технічна система, призначена для здійснення транспортної діяльності; її характеризує багато різних параметрів, що визначають технічні й експлуатаційні показники даної системи.

Якість автомобіля виражається широкою сукупністю властивостей, кожна з яких характеризується одним або кількома параметрами, що кількісно виражаються конкретними показниками. Наприклад, динамічність характеризується максимальною швидкістю автомобіля, часом розгону до швидкості 10 км/год і т. д. Конкретний автомобіль з певним технічним станом має певні значення показників параметрів (рис. 2.1). Хоча не всі властивості можуть бути виражені кількісними показниками, наприклад, зручність посадки водія і т. д.

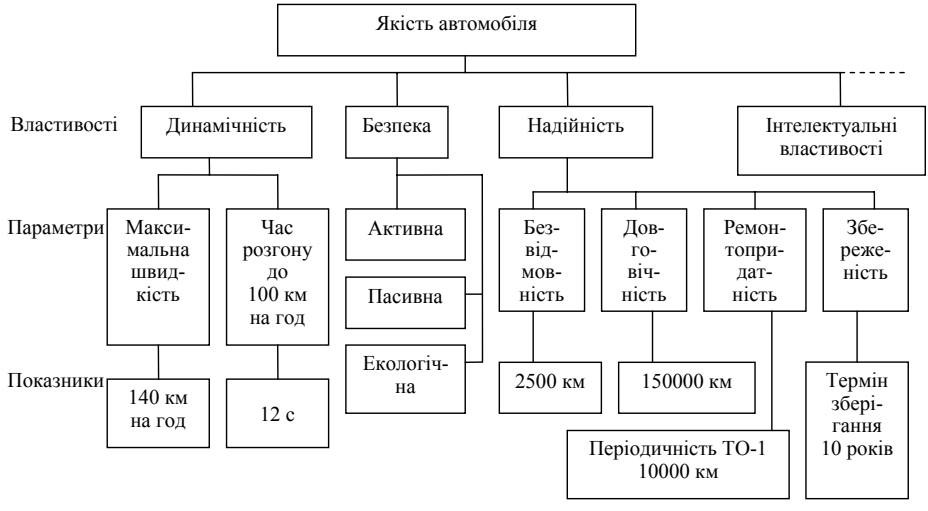


Рис. 2.1. Структура поняття «якість автомобіля» на прикладі аналізу деяких властивостей автомобіля

Показані на рис. 2.1 числові значення показників є умовними, оскільки для конкретної моделі автомобіля та його призначення вони можуть значно відрізнятися.

Кожне підприємство стоїть перед необхідністю досягати й підтримувати потрібний рівень якості при оптимальних затратах. Виконання цього завдання пов'язане з планованим ефективним використанням технічних, людських і матеріальних ресурсів, які є у підприємства. Процес цей повинен бути стабільним

і затверджувати віру в можливості підприємства поставляти якісну продукцію та надавати високого рівня послуги.

Насправді процес керування якістю на великих підприємствах – 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: відділ методів контролю, цех (лабораторію) технічного контролю, відділ вхідного контролю, цех випробувань, відділ аналізу дефектів.

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

Загальні завдання, які потрібно вирішувати при проектуванні автомобілів, приведені на рис. 2.2 [20]. Для ефективної технічної експлуатації їх вирішення вимагає високого рівня мехатронізації та телематизації автомобіля. Ці технічні рішення можуть досягати рівня інтелектуального автомобіля (див. 5, рис.2.2).

Однак, якщо автомобіль не має необхідної надійності, усі ці технічні й інші показники якості втрачають своє практичне значення, тому що не можуть бути ефективно використані Тому надійність автомобіля є основною експлуатаційною властивістю.

На сьогодні існує низка багатокритеріальних систем оцінювання технічного стану проектованих автомобілів. Однак вони складні, не дають можливості враховувати всі фактори експлуатації автомобіля і з потрібною достовірністю розв'язувати проблеми визначення початкової надійності та прогнозувати ресурс автомобіля. Оцінка надійності проектованих агрегатів і автомобіля в цілому може бути вироблена за результатами діагностування автомобіля під час багатоваріантних випробувань дослідних зразків автомобілів.

Досягнутий технічний рівень багатоваріантного створення автомобіля можна представити графічно (рис. 2.3 [20, 21]). Технічний рівень створюваних макетних, експериментальних і та тих автомобілів, що випускаються серійно, не завжди задовольняє заданій надійності та ресурсу, що відповідають світовому технічному рівню Д. Часто можуть бути випущені ненадійні високовідмовні автомобілі технічного рівня В і Г. Тому на цей час експлуатуються автомобілі різного рівня проектної надійності та мехатронізації, які не відповідають вимогам (рис. 2.2).

Виробництво високонадійних автомобілів технічного рівня Д вимагає великих витрат проектувальника і виробника порівняно з рівнем Г, але менших витрат під час експлуатації автомобілів, тобто в принципі існує оптимальна надійність автомобіля, яка забезпечує мінімум сумарних витрат. Практично визначення оптимальної надійності затруднене, оскільки саме поняття надійності багатозначне і не може бути виражене єдиним показником (рис. 2.1).

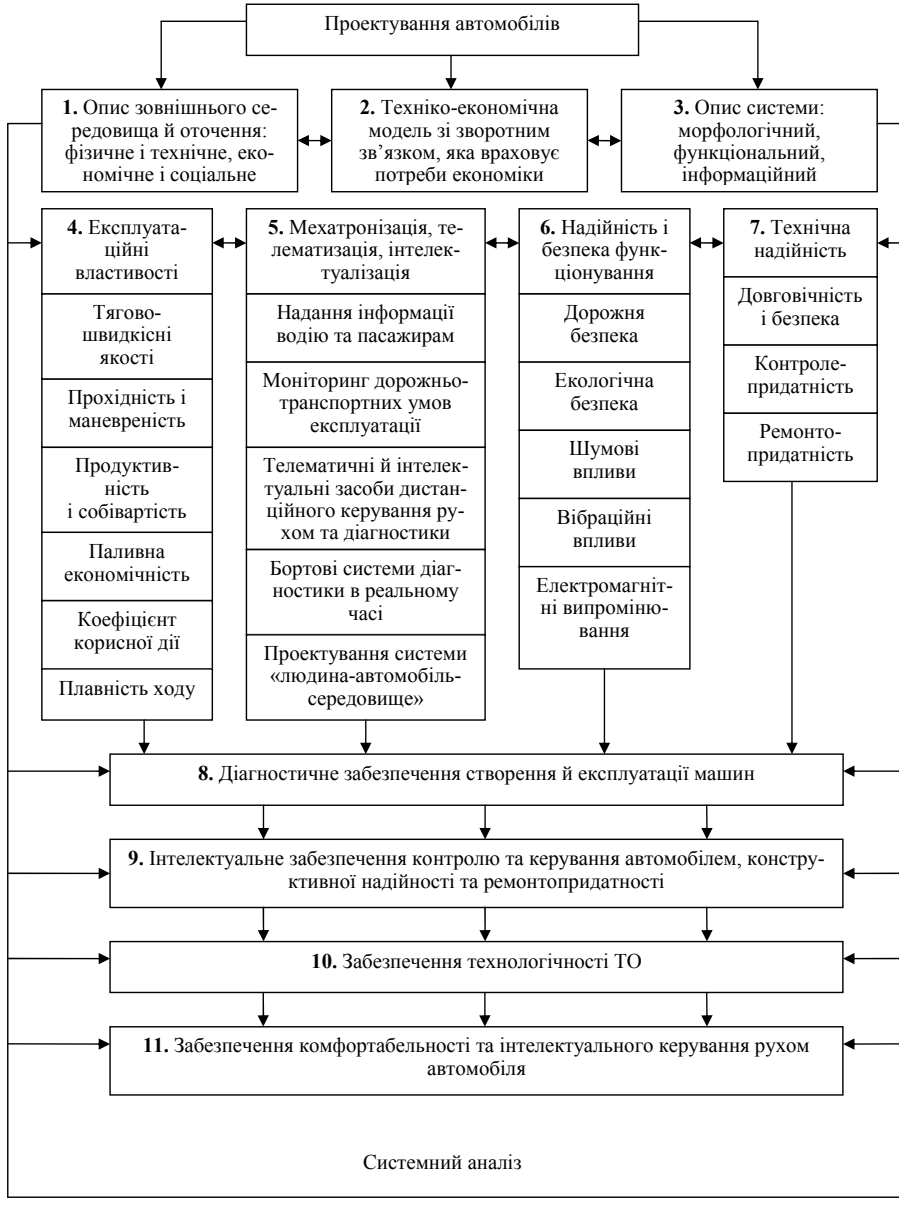


Рис. 2.2. Структурна схема основних завдань і системного підходу до їх розв'язання при проектуванні автомобілів

Технічний рівень проектування багатьох сучасних легкових автомобілів дуже близький до рівня Д (рис. 2.3). Ці автомобілі оснащені мехатронними і телематичними бортовими системами діагностування майже всіх технічних сис-

тем, мають автоматичне адаптивне управління робочими процесами та рухом автомобіля. Високий рівень доводки технічних систем автомобілів дає можливість підвищити їх ресурс, технічну й екологічну надійність і періодичність технічного обслуговування порівняно з традиційними конструкціями технічного рівня Г (рис. 2.3). Мехатронні системи діагностування й управління сучасних легкових автомобілів покращують їх керованість, стійкість і комфортабельність, виконують управління підвіскою, колесами, гальмами, підтримують оптимальні робочі режими та швидкості руху автомобіля, дають можливість скоротити витрату пального [11].

На рис. 2.3 літерами позначені: А – крива стадії еволюційного розвитку (удосконалення) об'єкта; Б – реалізація нових прогресивних науково-технічних рішень (відкриттів та винаходів), що дають можливість значно скоротити час проектування і доводки автомобіля до заданого технічного рівня (етапи 4 і 5); В – недопустимий технічний рівень; Г – допустимий технічний рівень; Д – необхідний технічний рівень; Е – зона необхідного економічно обґрунтованого технічного рівня.

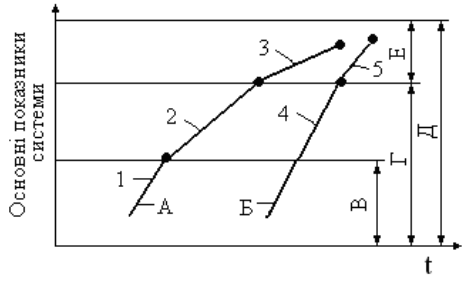


Рис. 2.3. Технічні можливості проектного удосконалення:
1-5 – цикли вдосконалення і доводки автомобіля; t – періоди (роки) розробки і доводки

Системи і механізми автомобіля конструюють таким чином, щоб він мав певні експлуатаційні властивості, які потрібні для заданих умов експлуатації та забезпечують його ефективне використання. Ці властивості визначають пристосованість автомобіля до умов експлуатації, ефективність і зручність його використання, технічну й екологічну безпеку (рис. 2.4) [22, 23]. Рівень конструктивного вдосконалення експлуатаційних властивостей, пов'язаних з рухом автомобіля (1, рис. 2.4) залежить від мехатронного забезпечення (2, рис. 2.4), взаємопов'язаного з керуванням технічними системами (4, рис. 2.4).

Експлуатаційні властивості автомобілів (рис. 2.4) можна поділити на дві групи: пов'язані з рухом автомобіля і не пов'язані. Загальні експлуатаційні властивості автомобілів представлені на рис. 2.5 [22].

Тягово-швидкісні та гальмівні властивості, паливна економічність, керованість, повертальність, маневреність, стійкість, прохідність, плавність ходу, екологічність і безпека забезпечують рух автомобіля і визначають його закономірності.

Експлуатаційні властивості управління рухом автомобілів контролюються і досягають належного рівня з допомогою вимірювачів і показників їх мехатронних систем [11].

На рис. 2.4 та 2.6 показаний зв'язок експлуатаційних властивостей з тими системами і механізмами автомобіля, конструкція і технічний стан яких найбільше впливає на ці властивості [22].

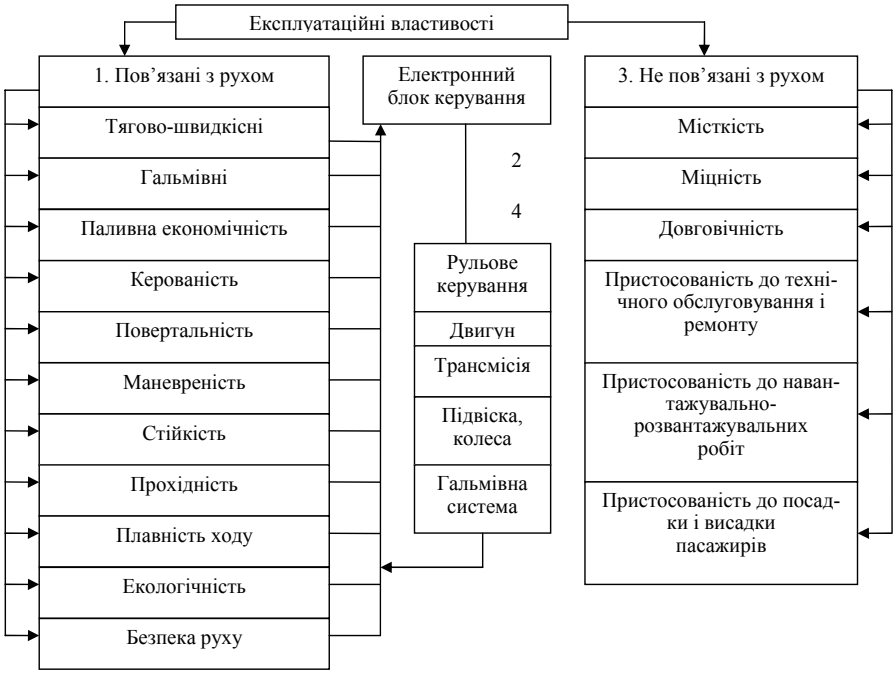


Рис. 2.4. Спрощена схема експлуатаційних властивостей автомобіля

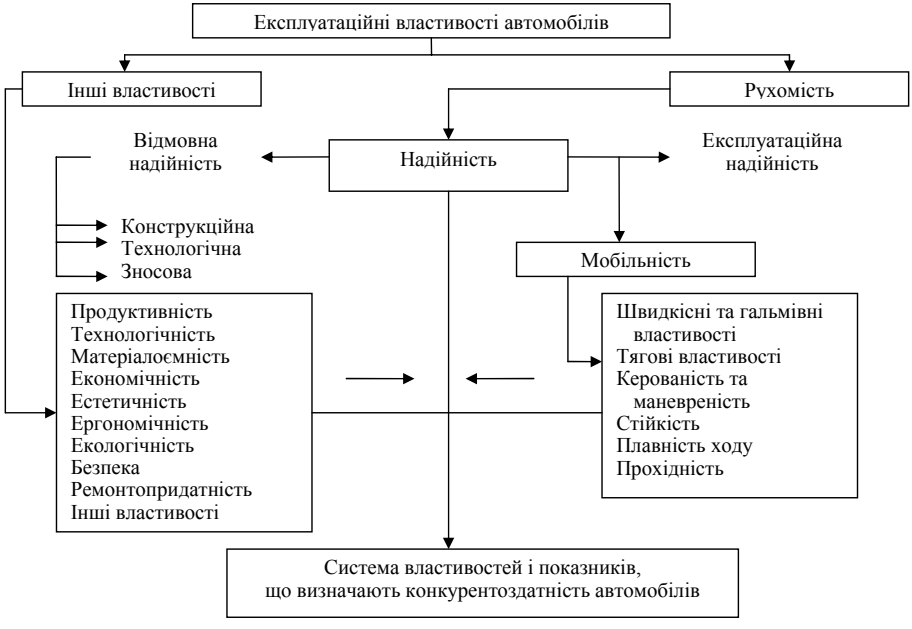


Рис. 2.5. Структурна схема експлуатаційних властивостей автомобілів

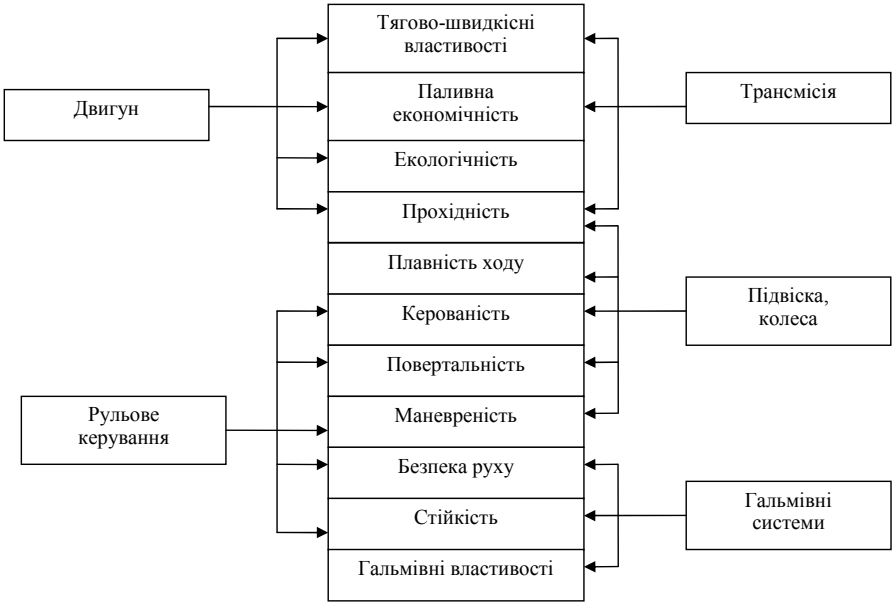


Рис. 2.6. Зв'язок експлуатаційних властивостей з системами і механізмами автомобіля

Однак проблема високого рівня проектного забезпечення всіх стадій життєвого циклу автомобілів ще повністю не вирішена, про що свідчать численні доопрацювання передовими фірмами автомобілів, що серійно випускаються. Значна кількість автомобілів експлуатуються з несправностями, які у свою чергу призводять до забруднення довкілля та надмірних витрат пального.

Проведене у 2017 році американською J. D. Power Associates дослідження рейтингу надійності автомобілів у гарантійний період показало, що надійність сильно відрізняється для різних моделей (табл. 2.1). Автомобілі Kia визнані більш надійними, ніж Porsche та Lexus. У корейських автомобілів Kia та преміум-бренд Genesis найменше несправностей на 100 автомобілів.

Таблиця 2.1

Кількість виявлених несправностей на 100 автомобілів

Автомобіль	Кількість несправностей	Автомобіль	Кількість несправностей
Kia	72	Genesis	77
Porsche	78	Ford	86
Ram	86	BMW	88
Chevrolet	88	Hyundai	88
Lincoln	92	Nissan	93
Volkswagen	93	MINI	94
Buick	95	Toyota	95
Lexus	98	GMC	99

Продовження табл. 2.1

Автомобіль	Кількість несправностей	Автомобіль	Кількість несправностей
Chrysler	102	Mercedes Benz	102
Acura	103	Cadillac	105
Honda	105	Dodge	106
Infiniti	107	Jeep	107
Subaru	113	Audi	115
Mazda	125	Land Rover	131
Mitsubishi	131	Volvo	134
Jaguar	148	Fiat	163

Згідно з дослідженнями Vehicle Dependability Study рейтингу надійності європейських автомобілів перше місце зайняла модель Škoda, на другому місці опинилася Kia (83 скарги на 100 автомобілів), третє місце зайняла Suzuki Kia (86 скарг на 100 автомобілів).

За даними британської компанії Warranty Direct на кожні 27 автомобілів Audi припадає одна поламка двигуна; у автомобілів компанії MG Rover – одна поламка на кожні 13 машин; Honda і Toyota – одна поламка двигуна на 344 та 171 автомобіль відповідно; на моделях Mercedes – одна поламка на кожні 119 двигунів. Ці дані дещо суперечать іншим статистичним даним (за матеріалами auto.mail.ru). Наведена статистика несправностей з різних публікацій в Internet, хоча й дещо різна, в основному свідчить про суттєві конструктивно-технологічні недоліки.

2.1.2. Показники надійності автомобілів

У процесі експлуатації автомобіля його якість погіршується через зміну рівня показників. **Надійність** є специфічною властивістю якості, оскільки проявляється тільки протягом тривалого часу. Узагальнено можна вважати, що надійність – це якість виробу, розгорнута в часі. За загальноприйнятому визначенню надійність – це властивість виробу (об'єкта) виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених показників у межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, ТО та Р, зберігання і транспортування.

Надійність – складне поняття, яке виражається кількома параметрами:

- безвідмовність – властивість об'єкта (виробу) безперервно зберігати роботоздатний стан протягом деякого часу або напрацювання. Показниками безвідмовності є: середнє напрацювання на відмову; інтенсивність потоку відмов як величина, зворотна середньому напрацюванню на відмову; ймовірність безвідмовної роботи при заданому напрацюванні;

- довговічність – властивість об'єкта зберігати роботоздатність до граничного стану з необхідними перервами для ТО та поточного ремонту (ПР). Показниками є: середній ресурс (в одиницях напрацювання); середній термін служби (звичайно у календарних роках); гамма-процентний ресурс (це ресурс, якого досягають, наприклад, 95% об'єктів);

- ремонтопридатність (експлуатаційна технологічність) – властивість об'єкта, що полягає в його пристосованості до попередження, виявлення й усунення відмов і несправностей. Щодо автомобілів за ГОСТ 20334-81 показниками ремонтопридатності є: періодичність ТО; разова оперативна трудомісткість ТО; питома трудомісткість ТО; кількість використовуваних видів пального та мастильних матеріалів (ПММ), інструментів та оснащення і т. п.;

- збереженість – властивість об'єкта зберігати встановлені показники якості в процесі зберігання, транспортування та безпосередньо після. Показниками збереженості є середній і гамма-процентний термін зберігання.

Термін зберігання – це час зберігання і (або) транспортування автомобіля, в протягом якого зберігаються значення таких показників, як безвідмовність, довговічність і ремонтопридатність;

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

За походженням або причинами появи відмови та несправності поділяють на три види:

- конструкційні (з вини конструктора);
- виробничі (внаслідок погано організованого виробничого процесу);
- експлуатаційні (внаслідок неправильної експлуатації або несприятливого сполучення режимів експлуатації).

Потрібно враховувати, що виробництво високонадійних автомобілів вимагає великих затрат виробника і малих затрат під час експлуатації автомобілів, тобто взагалі існує оптимальна надійність автомобіля, яка забезпечує мінімум сумарних затрат. Практично визначити оптимальну надійність досить складно, оскільки саме поняття надійності багатозначне і не може бути виражене єдиним показником.

Різниця між експлуатаційною надійністю автомобілів початкових станів Д і Г (рис. 2.3) пояснюється технологічними рівнями конструкції і, перш за все, якістю виробництва (якість комплектувальних, процесу складання, контролю якості та ін.). Вирівнювання їх «надійності» відбувається шляхом заміни деталей і вузлів, а також проведення необхідних регулювань. Це може продовжуватися років 10, а за цей час автомобіль уже стає морально застарілим.

Основним завданням ТЕА є підтримка заданих технічними умовами показників якості автомобілів в експлуатації, для чого необхідно мати чітке уявлення про фактори та процеси, що призводять до зміни експлуатаційних характеристик автомобілів. Узагальнено всі зміни технічного стану автомобіля можуть бути зведені до двох причин:

- зміна властивостей конструкційних матеріалів;
- зміна геометрії деталей, включаючи розміри, форму, взаємне розташування поверхонь і їх шорсткість.

Надійність як комплексна властивість безвідмовності, довговічності, ремонтопридатності та збереженості в процесі експлуатації залежить від низки чинників: характеру й обсягу виконуваних автомобілем робіт; дорожньо-кліматичних (ґрунтових) умов роботи автомобіля; прийнятої системи технічного обслуговування та ремонту; якості та наявності нормативно-технічної документації й технічних засобів обслуговування; якості виконання правил експлуа-

тації й технічного обслуговування.

При розробці заходів щодо збереження надійності автомобілів слід враховувати всі згадані чинники. Їх спрямована зміна і використання зумовлюють сприятливі умови роботи автомобілів, 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 автомобіль.

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

2.2. Вплив умов експлуатації на технічний стан автомобіля

2.2.1. Класифікація умов експлуатації автомобілів

Робота автомобіля та зміна показників його якості визначаються проектною якістю та широким колом експлуатаційних умов, які можна розширено згрупувати таким чином:

1. Дорожні умови.
2. Природно-кліматичні умови.
3. Транспортні умови.
4. Майстерність водіння.
5. Якість технічної експлуатації автомобіля (ТЕА).
6. Соціально-економічні умови.
7. Екологічні умови.

Вплив дорожніх умов на експлуатаційні характеристики автомобіля вельми суттєве, оскільки частіше за все саме стан дороги визначає швидкісний режим руху автомобіля, динамічні навантаження у підвісці та інших елементах. Поздовжній рельєф дороги (підйоми і спуски, повороти) безпосередньо впливає на вибір передач, режим роботи гальмівної системи та ступінь навантаження двигуна. Порушення покриття дороги суттєво підвищує ризик виникнення несправностей та відмовного стану елементів автомобіля.

Від якості дорожніх умов експлуатації автомобілів залежить інтенсивність погіршення технічного стану автомобіля, зниження якості та безпеки водіння.

Природно-кліматичні умови характеризуються температурою навколишнього повітря, вологістю, вітровим навантаженням, рівнем сонячної радіації та деякими іншими параметрами. Ці умови впливають на коефіцієнт зчеплення, теплові й інші режими роботи агрегатів і, відповідно, на інтенсивність зміни їх технічного стану.

Транспортні умови характеризуються різними властивостями вантажів , специфікою виконуваних маршрутів і використанням вантажопідйомності автомобіля. Вантажі можуть бути штучними, насипними, наливними, мати різну питому вагу, різну пружність. Наприклад, слід враховувати, що 5 тонн дощок будуть впливати на режими роботи елементів автомобіля зовсім не так, як

5 тонн вологого зерна. У першому випадку пружні коливання вантажу можуть збуджувати динамічні навантаження в елементах автомобіля, у другому – погашати їх. Вантажі з пилом сприяють абразивному спрацюванню деталей автомобіля; деякі види вантажів можуть призводити до корозії.

Спосіб навантажування також впливає на технічний стан автомобіля: умови при навантажуванні насипного вантажу стрічковим транспортером суттєво відрізняються від умов навантажування ковшовим екскаватором, що скидає великі брили каменю в кузов. Автомобіль, що працює з причепом, навантажений зовсім не так, як одиночний автомобіль. Суттєве значення мають навантажувальні та швидкісні умови, характер руху: умови руху автомобіля у місті відрізняються від умов руху при міжміських перевезеннях довільним чергуванням режимів розгону, гальмування, руху з усталеною швидкістю, короткочасними зупинками (затори, світлофори, перехрестя та «випадкові» навантаження на двигун).

Якість ТЕА проявляється у своєчасному проведенні технічного обслуговування та ремонту, кріпильних, регулювальних та мастильних робіт, виявленні й усуненні несправностей і відмов на початковому етапі їх виникнення і повному відновленні роботоздатності агрегатів і систем, що ремонтуються, без порушення роботоздатності інших агрегатів. Слід уникати виконання без потреби розбирання агрегату, що негативно впливає на його довговічність, а повне розбирання та складання вузлів та агрегатів призводить до зменшення їх ресурсу на 30%.

Якість технології технічного обслуговування та виконуваних ремонтних операцій, в основному, визначається майстерністю виконавців та їх оснащеністю потрібним інструментом і технологічним обладнанням, а також закладеною в конструкції ремонтопридатністю автомобіля. Своєчасність виявлення і достовірність ідентифікації несправностей і відмов, що виникають, в не меншій мірі залежить від досконалості використовуваного діагностичного обладнання і кваліфікації фахівця, який повинен добре розуміти причини, що призводять до втрати роботоздатності автомобіля.

Соціально-економічні умови експлуатації – це доцільність експлуатації альтернативних конструктивних систем автомобіля; необхідність виконувати транспортні роботи при ліквідації аварії; необхідність транспортних робіт в умовах бездоріжжя, коли використовуються спеціальні автомобілі з особливими рушіями або автомобілі на повітряній подушці; перевозити вантажі з допустимими навантаженнями на дорожнє покриття; виключати руйнування дорожніх споруд; виконувати роботи у сильно запилених і загазованих умовах.

Екологічні умови експлуатації автомобілів – це дотримання вимог нормативів щодо шкідливих викидів, що забруднюють довкілля, шкідливого впливу на ґрунт та рослини, рівнів шуму (не більше 60 дБА), що призводить до нервових розладів, безсоння, надмірної втоми та роздратування. Ігнорування попереджень ОВД щодо перевищення норм шкідливих викидів є по суті екологічним злочином.

Виконання екологічних умов експлуатації вимагає постійного вдосконалення конструкції автомобілів, технології ТО та Р.

2.2.2. Вплив дорожніх умов на ефективність експлуатації автомобілів

До основних експлуатаційних властивостей, що характеризують поведінку автомобілів на дорозі, належать динамічність, паливна економічність, керованість, прохідність, плавність ходу, реалізація яких залежить від умов експлуатації автомобіля.

Дорожні умови поділяють на постійні: конструкція покриття, поздовжній профіль, ширина дороги; та змінні: ступінь рівності покриття, кількість поворотів та перехресть на дорозі, величина зчеплення коліс з дорогою, видимість дороги водієм.

Залежно від мікропрофілю середньоквадратичні значення ординат нерівностей у сантиметрах для різних покриттів змінюються в межах від 0,3 до 4,0 (асфальтобетон і цементобетон – 0,3-1,5; бруковий – 1,5-3,0; щебеневе розбите – 4 і більше).

Залежність коефіцієнта зчеплення від дорожнього покриття і стану шин приведена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Залежність коефіцієнта зчеплення від стану дорожнього покриття та стану шин автомобіля

Стан дорожнього покриття	Стан шин	Коефіцієнт зчеплення
Сухе дорожнє покриття	Нові шини	1,0 (найвищий)
Забруднена дорога	Нові шини	0,9
Сухе дорожнє покриття	Старі, зношені шини	0,8
Забруднена дорога	Старі, зношені шини	0,7
Гравій	Нові шини	0,6
Гравій	Старі, зношені шини	0,5
Мокра дорога	Нові шини	0,4
Мокра дорога	Старі, зношені шини	0,3
Лід	Нові шини	0,2
Лід	Старі, зношені шини	0,1 (найнижчий)

Технічна якість дороги, елементи дороги в плані та профілі (ширина дороги, радіуси поворотів, схили і спуски) вид і якість дорожнього покриття визначають режими роботи транспорту, плавність ходу, швидкість руху, вид і збереження якості вантажу, що перевозиться, витрату пального та спрацьованість шин, технічну й екологічну безпеку, стомлюваність водія і пасажирів, організацію руху транспортних засобів єдиним потоком. Спрацювання і порушення дорожнього покриття підвищує ризик виникнення пошкодженого стану елементів автомобіля на 14-33% [24, 25].

У свою чергу, режим роботи автомобіля впливає на надійність та інші властивості автомобіля і його агрегатів.

Нерівності та хвилястість дороги, поперечний схил, зміна коефіцієнту зчеплення або опір коченню правих і лівих коліс є причиною відхилення автомобілів від прямолінійного руху. Від якості дороги залежить безпека дорожнього руху, підтримка автомобіля у технічно справному стані.

Робота автомобілів на дорогах з твердим покриттям, що має велику кількість нерівностей, та по бездоріжжю приносить великі щорічні втрати. Проблема ефективності експлуатації автомобілів на дорогах з різним ступенем рівності та на бездоріжжі набула особливої актуальності й повинна вирішуватися спільними зусиллями автомобілістів і дорожників (рис. 2.7).

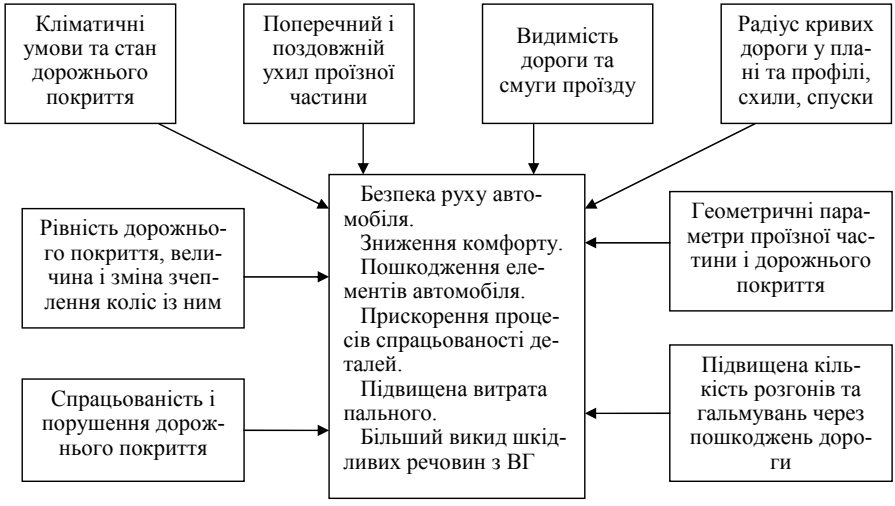


Рис. 2.7. Основні параметри дорожніх умов, що впливають на безпеку та технічний стан автомобілів

На ефективність роботи автомобілів значно впливає поздовжній профіль доріг і їх розташування над рівнем моря, що в результаті визначається рельєфом місцевості. Швидкість руху автомобілів на гірських дорогах зменшується в середньому на 35-40%, а витрата пального збільшується на 15-20%. У гірських умовах порушується нормальна робота системи живлення двигуна, що призводить до зниження динаміки й економічності автомобіля та до збільшення спрацьованості двигуна. Імовірності розподілення ординат мікропрофілю та поздовжніх схилів доріг, в основному, підпорядковуються нормальному закону.

Висока швидкість доставки вантажів і пасажирів до місця призначення, можлива за рахунок якісних автомобільних доріг і розвиненої їх мережі, природно, підвищує загальні показники продуктивності праці в країні [8].

Вплив дорожніх умов на автомобіль може бути досить різним, оскільки протягом усього терміну служби він експлуатується у різних дорожніх умовах. Спектр дорожнього впливу на праві та ліві колеса теж різний, тому що праві колеса частіше рухаються нерівним і більш брудним узбіччям дороги та зазнають більш високих радіальних навантажень через перерозподіл ваги автомобіля, зумовленого поперечним нахилом дорожнього полотна. Різниця дорожнього впливу на праві та ліві колеса достатньо суттєва, оскільки вона проявляється у різниці станів і ресурсів вузлів підвіски коліс, елементів кермового привода і шин [18].

На ґрунтових дорогах, що знаходяться у хорошому стані, середні технічні

швидкості автомобіля менші у 1,3-1,4 рази, ніж на дорогах з удосконаленим покриттям, а на дорогах з твердим зношеним покриттям середні технічні швидкості зменшуються більше, ніж удвічі. Під час руху автомобіля на поганих дорогах збільшуються амплітуди швидкостей і кількість обертів колінчастого вала (по відношенню до середнього значення). Рух набуває імпульсного характеру. Величина середньої технічної швидкості в умовах руху поганими дорогами обмежує динамічні якості автомобіля, а поштовхи та коливання, що передаються через амортизатори, впливають і на стійкість автомобіля.

При погіршенні дорожніх умов збільшуються кількість обертів колінчастого вала на одиницю шляху, витрата пального та кількість вмикань зчеплення, гальм та передач. Аналогічно на роботу двигуна і систем автомобіля впливає збільшення ваги причіпного навантаження. Такі режими роботи автомобіля значно впливають на інтенсивність спрацювання елементів автомобіля і, відповідно, на появу несправностей і відмов, зменшення періодичності ТО та Р, ресурсу автомобіля.

Різноманітність дорожніх умов при різному їх впливі на роботу агрегатів автомобіля призводить у процесі експлуатації до утворення випадкового потоку виникаючих відмов і несправностей, що слід враховувати, оцінюючи надійність автомобіля, у тому числі й на етапі його проектування.

Дорожні умови категорій доріг, величина схилів, кількість і радіуси поворотів, кількість перехресть впливають на швидкість та інтенсивність руху, на витрату пального, забезпечення безпеки та економічності автомобільних перевезень, а також надійність автомобілів. У табл. 2.3 наведені отримані на основі дослідних даних деякі експлуатаційні характеристики автомобіля, що експлуатується у різних дорожніх умовах, виражені у відсотках від відповідних показників автомобіля, який експлуатується на асфальтобетонному покритті [18].

Таблиця 2.3

Співвідношення експлуатаційних характеристик автомобілів, що рухаються різними дорожніми покриттями, % (при постійних швидкостях)

Тип покриття	Опір коченню	Витрата пального	Спрацювання шин	Міжремонтний пробіг	Експлуатаційні витрати
Асфальтобетон	100	100	100	100	100
Щебеневе	233	111	128	83	145
Бруківка	333	117	-	83	180
Ґрунтова дорога	200-400	103	70	64	200

Рух автомобіля в різних дорожніх умовах по-різному впливає на режими роботи агрегатів автомобіля. У табл. 2.4 наведені дані щодо коефіцієнта навантаженості агрегатів вантажного автомобіля, що рухається у повністю завантаженому стані різними дорогами. Коефіцієнт – це відношення середніх навантажень на агрегат у дорожніх умовах, що розглядаються, до навантажень під час руху міжнародним шосе, тобто дорогою категорії І [18].

Погіршення мікропрофілю дороги внаслідок руйнування, деформацій покриття впливає на зниження плавності ходу автомобіля (і, значить, підвищення вібронавантажень на водія, що відбивається на його працездатності), падає швидкість руху, зменшується пропускна здатність дороги.

Таблиця 2.4

Коефіцієнт завантаженості агрегатів вантажного автомобіля, що працює у різних дорожніх умовах

Дорожні умови	Зчеплення	Агрегати трансмісії	Рульове керування	Гальмівна система
Шосе зі щебеневим покриттям	1,12	1,8	2,7	3,25
Приміське шосе з асфальтобетонним покриттям	2,0	1,3	4,8	1,5
Ґрунтова профільована дорога	1,6	1,5	4,0	3,45
Дорога з твердим покриттям у гірській місцевості	4,2	3,25	5,2	11,3
Вулиці міста з населенням більшим 1 млн. мешканців	9,5	2,85	20,0	6,3
Рух у кар'єрах	6,7	2,25	11,5	22,5
Погана ґрунтова дорога	3,85	2,0	6,7	1,0

2.2.3. Показники надійності автомобільних доріг

Експлуатаційна надійність автомобільних доріг визначається такими основними критеріями:

- безперервний, безпечний і вільний (без обгонів) рух автомобілів з розрахунковими швидкостями (для легкових автомобілів у І-й категорії умов експлуатації – 120 км/год та у V-й категорії – 60 км/год, для вантажних автомобілів середня швидкість руху з вантажем, оптимальна за мінімумом сумарних зведених витрат);
- забезпечення нормативної інтенсивності транспортного потоку при найбільшій розрахунковій швидкості;
- термін служби, верхня межа якого досягає трикратної величини середнього терміну між капітальними ремонтами, що складає приблизно 90 років для цементобетонних і 27 років для щебеневих і гравійних покриттів;
- резервованість за пропускною здатністю та міцністю дорожнього покриття, що забезпечує його збереження у разі прогнозованої зміни конструкції автомобілів на майбутні 20 років (підвищення вантажопідйомності, швидкості, тягових та інших властивостей).

Безвідмовність дороги визначається, головним чином, здатністю надавати можливість тривалого руху з постійною економічною швидкістю (60-80 км/год). На дорозі, де непостійна ширина проїзної частини (є звуження), погане освітлення дороги, не обладнані обочини для того, щоб з'їжджали неспра-

вні автомобілі, утворюються відмови у вигляді заторів та інших подібних перешкод для здійснення транспортного процесу.

Відмова дороги виникає також при утворенні нерівностей. У зв'язку з цим перераховані показники дороги, що використовуються для утворення категорій умов експлуатації, недостатні. Набувають великого значення характеристики рівності поверхні, так як вимушене зниження швидкості – це часткова відмова.

Головна особливість автомобіля як складної коливальної системи, основним зовнішнім збуренням якої є нерівності дороги, потребувала розробки спеціальної оцінки її безвідмовності за інтенсивністю збурювальних впливів у контакті коліс з опорною поверхнею. У якості вимірювача таких впливів вибрана спектральна щільність мікропрофілю

У прийнятому смислі безвідмовність дороги визначається також її обладнанням та якістю догляду – розміткою, дорожніми знаками тощо.

У процесі експлуатації дороги земляне полотно зазнає деформацій та руйнувань: затоплення і розмивання насипу, сповзання відкосів, провали тощо. Покриття дороги зазнає руйнування у вигляді вибоїн, просадок, проломів, що є наслідком низької якості виготовлення покриття, перенавантаження під час руху транспортних засобів з великим навантаженням на вісь, зсувів у тілі земляного полотна.

Автомобільні дороги та вулиці слід утримувати відповідно до вимог, що висуваються до кожної групи доріг. У разі виявлення невідповідності вимогам, на їх експлуатацію повинні бути введені тимчасові обмеження, що забезпечують безпеку руху, аж до повної заборони руху. Покриття проїзної частини не повинне мати просадок, вибоїн, інших пошкоджень, що заважають транспортним засобам рухатися з дозволеною Правилами дорожнього руху швидкістю.

Граничні розміри окремих просадок, вибоїн дорожнього покриття не повинні перевищувати за довжиною 15 см, шириною – 60 см та глибиною – 5 см [18].

Не допускається відхилення кришки люка оглядового колодязя відносно рівня покриття більше 2,0 см і відхилення решітки дощоприймача відносно рівня лотка більше 3,0 см. Зруйновані кришки та решітки повинні бути негайно огороджені й позначені відповідними дорожніми знаками. Їх заміна повинна бути проведена протягом 3 годин.

Для різних груп доріг і вулиць стандартами передбачені різні допустимі площі пошкоджень і терміни їх ліквідації (табл. 2.5) [18].

Узбіччя та роздільні смуги, не відділені від проїзної частини бордюром, не повинні бути нижче рівня прилягаючої кромки проїзної частини більше, ніж на 4,0 см. Підвищення узбіччя (роздільної смуги) над проїзною частиною у разі відсутності бордюру не допускається. Стан зміцнювальних смуг за ступенем деформації та рівності їх покриття повинен відповідати значенням, установленим для покриттів проїзної частини.

Не допускається відхилення верху голівки рейки трамвайних чи залізничних колій, розташованих у межах проїзної частини, відносно покриття більше 2,0 см. На залізничних переїздах не допускається підвищення міжрейкового настилу над верхом рейок більше 3,0 см, а глибина нерівностей у покриття міжрейкового простору (настилу) не повинна перевищувати 4,0 см.

Таблиця 2.5

Площа гранично допустимих пошкоджень покриття і терміни їх ліквідації

Група доріг і вулиць	Пошкодження на 1000 м^2 покриття, м^2, не більше	Терміни ліквідації пошкоджень, діб, не більше
А	0,3 (1,5)	5
Б	1,5 (3,5)	7
В	2,5 (7,0)	10
Примітка. У дужках наведені значення пошкоджень для весняного періоду		

Окремі бортові (бордюрні) камені підлягають заміні, якщо їх відкрита поверхня має руйнування більше, ніж на 20% площі або якщо на поверхні є відколи глибиною більше 3,0 см. Не допускається відхилення бортового каменя від його проектного положення.

Надійність дороги може обмежуватися і лімітуючими елементами, руйнування яких загрожує раптовими й катастрофічними відмовами (наприклад, руйнування мостів внаслідок недопустимих навантажень і т. п.).

2.2.4. Вплив транспортних умов на ефективність технічної експлуатації автомобілів

Основні технічні показники автомобільних доріг загальної мережі встановлені чинними будівельними нормами, правилами і стандартами.

Дороги поділяються на класи, які характеризують умови доступу на дорогу і руху нею, та категорії, що характеризують транспортно-експлуатаційні якості доріг.

Автомобільні дороги класифікують таким чином: автомагістраль, швидкісна дорога, дорога звичайного типу (не швидкісна дорога).

Розрахункова інтенсивність руху (авт./добу) коливається у межах від 100 до 7000 і більше. Будівельні стандарти регламентують зміну розрахункових швидкостей руху.

За транспортно-експлуатаційними якостями та споживчими властивостями залежно від пропускної здатності, кількості смуг руху, ширини смуг, ширини проїзної частини, ширини земляного полотна, ширини смуги водовідведення, поздовжнього схилу дороги та радіуса закруглень дороги, автомобільні дороги поділяють на 5 категорій.

Дороги першої категорії (автомагістралі позначаються ІА, швидкісні – ІБ, звичайні – ІВ) мають загальну кількість смуг руху шириною 3,75-4 м і більше. Дороги другої категорії (позначення ІІ) можуть мати роздільну смугу або не мати її, з чотирма смугами руху мають ширину смуг 3,5 м; з двома та трьома – 3,75 м. Дороги третьої категорії (ІІІ) мають дві смуги руху шириною 3,5 м, а четвертої (IV) – 3,0 м. Дорога п’ятої категорії має одну смугу руху шириною більше 4,5 м.

Перетинання доріг ІВ та ІІ на одному рівні допускаються за наявності світлофорного регулювання. Перетинання дороги категорії ІІ з дорогами категорій

II і III можуть бути як на двох рівнях, так і на одному рівні за наявності світлофорного регулювання або перетинання кільцевого типу.

За транспортно-експлуатаційними характеристиками дороги включно з вулицями населених пунктів, об'єднані у три групи:

- група А – автомобільні дороги з інтенсивністю руху більше 3000 автомобілів за добу; в містах і населених пунктах це магістральні дороги швидкісного руху, магістральні вулиці загальноміського значення безперервного руху (без світлофорів);

- група Б – автомобільні дороги з інтенсивністю руху від 1000 до 3000 автомобілів за добу; в містах і населених пунктах – магістральні дороги з регульованим рухом, магістральні вулиці загальноміського значення з регульованим рухом та районного значення;

- група В – автомобільні дороги з інтенсивністю руху менше 1000 автомобілів за добу; в містах і населених пунктах – вулиці та дороги місцевого значення.

Пропускна здатність дороги визначається поєднанням багатьох чинників. Звичайно максимальна пропускна здатність досягається на прямолінійній і горизонтальній ділянці дороги з рівним шорстким і сухим покриттям, з шириною смуги руху 3,75 м, кількістю смуг дві та більше, відстанню між перетинаннями з іншими дорогами більше 5 км, з наявністю широкої укріпленої обочини й при сприятливих погодних умовах. Суттєво впливають на пропускну здатність дороги склад і насиченість транспортного потоку автомобілів.

До транспортних умов належить ціла низка специфічних умов, що характеризують організацію і протікання транспортного процесу. Вони визначаються видом вантажу, що перевозиться, обсягом і відстанню перевезень, партійністю відправок, способами навантаження і розвантаження, організацією перевезень, спеціалізацією рухомого складу та збереженістю вантажу, що перевозиться.

Ці умови наперед визначають вибір типу і конструкції рухомого складу, навантажувально-розвантажувальних засобів, їх кількість, організацію перевезень і технічної експлуатації

Важливою характеристикою транспортних умов є інтенсивність руху рухомого складу та щільність потоку. Інтенсивність і щільність руху суттєво впливають на швидкість руху автомобілів.

У міру збільшення швидкості руху автомобілів у транспортному потоці, пропускна здатність дороги спочатку збільшується, а потім починає падати. Цей феномен пояснюється тим, що гальмівний шлях автомобіля пропорційний його кінетичній енергії, яка знаходиться у квадратичній залежності від швидкості руху. Водій вибирає безпечну дистанцію між автомобілями, що рухаються, з урахуванням цієї залежності, і щільність транспортного потоку по мірі збільшення швидкості падає, а це починає призводити до зниження пропускної здатності дороги.

Загальна методика класифікації дорожніх (Д) і транспортних умов (Т) враховує класифікаційні ознаки, назву та позначення підкласів, межі зміни параметрів, границі та відносні коефіцієнти зміни швидкостей.

Усі основні показники роботи вантажних автомобілів суттєво залежать від умов функціонування. У табл. 2.6 наведені коефіцієнти, що показують зміну цих показників для різних умов порівняно з умовами 1-ї групи (коефіцієнти округлені) [18, 24].

Таблиця 2.6

Умови функціонування автомобілів

Група умов експлуатації	Швидкість автомобіля	Продуктивність	Собівартість перевезень	Витрата пального	Викид шкідливих речовин	Пробіг до капремонту
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,80	0,85	1,10	1,10	1,30	0,90
3	0,63	0,75	1,30	1,25	1,80	0,8
4	0,53	0,70	1,50	1,40	2,80	0,7
5	0,43 і менше	0,65	1,70	1,70 і більше	4,00	0,6

Режим роботи вантажного автомобіля у разі інтенсивного міського руху змінюється порівняно з рухом заміською дорогою з однаковим покриттям таким чином [24]:

- швидкість руху зменшується на 50-52%;
- середня кількість обертів колінчастого вала на один кілометр збільшується до 130-136%;
- кількість перемикань передач зростає у 3-3,5 рази;
- питома робота тертя гальмівних механізмів зростає у 8-8,5 раз;
- пробіг під час руху з криволінійною траєкторією (повороти, перебудування тощо) збільшується у 3-3,6 раз.

Одним з характерних показників рівня придатності дороги є рівень збереження пропускної здатності на ділянці, де виникла загроза відмови і потрібне відновлення транспортного потоку передбаченої інтенсивності.

Умови й інтенсивність руху характеризуються впливом зовнішніх чинників на режим руху і, відповідно, на режим роботи автомобіля та його агрегатів. До цих чинників належать умови перевезення: швидкість руху, відстань поїздки з вантажем, коефіцієнт використання пробігу, коефіцієнт використання вантажопідйомності, коефіцієнт використання причепів, вид вантажу, що перевозиться.

Виділяють три групи інтенсивності експлуатації: 1) за межами приміської зони; 2) в малих містах з кількістю мешканців менше 100 тис. чол. та у приміській зоні; 3) у великих містах з кількістю мешканців більше 100 тис. чоловік (табл. 2.7) [25].

Дорожні та транспортні умови експлуатації автомобілів тісно взаємопов’язані. Утворення нерівностей, затори, змушене зниження швидкості є частковою або повною відмовою дороги різної складності, що призводить до збільшення кількості розгонів та гальмувань, щільності та інтенсивності руху.

Транспортні умови експлуатації автомобілів значно впливають на витрату пального, на збільшення викидів шкідливих речовин, на збільшення простоїв у заторах, на зниження швидкості руху, а все це впливає на режими роботи дета-

лей, вузлів та агрегатів автомобіля, прискорюючи та сповільнюючи зміну параметрів навантаження їх елементів, що спричиняє спрацьованість поверхонь тертя.

Таблиця 2.7

Класифікація дорожніх покриттів

Категорія умов експлуатації	**Умови руху**		
	За межами приміської зони (більше 50 км від меж міста)	**У малих містах (до 100 тис. мешканців) та в приміській зоні**	**У великих містах (більше 100 тис. мешканців)**
I	$Д_1 – Р_1, Р_2, Р_3$	-	-
II	$Д_1 – Р_4$ $Д_2 – Р_1, Р_2, Р_3, Р_4$ $Д_3 – Р_1, Р_2, Р_3$	$Д_1 – Р_1, Р_2, Р_3, Р_4$ $Д_2 – Р_1$	-
III	$Д_1 – Р_5$ $Д_2 – Р_5$ $Д_3 – Р_4, Р_5$ $Д_4 – Р_1, Р_2, Р_3, Р_4, Р_5$	$Д_1 – Р_5$ $Д_2 – Р_2, Р_3, Р_4, Р_5$ $Д_3 – Р_1, Р_2, Р_3, Р_4, Р_5$ $Д_4 – Р_1, Р_2, Р_3, Р_4, Р_5$	$Д_1 – Р_1, Р_2, Р_3, Р_4, Р_5$ $Д_2 – Р_1, Р_2, Р_3, Р_4$ $Д_3 – Р_1, Р_2, Р_3$ $Д_4 – Р_1$
IV	$Д_5 – Р_1, Р_2, Р_3, Р_4, Р_5$	$Д_5 – Р_1, Р_2, Р_3, Р_4, Р_5$	$Д_2 – Р_5$ $Д_3 – Р_4, Р_5$ $Д_4 – Р_2, Р_3, Р_4, Р_5$ $Д_5 – Р_1, Р_2, Р_3, Р_4, Р_5$
V	$Д_6 – Р_1, Р_2, Р_3, Р_4, Р_5$		

У таблиці такі позначення:

- **дорожні покриття**:

$Д_1$ – цементобетон, асфальтобетон, брущатка, мозаїка;

$Д_2$ – бітумомінеральні суміші (щебінь або гравій, оброблені бітумом);

$Д_3$ – щебінь (гравій) без обробки, дьогтебетон;

$Д_4$ – брукняк, колотий камінь, ґрунт і маломіцний камінь, оброблені в'яжучими матеріалами, зимники;

$Д_5$ – ґрунт, укріплений або покращений місцевими матеріалами; лежньове або з колод покриття;

$Д_6$ – природні ґрунтові дороги; тимчасові внутрішньокар'єрні та відвальні дороги; під'їзні шляхи, що не мають твердого покриття;

- **типи рельєфу місцевості** (визначаються висотою над рівнем моря):

$Р_1$ – рівнинний (до 200 м);

$Р_2$ – слабогорбистий (200-300 м);

$Р_3$ – горбистий (300-1000 м);

$Р_4$ – гористий (1000-2000 м);

$Р_5$ – гірський (більше 2000 м).

Постійні затори, зниження швидкості руху призводять до того, що транспортна складова у кінцевій ціні продукції або послуг доходить до 20% (дані щодо РФ). У США та Європі цей показник не перевищує 7-10% [8]. Проблем з транспортними заторами в Токіо не існує, оскільки існує унікальна технологічна транспортна інфраструктура.

В умовах міста усталені швидкості складають усього 10-30%, а режими розгонів і гальмувань – 35-60% від загального часу транспортної роботи. На окремих вулицях міст на всій відстані шлях складається з розгонів і гальмувань, що призводить до збільшення витрати пального, забруднення довкілля, підвищеної спрацьованості деталей і вузлів автомобілів. Тому використання інформаційних транспортних систем (технологій) на автомобільному транспорті є потужним джерелом удосконалення мехатронних і телематичних систем автомобілів, даючи можливість підвищення їх техніко-економічних характеристик, безпеки руху, збереження вантажів, організації діагностування та технічного обслуговування, надійності виконання графіків руху та доставки вантажів, зменшення проблем затримки людей і, найголовніше, людських втрат. Дорожній рух – це техносоціальна система, що і визначає його специфіку як об'єкта керування. Інформаційне керування транспортними умовами експлуатації автомобілів дає можливість СТО й АТП підвищити ефективність технічної експлуатації автомобілів.

Основні джерела транспортних умов експлуатації автомобілів, що знижують ефективність роботи автомобільного транспорту приведені на рис. 2.8.

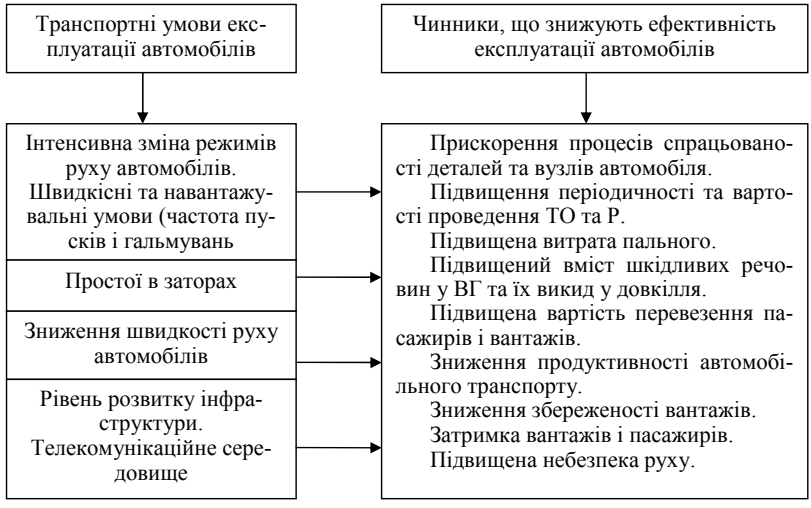


Рис. 2.8. Основні транспортні умови, що впливають на ефективність технічної експлуатації автомобілів

2.2.5. Вплив природно-кліматичних та сезонних умов на технічний стан автомобілів

За природно-кліматичними ознаками території та пов'язаними з ними умовами експлуатації автомобілів виділені три зони:

- помірного клімату;
- холодного клімату;
- жаркого клімату (може бути сухою або вологою).

Зона помірного клімату характеризується наявністю сезонних погодних коливань, на які орієнтовані усі автомобілі, що випускаються серійно. Тривалість зимового періоду зони помірного клімату – до 180 днів, температурний діапазон протягом року – від -35 до +35 °С.

У зону холодного клімату включають райони, де мінімальні температури повітря досягають -40 °С і більше, тривалість зими – 180-300 днів із середньою температурою нижче 0 °С, кількість днів із сніговим покривом складає від 190 до 260 днів, а середня температура найтеплішого місяця для більшої частини зони – від 0 °С до +15 °С.

Зона жаркого клімату характеризується середніми літніми температурами 39-45°С, різкими коливаннями температури протягом дня (інколи до 25 °С за 8 годин). Залежно від вологості повітря жаркий клімат поділяють на сухий тропічний і вологий тропічний або субтропічний.

Експлуатація автомобілів у високогірних умовах характеризується тим, що спостерігається швидка і суттєва зміна кліматичних умов залежно від висоти дороги над рівнем моря – протягом одного рейсу автомобіль може знаходитися в субтропіках і в зоні холодного клімату. Великі кути поздовжнього нахилу дороги, особливості руху на серпантині впливають на роботу двигуна, трансмісії, рульового керування, гальмівної системи.

Сезонні умови пов'язані з коливаннями температури навколишнього повітря (рис. 2.9), зі зміною дорожніх умов за порами року, з появою низки чинників, що впливають на інтенсивність зміни параметрів технічного стану автомобілів (пил влітку, волога та грязь – восени і весною) [25].

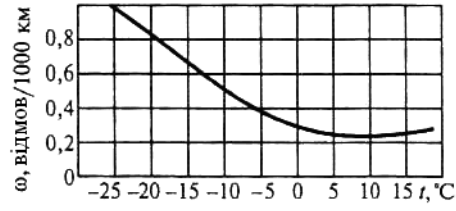


Рис. 2.9. Вплив температури навколишнього повітря на зміну загальної кількості відмов автомобілів (за даними НИИАТ)

Агресивність довкілля пов'язана з корозійною активністю атмосферного повітря. Підвищена корозійна активність є причиною інтенсивної корозії деталей автомобіля, збільшуючи трудомісткість технічного обслуговування та ремонту автомобіля, а також збільшення потреби в запасних частинах до 10%. При цьому ресурс автомобіля і періодичність технічного обслуговування скорочуються. Даний фактор впливу на інтенсивність зміни технічного стану автомобілів є характерним для прибережних морських районів.

2.2.6. Майстерність водіння та надійність водія

Надійність водія – це його можливість протягом певного проміжку часу працювати без ДТП.

Керування автомобілем є основною функцією водія. Під час руху поганими дорогами водій, використовуючи зворотний зв'язок, майже безперервно працює кермовим колесом і здійснює гальмування та розгін. У системі людина-автомобіль, людина є оператором, а автомобіль – об'єктом керування. Водій, безперервно аналізуючи дорожню обстановку та результати керування, змінює

параметри руху.

Автомобіль проявляє свої якості тільки в руках грамотного спеціаліста – людини. Кваліфікований і досвідчений водій впливає на всі техніко-економічні показники, проявляючи майстерність керування (водіння) автомобілем.

У системі керування автомобілем водій вирішує як мінімум три основних завдання: оцінює ситуацію на дорозі та формує бажаний вектор швидкості, тобто її величину і напрям руху; визначає поточне положення автомобіля і формує вектор стану – порівнює бажаний і поточний стани та виробляє алгоритм – керуючий вплив на органи керування; крім того, водій постійно оцінює технічний стан автомобіля (створює алгоритми і задає режими роботи його агрегатів), забезпечуючи не тільки безпеку, але й надійність автомобіля, а також його продуктивність як транспортного засобу. Успішність виконання перерахованих функцій і здатність зменшення ризику можливих помилок можна вважати проявом майстерності водіння.

Майстерність водіння відбивається на роботі всіх агрегатів автомобіля і проявляється у плавності рушання автомобіля з місця, своєчасності перемикання передач, динаміці розгону, виборі швидкісного режиму руху, плавності гальмування і т. д. Відомо, що при високій майстерності водіння досягається економія пального до 20-25% і збільшення ресурсу автомобіля на 25-50% та зниження можливості ДТП.

Водію як людині-оператору притаманні такі якості [22]:

- здатність до навчання шляхом використання відомої інформації та методів дії в певних умовах;
- можливість набуття знань і навичок у процесі самонавчання, здатність аналізувати свої дії;
- пам’ять як здатність тривалий час зберігати і відтворювати інформацію та завчені дії;
- наявність адекватних інстинктивних дій, рефлексів;
- адаптація до різних станів та умов діяльності (у тому числі звикання до небезпеки та притуплення пильності);
- схильність до повторення одних і тих самих помилок у прийнятті рішень та здійсненні дій;
- здатність до рискованих умисних дій, що збільшують небезпеку ДТП та відмов автомобіля;
- наявність непередбачуваних збоїв у діяльності.

Надійність водія має чотири основних складових [22]:

- медична надійність – відсутність захворювань, які можуть призвести до втрати контролю над автомобілем під час руху або виникнення аварійної ситуації;
- психофізіологічна надійність – це особисті якості водія (стан нервової системи, пам’яті, час реакції, увага тощо), недоліки яких можуть викликати втрату зайвого часу в умовах аварійної ситуації;
- професійна надійність – наявність досвіду та навичок керування автомобілем, які дають можливість уникати аварійних ситуацій;
- соціально-психологічна надійність – сукупність особистих якостей водія як людини (рівень загальної культури, дисциплінованість, помірність тощо).

У психологічному аспекті діяльність водія доцільно розглянути у вигляді такої схеми:

- отримання інформації;
- оцінювання інформації;
- прийняття рішення;
- дії органами керування автомобілем.

Як елемент системи ВАДС водій здійснює керування рухом автомобіля і бере участь у підтриманні його роботоздатного стану. Безперервне зростання автомобільного парку і тенденції розвитку конструкцій автомобіля такі, що фізична праця при керуванні автомобілем та під час його обслуговування полегшується, але разом з тим підвищуються вимоги до сприйняття умов руху, мислення, реакцій на зовнішні впливи у разі високої нервово-емоційної напруженості.

Дорожньо-транспортна пригода розглядається як найважча відмова не тільки водія, але й усієї системи.

Система «людина-автомобіль-середовище» - це надзвичайно складна велика система. Це не просто складна система щодо управління, а тріада – в сенсі взаємодії технічних, біологічних та прояв інтелектуальних якостей людини.

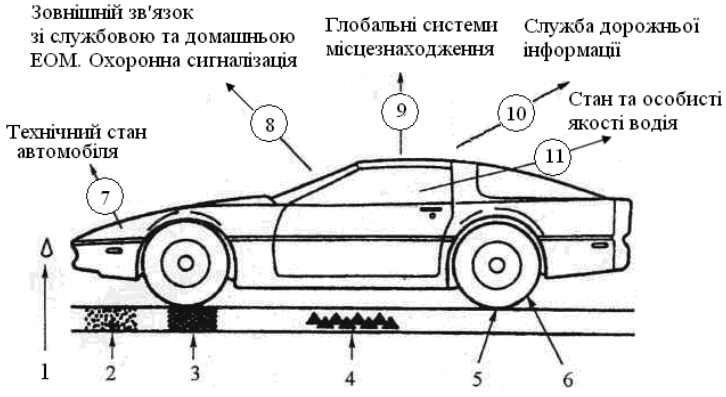


Рис. 2.10. Схема системи «людина-автомобіль-середовище»:
1 – погодні умови; 2 – дорожнє покриття; 3 – раптова зміна дорожнього покриття; 4 – стан дорожнього покриття; 5 – вага автомобіля і колеса при ковзанні; 6 – стан шини; 7 – технічний стан автомобіля, оснащеного і не оснащеного АБС; 8-11 – бортові системи зовнішнього зв'язку та технічного стану автомобіля

Управління в системі «людина-автомобіль-середовище» з кожним роком стає все більш складним і трудним. Ускладнились автомобільні поїзди, зросли швидкості руху, щільність транспортного потоку та ін. Прийняття правильного рішення при керуванні автомобілем вимагає врахування величезної кількості факторів, обробки гігантського обсягу інформації (рис. 2.10). Разом з тим дослідження психологів показали, що одночасне врахування більше десяти суперечливих факторів викликає у людини суттєві труднощі для прийняття рішення. Через збільшення швидкостей руху час, необхідний для прийняття рішення, неухильно зменшується. Виникає необхідність розробки систем автоматичного

керування транспортними машинами з використанням сучасних електронних систем [11].

Проектування, виробництво, експлуатація та обслуговування транспортних машин – це комплексна система «людина-автомобіль-середовище» (рис. 2.11, 2.12), у якій людина бере участь як об'єкт управління та як керівна ланка. Людина, будучи елементом ергатичної системи, стає приймачем і ретранслятором інформації, зобов'язана аналізувати і приймати рішення, виробляти управлінські команди, здійснювати контроль справності елементів системи, програмувати роботу системи і бути виконавцем команд. Багатоплановість сприйняття і передачі інформації людиною, її способи діяти у різних системах управління вигідно відрізняють від автоматів [22].

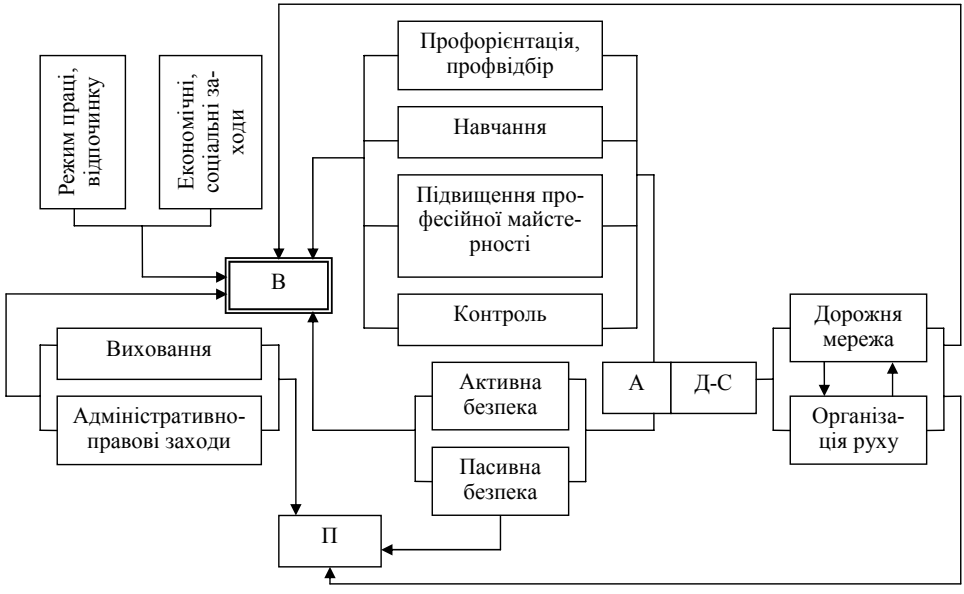


Рис. 2.11. Схема впливів між елементними зв'язками у системі ВАДС для забезпечення надійності водія

При керуванні автомобілем, що рухається, в мозку людини безперервно будуються різні інформаційні моделі дорожньої ситуації. Аналізуючи протягом короткого проміжку часу ці моделі, водій, випереджаючи події, приймає те чи інше рішення, наприклад, почати поступове зниження швидкості або екстрене гальмування у разі появи на проїзній частині дороги пішохода. Якщо водій, проаналізувавши у динаміці ситуацію (модель), яка виникла, вважає, що пішохід і автомобіль не зіткнуться, він не змінює режим руху автомобіля. Інакше йому доведеться вживати термінових заходів для попередження можливого зіткнення. Водій під час руху автомобіля повинен утримувати в полі свого сприйняття дорогу та навколишній простір, контролювати покази приладів на щитку, координувати роботу рук і ніг під час керування, на слух визначати

справність роботи агрегатів.

Крім зорового сприйняття суттєво впливають на водія й інші види сприйняття та відчуттів: слухові, шкірні, суглобо-м'язові, вестибулярні. Наприклад, зміна швидкості і напрямку руху сприймаються органом відчуття рівноваги – вестибулярним апаратом. Ці відчуття виникають під час гальмування, розгону, на крутих поворотах.

Рис. 2.12. Структура системи «людина-автомобіль»

Шкірні та суглобо-м'язові відчуття дають інформацію водію про швидкість і правильність руху важелів і педалей під час керування транспортним засобом.

Неабияку роль відіграють слухові відчуття, які залежать від стану слухового апарата та гостроти слуху. Люди з поганим слухом до водіння автомобілем не допускаються. Слухові відчуття дають можливість водію реагувати на звукові сигнали, визначати їх походження та віддаленість, за характерними шумами виявляти несправності двигуна і трансмісії, які впливають на безпеку дорожнього руху.

Професія водія серед систем «людина-оператор», належить до розряду «гострих». Медико-гігієнічні оцінки умов праці водіїв автомобілів підкреслюють нервово-емоційну спрямованість, обмежене рухомісне навантаження, високе навантаження сенсорної, інтелектуальної, моторної функцій, несприятливий вплив шуму, вібрацій, мікроклімату й токсичності середовища на робочому місці.

В таких умовах здатність безпомилково керувати автомобілем і тим самим забезпечувати надійність транспортного процесу у різних водіїв суттєво різна. Враховуючи, що водій є одним з елементів цілісної системи ВАДС, у понятті його надійності зберігається однаковий підхід як до комплексної властивості зберігати параметри функціонування у межах, що забезпечують безпеку руху в певних режимах та умовах використання автомобіля. Кількісне оцінювання цієї властивості дуже утруднене перш за все через складність моделі функціонування водія. Відомостей про його поведінку у величезному різноманітті дорожньо-транспортних ситуацій значно менше, ніж про надійність автомобіля.

Тому як комплексна складна властивість – надійність водія, так і простіші її складові – безвідмовність, довговічність, збереженість – оцінюють, спираючись на статистичні узагальнення спостережень, в основному, кількісно і часто за непрямими даними.

Безвідмовність водія у системі ВАДС визначається як властивість зберігати працездатність протягом робочого часу, що нормується, як правило, у годинах. У професійних водіїв ці норми різні. Працездатність водіїв умовно (тестуванням) установлюють за психофізичним оцінюванням стану організму, що забезпечує певну ймовірність правильного оцінювання дорожньо-транспортної ситуації, здатність здійснювати адекватні управлінські дії та, головне, уникати ДТП з певною вірогідністю.

Протягом робочого дня, як показали дослідження, безвідмовність суттєво змінюється: у перші 1,5-2 години роботи за кермом відбувається адаптація до умов виконання транспортного процесу, потім 4-5 годин підтримується найвищий рівень безвідмовності (інколи підтримуваний і довше за рахунок компенсаторних можливостей організму), після чого наступає зниження імовірності безпечного управління до недопустимих меж. Так, при збільшенні робочого дня з 7 до 12 годин імовірність здійснення водіями ДТП зростає (часто внаслідок засинання) майже втричі, а при подальшому продовженні роботи – ймовірність здійснення ДТП збільшується у 10 і більше раз.

Відновлюваність водія визначається як властивість поновити роботу з імовірністю безаварійного управління після встановлених перерв і відпочинку. Кількість ДТП, здійснених водіями після неповноцінного відпочинку у вихідні дні, на 41% вища, ніж водіями, які добре відпочили.

Професійна довговічність визначається як здатність зберігати працездатність до граничного стану або через медичні показники стану здоров’я, або з особистих відчуттів водія і рішень, що приймаються (вихід на пенсію, перехід на іншу роботу тощо). Вираховується довговічність функціонування водія у роках. Відомі пропозиції про використання поняття «характеристика професійної довговічності водія» для великих автотранспортних підприємств. У них зв’язуються вік працюючих водіїв з їх кількістю (у відсотках). Ця характеристика допомагає оцінити наявні резерви щодо забезпечення транспортного процесу на даному підприємстві, можливу текучість кадрів, доцільність розподілення їх за маршрутами і т. п.

Збереженість визначається як властивість не втрачати працездатність, навички водіння після тривалих перерв у керуванні автомобілем. Цю властивість особливо важливо враховувати у комплексній оцінці надійності водіїв.

2.3. Чинники, що впливають на інтенсивність зміни технічного стану та ефективність технічної експлуатації автомобілів

Оскільки основні функціональні характеристики та якісні показники автомобілів закладаються на стадії проектування (*П*) і доводки (*Д*), втілюються в життя при виготовленні та складанні (*И*), а також при введенні в експлуатацію (*В*) та реалізуються в процесі складних умов експлуатації (*Е*), то надійність і ресурс автомобіля в часі визначаються комплексом фактичного стану якості (*К*) [20, 21]:

$$K=f(П,Д,И,В,Е)\pm F.$$

Звідси випливає, що підвищення надійності та ресурсу можливе шляхом удосконалення якості *П* і методів контролю (збереження) заданої проектної якості на стадіях *И*, *Д* та *Е*. Але фактично кожна складова якості автомобілів має *n* невідомих структурних параметрів стану нестабільності діючих процесів і похибок їх визначення (*F*). Достовірність знань про статистичні структурні параметри і характеристики ресурсів великої кількості елементів автомобілів уже на стадії *П* не може бути повною через недостатні знання, рекомендації стандартів, розрахункові методики навіть допусків на виготовлення, наявність компромісних конструктивних рішень і велику ймовірність пропуску помилки при оптимізації функціональних характеристик, робочих процесів і динамічних характеристик окремих агрегатів і комплектних автомобілів. Але навіть задані конструктором параметри, як правило, не можуть бути з достатньою точністю відтворені при виготовленні та складанні. Забезпечення надійності та ресурсу автомобілів за загальноприйнятими моделями, багатоцикловими ресурсними випробуваннями – це трудомісткий і тривалий випадковий процес лабораторних випробувань і експлуатаційної доводки [20, 21]. При зниженні обсягів лабораторних діагностичних випробувань за рахунок доводки в експлуатаційних умовах дефекти конструкції можуть бути усунені лише за явними відмовами механізмів автомобілів. Більша частина прихованих дефектів і резонансних явищ, пов'язаних кореляційною залежністю з режимами роботи, робочими процесами та експлуатаційними умовами залишається в автомобілях, що серійно випускаються. Через це початковий технічний (проектно-технологічний) стан на стадії уже надходження автомобіля в експлуатацію не може бути однаковим. У процесі експлуатації автомобіля його технічний стан ще більше стає індивідуальним. На зміну технічного стану істотно впливають умови експлуатації автомобіля.

Таким чином, властивості структури механізмів автомобілів на стадіях *П, Д, И, В* можуть бути охарактеризовані великим набором конструктивних, технологічних і функціональних параметрів стану. Причина кожного дефекту й несправності автомобіля зумовлена об'єктивними або суб'єктивними чинниками (рис. 2.13).

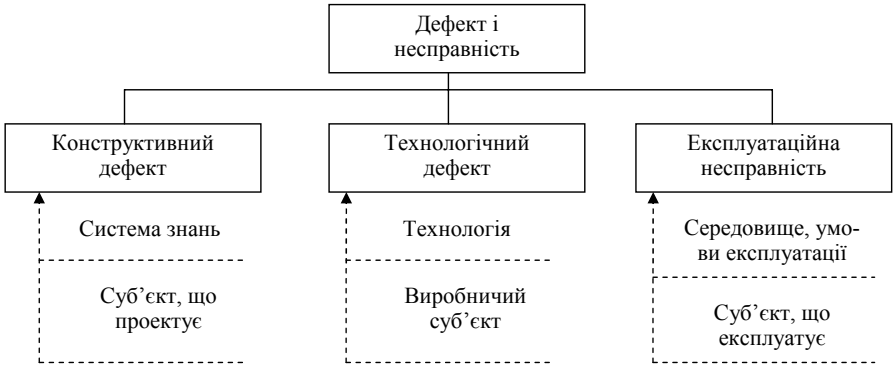


Рис. 2.13. Класифікація дефектів і несправностей

У різних умовах експлуатації показники надійності автомобілів будуть різними. Виділяють такі чинники, що впливають на інтенсивність зміни технічного стану автомобілів (рис. 2.14): конструктивні, виробничі, умови експлуатації, експлуатаційно-виробничі.

Конструктивні та виробничі чинники – це найчастіше приховані дефекти та потенційні несправності. Основні вимоги до якості проектування автомобілів приведені на рис. 2.2, джерела і причини дефектів і несправностей автомобілів конструктивного, технологічного та експлуатаційного походження – на рис. 2.15. Вимоги до інтелектуалізації автомобіля приведені на рис. 2.2.

Виробничі чинники впливу на зміну технічного стану автомобіля включають: конструктивні особливості даної моделі автомобіля; однорідність виробництва (характеризується розсіюванням термінів спрацьованості одних і тих самих деталей); надійність.

Умови експлуатації включають дорожні умови, умови й інтенсивність руху, природно-кліматичні, сезонні умови, агресивність довкілля.

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

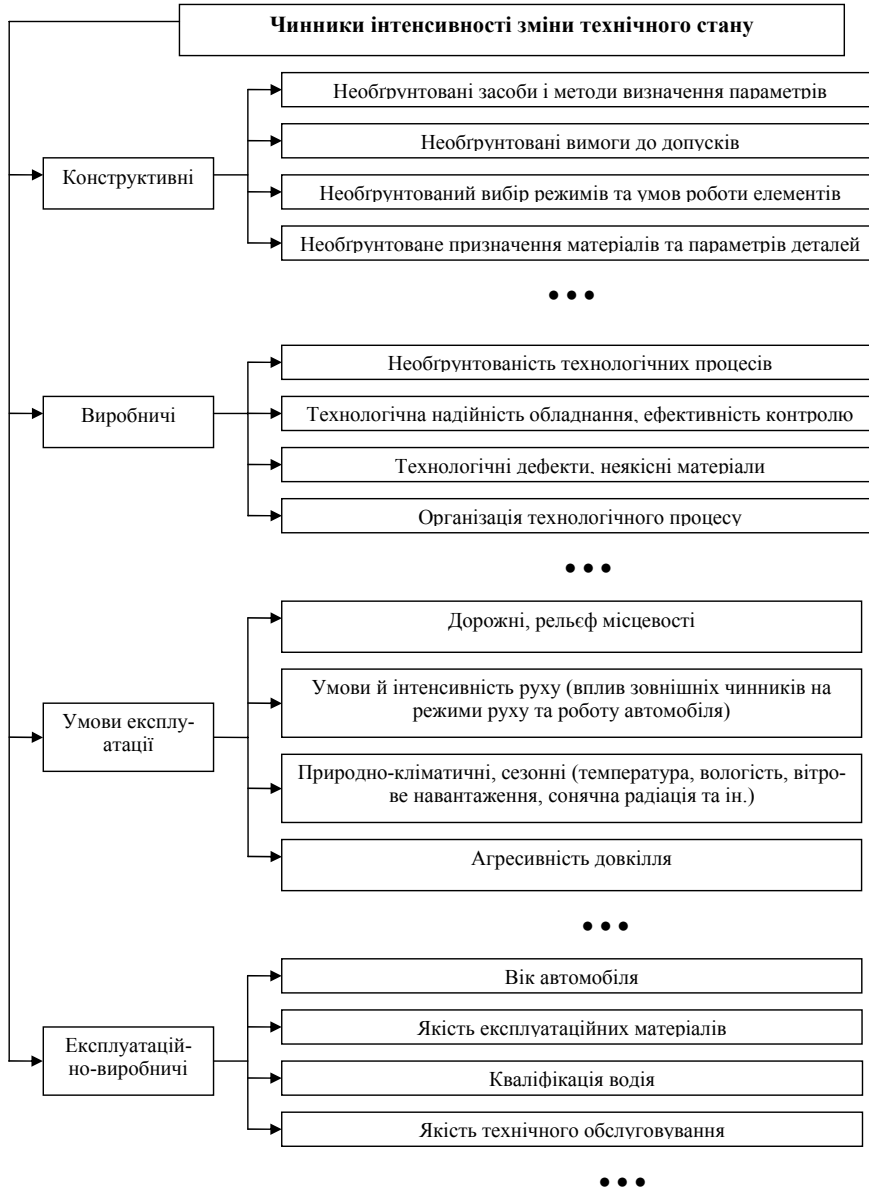


Рис. 2.14. Класифікація чинників впливу на інтенсивність зміни технічного стану автомобілів

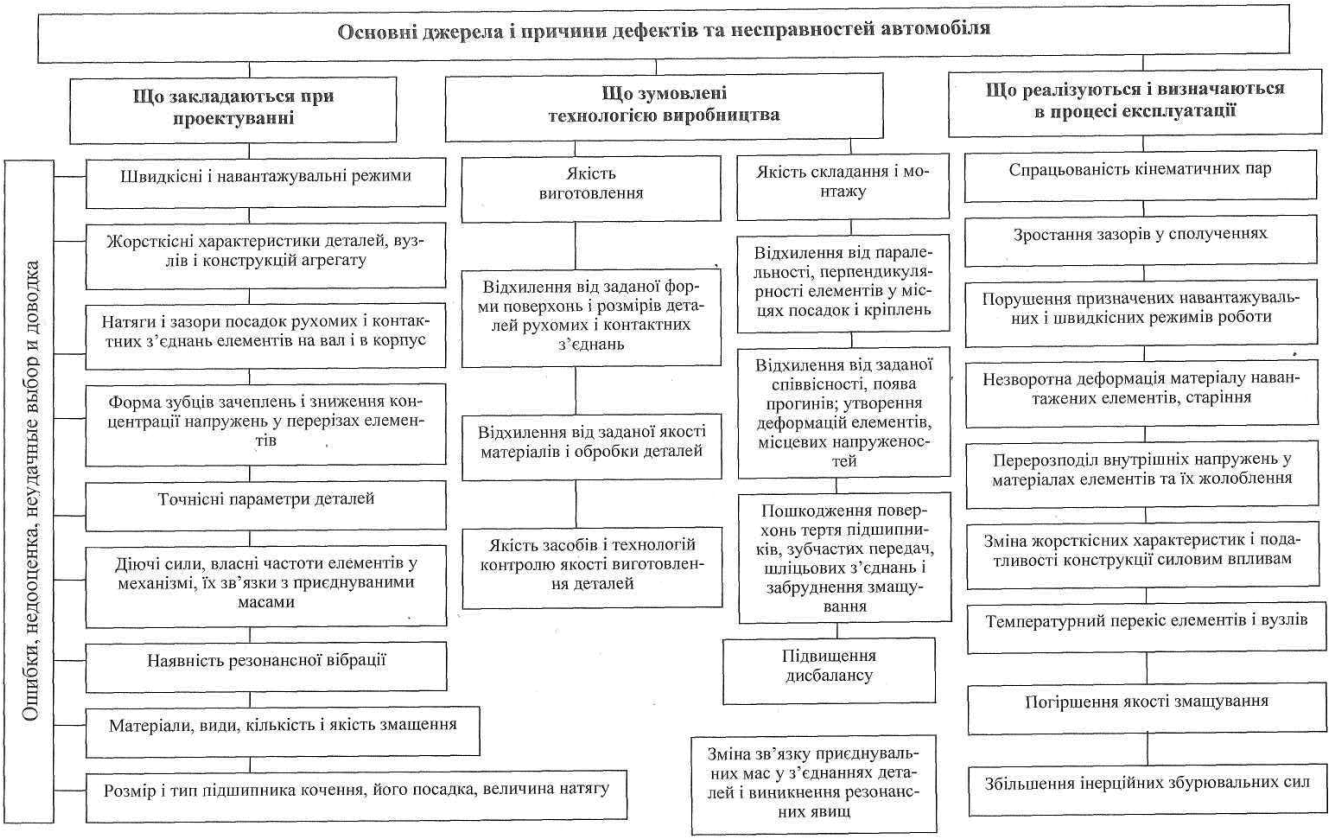


Рис. 2.15. Основні конструктивні, технологічні та експлуатаційні чинники механічного походження, які визначають технічний стан автомобіля

3. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

3.1. Інформаційне та телекомунікаційне забезпечення контролю автомобільних доріг

Підвищення безпеки руху, швидкості, комфортності та економічності перевезень пасажирів і вантажів автомобільним транспортом, поліпшення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг, мостів, забезпечення планомірного розвитку мережі автомобільних доріг залежить від достатньої інформованості учасників дорожнього руху. Тому поліпшення технічних показників, підвищення конкурентоспроможності автомобільних доріг, сприяння соціально-економічному та екологічно збалансованому розвитку транспортного комплексу пов’язане з ефективним моніторингом автомобільних доріг, що повинен бути основним джерелом достовірних відомостей про стан шляхів сполучення на місцевому, регіональному та державному рівні. Однією з таких вимог є реєстрація та обробка даних про стан автомобільних доріг у реальному часі та забезпечення їх ремонту.

Мета діагностики й оцінки стану доріг полягає в отриманні повної, об'єктивної і достовірної інформації про транспортно-експлуатаційний стан доріг, умови їх роботи, а також ступінь відповідності фактичних технічних властивостей дороги, їх параметрів і характеристик вимогам безпеки руху. Результати діагностики й оцінки стану доріг повинні служити надійною інформаційною базою для вирішення управлінських завдань двох рівнів [28]:

- визначення й оцінка технічного рівня, транспортно-експлуатаційного стану, технічних властивостей автомобільних доріг, ступеня відповідності фактичних технічних властивостей, параметрів та характеристик вимогам безпеки руху;
- прийняття управлінських рішень щодо визначення першочергових заходів з удосконалення відповідних ділянок автомобільних доріг на підставі раціонального використання фінансових ресурсів і матеріально-технічних засобів.

Таким чином, метою моніторингу є одержання повної й об'єктивної інформації про транспортно-експлуатаційні властивості автомобільних доріг, умови їх роботи і ступеня відповідності фактичних споживчих якостей вимогам автомобільного руху. Традиційна оцінка поверхні автомобільної дороги щодо рівності або коефіцієнта зчеплення, практично повторюється у нових сучасних пристроях та приладах.

Методика оцінювання та діагностування експлуатаційного стану автомобільних доріг є складовою загального і спеціального інформаційного забезпечення, яке входить до інформаційної інфраструктури транспортного комплексу. Інформаційна дорожня інфраструктура, до якої входять інструментальні засоби спостереження за станом автомобільних доріг, залежить і підпорядковується структурі телекомунікаційних зв’язків комп’ютерних систем, що забезпечують інформаційні послуги. Їх основний компонент – телематика. Наслідком цього є необхідність застосування синергетичного підходу до вирішення проблем спо-

стереження підсистем, ланок та елементів автомобільних доріг. Відмінність синергетичного підходу від звичайного системного полягає у необхідності врахування та використання механізму самоорганізації інформаційного простору транспортних систем, інформаційного рівня обслуговування дорожніх організацій, учасників дорожнього руху, уникнення існуючих негативних явищ: збоїв в організації руху, незадовільного стану шляхів сполучень, нераціонального використання коштів, що виділяються на ремонт, експлуатацію та утримання автомобільних доріг і транспортних засобів.

3.2. Мехатронні та телематичні системи автомобільних доріг

Мехатронні системи стали основною частиною дорожніх комплексів. Їх створення та розвиток відповідають процесам удосконалення та оптимізації шляхів сполучення. Стандартизація програмно-апаратних рішень та уніфікація інтерфейсів і протоколів передачі даних ґрунтується на засадах синергетики, телематики та мехатроніки.

Це дає можливість створювати своєрідний ланцюжок від інформаційних приладів окремого автомобіля-лабораторії, систем внутрішньої та зовнішньої телематики пересувної дорожньої лабораторії до потужних комп'ютерних систем на базі локальних обчислювальних мереж дорожніх організацій, органів самоврядування та державних інформаційних систем на усіх рівнях світової глобальної комп'ютерної розподіленої мережі. Загалом слід оцінювати у реальному масштабі часу умови руху автотранспортних засобів на автомобільних дорогах і розробляти інтерактивну дорожню систему реєстрації та візуалізації, накопичення даних про середовище дорожнього руху.

Сучасні інтелектуальні системи дають можливість проводити:

1) оцінювання якості автомобільних доріг;

2) спостереження за станом автомобільних доріг у реальному масштабі часу;

3) обґрунтування опосередкованих методів оцінювання стану транспортно-експлуатаційних параметрів автомобільних доріг;

4) програмно-апаратну реалізацію мобільних систем оперативного моніторингу автомобільних доріг з урахуванням досвіду кваліфікованого експерта (дорожнього тестера);

5) ведення динамічного автоматизованого банку даних для підготовки керуючих рішень у дорожніх та транспортних організаціях;

6) створення інтерактивної системи спостереження за станом автомобільних доріг;

7) також дають можливість підвищити:

- ефективність використання доріг;
- продуктивність використання автомобілів за рахунок автоматизації технологічних процесів перевезень пасажирів та вантажів;

8) знизити рівень ДТП і забезпечити своєчасну ліквідацію надзвичайних ситуацій;

9) протидіяти тероризму;

10) покращити екологію та взаємодію з дорожньою інфраструктурою і службами АТП й СТО.

Практичним розвитком моніторингу автомобільних доріг є використання бортових засобів (тестерів), з допомогою яких можна проводити спостереження за станом дорожнього середовища, за іншими учасниками руху, усього транспортного процесу і самого транспортного засобу.

Інтелектуалізація процесу спостереження, створення спеціальної апаратури забезпечують вирішення функціональних завдань оперативної діагностики і нерозривно пов'язані зі схемотехнічними рішеннями у цій сфері та цифровою обробкою даних, а для розробки алгоритмів підготовки рішень на різних рівнях транспортної системи застосовується математичний апарат і методологія штучних нейронних мереж [28]. Саме застосування для моніторингу методології нейронних мереж дозволяє визначити його як інтелектуальний та, відповідно, інтерактивний моніторинг.

Автоматизація та інтелектуалізація як засіб розвитку транспортних систем, використання підходу із застосуванням штучних нейронних мереж (ШНМ) є наступним кроком удосконалення методів управління транспортних систем. ШНМ є досить ефективним апаратом для моделювання складних процесів, що робить доцільним їх застосування для вирішення завдань моніторингу автомобільних доріг (АД), діагностування і прогнозування.

Функціональні завдання такого моніторингу АД показані на рис. 3.1 [28].

Рис. 3.1. Функціональні завдання інтерактивного моніторингу автомобільних доріг

Ці завдання додатково включають:

- визначення видів контрольованих «несправностей» АД, нормативно-технічної документації;
- визначення переліку пріоритетних (граничних) параметрів «несправностей» АД, основних способів і методів їх вимірювання, обробки та збереження;
- систематичне виявлення змін у стані дорожньої мережі та відновлення електронного банку даних паспортизації і/або інвентаризації АД;
- вивчення й оцінка негативних процесів, що впливають на стан АД;
- створення візуальних образів-опису дорожніх мереж;
- аналіз даних контролю за використанням, утриманням АД та експлуатаційних якостей;
- інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху, дорожніх організацій про реальні умови виконання транспортних процесів;
- створення бази даних зміни стану доріг (дорожнього одягу, рівності, якостей зчеплення тощо;
- створення автоматизованої інформаційної (геоінформаційної) системи моніторингу АД.

Ведення систем інтерактивного моніторингу доріг повинне здійснюватися за єдиною методикою з дотриманням принципу взаємної сумісності інформації, що основана на застосуванні єдиної державної системи координат, єдиних класифікаторів, кодів, системи одиниць, вхідних і вихідних форматів.

Для одержання необхідної інформації при здійсненні моніторингу доріг основними методами є:

- наземні спеціальні зйомки і спостереження (прив'язка до конкретної точки траси або ситуації базується на використанні незалежної зовнішньої системи, наприклад, GPS);
- дистанційне зондування;
- сучасний і ретроспективний аналіз даних, отримуваних у результаті інвентаризації доріг, перевірок, обстежень, контрольно-ревізійної роботи.

3.3. Розвиток мехатронних, телематичних та інтелектуальних засобів контролю і діагностування автомобільних доріг

На сьогодні для моніторингу дорожнього середовища створені спеціальні пересувні дорожні лабораторії (ПДЛ), які виконують спостереження за станом автомобільних доріг [28].

Існує декілька технологій та методів оцінювання стану дороги за рівністю, за ковзанням, зчепленням та геометричними параметрами. Практично всі вони передбачають використання інструментальних засобів виконання вимірювань безпосередньо при наближенні спостерігача до відповідної ланки шляху сполучення. У результаті реєструється значення окремих параметрів діагностування. Пересувні дорожні лабораторії обладнані сучасним профілометричним обладнанням для оцінювання рівності дорожнього покриття, лазерними сканерами для оцінювання поперечного профілю дороги, системами відеокомп'ютерного сканування поверхні дорожнього покриття для реєстрації дефектів, системами

GPS для точної прив'язки об'єктів та георадарами для отримання інформації про характеристики шарів дорожнього покриття.

У світовій практиці контролю стану та діагностування автомобільних доріг розроблені потужні інформаційно-вимірювальні системи з високим рівнем автоматизації.

Створені повністю або частково комп'ютеризовані пересувні дорожні лабораторії та спеціальне обладнання (наприклад, ДВК-4, «Мудрец») з використанням GPS-приймача і лазерного сканера та програмного забезпечення дають можливість своєчасно виявити відхилення транспортно-експлуатаційних якостей автомобільних доріг від нормативних вимог, початок руйнування геометрії дороги.

Наведені приклади систем, в яких людина-оператор поєднується з синергетичною системою вимірювання значень транспортно-експлуатаційних параметрів автомобільних доріг є практичною реалізацією інтерактивного моніторингу.

Інтелектуалізація полягає у логічному поєднанні процесів уніфікації та спеціалізації з розвитком систем, що базуються на синергетичному об'єднанні трьох технологій: інформаційної, механічної та електронної.

Це об'єднання базується на застосуванні телекомунікації, комп'ютерних бездротових технологій, уніфікації, стандартизації та синергетики. Телекомунікації та комп'ютерні бездротові технології забезпечують інформаційні послуги – телематику (внутрішню – між пристроями та агрегатами автомобіля та зовнішнім середовищем; зовнішню – між автомобілем та інформаційним простором Інтернет).

Створення єдиного інформаційного простору повинно значно зменшити тривалість поїздки, поліпшити використання матеріальних ресурсів, що виділяються на експлуатацію відповідної транспортної системи, автоматизувати диспетчерське керування наземним пасажирським транспортом на базі стільникового зв'язку CDMA.

Провідні зарубіжні фірми Greenwood Engineering та ROMDAS, що розробляють обладнання для діагностики автомобільних доріг, визначення їх геометрії, рівності, зчіпних якостей мають додаткові опції до цього обладнання – відеосистеми. Більшість цих систем можна класифікувати як інтелектуальні, а за місцем людини у процесі реєстрації та обробки даних – як інтерактивні, що працюють у реальному масштабі часу. Програмно-апаратний комплекс «ВИДЕО» (Росія) та інші також використовують сучасні інформаційні, супутникові та лазерні технології.

Безпосередньо у системі інформаційно-комунікаційних технологій інтерактивного моніторингу є така спеціалізована система, яка на основі механізму адаптації та самонавчання в автоматичному режимі враховує постійні зміни середовища руху транспортних засобів, опосередковано оцінює первинні характеристики поверхні дороги, узагальнює отриману інформацію та видає дані про відхилення їх значень від нормативних показників. Вона є своєрідним дорожнім тестером-пробником, відмінною характеристикою якого є можливість використання як на борту пересувної дорожньої лабораторії, так і у складі будь-якого транспортного засобу, транспортної одиниці громадського транспорту.

3.4. Процеси діагностування автомобільних доріг

Особливістю реєстрації даних про стан автомобільних доріг (АД) є застосування супутникової технології. Інтерактивний характер такого спостереження дорожніх даних зумовив як активну участь людини, так і роботу відповідного програмно-апаратного комплексу в реальному часі. Інтерактивний моніторинг АД має різноманітне призначення і може використовуватися як:

- комп'ютеризована система обстеження автотранспортної мережі міста або регіону;
- маршрутний контролер базового транспортного засобу пересувної лабораторії (практично будь-який автомобіль як реєстратор умов руху);
- мобільний діагностичний пункт автоматизованої системи управління експлуатацією автомобільної дороги.

Комп'ютеризовану систему обстеження автотранспортної мережі міста або регіону на основі просторово-часової орієнтації базового рухомого об'єкта. Вона встановлюється на будь-який автомобіль. Це комп'ютеризована система безперервного моніторингу АД. До неї також входить модуль відеоспостереження та телематичний комплекс зв'язку з центром управління проведенням вимірювань (рис. 3.2). Прив'язка результатів оцінки рівності та зчіпних якостей покриттів автомобільних доріг до місця розташування базового транспортного засобу, що відповідає поточному відліку, здійснюється з урахуванням зміни швидкості автомобіля під час вимірювань. Результати вимірювань забезпечать однозначну оцінку автомобільних доріг з точки зору їх рівності, зчіпних якостей покриття дороги та транспортної ситуації (поточна оцінка транспортного потоку – опосередковане вимірювання інтенсивності руху).

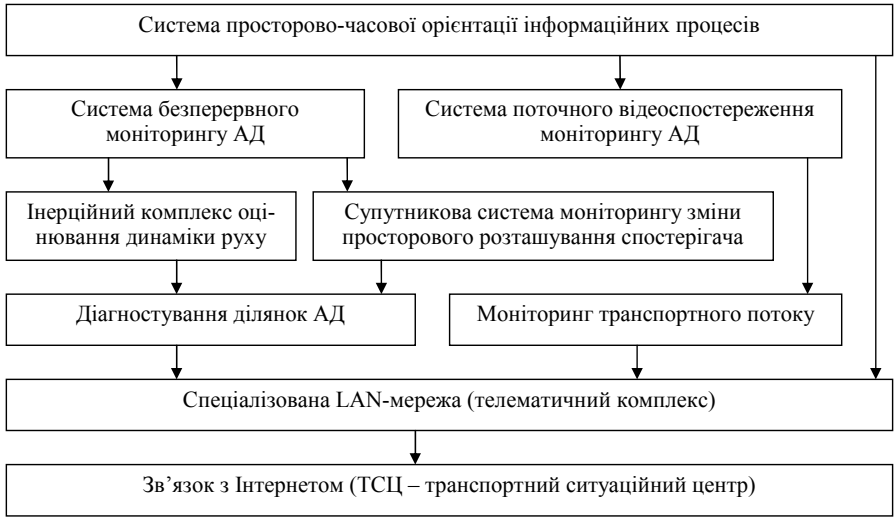


Рис. 3.2. Комплекс технічних засобів інтерактивного моніторингу АД

Вимірювання рівності та зчіпних якостей покриття автомобільних доріг виконується опосередкованими методами. Крім вимірювальних каналів рівності

та зчіпних якостей покриття автомобільної дороги, до складу експериментального обчислювального комплексу оцінювання якості покриття на базі портативного комп'ютера входить WEB-відеокамера, що забезпечує демонстрацію відеозображення дорожнього середовища, аудіозапис результатів оцінки оператором-діагностом його сприйняття стану АД.

Процеси реєстрації відповідних даних та їх синхронізація здійснюються за допомогою системи глобального позиціонування Garmin (приймач GPS-сигналів, що з'єднаний з бортовою портативною ЕОМ).

Моніторинг дороги виконується під час реверсивного проїзду ділянок. Одночасно оператор та водій візуально аналізують стан покриття та дорожнього середовища. Прив'язка зареєстрованих даних до точки реєстрації здійснюється шляхом вимірювання моменту часу і координат за приймачем GPS-сигналів. Реєстрація даних у прямому та зворотному напрямках виконується з середньою швидкістю до 85 км/год.

Основним у реєстрації даних, які надходять від супутникової системи GPS, є їх застосування для об'єднання відео- та аудіоінформації, даних про динаміку руху випробувального транспортного засобу пересувної дорожньої лабораторії. Це завдання і задача визначення місця розташування та відповідної точки траси були вирішені шляхом використання таких програмних комплексів, як VisualGPS і GPS Map Explorer. Відмітною особливістю цих програм є орієнтація на приймач GPS-сигналів Garmin.

VisualGPS (програмне забезпечення, що вільно розповсюджується) включає багато потужних особливостей професійних програм. Ця система дає можливість подавати у графічній формі дані у форматі NMEA 0183 та оцінювати точність даних, що реєструються за допомогою GPS-приймача.

Вимоги системи VisualGPS до апаратного забезпечення [28]:

- GPS-приймач з виходом RS-232 і протоколом NMEA 0183;
- операційна система Windows 95/98, WinNT 4.0 або старше;
- процесор 486 100 МГц або старше;
- графічна карта з роздільною здатністю SVGA 800×600;
- 16 Мбайт оперативної пам'яті;
- 6 Мбайт вільного місця на жорсткому диску.

VisualGPS розширює такі NMEA 0183 повідомлення:

- GPGGA – Global Positioning System Fix Data (найпопулярніше та найбільше використовуване NMEA повідомлення з інформацією про поточне фіксоване рішення – горизонтальні координати, значення висоти, кількість використовуваних супутників і тип рішення);
- GPGSA – GMSS DOP and Active Satellites (загальна інформація про супутники – це NMEA повідомлення містить список супутників, що використовуються у підрахунку позиції та значення геометричних факторів DOPs, які визначають точність підрахунку позиції);
- GPGSV – GNSS Satellites in View (детальна інформація про супутники – це NMEA повідомлення містить детальну інформацію для всіх відслідковуваних навігатором GPS супутників).

Прив'язка даних до конкретної точки траси базується на GPS Map Explorer – програмі, яка дає можливість визначити напрям траси на карті. Це

проста, але потужна програма, що може працювати з GPS-приймачем Garmin. Основне призначення програми – виконання перегляду й аналізу даних про курс, прокладений приймачем навігаційних сигналів. Програма дає можливість завантажувати дані про курс, точки й маршрут безпосередньо з більшості приймачів Garmin GPS, а також передавати ці дані до користувача.

Такий супутниковий комплекс [28] інтерактивного моніторингу та діагностування АД практично дозволяє користувачу виконувати збір та реєстрацію даних про стан автомобільної дороги та передбачає:

- вимірювання рівності та зчіпних якостей покриття автомобільних доріг;
- індикацію результатів вимірювань у масштабі реального часу;
- формування електронного архіву даних вимірювань;
- можливість перегляду ретроспективної інформації;
- можливість керування процесом вимірювань;
- обробку результатів вимірювань;
- автоматичний контроль справності технічних засобів реєстрації даних;
- захист програмного забезпечення та масивів інформації від несанкціонованого доступу.

Реєстрація телематичної інформації. Інтерактивне спостереження (діагностування) за станом автомобільної дороги базується на поєднанні трьох складових. По-перше, реєструються швидкість та прискорення автомобіля за допомогою зовнішньої системи визначення місцезнаходження у просторі і часі; по-друге, ведеться неперервна відеозйомка за допомогою відеокамери (WEB-камери) та цифрового фотоапарата. Третя складова системи – запис коментарів оператора, досвідченого фахівця-діагноста, який сприймає конкретну ситуацію на дорозі.

Саме інтерактивний характер системи передбачає використання досвіду діагноста, який як просто відмічає обстановку на дорозі та в дорожньому середовищі, так і координує процес діагностування. Таким чином, маємо синергетичну систему, у якій поєднано технічну та ергономічну складові. Людина (діагност) стає своєрідним продовженням обчислювального комплексу та активно втручається до автоматизованого знімання даних про рух випробувального автомобіля – дорожньої лабораторії. Основним у такій системі є узагальнення обстановки на дорозі, візуальна оцінка стану її покриття. Слід відмітити, що водій-оператор, який знаходиться за кермом автомобіля, порівняно суб'єктивно сприймає стан ділянки дороги, що аналізується. Однак саме такий суб'єктивізм несе корисну інформацію, що дає можливість прийняти правильне рішення щодо дійсного стану відповідної ділянки. Розглянемо, як поєднувати дії людини з власне телематичними системами та, насамперед, із системою технічного зору (датчиків) та нормативними параметрами контролю стану АД. Результати відеоспостереження повинні бути оцифровані та приведені до вигляду, у якому їх можна переглядати за допомогою звичайного комп'ютера або накопичувача оптичних CD та DVD дисків при проведенні робіт та у разі потреби ретроспективного аналізу стану відповідної ділянки АД.

На екрані монітора демонструється відеозображення (фон) та схема траси з прив'язкою до часу та місця реєстрації даних. Робота з відеоматеріалами не відрізняється від звичайного використання мультимедійних носіїв. Саме оциф-

рована інформація відеоспостереження за станом автомобільної дороги буде займати не більше одного звичайного DVD-диска.

Відмінною особливістю описаного моніторингу є застосування промислових стандартних модулів супутникової системи визначення місця розташування рухомих об'єктів, відеоспостереження, що безпосередньо поєднані з бортовими портативними комп'ютерами через інтерфейс RS-232.

На рис. 3.3 приведена функціональна схема автомобільного бортового обчислювального комплексу телематичної системи автомобіля [28, 29].

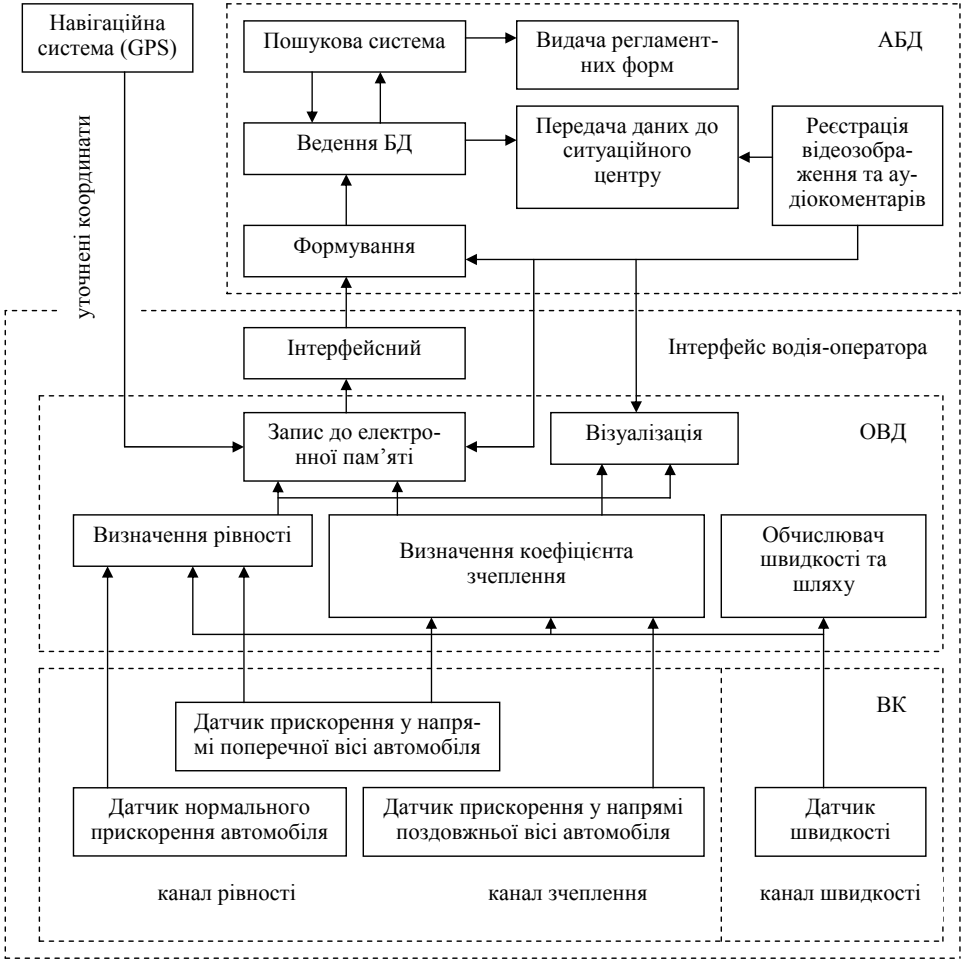


Рис. 3.3. Схема функціональна внутрішньої автомобільної телематичної системи

Окремим рішенням інформатизації роботи усіх дорожніх організацій є створення єдиного ланцюжка – від окремої транспортної машини до єдиного транспортного ситуаційного центру. Обладнання автомобілів штучними нейронними мережами та дорожнім тестером-пробником, які можуть працювати й

автономно, дозволить реалізувати ідею своєрідної транспортної матриці. Рухомі одиниці, що обладнані такими ШНМ, можуть бути постійним джерелом інформації про стан автомобільних доріг.

Усі дані передаються до транспортного ситуаційного центру, обчислювальні потужності якого основані на гетерогенних комп'ютерних системах транспортних організацій та складовій інформаційного простору Інтернет.

В основі спеціалізованої ШНМ лежить бортова ЕОМ (ноутбук) і промисловий комп'ютер, що є головною частиною бортової обчислювальної мережі інформаційно-комунікативної технології інтерактивного моніторингу. Апаратна реалізація такого комплексу визначена як інформаційно-комунікаційний центр, призначений для обладнання будь-якого автомобіля.

Загальна схема обігу вихідної та керуючої інформації у підсистемах ІТС для забезпечення контролю за станом доріг показана на рис. 3.4, а структурні компоненти центра керування – на рис. 3.5.

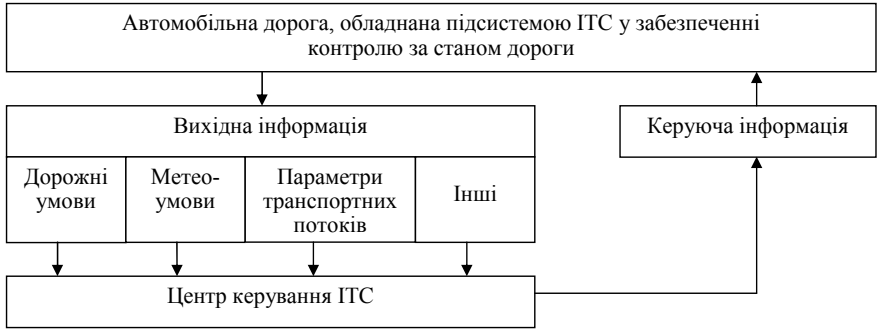


Рис. 3.4. Загальна схема обігу вихідної та керуючої інформації у підсистемі ІТС

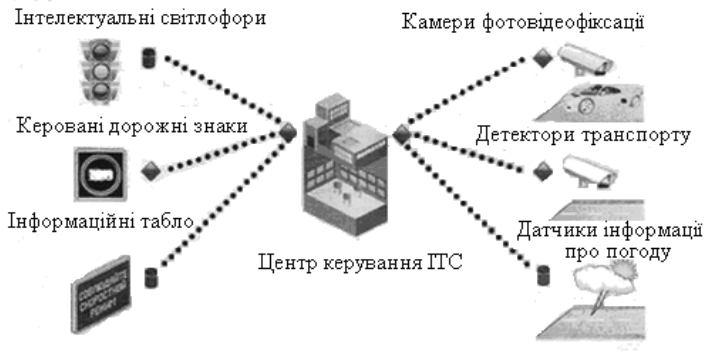


Рис. 3.5. Засоби інформаційного забезпечення контролю дорожніх умов

4. ТЕЛЕМАТИЧНІ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ АВТОМОБІЛІВ

4.1. Інформаційне забезпечення керування автомобілем та транспортними потоками

Сучасні телематичні й інтелектуальні транспортні системи (ІТС) надають значний комплекс сервісних послуг водію, диспетчерським та інженерним службам підприємств у вигляді інформації про поточний стан автомобіля й дороги, про транспортні умови та про будь-які їх збої. Схема руху такої інформації представлена на рис. 4.1. ІТС дають можливість підвищити рівень організації дорожнього руху та керування транспортними потоками. Набір послуг ІТС формується залежно від наявних ресурсів та поставлених цілей [12].

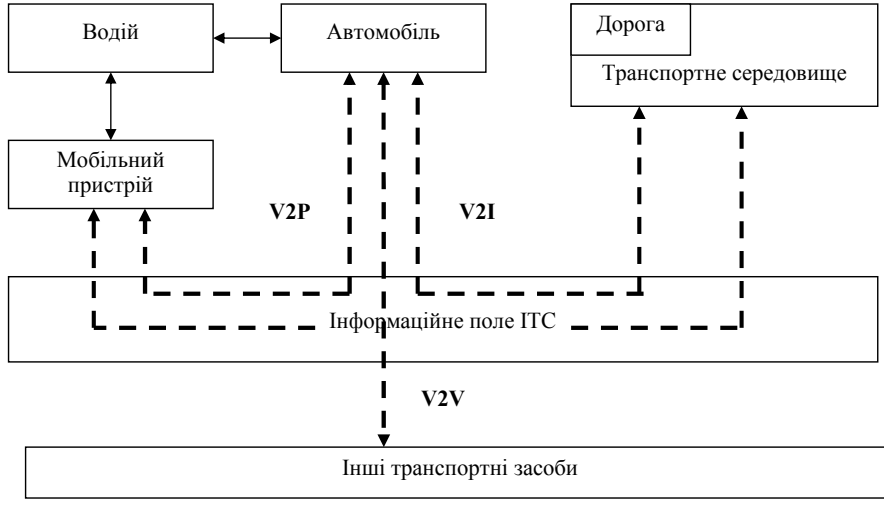


Рис. 4.1. Інформаційний обмін даними:
прості стрілки – інтерфейси зв'язку з водієм; пунктирні стрілки – міжоб'єктні взаємодії ІТС; **V2V** – інформація від датчиків та зовнішніх джерел «автомобіль-автомобіль»; **V2I** – інформація «автомобіль-інфраструктура»; **V2P** – мобільні засоби (Wi-Fi, GSM…UTMS)

Індивідуальна інформація про поточний стан автомобілів може бути використана диспетчерськими та інженерними службами для організації ТО та Р, їх коригування і супроводження виробничих процесів на АТП й СТО.

Система попередження Nissan ASV-4 використовує комунікацію між автомобілями V2V, щоб водій встиг вжити відповідних заходів у відповідній ситуації. Система General Motors (V2V) дає можливість обмінюватися між автомобілями без участі водія (бездротовий зв'язок) інформацією про своє місцезнаходження, швидкість, прискорення, дорожні умови і т. п. Система допомоги водієві для безпечного руху (DSSS) дає можливість отримати водію таку інфо-

рмацію: наявність заторів або аварій на дорозі, про дорожні знаки, сигнали транспорту та світлофора і т. п.

Передові системи підтримки водіння на автомагістралях AHS (Advanced Cruise-Assist Highway Systems) є однією з найсучасніших систем у галузі ITC Мета AHS – зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод, підвищити безпеку, підвищити ефективність перевезень, а також зменшити оперативну роботу водіїв. Очікується також низка пов'язаних ефектів. У Японії дослідження AHS ведеться у таких сферах:

AHS -i (information): зосередження на наданні інформації;

AHS -c (control): допомога з управлінням автомобіля;

AHS -a (automated cruise): повністю автоматизоване водіння.

Для того, щоб система AHS діяла, потрібно створити необхідну інфраструктуру й здійснити наступні заходи:

- моніторинг стану проїзної частини дороги (фізичних умов), моніторинг стану транспортного потоку й можливих перешкод (затори, дорожньо-транспортні пригоди);
- обробка інформації в центрі керування рухом;
- передача інформації водієві: в індивідуальному порядку в автомобіль або всьому транспортному потоку;
- виконання заходу: автоматичні системи в автомобілі (AHS -a) або вручну за допомогою водія (AHS -m).

Основою системи AHS є одержання достовірної транспортної інформації, інформації про погодно-кліматичні умови та про перешкоди руху в межах усієї контрольованої дорожньої мережі.

Поза населеними пунктами для водіїв найбільш важливою інформацією є відомості про метеоумови і стан покриття автодороги.

Системи підтримки безпеки водіння DSSS (Driving Safety Support Systems) допомагають водіям автомобілів одержати інформацію, яку буває важко сприйняти в ускладнених транспортних умовах (сигнали транспорту, дорожні знаки тощо). Ця інформація може бути передана в автомобіль від дорожньо-транспортної інфраструктури з використанням сучасних технологій ITC. До DSSS відносять такі системи:

- система, що допомагає водіям вчасно побачити червоний сигнал світлофора. Ця система визначає швидкість автомобіля, порівнює з можливістю увімкнення червоного сигналу світлофора і посилає попередження водієві;
- система Smartway зменшує можливість ДТП на швидкісних магістралях. У системі використовуються датчики, комунікації «дорога-автомобіль» та інші сучасні технології ITC для попередження водіїв про наявність заторів, аварій на дорозі тощо;
- система розпізнавання дорожніх знаків. Спеціальна відеокамера обробляє зображення спереду автомобіля, розпізнає дорожні знаки і проектує зображення знака обмеження швидкості на лобове скло автомобіля за допомогою «віртуального дисплея»;
- Night View – система нічного бачення, яка дає можливість на підставі найсучасніших технічних рішень забезпечувати гарну видимість у сутінках і в темряві. Основою таких систем є термокамери, які замість оптичного сигналу

знімають дані про температуру об'єктів. Доведено, що ці системи здатні надійно розпізнавати пішохода, тварину або інші живі перешкоди. Сьогодні методи обробки відеоінформації не перебувають на такому рівні, щоб можна було всі додатки реалізувати в реальній шкалі часу. Однак, через швидкість розвитку техніки можна припускати, що такі системи протягом кількох років будуть нормальним оснащенням автомобілів;

- система нічного бачення з функцією визначення пішоходів компанії Toyota. В умовах поганої видимості система забезпечує можливість водієві побачити пішоходів, перешкоду і стан дороги перед автомобілем. Спеціальні інфрачервоні джерела світла освітлюють невидимими для ока променями дорогу перед автомобілем. Образи, відбиті інфрачервоними променями обробляються в інфрачервоній камері й показуються на рідкокристалічному дисплеї. Якщо пішохід перебуває на відстані 40-100 м, його образ виділяється на дисплеї жовтою миготливою рамкою.

У системі попередження зіткнень (Pre-crash Safety System) використовуються радари, що працюють на міліметрових хвилях, і камери. Радар сканує простір перед автомобілем, а електронний блок обчислює швидкість зближення з перешкодою (автомобілем, який йде попереду). При порушенні дистанції безпеки система попереджає водія, а у разі необхідності активує гальмівну систему. Якщо зіткнення неминуче, система активує переднатяжувачі ременів безпеки, можуть активуватися й інші системи автомобіля для зниження можливих пошкоджень при аварії.

Сьогодні з'являються системи з кількома радарами, які сканують простір не тільки перед автомобілем, але й на бічних виїздах на перехрестя, попереджаючи про можливість фронтально-бічного зіткнення. Радар, установлений позаду, може допомогти у разі зіткнення з автомобілем, що їде позаду. Для зниження важкості наслідків такої аварії, система активує керування сидіннями в автомобілі, встановлюючи їх у найбільш безпечне положення.

Автоматична ідентифікація дорожньо-транспортних пригод важлива для осіб, причетних до подій тим, що можна швидко викликати рятувальну команду й організувати рятувальні заходи. Вона також дуже важлива і для інших учасників дорожнього руху, які могли б в'їхати в область небезпеки.

Для обмеження цієї небезпеки необхідно подію вчасно ідентифікувати й інформувати водіїв, що під'їжджають до місця події.

Телематична транспортна система (ТТС) – це система, що забезпечує автоматизований збір, обробку, передачу користувачам даних про місцезнаходження, стан транспортних засобів й іншої інформації з метою їх ефективного і безпечного використання. Застосування телематики у керуванні транспортними системами дає можливість кардинально підвищити ефективність технічної експлуатації автомобілів. Транспортні системи з використанням автоматизованих систем керування, побудовані на основі телематики, одержали в усьому світі спеціальне найменування – інтелектуальні транспортні системи (ІТС).

З допомогою ТТС в АТП й СТО вирішують такі завдання:

- стягнення плати за проїзд транспортних засобів дорогами або ділянками вулично-дорожньої мережі, на яких встановлена така плата;

- моніторинг параметрів транспортних потоків і технічного стану автомобілів;

- дистанційний контроль і нагляд за здійсненням перевезення небезпечних і цінних вантажів;

- контроль часу роботи і відпочинку водіїв та запобігання порушень установленого режиму роботи;

- забезпечення транспортної безпеки автомобілів, які перебувають у рейсі;

- керування системами (групами) транспортних засобів, наприклад, автотранспортом оперативних служб, дорожньо-експлуатаційних і комунальних організацій, вантажних і пасажирських автопідприємств, таксопарків і т. д.;

- формування оптимальних (раціональних) маршрутів руху автомобіля і прогнозування тривалості поїздки;

- організація дорожнього інформаційного сервісу;

- оптимальне керування дорожнім рухом;

- інформування користувачів ТТС (водіїв і пасажирів);

- екстрене реагування на аварійні ситуації;

- розшук викрадених автомобілів;

- використання даних про автомобіль для вирішення завдань правоохоронних органів;

- інформаційне супроводження виробничих процесів ТО та Р автомобілів.

Інтелектуальна транспортна система – це інформаційна система, яка забезпечує реалізацію функцій високої складності з вимірювання та обробки інформації, дистанційного контролю й діагностування, а також вироблення оптимальних раціональних рішень і керуючих дій щодо дорожньо-транспортної діяльності.

На рис. 4.2. приведена класифікація ІТС за напрямками автоматизації транспортних систем.

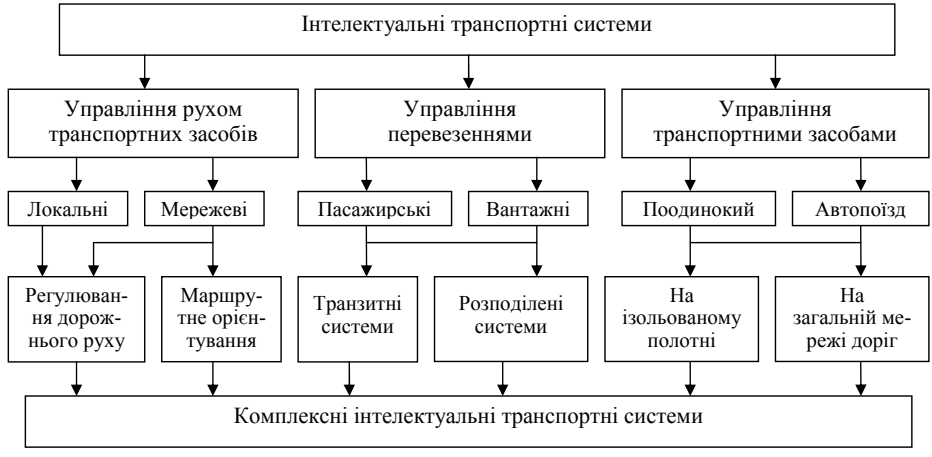


Рис. 4.2. Напрямки автоматизації транспортних систем

Ключовим в побудові ІТС є комплекс дорожньо-транспортної, транспортно-технологічної та інформаційної інфраструктури. При цьому необхідна інтег-

рація технологій позиціонування і бездротового зв'язку з метою створення безперервного віртуального середовища транспортного керування у будь-яких умовах (рис. 4.3).

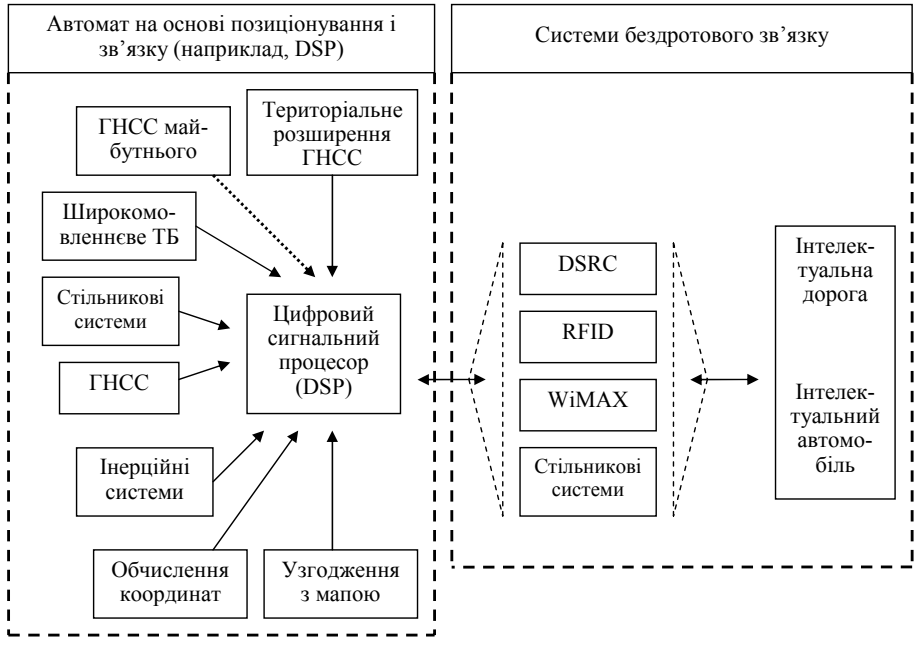


Рис. 4.3. Технології побудови навігаційних додатків ІТС:
ГНСС – глобальна навігаційна супутникова система; DSRC – Dedicated Short Range Communication – протокол для бездротової передачі даних на відстань; RFID – Radio Frequency Identification – радіочастотна ідентифікація

Для будь-якої ІТС характерними є такі види елементів:

- бортові вбудовані засоби та ті, що встановлюються на автомобіль (засоби дистанційного моніторингу, виконання ТО та Р, вимірювань і т. п.);
- засоби, що встановлюються на стаціонарні дорожні об'єкти та інфраструктури (дистанційний моніторинг, виконання вимірювань тощо);
- дистанційно керовані виконавчі та індикаційні пристрої (прилади, вузли, агрегати);
- ситуаційні, диспетчерські й оперативні центри;
- засоби забезпечення зв'язку (Інтернет, мережа GSM/GPRS, супутниковий зв'язок);
- інформаційно-телекомунікаційні засоби, які забезпечують інформаційну взаємодію із зовнішніми інформаційними системами.

До складу технологічного комплексу ІТС можуть входити різноманітні технічні системи і засоби:

- координатно-часового, метрологічного та інших видів забезпечення;
- дистанційного моніторингу;

- збору, накопичення й обробки інформації на АТП й СТО, в інженерних службах ТО та Р;
- автоматизовані системи та засоби керування;
- відображення та доведення інформації до користувача;
- інші технічні та програмно-технічні системи й засоби.

Об'єктом інформації може стати будь-який з перерахованих елементів. Однак, в цілому всі елементи ІТС можуть бути віднесені до однієї з трьох категорій:
- центр обробки даних;
- периферійне обладнання;
- системи зв'язку для обміну даними (рис. 4.4).

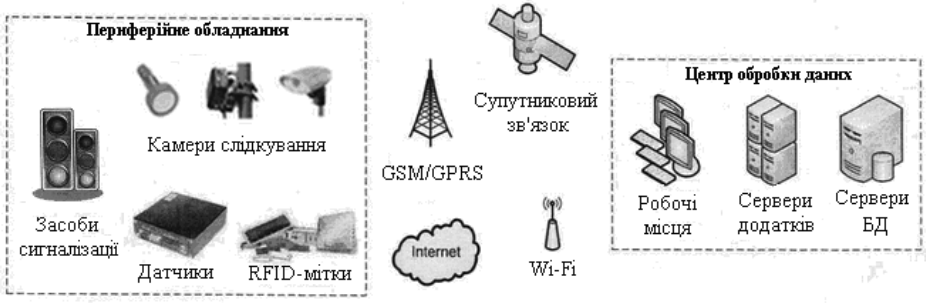


Рис. 4.4. Компоненти інтелектуальних транспортних систем

На рис. 4.5. приведена схема інформатизації організації роботи автомобілів і транспортного центра.

Рис. 4.5. Інформатизація роботи окремих транспортних засобів і транспортного ситуаційного центру

Інтелектуальні транспортні системи дають можливість реалізувати такі

функції:

- прогнозування транспортних потоків і дорожньої обстановки на території міста з околицями, приміської дорожньої мережі або навіть цілого регіону;
- вироблення команд, що забезпечують оптимізацію транспортних потоків і дорожньої обстановки, а також даних для засобів інформування водіїв;
- формування оптимальних маршрутів руху і прогнозування тривалості поїздки транспортних засобів, які повідомили пункти свого призначення і знаходяться на зв'язку з ІТС;
- формування оптимальних планів застосування (нарядів) для груп транспортних засобів.

Об'єктами управління ІТС можуть бути як одиничні автомобілі, так і групи автомобілів, а також транспортні потоки в цілому.

Завдання керування одиничними автомобілями можна поділити на такі групи:

- контроль;
- керування;
- інформування;
- екстрене реагування на дорожні ситуації чи дорожні пригоди.

Більша частина систем і засобів використовується для формування каналу зворотного зв'язку як з людиною-оператором, так і з керованими технічними компонентами транспортної системи.

Найскладнішим випадком є керування транспортними потоками щодо зменшення простоїв у заторах на заданій території, яке здійснюється з метою найбільш раціонального використання вулично-дорожньої мережі для задоволення транспортних потреб користувачів. Керування здійснюється шляхом вироблення командної інформації для засобів керування дорожнім рухом, даних для відображення на засобах інформування водіїв і передачі сформованої інформації відповідним адресатам.

Вихідними даними для прогнозування є відомості про місцезнаходження і стан автомобіля на вулично-дорожній мережі, а також про пункти призначення тих автомобілів, які видали ці дані в систему.

Інформація про місцезнаходження і стан автомобіля надходить від бортових автомобільних навігаційно-інформаційних комплексів, а також від позабортових засобів збору інформації. Також використовується інформація про поточні та прогнозовані погодні умови.

На основі зібраної інформації формуються дані для таких користувачів, як органи транспортного нагляду, оператори платіжних систем, аварійно-рятувальні структури, власники автомобілів тощо.

Якість вирішення оптимізаційних задач у значній мірі визначається повнотою і достовірністю інформації про поточний і прогнозований стан транспортних потоків. Дані про їх поточний стан отримуються від бортових навігаційно-інформаційних комплексів автомобілів і позабортових засобів збору інформації, що вказує на необхідність інтеграції даних, одержуваних усіма телекомунікаційними транспортними системами. Для прогнозування отримують дані про пункти призначення якомога більшої кількості автомобілів, що рухаються по вулично-дорожній мережі. Ці дані видаються власникам державних і комерцій-

них автомобілів, а також водіям індивідуальних автомобілів, якщо оптимізовані маршрути дозволять отримати помітний виграш у тривалості поїздки або хоча б достовірний прогноз тривалості, якщо наявне значне перевантаження вулично-дорожньої мережі не дає можливості досягти такого виграшу.

Одна з можливих функціональних структур підсистеми прогнозування та оптимізації ІТС показана на рис. 4.6.

За даними про стан вулично-дорожньої мережі від центрів організації дорожнього руху, поліції, дорожніх служб та інших джерел на базі повної моделі вулично-дорожньої мережі з урахуванням метеоданих проводиться актуалізація, формується модель, що відповідає поточній ситуації.

Для цієї моделі з використанням даних про автомобіль і дорожню обстановку, зібраних від боргових і позабортових систем, виконується агрегування даних й оцінка поточних параметрів транспортних потоків. На основі поточних параметрів транспортних потоків, а також параметрів, спрогнозованих на попередніх кроках процесу, проводиться динамічна декомпозиція вулично-дорожньої мережі на малозалежні фрагменти, що відповідають заданим для прогнозування моментів часу $t=t_0, t_1,\ldots,t_N$.

Малозалежними вважаються ті фрагменти вулично-дорожньої мережі, ситуації на яких мають незначний вплив одна на одну.

Інтегровані інтелектуальні транспортні системи забезпечують контроль параметрів автомобілів, їх технічного стану та місцезнаходження, вибір оптимального дорожнього руху, підвищення ефективності транспортного процесу в цілому.

Подальший раціональний процес створення і розвитку ІТС на АТП й СТО включає такі напрямки роботи:

- розробка базової відкритої архітектури телематичної транспортної системи, інваріантної до функціональних завдань, і створення на її основі універсальної інфраструктури телекомунікаційної транспортної системи;
- розробка компонентів телекомунікаційної транспортної системи, які забезпечують вирішення специфічних функціональних завдань підприємства, підключення їх до універсальної структури;
- розробка підсистеми прогнозування та оптимізації ефективної технічної експлуатації автомобілів;
- розробка нормативно-правової та нормативно-технічної бази створення таких систем.

Для ІТС можна виділити такі основні види загроз:

- несанкціонований доступ до керування активним обладнанням і периферійними пристроями;
- несанкціонований доступ до даних, з метою їх підміни або знищення;
- вторгнення в систему з метою виведення з ладу ІТС в цілому або її окремих компонентів.

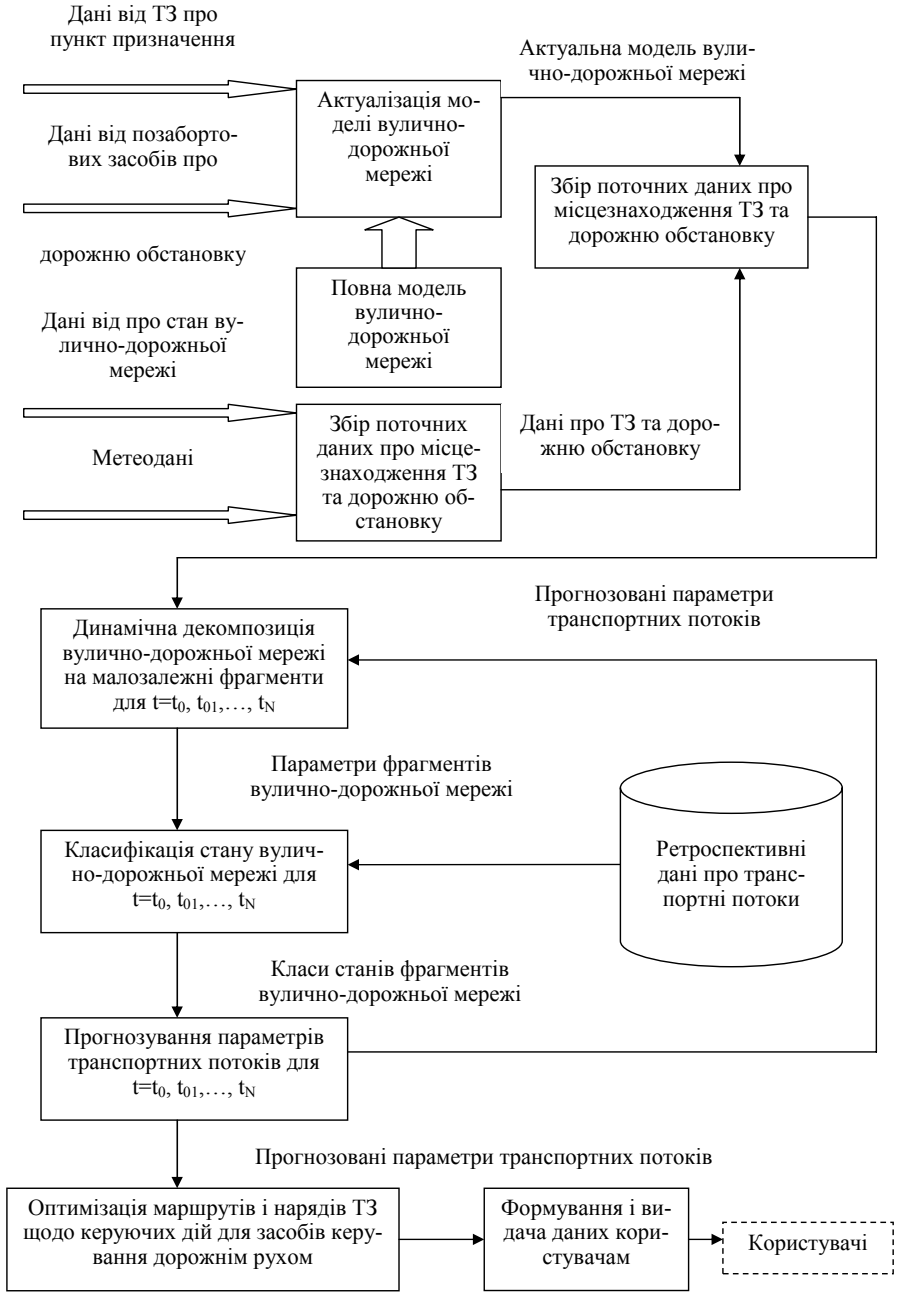


Рис. 4.6. Можлива функціональна структура підсистеми прогнозування й оптимізації інтелектуальної транспортної системи

4.2. Засоби інформатизації дорожнього руху автомобілів

Автоматичне, автоматизоване та ручне керування дорожнім рухом. Автоматичне керування здійснюється без участі людини за заздалегідь заданою програмою, автоматизоване – за участю людини-оператора. Оператор, використовуючи комплекс технічних засобів для збору необхідної інформації й пошуку оптимального розв'язку, може коригувати програму роботи автоматичного обладнання. Як у першому, так і в другому випадках у процесі керування можуть бути використані ЕОМ. Контур автоматичного керування може бути як замкненим, так і розімкнутим. І нарешті, існує ручне керування, коли оператор, оцінюючи транспортну ситуацію візуально, впливає на транспортний потік на основі наявного досвіду й інтуїції.

У разі замкнутого контуру існує зворотний зв'язок між засобами й об'єктом керування (транспортним потоком). Автоматично зворотний зв'язок може здійснюватися спеціальним обладнанням збору інформації – детекторами транспорту. Інформація вводиться в обладнання автоматики, і за результатами її обробки це обладнання визначає режим роботи світлофорної сигналізації або дорожніх знаків, здатних за командою міняти своє значення (керовані знаки). Такий процес одержав назву гнучкого або адаптивного керування.

У разі розімкнутого контуру, коли зворотний зв'язок відсутній, керуючі світлофорами дорожні контролери ДК-АТ і ДКД з модулем зв'язку по GPRS перемикають сигнали за заздалегідь заданою програмою, забезпечуючи дистанційний моніторинг. У цьому разі здійснюється стале програмне керування.

У разі ручного керування зворотний зв'язок існує завжди у силу візуального оцінювання оператором умов руху. Допоміжним контролером можуть керувати з центрального пункту керування або від контролера-координатора.

Локальне й системне керування. Обидва види реалізуються описаними способами. При локальному керуванні перемикання сигналів забезпечує контролер, розташований безпосередньо на перехресті. При системному контролери перехресть, як правило, виконують функції трансляторів команд, що надходять по спеціальних каналах зв'язку з керуючого пункту (КП). При тимчасовому відключенні контролерів від КП вони можуть забезпечувати локальне керування.

На практиці застосовують терміни «локальні контролери» і «системні контролери». Перші не мають зв'язку з КП та працюють самостійно, другі такий зв'язок мають і здатні реалізувати як локальне, так і системне керування.

Устаткування, розташоване поза керуючим пунктом, одержало назву периферійного (світлофори, контролери, детектори транспорту), а те обладнання, що на керуючому пункті – центрального (засоби обчислювальної техніки, диспетчерського керування, обладнання телемеханіки і т. д.).

При системному керуванні оператор системи розташовується у керуючому пункті, тобто далеко від об'єкта керування, а для забезпечення його інформацією про умови руху можуть бути використані засоби зв'язку та спеціальні засоби відображення інформації.

Останні виконують у вигляді світних карт міста або районів – мнемосхем, які мають обладнання для візуального відображення за допомогою ЕОМ графі-

чної й алфавітно-цифрової інформації на дисплеях і телевізійних системах, що дозволяє безпосередньо спостерігати за контрольованим районом.

Локальне керування застосовується найчастіше на окремому ізольованому перехресті, яке не має зв'язку із сусідніми перехрестями ні за керуванням, ні за потоком. Зміна сигналів світлофора на такому перехресті забезпечується за індивідуальною програмою незалежно від умов руху на сусідніх перехрестях, а прибуття транспортних засобів до цього перехрестя має випадковий характер.

Організація узгодженої зміни сигналів на групі перехресть, здійснювана з метою зменшення часу руху транспортних засобів у заданому районі, називається координованим керуванням (керування за принципом «зеленої хвилі»). У цьому разі, як правило, використовується системне координоване керування.

До контролерів можуть бути підключені прилади моніторингу швидкості руху, датчики інтенсивності руху та інші прилади.

4.3. Засоби виявлення, розпізнавання та керування транспортними потоками

Відомі різні методи розпізнавання машин: за шумом, за температурним портретом. за магнітним полем, з допомогою фотоелектричних. індукційних і радіаційних (з використанням радіоактивних ізотопів) пристроїв.

Для організації керування необхідно володіти інформацією щодо реального стану дорожнього руху та його параметрів. Ці дані необхідні для реалізації алгоритмів гнучкого регулювання, розрахунку або автоматичного вибору програми керування дорожнім рухом. З цією метою використовують контролер КОМКОН КДК-06, модуль КДАР що можуть приймати сигнали від датчиків інтенсивності руху та визначення швидкості руху, а також підключатися до модулів зв’язку (GPS/GPRS/EDGE) і детекторів транспорту.

Детектор транспорту (датчик) – технічний засіб, призначений для виявлення транспортних засобів, реєстрації проходження кількості транспортних засобів через перетин дороги, визначення параметрів транспортних потоків тощо.

Призначення систем детекції:

- адаптивне керування світлофорами:
- визначення кількості транспортних засобів;
- визначення швидкості транспортних засобів;
- класифікація транспортних засобів;
- детекція правопорушень;
- автоматизований контроль оплати проїзду по магістралі;
- моніторинг паркування;
- масогабаритний контроль.

До складу систем детекції входять:

- датчики;
- контролери;
- модулі відеореєстрації (якщо необхідні);
- канали передачі даних;
- програмно-апаратне забезпечення збору, архівування й перегляду даних.

Детекція дорожньої обстановки за допомогою детекторів транспорту дає можливість здійснювати адаптивне керування світлофорами, визначати швидкість і тип транспортних засобів, а також їх кількість, визначати загазованість.

Детектори транспорту можна класифікувати за призначенням, принципом дії чутливого елемента і спеціалізації (вимірюваного ними параметра).

Детекторні системи за функціональним призначенням поділяють на [13]:

- **прохідні детектори**, які видають нормовані за тривалістю сигнали у разі появи транспортного засобу у контрольованій детектором зоні. Параметри сигналу не залежать від часу перебування у цій зоні транспортного засобу. Таким чином, цей тип детекторів фіксує тільки факт появи автомобіля, що необхідно для реалізації алгоритму пошуку розриву у потоці. Через це прохідні детектори набули найбільшого поширення;
- **детектори присутності** видають сигнал протягом усього часу перебування транспортного засобу у зоні, контрольованої детектором. Ці типи детекторів, порівняно з прохідними, застосовують рідше, оскільки вони призначені, в основному, для виявлення дозаторових і заторових станів потоку;
- **детектори стоп-лінії** використовуються для визначення наявності автомобіля у зоні стоп-лінії. Призначення – генерація сигналу присутності та проходження по кожній смузі у реальному масштабі часу;
- **тактичні детектори** потрібні для виконання завдань моніторингу та довгострокового планування режимів роботи адаптивних систем. Призначення – збір інтервальних даних про транспортні потоки;
- **стратегічні детектори** призначені для коригування роботи дорожніх контролерів – отримання у реальному часі таких параметрів транспортних потоків, як наявність транспортного засобу, відстані між автомобілями та швидкість кожної одиниці транспорту.

У кожному з призначень можливе використання детекторів тієї чи іншої технології детекції з існуючих на сьогодні та у різних поєднаннях. Незалежно від цього, у будь-якому детекторі є кілька однотипних функціональних вузлів (рис. 4.7).

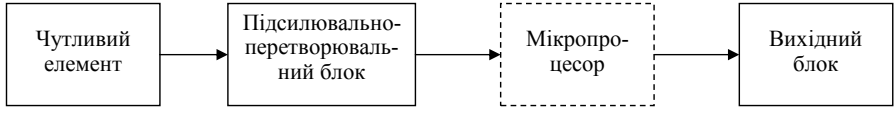


Рис. 4.7. Функціональна схема детектора транспорту

Чутливий елемент безпосередньо сприймає факт проходження або наявності транспортного засобу у контрольованій детектором зоні у вигляді зміни будь-якої фізичної характеристики та виробляє первинний сигнал.

Підсилювально-перетворювальний блок, у якому первинний сигнал підсилюється, обробляється і перетворюється вигляду, зручного для реєстрації вимірюваного параметра. Він може складатися з двох вузлів – первинного та вторинного перетворювачів. Первинний перетворювач підсилює та перетворює первинний сигнал до вигляду, зручного для подальшої обробки. Вторинний пере-

творювач обробляє сигнали для визначення вимірюваних параметрів потоку, зображення їх у тій чи іншій фізичній формі.

Вихідний блок, який зберігає та передає закодовану інформацію до контролерів та інших пристроїв керування дорожнім рухом.

Мікропроцесор забезпечує обробку цифрових сигналів у складних детекторах (наприклад, відео). У менш складних системах цю функцію виконує підсилювально-перетворювальний блок.

За принципом дії чутливості виділяють кілька поколінь детекторів транспорту, які часто працюють паралельно в одній системі. Детектори контактного типу (перше покоління) – електромеханічні, пневматичні та п'єзоелектричні. Сигнал про появу автомобіля виникає від безпосереднього зіткнення його коліс із протяжним чутливим елементом, який розташовується на дорожньому полотні перпендикулярно до руху. Детектори цієї групи дешеві й прості за конструкцією та монтажу, проте вимагають порушення дорожнього полотна і на сьогодні практично не використовуються.

Електромагнітні детектори. Розпізнавання за магнітним полем – найбільш простий і надійний метод. Чутливі елементи електромагнітних детекторів (друге покоління) – котушка з магнітним осердям або індукційна петля – закладаються під дорожнє покриття на деяку глибину. Автомобіль, що має певну металеву масу, реєструється завдяки викривленню магнітного поля або зміні індуктивності рамки у момент його проходження над чутливим елементом детектора.

Для цього на проїзній частині дороги під землею розміщують електричну котушку. Кожен автомобіль у магнітному полі Землі намагнічується. Тому коли будь-який автомобіль проїжджає над електричною котушкою, магнітне поле котушки спочатку збільшується, а потім зменшується. Під дією зміни магнітного поля у котушці наводиться ЕРС. Вигляд такої ЕРС у залежності від часу наведений на рис. 4.8 [22].

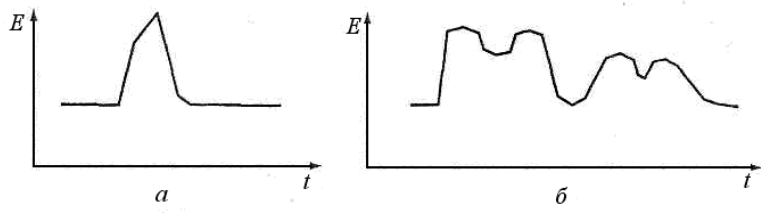


Рис. 4.8. Осцилограми напруги на котушці:
а – легковий автомобіль; б – вантажний автомобіль

Отримані сигнали нормалізують, тобто враховують зміну їх форми в залежності від швидкості руху транспорту. Від кожного сигналу беруться 40 дискретних точок зі значеннями у двійковому коді. Ці дані у вигляді 40 компонентів створюють «хмару» ознак образу транспорту.

Для того щоб уникнути зіткнення автомобілів, потрібні спеціальні пристрої для підтримки відстані між автомобілями. Для отримання необхідної інформації про наявність автомобіля, що рухається попереду, та про його швидкість в дорогу слід умонтувати спеціальні витки (петлі) дроту. Проїжджаючи

над витком, автомобіль зменшує його індуктивність і цим викликає зсув фаз між напругою, що знімається з витка, і збудниками. У фазовому детекторі відбувається порівняння, потім сигнал з виходу фазового детектора надходить у релейний ланцюг, який фіксує наявність і швидкість руху автомобіля на даній ділянці дороги [22].

Блок-схема дорожніх пристроїв для автоматичного керування автомобілем представлена на рис. 4.9. Під полотном дороги, крім дроту для керування передніми колесами і витків виявлення автомобіля, вмонтовані також спеціальні дроти-антени по осі дороги для передачі інформації автомобілям з приладами автоматичного керування і попередження про наявність автомобілів і їх швидкості руху. Один кінець антени заземлений, інший – приєднаний до сигнального генератора. Кожен індикатор автомобілів на дорозі з'єднаний з суміжним сигнальним генератором, усі вони послідовно з'єднані між собою і тому інформація передається автомобілем, що рухається уздовж дороги. Під час наїзду автомобіля на виток виявлення індикатор подає постійну напругу на спеціальні пристрої (затухаючу лінію), що складаються з діодів, які не пропускають струм у напрямку руху автомобіля, і паралельно резисторів. Діоди у зворотному напрямку викликають лінійне зменшення напруги від однієї ділянки до іншої. При зниженні напруги до нуля подача попереджувальних сигналів припиняється. За величиною напруги на діодно-резисторній лінії, що передається з допомогою сигнального генератора, можна судити про відстань і швидкість автомобіля, що рухається попереду. Швидкість визначається або шляхом підрахунку імпульсів після проїзду автомобіля над витком виявлення, або за часом проходження відстані між витками.

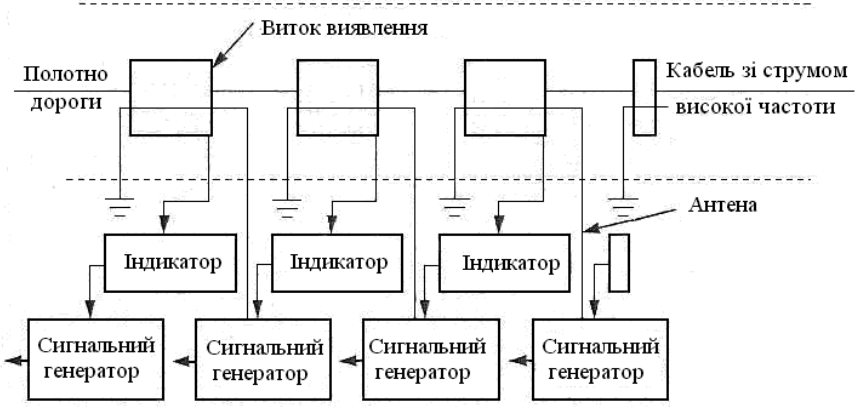


Рис. 4.9. Структурна схема для автоматичного керування автомобілями на дорозі

Різні модифікації таких детекторів призначені для встановлення факту проходження автомобілем контрольованої зони (виміру інтенсивності руху), для визначення довжини черги, затримки, затору у русі, для виміру швидкості руху потоку, складу потоку (вантажні й легкові автомобілі), щільності потоку.

Поширений у керуванні дорожнім рухом комплект апаратури індуктивних детекторів транспорту РЕ2019 (КДТІ) призначений для виявлення транспортних засобів і визначення характеристик їх руху у контрольованих зонах дорожньої мережі. Комплект КДТІ забезпечує програмний вибір одного з восьми рівнів чутливості й робочих частот для кожного вхідного каналу (рис. 4.10).

Рис. 4.10. Схема встановлення індуктивних детекторів

Основні робочі параметри:

- похибка не більше 4%;
- розрахунок інтенсивності потоку – від 0 до 1500 од/год;
- розрахунок швидкості транспортних засобів – від 3 до 120 км/год;
- мінімальні розміри транспортних засобів від 2 м довжини та від 1,3 м ширини;
- споживана потужність 1 Вт;
- кількість вхідних/вихідних каналів контролерів – 4.

Інший поширений індуктивний детектор для визначення характеристик руху транспортних засобів і потоків ДТІ передає інформацію про параметри транспортних потоків до дорожнього контролера та (або) до центрального керуючого пункту. Отримані з допомогою цього детектора дані використовуються для вимірювання швидкості руху транспортних засобів, інтенсивності, щільності потоку, часу. присутності, визначення складу транспортного потоку. Індуктивний детектор транспорту має дві модифікації. Детектор транспорту індуктивний ДТІ – без обробки інформації. Детектор транспорту індуктивний ДТІ-Ц – з обробкою інформації.

Основні характеристики детектора ДТІ-Ц:

- як чутливий елемент індуктивного детектора є 1-2-виткова індуктивна рамка, що розташована під дорожнім покриттям на глибині 50-60 мм;
- кількість чутливих елементів, що підключаються до блока, – 16;
- індуктивні рамки підключаються до перетворювача імпедансу індуктивної рамки у логічний вихідний сигнал у субблоці;
- кожний субблок ДТІ-8 дає можливість підключити до 8 індуктивних рамок;
- живлення чутливих блоків здійснюється напругою +15 В;
- споживана потужність – не більше 25 Вт;
- кількість смуг, контрольованих одним детектором від 1 до 4;
- виявлення будь-яких транспортних одиниць (крім двоколісних мотоциклів і велосипедів), що рухаються зі швидкістю від 3 до 120 км/год, при відстані між детектором транспорту й чутливими елементами від 0 до 500 м;
- імовірність невиявлення транспортних одиниць при перетинанні контрольованого перетину (у разі установки чутливого елемента на одну смугу) або

ймовірність видачі неправильного сигналу за відсутності транспортних одиниць не перевищує 0,04.

До детекторів випромінювання (третє покоління) належать фотоелектричні, ультразвукові, інфрачервоні, радарні та відеодетектори. Найбільше поширення одержали детектори останніх двох груп.

Фотоелектричний детектор включає у себе джерело світлового променя та приймач з фотоелементом. При перериванні променя транспортним засобом змінюється освітленість фотоелемента, що викликає зміни його електричних параметрів.

Також фотоелектричні датчики можуть працювати на принципі відбиття-прийому відбитого променя, і тоді і випромінювач, і приймач розміщуються в одному корпусі. Звичайно у конструкціях датчиків використовують інфрачервоне світло. Недоліком фотоелектричних чутливих елементів є похибка вимірювань, що виникає у разі багаторядного інтенсивного руху автомобілів, а також той факт, що на їхню роботу суттєво впливає пил, бруд, дощ, сніг. Як світловий промінь часто використовується інфрачервоне світло,

Інфрачервоний детектор транспорту PIR ДТ (пасивний інфрачервоний детектор) – це детектор з динамічним керуванням і діапазоном виявлення (з радіусом дії) приблизно 20 м. Детектор може застосовуватися автономно або разом з дорожніми контролерами. Отримані а допомогою цього детектора дані можуть бути використані для оптимізації транспортних потоків у місцях установки світлофорів (рис. 4.11).

Основні характеристики: незначне споживання енергії; вибірковість смуг руху; кількість контрольованих смуг руху – 1; можливість зміни кута установки – до 75 градусів; напруга живлення +12 В; споживаний струм – не більше 12 мА; розширений діапазон температур від -40°С до +50°С.

Рис. 4.11. Загальний вигляд PIR ДТ

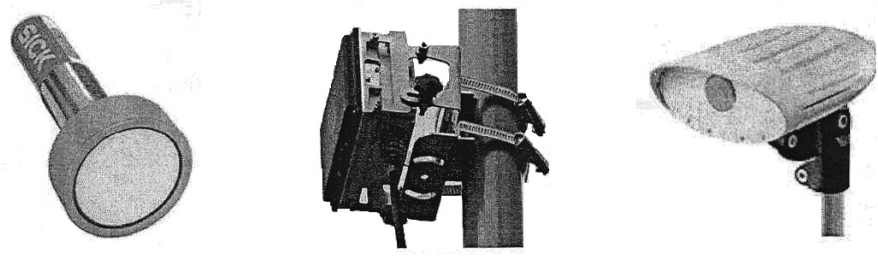
Радарний детектор – це спрямована антена, що встановлюється збоку від проїзної частини або над нею. Випромінювання антени спрямовується уздовж дороги й відбивається від автомобіля, що рухається, та сприймається антеною. Дія радарного детектора основана на застосуванні ефекту Доплера. Детектор може фіксувати не лише факт проїзду автомобілем контрольованої зони, але і його швидкість. Розвиток мікроелектронної техніки привів до появи відеодетекторів, чутливими елементами яких є відеокамера. Використання сучасних мікропроцесорів дає можливість з допомогою спеціального програмного забезпечення аналізувати отримане зображення: виділяти автомобілі, що рухаються; визначати інтенсивність, швидкість та інші необхідні параметри транспортного потоку.

Ультразвуковий детектор – це прийомовипромінювач імпульсного ультразвукового спрямованого променя. Він виконаний у вигляді параболічного рефлектора із розташованим у ньому п’єзоелектричним перетворювачем, що генерує ультразвукові імпульси. Недоліками ультразвукових детекторів є їх чутливість до акустичних і механічних перешкод, а також необхідність точного

фіксування у просторі для того, щоб прийомовипромінювач протистояв дії вітрового навантаження. На рис. 4.12 (а) приведений ультразвуковий детектор КОМКОН ДТЧ, що призначений для спільного використання з дорожнім контролером КОМКОН КДК з метою здійснення транспортного моніторингу в зоні їх розміщення.

Поляризаційний детектор представляє собою установку НВЧ-випромінювання, що встановлюється над проїзною частиною. Він подібний до радарних детекторів, проте робота основана на принципі вимірювання поляризації відбитої хвилі.

Оптичний відеодетектор знімає візуальну інформацію з потоку на цифрову відеокамеру, що дозволяє зберігати та за необхідності відтворювати отриману інформацію. Проте істотним недоліком даного виду є залежність цього детектора від погодних умов та освітлення. Розміщення відеокамери на автотрасі виконується на висоті 6 метрів над центром контрольованої смуги. При цьому центр зони контролю знаходиться на відстані 20 метрів від місця встановлення відеокамери.



а б в

Рис. 4.12. Детектори транспорту:
а – ультразвуковий КОМКОН ДТЧ; б – радарний; в – відеодетектор CITILOG X-CamP

Детектори третього, четвертого поколінь у своєму розвитку пройшли кілька етапів (також поколінь) – від простої фіксації певного параметра і передачі його на обробку до комплексного сприймання, фільтрації, математичного аналізу, розпізнавання об’єктів тощо.

Представниками першого покоління радарних детекторів є детектори RTMS X1, X2, X3 фірми EIS (Канада) і детектор «Спектр 1» (Росія).

Детектор транспорту «Спектр 1» призначений для збору статистичної інформації про параметри транспортних потоків та керування дорожнім рухом.

Принцип роботи оснований на безконтактному зондуванні проїзної частини дорожнього полотна сигналом надвисокої частоти з лінійною частотною модуляцією. Він контролює до восьми смуг руху. Прилад може виявляти та реєструвати транспортні засоби, що знаходяться в русі, а також і ті, що зупинилися, незалежно від часу доби та заданих умов контролю. Основне призначення приладу – контроль за інтенсивністю руху.

Прилад накопичує статистичні дані про: інтенсивність руху; зайнятість зони (відсоткове співвідношення часу, протягом якого зона контролю була за-

йнята транспортом, та загального часу спостереження); середню швидкість руху; кількість довгомірного транспорту.

Детектор також може бути використаний для роботи в автоматизованих системах керування дорожнім рухом, адаптивного керування рухом транспорту, контролю на в'їздах-виїздах швидкісних доріг, проведення транспортних обстежень, автоматичного виявлення дорожньо-транспортних пригод та ін. У комплекті з детектором використовують GPRS-модем, за допомогою якого передається вся накопичена інформація.

Третє покоління радіолокаційних детекторів мають так звану двопроменеву структуру. Швидкість у цих детекторах визначається шляхом вимірювання часу проходження від першого променя до другого, а класифікація транспортних засобів визначається безпосередньо, а не за непрямими даними. Крім того, у детекторі третього покоління реалізована можливість визначення транспорту, який проїхав проти руху, з видачею у реальному часі його характеристик за швидкістю та категорії довжини.

Сучасні детектори транспортного потоку (четверте покоління) оснащуються двома або трьома датчиками різного типу («подвійна» та «потрійна» технології). Так, у «потрійних» детекторах мікрохвильовий радар вимірює швидкість, ультразвуковий детектор забезпечує оцінювання габаритів і класифікацію автомобілів за класами, а багатоканальний інфрачервоний детектор – підрахунок автомобілів, визначення інтенсивності та зайнятості дорожнього полотна.

Радарні детектори транспорту (рис. 4.12, б) є найдосконалішими на цей час, вони дають можливість визначати положення, швидкість і тип транспортних засобів, мають велику дальність дії (до 160 м), можуть контролювати транспорт більше, ніж по чотирьом смугам одночасно незалежно від напрямку руху. Більше того, робота детектора не залежить від погодних умов і освітлення, є можливість візуалізації дорожньої обстановки у реальному часі й запису на відеокарту. У системах попередження зіткнення радари, що працюють на міліметрових хвилях, і камери сканують простір перед автомобілем, а електронний блок вираховує швидкість зближення з перешкодою (автомобілем) й у разі необхідності активує гальмівну систему, ремені безпеки та інші системи для зменшення можливих пошкоджень у разі аварії.

Радар, установлений позаду, може допомогти у разі наїзду транспорту, який рухається позаду транспортного засобу.

Рис. 4.13. Схема розміщення детекторів

Як правило, детектор може контролювати тільки одну смугу, тому розміщують їх на опорі по кілька штук відразу, за кількістю смуг руху (рис. 4.13). Відповідно, інтенсивності підсумовують, а швидкості та зайнятість узагальнюють.

Схема роботи системи автоматичної ідентифікації автомобіля наведена на рис. 4.14.

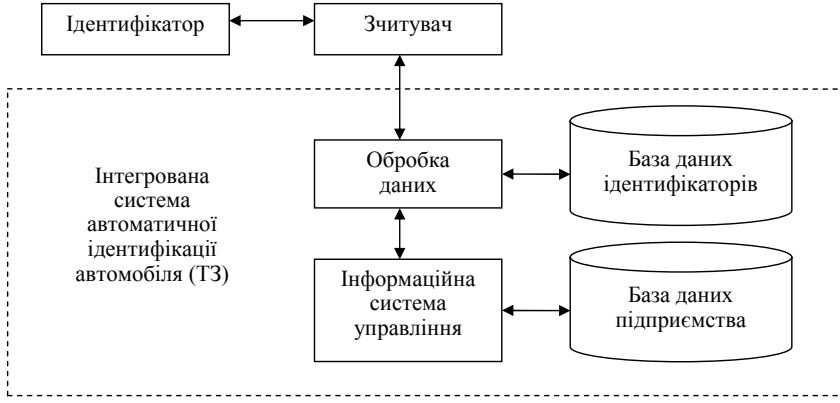


Рис. 4.14. Принципова схема роботи системи автоматичної ідентифікації автомобіля

Схема розміщення дорожніх знаків над проїзною частиною дороги приведена на рис. 4.15.

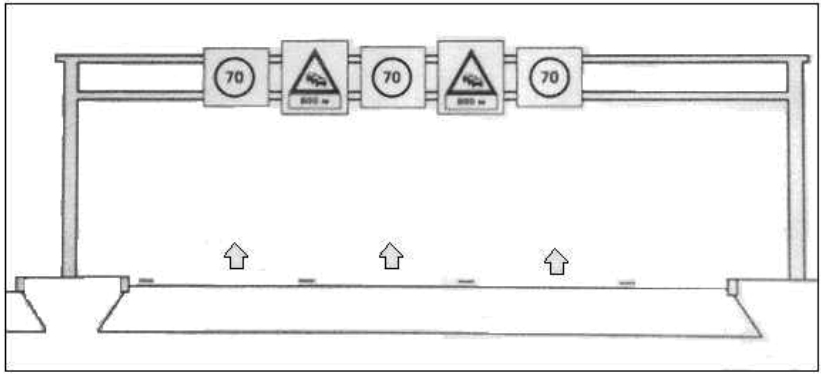


Рис. 4.15. Розміщення дорожніх знаків над проїзною частиною дороги

Транспортні детектори серії TDC4 (рис. 4.16) є сучасними комплексними детекторами, які використовують одночасно технологію відео, радар Доплера, ультразвук і пасивне інфрачервоне випромінювання. Детектори TDC4 доповнюють набір функцій попереднього детектора серії TDC3 можливістю відеоверифікації. Детектори вимірюють швидкість кожного транспортного засобу, використовуючи канал Доплера мікрохвильової частоти.

Ультразвукова сенсорна система сканує висоту транспорту, що проїжджає, а інфрачервоні зони визначають позицію транспортних засобів на смузі спостереження.

Детектори серії TDC4 спеціально розроблені для систем керування дорожнім рухом, де раніше використовувались індуктивні петлі, та забезпечують контроль індивідуальної швидкості автомобіля; підрахунок кількості автомобілів; забезпечують детекцію присутності, наявності заторів, руху по зустрічній смузі; знаходження у зоні детекції; визначення тимчасових інтервалів; відеоконтроль дорожніх інцидентів.

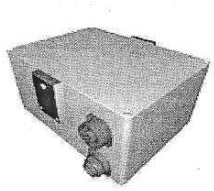


Рис. 4.16. Вигляд детектора серії TDC4

Детектор може бути настроєний на автоматичну фіксацію певних транспортних ситуацій (рух по зустрічній смузі, затор тощо).

Створення інтелектуальних транспортних систем (ІТС) передбачає обов'язкове виконання такої функції, як вимір у реальному масштабі часу характеристик транспортних потоків, наприклад: загальна кількість автомобілів, що проїхали у заданий інтервал часу, класифікація автомобілів, що проїхали, за класами або іншими ознаками, середня швидкість руху потоку по кожному напряму і т. д. Актуальна та якісна інформація про транспортні потоки дозволяє реалізовувати алгоритми гнучкого регулювання рухом з обліком реальної шляхово-транспортної обстановки, фіксувати й оперативно реагувати на ДТП, розраховувати навантаження на дорожнє полотно та його спрацювання, планувати місця розташування паркувань, транспортні розв'язки та багато чого іншого.

В ІТС використовують ефективні детектори четвертого покоління, які за своїми можливостями у більшості конструкцій належать до інтелектуальних детекторів.

Ця група детекторів дає можливість автоматично виявляти ситуації, що вимагають швидкої реакції дорожньо-постових служб, наприклад, у разі ДТП або на неправильно припаркованих транспортних засобів. Детектор ДТП автоматично виявляє подію, забезпечує інтелектуальний відеоаналіз ситуації.

Детектор паркування в неналежному місці виявляє кинуті або неправильно припарковані транспортні засоби, автоматично виявляє затори, що утворюються на дорогах.

Треба зазначити, що майже всі сучасні цифрові системи відеоспостереження мають хоча б найпростіші засоби аналізу відео зображення, наприклад, детектор руху. Однак цього недостатньо для вирішення дуже багатьох актуальних на сьогоднішній день питань. Тому розробкою технологій інтелектуального аналізу відеозображення займається велика кількість дослідницьких і програмістських команд.

Однією з найважливіших галузей, для яких розробляються системи інтелектуального аналізу ситуації за відеозображенням, є системи забезпечення безпеки громадян у масштабах міста (програма «Безпечне місто»). Наслідком використання систем інтелектуального аналізу ситуації є адаптивне керування транспортним рухом. Для вирішення питань адаптивного керування найкращим чином підходять радіолокаційні та відеодетектори, що мають зручне настрою-

вання, просту установку, прийнятні показники надійності, а також дозволяють контролювати багатосмугові траси; забезпечувати багатозонні незалежні вимірювання; проводити попередню обробку та накопичення даних; генерувати команди для світлофорних контролерів.

На рис. 4.12 (в) показаний відеодетектор автомобілів CITILOG X-CamP. Цей відеодетектор установлюється над поверхнею дороги для контролю та керування дорожнім рухом. Процесор, інтегрований у детектор, обробляє відеокадри й автоматично визначає наявність, відсутність або зупинку автомобіля всередині заздалегідь визначених віртуальних петель.

4.4. Комплексні детекторні системи

У залежності від призначення та використання детекторів, упроваджуються цільові комплексні системи, які у разі необхідності можуть обмінюватись інформацією із загальноміськими системами керування транспортом. Серед найбільш поширених комплексних систем відомі такі:

а) автоматизована система фотофіксації порушень швидкісного режиму. Дана система створюється для забезпечення контролю за дорожньою ситуацією шляхом не лише вимірювання, але і фотографування порушення для пред'явлення порушникові;

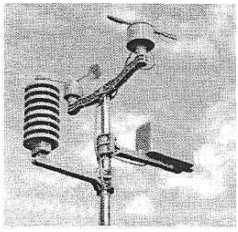
б) автоматизована система контролю оплати проїзду. Інтеграція такої системи у систему керування дорожнім рухом дозволяє використовувати систему соціальних пластикових карт при оплаті проїзду в наземному пасажирському транспорті й автоматизувати взаєморозрахунки між адміністрацією та перевізником. Система надає можливість персоніфікованого обліку перевезених пільговиків і зменшити дотації з бюджету за рахунок підвищення якості обліку перевезених пільговиків;

в) система масогабаритних комплексів. Система призначена для визначення перевищення дозволеної межі маси автотранспорту, визначення перевищення габаритів автотранспорту, розпізнавання реєстраційного знака автотранспорту й автоматизації процесу обліку;

г) автоматичні дорожні метеостанції. На магістралях іноді можна побачити високі щогли, на яких установлена бочка, (як варіант – металева коробка), флюгери, антени й об'єктиви. Це автоматична метеостанція (рис. 4.17, а). Вона збирає інформацію про погодні умови та стан дорожнього покриття у районі установки. Наприклад, інформацію про наявність на асфальті так званого «чорного льоду», який на магістралі може призвести до дуже тяжких наслідків. Список вимірюваних параметрів сягає трьох десятків позицій.

Для моніторингу дорожнього стану на проблемних ділянках автодоріг установлюються компактні дорожні метеостанції з датчиками температури повітря й дорожнього покриття, вологості повітря, напрямку й сили вітру. У комплексі з дорожніми метеостанціями можуть установлюватися відеокамери, що передають в онлайн режимі зображення дороги. Інформація, що передається від дорожніх метеостанцій по каналах GPS або ГЛОНАСС у дорожні служби допомагає їм оперативно й адекватно реагувати на зміни в дорожніх умовах. Ця інформація найбільш ефективно передається учасникам дорожнього руху через

інформаційні табло (рис. 4.17, б), на які виводиться інформація про дорожні умови для водіїв, що проїжджають цією дорогою.



а

б

Рис. 4.17. Автоматична дорожня метеостанція (а) та інформаційне табло (б)

Метеостанції періодично передають інформацію про погодні умови у вигляді текстового або XML-файла зацікавленим сторонам, наприклад, в автоматизовані системи керування дорожнім рухом. Погодна інформація може вплинути на введення певних швидкісних обмежень, а також на запуск специфічних керуючих сценаріїв у зоні «катаклізму»;

д) система екологічного моніторингу. Комплект апаратури детекторів хімічного забруднення PE2007 забезпечує збір інформації для визначення концентрації викидів забруднюючих речовин у контрольованій зоні;

е) система контролю й керування доступом. Це сукупність технічних засобів для забезпечення контролю доступу всіх категорій відвідувачів до певних приміщень (зон) на об'єкті, що охороняється, шляхом збору, обробки, передачі зображення у заданому вигляді інформації від спеціальних пристроїв. Системи контролю й керування доступом призначені для контролю доступу на об'єкти, що перебувають під охороною й запобігання несанкціонованому проникненню, в'їзду/виїзду автотранспорту на територію об'єкта.

4.5. Автоматизовані системи керування дорожнім рухом

Підвищення ефективності керування дорожнім рухом пов'язане зі створенням автоматизованих систем керування дорожнім рухом (АСКДР), які є невід'ємними компонентами інтелектуальних транспортних систем. АСКДР, як частина ІТС, виконує керуючі та інформаційні функції, основними з яких є:

- керування транспортними потоками;
- забезпечення транспортною інформацією;
- керування безпекою та керування в особливих ситуаціях.

У загальному вигляді підсистеми міської АСКДР можуть бути представлені як сукупність пристроїв дорожньої телематики, контролерів та автоматизованих робочих місць (АРМ), включених до мережі обміну даними, з організацією центрального та місцевих центрів керування – залежно від щільності та інтенсивності дорожнього руху. Тому структура АСКДР має ієрархічну будову (рис. 4.18).

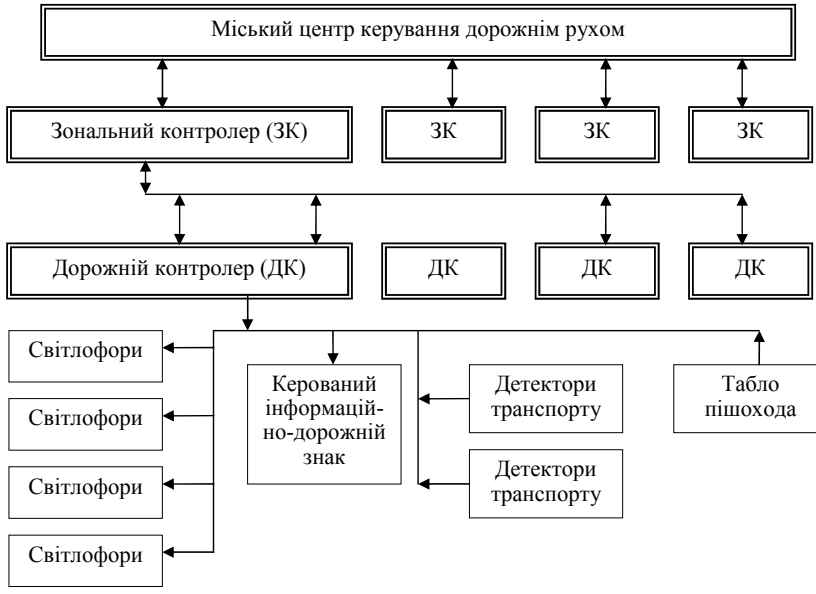


Рис. 4.18. Ієрархічна структура системи керування дорожнім рухом

На нижньому рівні дорожні контролери кожного з перехресть забезпечують керування світлофорами всіх напрямків та смуг руху. До контролерів можуть бути під'єднані додаткові інформаційні табло, детектори транспорту, табло пішоходів. Контролери перехресть працюють або за власною програмою керування, локально, або отримують програми з верхнього рівня керування. У більшості малих та середніх міст локальний режим керування дорожнім рухом є основним.

Для забезпечення режиму «зелена хвиля» дорожні контролери перехресть під'єднуються до зонального контролера, програма якого розраховує керуючі програми кожного з контролерів, перехрестя яких підключені до цього режиму. Зональні контролери можуть отримувати всю інформацію, що надходить на дорожні контролери, а також можуть коригувати програми керування за інформацією з верхнього, центральноміського рівня.

Міський центр керування забезпечує в основному контролюючу функцію та реалізує регулюючу функцію лише у випадках збоїв у керуванні дорожнім рухом або для забезпечення проїзду спеціального транспорту.

4.6. Структура автоматизованих систем керування дорожнім рухом

Розвиток сучасної ієрархічної структури автоматизованої системи керування дорожнім рухом (АСКДР) відбувався поступово – від нижнього рівня локального керування вручну до комп'ютеризованих зональних і централізованих систем, тому за своїм складом, архітектурою, функціональними можливостями,

способом перепрограмування на дорогах сьогодні використовують АСКДР кількох поколінь, які умовно поділяють на чотири за рівнем розрахунку керуючих параметрів і введення їх до дорожніх контролерів.

Перше покоління – розрахунок керуючих параметрів і введення їх до дорожніх контролерів, а пізніше і до зональних контролерів АСКДР, виконується вручну.

Друге покоління – розрахунок керуючих параметрів автоматизований на комп'ютерах зональних контролерів, проте введення їх до дорожніх контролерів виконується вручну.

Третє покоління – розрахунок керуючих параметрів і введення їх до контролерів АСКДР автоматизовані, також можлива реалізація керування з прогнозом динаміки транспортних потоків.

Четверте покоління – керування дорожнім рухом автоматичне у реальному часі, коли за допомогою детекторів транспорту забезпечується збір інформації на контролери, а адаптивні керуючі програми перемикають світлофори перехресть, у залежності від реального стану транспортних і пішохідних потоків.

АСКДР забезпечує керування світлофорними об'єктами кількістю до 500. Програмне забезпечення ПТК-ЦУП встановлюється на двох комп'ютерах. АСКДР взаємодіє з системами дорожніх контролерів з допомогою дротових ліній зв'язку, а також каналів стільникового зв'язку.

Досвід показав, що автоматизована адаптація керування рухом транспортних і пішохідних потоків у містах дає можливість:

1. Підвищити ефективність керування рухом, у тому числі:
   - збільшити ефективність використання вулично-дорожньої мережі;
   - знизити затримки транспорту на перехрестях на 20-25%;
   - знизити витрату паливно-мастильних матеріалів на 5-15%;
   - зменшити забруднення атмосфери (зменшення маси викидів CO, вуглеводнів, окислів азоту та інших шкідливих речовин на 5-10%).
2. Підвищити безпеку руху.
3. Зменшити час поїздки на 10-15%.
4. Здійснювати відеонагляд за транспортною ситуацією у найбільш напружених вузлах вулично-дорожньої мережі.

У сучасних автоматизованих системах керування дорожнім рухом, поширених у більшості європейських країн, широко використовується інформація від відеокамер на перехрестях, що входять до складу систем локального відеоспостереження. Перевагою систем відеоспостереження є поєднання числової та візуальної інформації. Отримана інформація після обробки дає можливість організувати оптимальне керування транспортними потоками, скоординувати роботу ключових транспортних вузлів міста. Можлива організація моментального зворотного зв'язку з оператором системи, диспетчером центру керування у разі виникненні нештатних ситуацій.

Як приклад можна реалізації відеоспостереження можна навести автоматизований стаціонарний комплекс відеофіксації порушень правил дорожнього руху «Кріс», структурна схема якого показана на рис. 4.19

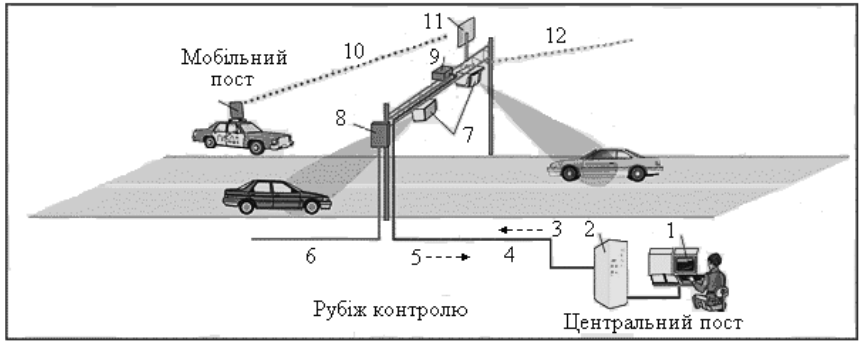


Рис. 4.19. Структурна схема автоматизованого комплексу «Кріс»:
1 – персональний комп'ютер оператора; 2 – серверна шафа; 3 – команди; 4 – лінія зв'язку; 5 – дані; 6 – електроживлення (220 В); 7 – фоторадарний датчик; 8 – розподільна коробка; 9 – концентратор; 10 – бездротовий канал зв'язку; 11 – модуль бездротового зв'язку; 12 – діагностичний канал зв'язку

Системи відеоконтролю надають дані трьох типів: інформація відносно трафіка для статистичної обробки (кількість автомобілів, їх швидкість, прискорення, зайнятість смуг руху, тип автомобілів, щільність потоку); інформація про пригоди на дорогах (наявність заторів, зупинка транспорту, рух зустрічною смугою тощо); інформація щодо присутності чи відсутності автомобілів у зоні спостереження.

5. СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ, ПАРАМЕТРІВ РУХУ ТА ПРОЙДЕНОГО ШЛЯХУ АВТОМОБІЛЯ

5.1. Навігаційні системи

5.1.1. Склад навігаційних систем

На сьогодні застосовуються дві навігаційні системи: російська глобальна навігаційна супутникова система ГЛОНАСС і американська система позиціонування GPS, принцип функціонування і склад яких практично однаковий. У найближчому майбутньому до цих двох систем повинна додатися європейська система навігації GALILEO.

До складу навігаційної системи GPS входить три основні складові:

1. Космічний сегмент системи. Складається з орбітального угруповання (сузір'я) супутників.

2. Наземний сегмент системи. Складається з п'яти контрольних станцій і головної станції керування, розташованих у різних точках земної кулі.

3. Апаратура користувача. Навігаційні приймачі (GPS), навігатори, що використовують сигнал зі супутників GPS для вирахування поточної позиції швидкості та часу різних об'єктів.

Функціонування всіх елементів супутникової навігаційної системи показано на спрощеній схемі на рис. 5.1 [14].

У цілому – це комплексна електронно-технічна система, що складається із сукупності наземного та космічного устаткування і призначена для визначення місцезнаходження (географічних координат та висоти) і точного часу, а також параметрів руху (швидкості, напряму руху тощо) для наземних, водних і повітряних об'єктів. Її основними елементами є (рис. 5.2):

- орбітальне угруповання, що складається з кількох (2-30 од.) супутників, що випромінюють спеціальні радіосигнали (космічний сегмент);

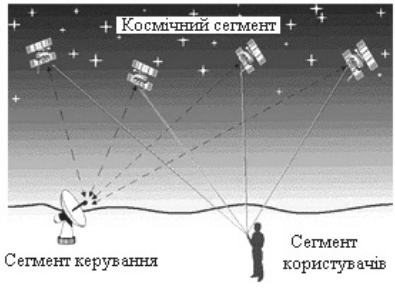


Рис. 5.1. Склад системи ГЛОНАСС

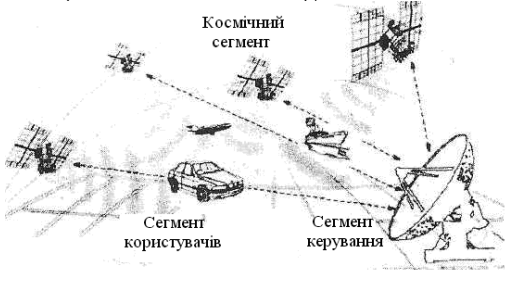


Рис. 5.2. Загальна схема структури супутникової навігаційної системи

- опційно-наземна система радіомаяків, що дозволяє значно підвищити точність визначення координат;

- наземна система керування і контролю (контрольний сегмент), що містить блоки вимірювання поточного положення супутників і передачі на них отриманої інформації для коригування інформації про орбіти;

- опційно-інформаційна радіосистема для передачі користувачам поправок, які дають можливість значно підвищити точність визначення координат.

- приймальне клієнтське обладнання («супутникові навігатори»), яке використовується для визначення координат;

- сегмент призначений для користувача.

Космічний сегмент – це орбітальне угруповання супутників, що випромінюють навігаційні сигнали. Супутники розташовані на різних орбітах на висоті приблизно 20000 км. Супутники розподілені так, що у будь-якій точці Землі, у будь-який момент часу, вище 15 градусів над горизонтом знаходиться від 4 до 8 супутників. Період обертання супутників складає приблизно 12 годин, отже, за добу кожен супутник виконує два повних оберти навколо Землі. Для забезпечення глобального покриття Землі потрібні 24 супутники (і більше). Система ГЛОНАСС працює на двох несних частотах: перший стандарт 1,6 ГГц призначений для загального користування, а другий 1,2 ГГц – для військової мети.

GPS-супутники передають три навігаційних сигнали на двох частотах: L_1 (1575,42 МГц) та L_2 (1227,60 МГц). На частоті L_1 передається «цивільний» сигнал, а на частотах L_1 та L_2 – високоточний «військовий» код. Точність визначення координат з допомогою «військового» коду на порядок вища, ніж при використанні «цивільного» сигналу.

Наземний сегмент супутникової навігаційної системи складається з контрольно-вимірювальних станцій для моніторингу супутників і головної станції керування. Супутник може трохи відхилятися від орбіти, тому контрольно-вимірювальні станції постійно відслідковують розташування, орбіту, висоту і швидкість супутників. Далі дані, отримані від усіх станцій, пересилаються на головну станцію керування, яка їх обробляє і вираховує відхилення траєкторій супутників від заданих орбіт, тимчасові відхилення бортових годинників і помилки у навігаційних повідомленнях. Потім відкориговані навігаційні дані передаються на супутники в момент, коли вони знаходяться у зоні доступу станції керування.

До частини користувача супутникової навігаційної системи відноситься апаратура користувача, тобто навігаційні приймачі, які використовують сигнал із супутників для вирахування поточних координат транспортного засобу та його швидкості.

Координати навігаційних супутників визначаються в геоцентричній системі координат, а місцезнаходженням об’єктів на Землі є широта, довгота і висота над рівнем моря. Отже, щоб визначити місцезнаходження об’єкта на Землі за відомими координатами навігаційних супутників, необхідно спочатку перевести ці координати в рухому систему координат, а потім перерахувати ці координати в «земні», тобто в широту і довготу.

Визначення широти, довготи і висоти над рівнем моря об’єкта залежить від вибраної моделі Землі. У GPS-системах використовується модель WGS84, а в системі ГЛОНАСС використовується модель Землі ПЗ-90. У цих моделях Зе-

мля моделюється еліпсоїдом обертання. Однак, для простоти при переведенні координат супутників у географічні координати можна представити Землю у вигляді сфери [10, 13, 14, 15].

Принцип дії супутникової навігації оснований на визначенні відстані від транспортного засобу до супутників, координати яких відомі. Точні координати супутників (X_0, Y_0, Z_0) в інерційній системі координат визначаються з даних ефемерид та альманаху, що передаються у навігаційних повідомленнях.

Ефемерида – це небесні координати супутника, які супутник передає кожні 30 секунд. За цей час приймачі встигають прийняти й обробити інформацію. Ефемеридні дані обновляються кожні чотири години.

Альманах – це дані про орбіти усіх супутників. Кожен супутник передає власну ефемериду й альманах про положення усіх супутників. Альманах містить інформацію про розташування супутників «на небі», що дає можливість при черговому увімкненні приймача навігатора значно звузити сектори пошуку навігаційного сигналу і зменшити час його «захоплення». Ці дані обновляються приблизно кожні шість місяців. Навігаційне повідомлення складається з 1500 біт і містить:

- дату і час;
- стан супутника (робочий чи ні);
- ефемеридні дані (координати супутника);
- альманах (рис. 5.3).

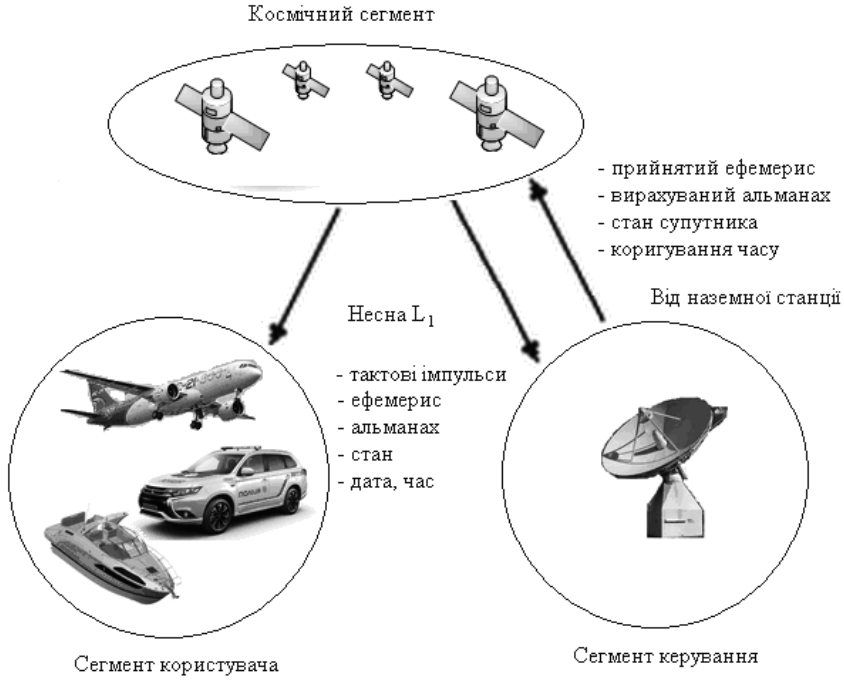


Рис. 5.3. Структура навігаційних повідомлень

У супутникових навігаційних системах (СНС) використовується далекомірний метод визначення місцезнаходження об'єкта.

Для отримання інформації про координати місцезнаходження автомобіля виконуються такі дії:

- в СНС координати місцезнаходження вираховуються за відстанню від приймача в автомобілі до кількох супутників;
- відстань до супутника визначається шляхом вимірювання проміжку часу, який потрібен радіосигналу, щоб дійти від супутника до приймача;
- для цього передатчик супутника і приймач автомобіля одночасно генерують один і той самий код;
- час розповсюдження сигналу від супутника до приймача визначається вимірюванням запізнення псевдовипадкового коду передатчика супутника по відношенню до такого самого коду приймача;
- для визначення місцезнаходження автомобіля необхідно провести як мінімум чотири вимірювання;

Таким чином, навігаційний приймач виконує такі функції:

- приймає і запам'ятовує ефемеридні дані супутників;
- визначає часову затримку t далекомірного коду;
- розраховує відстань R до супутників;
- визначає координати об'єкта (X_0, $У_0$, Z_0) в інерційній системі координат;
- перетворює координати об'єкта з інерційної системи в неінерційну систему координат;
- перераховує ці координати в географічні за формулами і знаходить довготу, широту і висоту над рівнем моря.

За цими координатами визначається місцезнаходження транспортного засобу на карті.

Для збільшення точності позиціонування у навігаційному приймачі обробляються сигнали від додаткових супутників.

Конструктивно приймачі поділяються на одноканальні та багатоканальні. Одноканальні – найпростіші та найдешевші. У них інформація від усіх супутників обробляється послідовно, що вимагає значного часу. Недоліками таких навігаторів є низька точність, неможливість вимірювання швидкості, відсутність інформації на час розрахунків.

У багатоканальних приймачах (4, 8, 12, 16 каналів) одночасно ведеться обробка сигналів усіх супутників, які знаходяться в межах видимості, що збільшує точність позиціонування. Багато приймачів можуть бути налаштовані на роботу як з ГЛОНАСС, так і з GPS.

Опис і технічні характеристики російського навігаційного приймача МНП-М7 приведені у [16].

5.1.2. Диференціальна система позиціонування

Точність визначення місцезнаходження об'єкта супутниковими навігаційними системами залежить від багатьох причин. Помилки у визначенні координат зумовлені:

- зменшенням швидкості розповсюдження сигналу під час проходження іоносфери та тропосфери;
- зміною орбіти супутника;
- помилкою годинника супутника;
- впливом відбитих сигналів;
- похибкою у розрахунках.

Мінімальна помилка досягається на відкритих ділянках місцевості. Більш значна помилка може тимчасово спостерігатися у разі роботи у міських умовах щільної забудови, під мостами та естакадами.

Друге джерело неточності – це зменшення швидкості розповсюдження сигналу в тропосфері та іоносфері. Швидкість розповсюдження сигналів у відкритому космосі дорівнює швидкості світла, а в іоносфері та тропосфері вона менше.

Точність визначення координат користувача, яку забезпечують системи GPS і ГЛОНАСС, складає 5-10 м. Однак, часто цього буває недостатньо. У цьому разі використовується метод диференціальної навігації, який дає можливість значно збільшити точність.

Принцип дії диференціальної системи позиціонування полягає у наступному. До складу системи входить базова станція, яка знаходиться у точці з відомими географічними координатами. Сигнали з супутників одночасно приймають приймачі користувача і базової станції. На базовій станції порівнюються координати, обчислені за даними з супутника, з істинними координатами станції. У разі їх розходження базовий навігаційний приймач формує поправки, які передаються користувачам каналами зв'язку (рис. 5.4) [14].

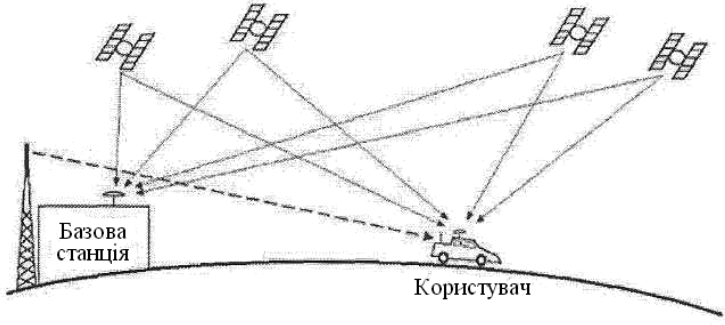


Рис. 5.4. Принцип дії диференціальної системи позиціонування

Розрізняють два методи обчислення поправок:

- метод коригування координат, коли базові станції передають на транспортний засіб поправки, які додаються (або віднімаються) до координат, які вирахував навігаційний приймач. Недоліком цього методу є те, що приймачі базової станції і користувача повинні працювати за даними одних і тих самих супутників.

- метод коригування навігаційних параметрів. При використанні цього методу на базовій станції визначаються поправки до вимірюваних параметрів усіх супутників, які знаходяться у зоні видимості користувача. Ці поправки передаються користувачам, навігаційні приймачі яких знову розраховують координа-

ти свого місцезнаходження за уточненими даними. Недоліком цього методу є підвищення складності апаратури користувачів.

Точність визначення координат у диференціальному методі у значній мірі залежить від відстані між користувачем і базовою станцією і зменшується зі зростанням дальності. Тому зона обслуговування базової станції складає не більше 500 км. Передача диференціальних поправок від базової станції до користувача здійснюється з допомогою радіозв'язку або по каналам GSM.

На сьогодні широке застосування знаходять глобальні системи диференціальних поправок. Такі системи часто називають також широкозонними системами супутникової диференціальної навігації SBAS (Satellite-based Augmentation System).

До складу системи входить мережа наземних станцій слідкування, які здійснюють безперервне збирання даних від усіх навігаційних супутників (рис. 5.5). Ці дані надходять на майстер-станцію, де обробляються в реальному режимі часу для формування коригувальних поправок.

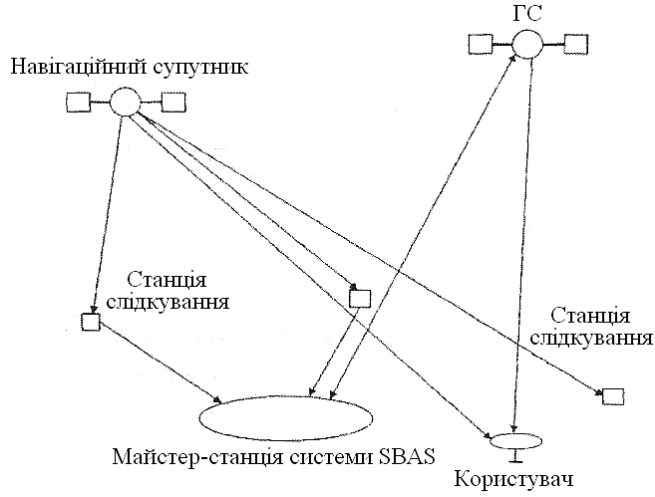


Рис. 5.5. Принцип дії системи SBAS

Потім ці поправки передаються на геостаціонарні супутники (ГС), які у свою чергу ретранслюють їх на велику територію усім користувачам. Причому один геостаціонарний супутник може забезпечити поправками територію, що дорівнює за площею 1/3 поверхні земної кулі. Сигнали з геостаціонарних супутників обробляються в одному з каналів приймача навігатора, так як сигнали системи WAAS і GPS/ГЛОНАСС передаються на одній і тій самій частоті та мають схожу структуру кодування. Коригувальні сигнали можуть бути платними або безплатними і приймаються практично всіма GPS/ГЛОНАСС-приймачами.

На сьогодні існує кілька підсистем SBAS:

- WAAS (Wide Area Augmentation System) – для території США;
- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) – для території Європи;

- MSAS (Multifunctional Satellite based Augmentation System) – для території Японії та деяких країн Південно-Східної Азії.

Використання системи SBAS збільшує точність супутникової навігації від 1 до 5 метрів у плані, що достатньо для систем транспортної телематики.

Технологія диференціальної супутникової навігації широко використовується також в геодезії та в автоматизованих системах керування робочими органами дорожньо-будівельних машин. Однак, у цих системах точність позиціонування не повинна перевищувати 1-3 см. Таку високу точність отримують завдяки застосуванню технології віртуальної базової станції VRS (Virtual Reference Station).

У системах VRS є мережа базових станцій, які збирають дані про усі навігаційні супутники. Ці дані в режимі реального часу безперервно надходять у центр керування, де з допомогою спеціального програмного забезпечення моделюються атмосферні й ефемеридні спотворення для усієї мережі та формується база даних коригувань, що постійно оновлюється для локальних користувачів.

Для отримання коригувальної інформації користувач зв'язується з центром керування і передає координати свого місцезнаходження. Отримавши ці дані, центр керування створює віртуальну базову станцію безпосередньо біля користувача і визначає коригувальні дані цієї станції, які передаються користувачу для уточнення координат місцезнаходження. Точність вимірювань VRS-системи складає (1-2) см при віддаленні від реальної базової станції на 50 км [13, 14].

5.1.3. Системи технічних засобів визначення місцезнаходження автомобіля

Завдання визначення місця розташування автомобіля полягає у визначенні його координат на поверхні Землі. Це завдання вирішують супутникові навігаційні системи, які є невід'ємною складовою практично всіх телематичних систем.

Системи і комплекси технічних засобів визначення місцезнаходження рухомих об'єктів відрізняються методами визначення координат об'єктів, способами передачі інформації між рухомими об'єктами та диспетчерськими пунктами, логікою побудови і т. п. Спрощена класифікація навігаційних систем засобів контролю автомобілів представлена на рис. 5.6 [10, 15]. Однак, в усіх цих системах повинна виконуватися умова – можливість для користувача самостійно визначати її основні параметри:

- зона роботи системи;
- тип транспорту, який потрібно контролювати;
- частоту оновлення інформації про рухомий об'єкт;
- перелік завдань, що вирішує система.

На рис. 5.7 [10, 15] показана структура навігаційної системи автотранспортних засобів. Система може здійснювати навігаційне вирахування, розраховувати відносні координати автомобіля, визначати його положення на карті місцевості за конфігурацією пройденого шляху, розраховувати й уточняти абсолю-

тні координати автотранспортного засобу з допомогою супутникової системи GPS.

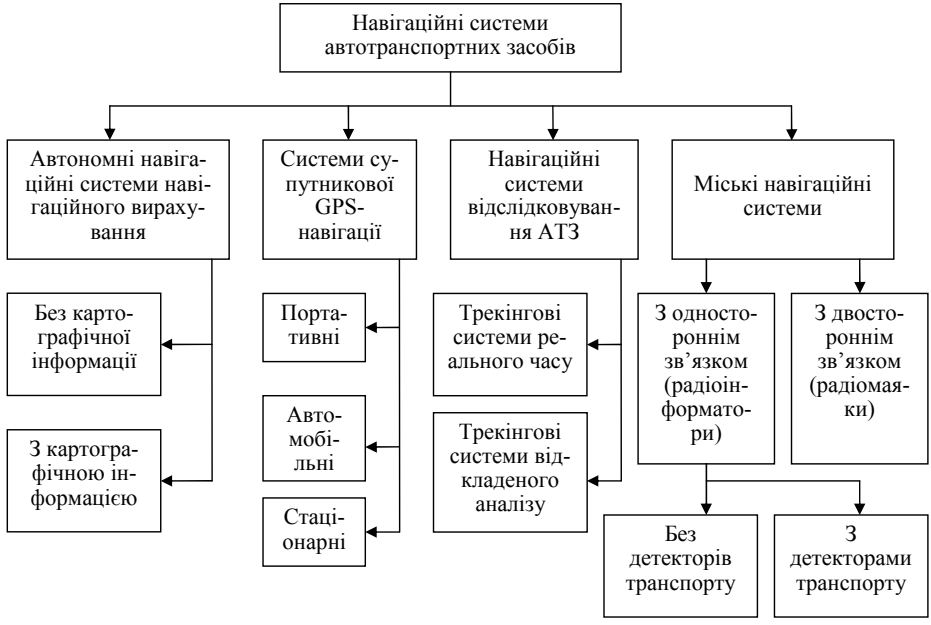


Рис. 5.6. Класифікація навігаційних систем автотранспортних засобів

Рис. 5.7. Спрощена структура навігаційної системи

Системи автоматичного (автоматизованого) визначення місцезнаходження транспортних засобів – AVL (Automatic Vehicle Location System) за територією охоплення умовно можна поділити (рис. 5.8) на такі зони покриття:

- глобальна, що охоплює земну кулю, материки або території кількох держав;
- регіональна, що обмежена, як правило, межами населеного пункту, області, регіону;
- локальна (зональна) – яка розрахована на малий радіус дії (територія міста, області), що характерно, в основному, для систем дистанційного супроводження і пошуку викрадених автомобілів.

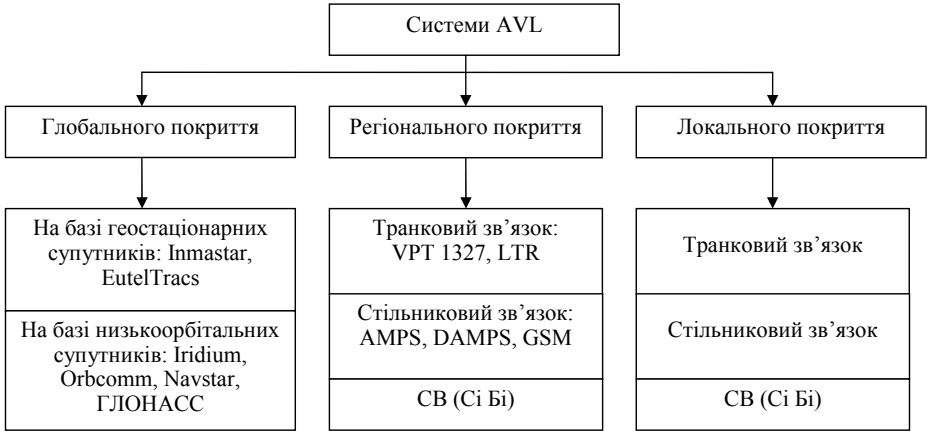


Рис. 5.8. Класифікація AVL-систем за територією охоплення

Транкові системи зв'язку можуть покривати значні площі. За рахунок об'єднання окремих ретрансляторів у єдину логічну структуру споживач позбувається необхідності опікуватися щодо перемикання радіочастотних каналів при переміщенні в рамках системи. Сьогодні у світі розгорнуті й експлуатуються транкові системи різних стандартів: Smartrunk, MPT 1327, LTR, Smartzone, EDACS тощо.

При виборі для передачі координат автомобіля стільникового зв'язку необхідно враховувати зону покриття і завантаженість мереж оператора у даному регіоні.

З метою мінімізації витрат дані про місцезнаходження автомобіля на диспетчерський пункт можливо отримати через Інтернет. У цьому разі не потрібне оснащення диспетчерського пункту дорогим картографічним програмним забезпеченням. Достатньо доступу в Інтернет за допомогою стандартної програми.

Виходячи з реалізації функцій місцезнаходження, системи AVL характеризуються такими технічними параметрами, як точність визначення місцезнаходження та періодичність уточнення даних. Очевидно, що ці параметри багато в чому залежать від зони дії AVL-системи. Чим менший розмір зони дії, тим вища повинна бути точність. Для локальних систем, які діють на території міс-

та, вважається достатньою точність визначення місцезнаходження від 50 до 100 м. Деякі спеціальні системи потребують точність до одиниць метрів, для глобальних систем буває достатньо точності до одиниць кілометрів. Періодичність уточнення даних може коливатися від кількох хвилин до годин.

Глобальна зона покриття, звичайно, потрібна для контролю міжнародних перевезень, коли відстань між рухомим об'єктом і диспетчерським пунктом може бути у кілька тисяч кілометрів. Тому найбільш прийнятне рішення для реалізації системи подібного масштабу – використання супутникових каналів зв'язку. Системи супутникового рухомого зв'язку можуть бути побудовані на базі геостаціонарних супутників або на базі низько- та середньоорбітальних супутників.

Основна маса систем контролю дальніх перевезень основана на використанні геостаціонарних супутників. Це системи Inmastar, EutelTracs та ін.

Системи на базі низькоорбітальних супутників такі, наприклад, як Indium, Orbcomm, Navstar, ГЛОНАСС призначені для автоматизованого збору інформації про стан об'єктів, надання послуг електронної пошти, вирішення навігаційних завдань. Основна їх відмінність від геостаціонарних систем полягає в тому, що вони складаються з низькоорбітальних супутників з невеликою висотою орбіти (менше 1000 км). Для користувача це означає, що їх супутникові термінали мають менші розміри та невисокі ціни.

До систем, що забезпечують регіональну зону покриття, належать системи контролю рухомих об'єктів, у яких об'єкти не віддаляються від диспетчерського пункту далі фіксованої відстані (звичайно, не більше 1000 км). У цих системах можна підтримувати голосовий зв'язок між об'єктом і диспетчером, оперативно доставляти інформацію про місцезнаходження та стін транспортних засобів. Достатньо умовно до цього розряду можна віднести системи на базі транкового, стільникового та короткохвильового зв'язку.

Системи на базі транкового зв'язку можуть покривати значні площі, даючи можливість здійснювати «автороумінг» та «автопатчінг», тобто в них за рахунок поєднання окремих ретрансляторів у єдину логічну структуру в користувача відпадає необхідність турбуватися про перемикання радіочастотних каналів у разі переміщення в межах усієї системи. У світі розгорнуті й експлуатуються транкові системи різних стандартів: SmartTrank, MPT1327, LTR, SmartZone, EDACSnap. Системи на базі стільникового зв'язку все більше завойовують ринок України. Багато фірм випускають обладнання і пропонують готові системи. Широке застосування цих систем стримують висока ціна бортового комплекту і проблеми перевантаження системи зв'язку. Системи локальної зони покриття працюють, як правило, у радіусі до 100 км і найчастіше використовуються для забезпечення внутрішньоміських перевезень і пошуку викрадених автомобілів. У таких системах можуть використовуватися системи космічного, стільникового, транкового і короткохвильового зв'язку окремо один від одного або у різних поєднаннях.

За своїм призначенням AVL можна поділити на диспетчерські системи, системи дистанційного супроводження і системи відновлення маршруту.

Диспетчерські системи – це системи, у яких здійснюється централізований контроль у певній зоні за місцезнаходженням і переміщенням рухомих

об’єктів у реальному масштабі часу одним або кількома диспетчерами, що знаходяться у стаціонарних обладнаних диспетчерських центрах. Це можуть бути системи оперативного контролю переміщення патрульних автомобілів, контролю рухомих об’єктів, системи пошуку викрадених автомобілів. Передача координат може здійснюватися за допомогою космічного, модемного, транкового або стільникового зв’язку (рис. 5.9).

Рис. 5.9. Схема роботи диспетчерської навігаційної системи з варіантами передачі даних про місцезнаходження транспортного засобу

Системи дистанційного супроводження – це системи, у яких дистанційно контролюється переміщення рухомого об’єкта з допомогою спеціально обладнаного автомобіля або іншого транспортного засобу. Найчастіше такі системи використовуються під час супроводження цінних вантажів або контролю переміщення спеціальних транспортних засобів.

Системи відновлення маршруту – це системи, що вирішують завдання визначення маршруту або місцезнаходження транспортного засобу на підставі даних, отриманих тим чи іншим способом. Подібні системи застосовуються під час контролю переміщення транспортних засобів, а також з метою отримання статистичних даних про маршрути. У тому разі, коли потреба отримання інформації в реальному масштабі часу не є обов’язковою, однією з найдешевших систем контролю рухомих об’єктів є використання бортового накопичення параметрів руху транспортних засобів, що працює в режимі «чорного ящика», тобто здійснюється запис координат точок маршруту руху з відміткою часу їх проходження, а також фіксується додаткова телеметрична інформація, наприклад, температура в рефрижераторі, витрати пального, факти відкривання дверей фургона тощо. Для зональних диспетчерських систем ідеальним може вважатися отримання даних про місцезнаходження рухомого об’єкта до одного разу за хвилину. Системи дистанційного супроводження потребують більшої частоти відновлення інформації. Конкретні реалізації AVL-систем часто включа-

ють до свого складу технічні засоби, які забезпечують кілька способів визначення місцезнаходження.

5.2. Системи визначення місцезнаходження автомобіля

5.2.1. Принципи контролю місцезнаходження

Пристрої визначення місцезнаходження автомобіля є невід'ємною частиною багатьох телематичних систем. Системи моніторингу транспорту, впроваджені на підприємства будь-якої спеціалізації, сприяють підвищенню його економічної ефективності, забезпечують додаткову безпеку водія і транспорту під час транспортування вантажів на далекі відстані. Знання траєкторії та параметрів руху автомобіля під час ДТП сприяє швидкому й об'єктивному виявленню винуватців пригоди, Завдання визначення місцезнаходження транспортного засобу полягає у визначенні його координат на поверхні Землі. Це завдання вирішують інерційні (нерухомі) та інтегровані навігаційні системи, які є невід'ємною частиною практично усіх телематичних систем [9, 14, 30]. Знання місцезнаходження і траєкторії руху автомобіля необхідне для таких систем, як:

- системи моніторингу роботи пасажирського транспорту;
- системи слідкування за вантажем;
- система екстреного реагування під час аварій «ЕРА-ГЛОНАСС»;
- пошуково-охоронні системи автомобіля;
- системи запису параметрів автомобіля у разі ДТП («чорні ящики») та ін.

На сьогодні знаходять застосування такі системи визначення місцезнаходження транспортного засобу:

- супутникові навігаційні системи (ГЛОНАСС, GPS);
- інерційні системи (системи вирахування шляху);
- інтегровані навігаційні системи;
- системи визначення координат за базовими станціями GSM.

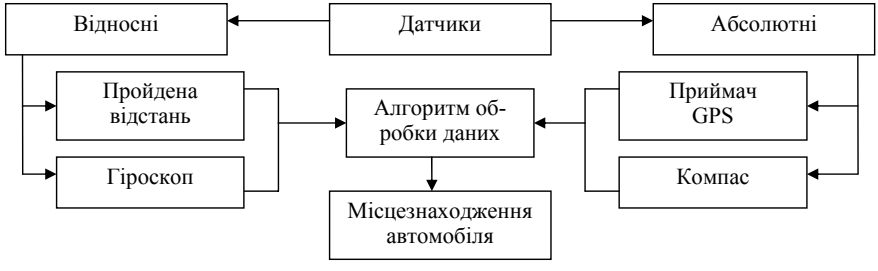


Рис. 5.10. Системи і датчики визначення місцезнаходження автомобіля

Існують системи абсолютного й відносного позиціонування (рис. 5.10). В абсолютних системах отримання нових координат не залежить від попереднього місцезнаходження об'єкта. Прикладом таких систем є системи супутникової навігації. У системах відносного позиціонування для вирахування наступних координат у процесі руху транспортного засобу необхідна прив'язка до його початкових координат. За таким принципом працюють інерційні системи.

5.2.2. Визначення місцезнаходження транспортного засобу за допомогою базових станцій GSM

Визначення координат автомобіля на поверхні Землі виконується з допомогою різних навігаційних систем таких, як супутникові навігаційні системи, інерційні й інтегровані системи, системи визначення координат з допомогою базових станцій GSM. Ці системи мають свої достоїнства та недоліки і знаходять широке застосування у телематичних системах.

Метод визначення місцезнаходження транспортного засобу з допомогою базових станцій GSM широко використовується у різних телематичних системах таких, як, наприклад, охоронно-пошукових системах. Завдання позиціонування передбачає автоматичне визначення місцезнаходження транспортного засобу на місцевості (електронній карті) або знаходження його географічних координат (широти та довготи).

Принцип дії GSM-позиціонування дуже схожий на роботу СНС, тільки тут роль супутників грають наземні базові станції стільникової мережі. Так само як у супутникових навігаційних системах, для визначення координат необхідно визначити відстані між базовими станціями (БС) та транспортним засобом, а потім розв'язати систему рівнянь.

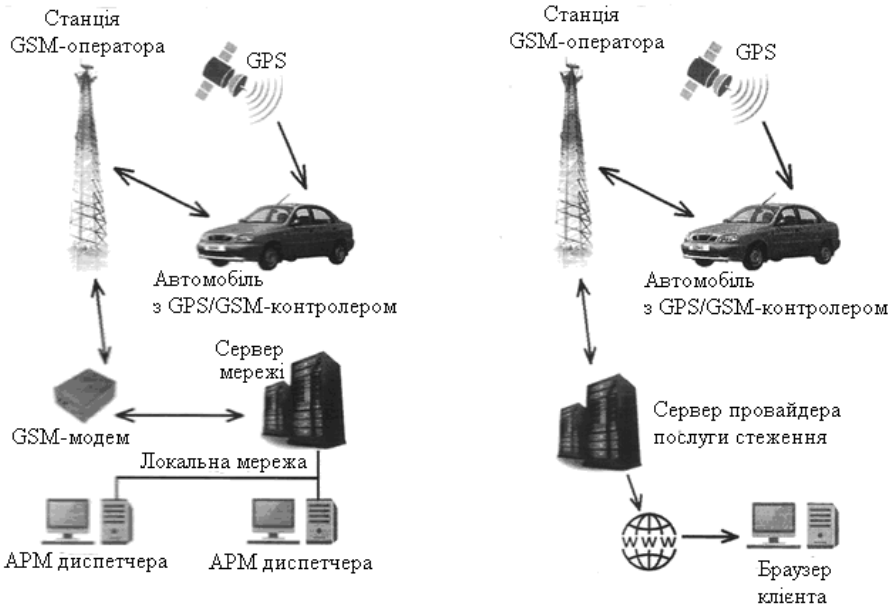
Існують два методи визначення відстані – далекомірний і кутомірний. При реалізації далекомірного методу на базових станціях вимірюється час розповсюдження сигналу від передатчика GSM, що встановлений на рухомому об'єкті (мобільній станції), до БС. Тут можна виділити два способи визначення координат UL-TOA (Up Link Time Of Arrival – від англ. час прибуття) та E-OTD (Enhanced Observed Time Difference – з англ. дотримувана різниця у часі).

Метод UL-TOA ґрунтується на вимірюванні інтервалів часу проходження сигналу від мобільної станції (МС) до кількох базових станцій. У системі працюють мобільна і три базові станції, координати яких відомі. При цьому годинники на всіх БС повинні бути строго синхронізовані.

Передатчик GSM, установлений на МС, надсилає сигнал, який приймають усі базові станції. БС визначають час отримання сигналу і передають ці дані до обчислювального центра, де і розраховуються координати автомобіля (рис. 5.11).

У табл. 5.1 [14] представлені деякі системи GSM-позиціонування та їх характеристики.

Робота системи навігації в реальності відбувається значно складніше, оскільки існують деякі проблеми, що вимагають спеціальних технічних прийомів з їх вирішення. Тому у цей час іде розвиток систем геостаціонарного доповнення для всіх навігаційно-геодезичних систем, тобто систем GPS та ін. Системи доповнення називають широкозонними системами супутникової диференціальної навігації SBAS. Вони дають можливість розширити зону, яку можна забезпечити диференціальними поправками (один геостаціонарний супутник може забезпечити поправками територію рівну за площею одній третини від всієї поверхні Землі). У таких системах реалізований принципово інший метод формування корекцій і передачі інформації усім користувачам через геостаціонарний супутник.



а б

Рис. 5.11. Схема отримання даних про місцезнаходження автомобіля за допомогою стільникового зв'язку власним диспетчерським пунктом (а) й через Інтернет (б)

Таблиця 5.1

Характеристики деяких систем GSM-позиціонування

Система позиціонування	Фірма-виробник	Точність, м	Швидкодія, с
Mobile Positioning System	Ericsson	100	5
CURSOR	Cambridge Positioning System	50	5
TeleSentinel	KSI Inc.& true Position	125	<10
Sigma-5000	SigmaOne Communication Corp.	90-150	<2
Geometrix	Allen Telecom	<150	<1
RadioCamera	U.S. Wireless Corp.	50	2
Finder	CellPoint	75	5

5.2.3. Інерційні та інтегровані системи вирахування пройденого шляху

Існують системи абсолютного та відносного позиціонування. В абсолютних системах отримання нових координат не залежить від попереднього місця розташування об'єкта. Прикладом таких систем є системи супутникової навігації. У системах відносного позиціонування для вирахування наступних коорди-

нат у процесі руху автомобіля необхідна прив'язка до його попередніх координат. За таким принципом працюють інерційні системи.

Принцип дії інерційної навігаційної системи. Метод інерційної навігації (метод навігаційного вирахування шляху, визначення місцезнаходження) передбачає оснащення транспортного засобу датчиками напрямку (курсу) α та пройденого шляху s, за показаннями яких визначається місцезнаходження об'єкта відносно опорної точки з відомими координатами x_0, y_0 (рис. 5.12). Вимірювання виконуються у системі координат, у якій вісь «y» спрямована на Північний полюс, а вісь «x» означає напрямок «схід-захід». Курсом (напрямком) називають кут між напрямком на Північний полюс (курсом 0°) та напрямком руху [14].

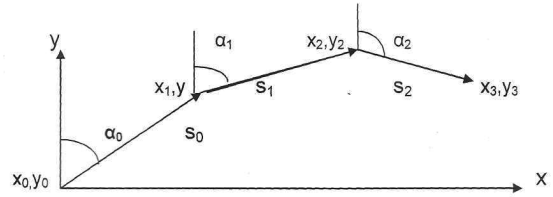


Рис. 5.12. Метод навігаційного вирахування шляху

Інтегрованою навігаційною системою називається така система, до складу якої входять дві різні навігаційні системи – супутникова (СНС) та інерційна (ІНС). Вихідні навігаційні дані розраховуються на основі показань обох систем.

Необхідність інтеграції двох систем навігації зумовлена принципово різним характером помилок, притаманних кожній з них.

Помилки супутникових навігаційних систем зумовлені наявністю перешкод у каналі передачі інформації, зміною геометрії сузір'я супутників, відсутністю сигналу під час руху під мостами, естакадами, дискретністю роботи системи.

Недоліком інерційних систем є те, що з часом помилка у визначенні координат накопичується внаслідок інтегрування сигналів акселерометра та гіроскопа. Використання одночасно двох систем підвищує точність і надійність роботи навігаційного комплексу.

На рис. 5.13 показана функціональна схема інтегрованої системи навігації.

Інерційні та інтегровані навігаційні системи на сьогодні знаходять широке застосування для побудови аварійних тахографів (чорних ящиків).

Інтегрована навігаційна система складається з інерційної і супутникової систем, дані з яких надходять на математичний фільтр Калмана, вихідний сигнал якого вносить поправки у виміряні навігаційні дані.

Фільтр Калмана – це спеціальний алгоритм обробки даних, який дає можливість за результатами двох неточних вимірювань координат отримати їх точне значення. Тому інтегрована навігаційна система дає можливість отримувати точні координати транспортного засобу в режимі реального часу, ґрунтуючись на вимірюваннях, що містять похибки.

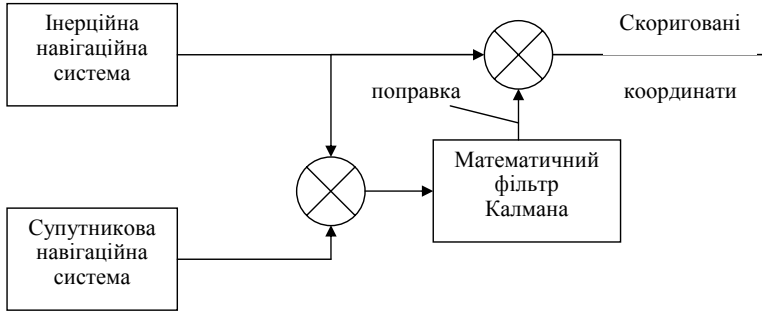


Рис. 5.13. Функціональна схема інтегрованої навігаційної системи

5.2.4. Методи визначення місцезнаходження автомобілів, що використовуються в AVL-системах

Використовувані в AVL-системах методи визначення місцезнаходження автомобілів можна розділити на три основні категорії:

- методи наближення (зональні);
- методи навігаційного вирахування;
- методи визначення місцезнаходження за радіочастотою.

Для використання методів наближення створюється мережа контрольних зон шляхом установлення достатньо великої кількості контрольних пунктів з точно відомим місцем знаходження. Положення автомобіля визначається за проходженням ним контрольного пункту шляхом автоматичного використання встановленої бортової апаратури. Точність місцезнаходження об'єкта напряму залежить від щільності розташування контрольних пунктів. Вартість використання цих методів достатньо висока, особливо у разі необхідності охоплення значних територій. Місце розташування автомобіля за радіочастотою визначається шляхом вимірювання різниці відстані транспортного засобу від трьох або більше відносних позицій.

Дану групу методів можна умовно поділити на дві підгрупи:

- радіопеленгація, коли абсолютне або відносне місце розташування рухомого об'єкта визначається при прийомі випромінюваного ним радіосигналу мережею стаціонарних або мобільних прийомних пунктів;
- вирахування координат за результатами прийому спеціальних радіосигналів на борту рухомого об'єкта (методи прямої або інверсної радіонавігації).

Методи навігаційного вирахування основані на вимірюванні параметрів руху автомобіля з допомогою датчиків прискорень, кутових швидкостей у сукупності з датчиками пройденого шляху і датчиками напрямку та вирахуванні на підставі цих даних поточного місцезнаходження рухомого об'єкта відносно відомої початкової точки.

У цілому дані методи можуть використовуватися у тих самих системах, що і методи, основані на радіонавігації. Основна їх перевага порівняно з мето-

дами радіонавігації – незалежність від умов прийому навігаційних сигналів бортовою апаратурою.

Таким чином, поточні координати автомобіля можуть бути визначені, якщо відоме положення стартової точки на карті. Для визначення напрямку руху автомобіля використовується геометричний датчик азимуту (компас), гіроскоп або датчики швидкості обертання коліс.

5.2.5. Моніторинг місцезнаходження за електронними картами

Телематичними вважають системи, які працюють у розділювальному інформаційному і комунікаційному середовищі. Це спільне із транспортом середовище, яке використовується телематичними системами для підвищення якості й ефективності транспорту.

Для моніторингу місцезнаходження автомобілів використовуються електронні карти. Такі системи є певною послідовністю організаційно-технологічного і технічного стану транспортної системи та ведуть до спільного використання інформації про транспорт у будь-якому місці й у будь-який час системою, що позначається як телематична. Саме такі системи сьогодні розглядаються на автомобільному транспорті як «транспортно-телематичні».

Електронна карта – це карта, яка існує у вигляді комп'ютерного файла. Спеціальне програмне забезпечення може відображати інформацію з цього файла на екрані дисплея, прокладати маршрути руху та ін. Існує два види електронних карт: растрові й векторні.

Растрові карти – це цифрове зображення, яке отримане шляхом сканування звичайної паперової карти. Так само як і цифрова фотографія, вона є копією оригіналу з точністю до елемента сканування (пікселя). Растрові карти – це зображення місцевості, до якого прив'язуються географічні координати. Масштаб растрової карти напряму залежить від початкового варіанту: або це фотографія із супутника, або відсканована паперова карта. Недоліком растрових карт є те, що вони займають дуже великий обсяг пам'яті. Дійсно, якщо відсканувати у повнокольоровому режимі карту розміром 50×50 см з роздільною здатністю 508 dpi, то результуючий файл буде мати розмір 75 Мб. Недоліком растрових карт є також те, що за ними не можна визначити оптимальний маршрут руху, розрахувати профіль земної поверхні тощо. Перераховані недоліки суттєво обмежують застосування растрових карт, однак у деяких випадках їх використання буває виправдане через низькі затрати на їх виробництво.

Векторні карти – це база даних, у якій зберігається інформація про об'єкти, їх координати, взаємне місцезнаходження, про характеристики місцевості (гори, озера, дороги тощо). Основна відмінність векторної карти від растрової полягає в тому, що у програмі зберігається не само зображення, а дані, за якими карта місцевості відтворюється на екрані комп'ютера або навігатора за математичними формулами й алгоритмами, що визначають геометричну форму, розмір, колір, місцезнаходження об'єктів.

5.2.6. Засоби визначення пройденого шляху

Існують різні методи визначення пройденого шляху та напрямку руху.

Для вимірювання пройденої відстані використовуються датчики, які встановлюють на привідному валу трансмісії або колесах. Широке застосування в автомобілі знаходять інерційні датчики: акселерометри і гіроскопи, виготовлені за сучасною мікроелектромеханічною (МЕМС) технологією. Концепція МЕМС полягає в інтеграції мікромеханічних структур датчиків (чутливих елементів датчика – ЧЕ) з електронними схемами, які обробляють сигнал з ЧЕ. Уся конструкція поміщається на спільній підкладці й виготовляється за тими самими технологіями, що й інтегральні мікросхеми.

Найпростішим датчиком пройденого шляху S є **одометр**, на який надходить інформація з датчиків швидкості обертання коліс.

Одометрам притаманна низка систематичних похибок, які впливають на точність вимірювань [10, 14, 15]. Помилки виникають з таких причин:

- через різницю в діаметрах нової та спрацьованої покришки, яка дає похибку у визначенні пройденої дистанції до 3%;
- через збільшення діаметра покришки під дією відцентрової сили. Так, при зростанні швидкості автомобіля на кожні 40 км/год похибка у визначенні пройденої дистанції збільшується на (0,1-0,7)%;
- зміна тиску в шинах на 689 кПа збільшує похибку на (0,25-1,1)%.

Інший метод визначення пройденого шляху – використання інерційних приладів, наприклад, акселерометра в якості датчика пройденого шляху.

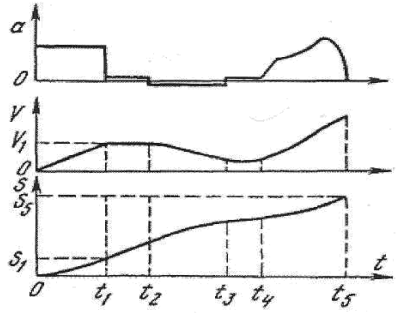


Рис. 5.14. Графіки зміни прискорення (*a*), швидкості (*V*), пройденого шляху (*S*)

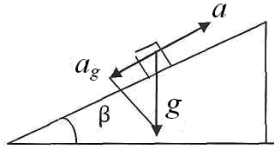


Рис. 5.15. Рух автомобіля дорогою з ухилом

Акселерометр – прилад, що вимірює прискорення. Прискорення – це вектор, який має величину і напрямок. Одиниця вимірювання прискорення – ***g*** (прискорення вільного падіння, що дорівнює 9,81 м/с^2). Вимірюючи прискорення руху транспортного засобу, можна шляхом інтегрування вирахувати швидкість, а інтегруванням швидкості визначити пройдений шлях (рис. 5.14) [14]. Акселерометр установлюється так, щоб його вісь вимірювання збігалася з поздовжньою віссю автомобіля, при цьому після подвійного інтегрування сигналу акселерометра буде реєструватися пройдений шлях транспортного засобу.

Однак, слід відмітити, що під час підйому або спуску автомобіля акселерометр буде вимірювати не тільки прискорення руху автомобіля «*a*» (рис. 5.15),

але й проекцію прискорення вільного падіння ***g*** на напрямок руху «a_g», що буде привносити помилки у вимірювання, Скоригувати показання акселерометра під час руху автомобіля негоризонтальною поверхнею можна з допомогою гіроскопа.

Гіроскоп – пристрій, що вимірює кутову швидкість обертання навколо осі, відносно якої він орієнований.

Установивши гіроскоп на транспортному засобі так, щоб він вимірював швидкість зміни кута нахилу автомобіля, а потім, проінтегрувавши сигнал з виходу гіроскопічного датчика, отримуємо сигнал, що відповідає куту β відхилення автомобіля від горизонтальної площини. Знаючи кут нахилу руху, можна легко розрахувати складову прискорення вільного падіння «a_g» і внести поправки у показання акселерометра. Такі системи називаються безплатформенними інерційними навігаційними системами (БІНС). Акселерометри і гіроскопи жорстко зв'язані з корпусом автомобіля.

Напрямок руху транспортного засобу в ІНС визначається двома основними способами: магнітним компасом і гіроскопом.

Гіроскопи – це датчики кутової швидкості, які реєструють обертання об'єкта в інерційній системі координат. За кількістю осей обертання гіроскопи поділяються на одно-, дво- та тривісні. За принципом дії найбільш розповсюдженими на сьогоднішній день МЕМС-гіроскопами є вібраційні й оптичні гіроскопи. Застосовуються також волоконно-оптичні та лазерні гіроскопи.

Напрям руху транспортного засобу можна визначити також з допомогою **магнітних компасів**. Принцип дії датчиків курсу полягає у вимірювання складових магнітного поля Землі та визначенні курсу.

У сучасних електронних магнітних компасах в якості чутливого елемента використовуються датчики, що називаються **магнітометрами**, які вимірюють інтенсивність однієї або кількох складових магнітного поля Землі у тій точці, де вони знаходяться. У сучасних магнітних компасах використовуються анізотропні магніторезистивні датчики. Зв'язок компаса із зовнішніми пристроями здійснюється з допомогою інтерфейсів RS-232/485.

До основних недоліків магнітного компаса відносяться невисока точність, необхідність уведення поправки на магнітне схилення і, головне, необхідність урахування магнітних полів самого транспортного засобу та інших чинників спотворення магнітного поля Землі. Усунення похибок, що пов'язані зі спотвореннями магнітного поля Землі, можна досягти шляхом попереднього калібрування приладу.

Для визначення курсового кута широко використовуються також гіроскопи, які вимірюють швидкість обертання відносно однієї або кількох осей. При цьому прив'язка до системи координат, у якій відбувається вимірювання, відповідає певному положенню корпуса гіроскопа у просторі. Встановивши гіроскоп на транспортному засобі так, щоб він вимірював швидкість обертання відносно вертикальної осі, спрямованої на північ, і проінтегрувавши сигнал з виходу гіроскопічного датчика, отримаємо сигнал, що відповідає курсовому куту автомобіля.

Для правильного функціонування інерційних систем перед початком роботи потрібно ввести початкові координати транспортного засобу і виконати

орієнтування інерційних вимірювачів (акселерометра, магнітного компаса і гіроскопа) щодо осей, пов'язаних з корпусом автомобіля.

Основним достоїнством ІНС є їх автономність. Робота таких систем не зазнає впливу погодних умов і електромагнітного випромінювання, не вимагає сигналів від інших зовнішніх пристроїв та каналу зв'язку. ІНС мають високу швидкість визначення і видачі даних (100 Гц і більше). При використанні тривісних акселерометрів та гіроскопів можна отримати повний набір параметрів, що характеризують рух транспортного засобу: прискорення, швидкість, координати, кутові швидкості та кути положення автомобіля за всіма координатними осями.

Недоліками ІНС є необхідність введення початкових значень координат і наростання помилок вимірювання з часом. Це зумовлено інтегрувальною дією самої системи. Швидкість вираховується інтегруванням прискорення, а пройдена відстань – інтегруванням швидкості, тому помилки вимірювання швидкості та відстані постійно наростають. Коригування помилок виконується з використанням цифрової векторної карти або супутникової системи навігації.

Пристрій реєстрації параметрів руху (ПРПР) компанії ТеКнол – це інтегрована навігаційна система. ПРПР вирішує такі завдання:

- визначення навігаційних параметрів транспортного засобу;
- визначення кутів орієнтації – курсу, нахилу, тангажа;
- визначення параметрів руху – прискорень та кутових швидкостей за трьома осями;
- реєстрація і зберігання виміряних параметрів у цифровому накопичувачі даних;
- аналіз руху з допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Завдяки виміряним параметрам можна точно відновити картину руху автомобіля у разі ДТП:

- установити траєкторію руху, наявність чи відсутність гальмування або маневрування у момент, що передує ДТП;
- наявність і момент занесення автомобіля;
- наявність і момент перекидання.

При цьому страхові компанії та дорожня поліція отримують реальний і об'єктивний інструмент для розбору ДТП. Слід відмітити, що «чорними ящиками» уже обладнані більше 90% нових автомобілів на ринку США, у Росії «чорні ящики» входять у систему екстреного реагування у разі аварії «ЭРА-ГЛОНАСС».

5.2.7. Схеми навігаційних систем моніторингу автомобілів

Система моніторингу складається з таких основних компонентів: датчики збору інформації, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), автономний мікропроцесорний реєстратор з програмним забезпеченням для перетворення цифрової інформації, GPS-навігатор. Структурна схема такої спрощеної системи моніторингу приведена на рис. 5.16. Аналогові сигнали від усіх датчиків обробляються аналого-цифровим перетворювачем і записуються в пам'ять реєструвального пристрою. Автономний пульт дає можливість керувати процесом за-

пису та відтворенням записуваної інформації. Система має USB-інтерфейс для обміну й обробки записаної інформації на комп'ютері.

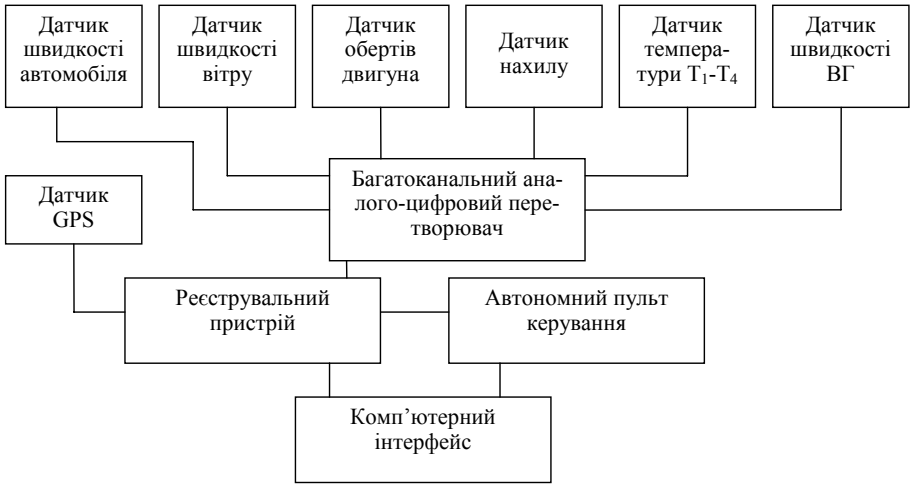


Рис. 5.16. Структурна схема системи моніторингу

Система моніторингу збирає та реєструє таку мінімальну кількість даних:
- температуру вихлопних газів;
- температуру довкілля;
- швидкість руху газів у вихлопній трубі;
- швидкість руху автомобіля;
- швидкість вітру відносно напрямку руху;
- кут нахилу автомобіля відносно горизонтальної осі;
- оберти вала двигуна за одиницю часу;
- координати автомобіля з прив'язкою до реальної карти місцевості;
- електричний струм, напругу і потужність генератора.

У процесі роботи поточні дані від датчиків відображаються на вбудованому екрані реєстратора. На основі оброблених даних отримують табличні й графічні числові залежності параметрів автомобіля, що рухається.

Навігатори. Навігатори або приймачі – це прилади, які отримують сигнали від глобальної системи позиціонування і самі визначають своє поточне місцезнаходження на Землі. Усі навігатори поділяються на два основні типи: кодові (побутові) і фазові (професійні).

На. сьогодні це винятково кодові приймачі, які отримали назву GPS-навігатори.

В основі визначення координат GPS-приймача лежить вирахування відстані від нього до кількох супутників, розташування яких вважається відомим (ці дані знаходяться у прийнятому із GPS-супутника «альманасі» (рис. 5.17). Для забезпечення точності ±1,0 м необхідно застосувати метод широкосмугового диференціального супутникового позиціонування. Для цього слід мати мережу опорних станцій (див. підрозділ 5.1.2). В результаті точність визначення

місцезнаходження транспортного засобу визначається помилками 1, 2, 3 (рис. 5.17) і може знаходитися у межах від ±1,0 м (і менше) до (±10-15) м.

Побутові GPS-навігатори за виконанням поділяються на три основні групи:

1 – портативні пристрої (туристичні, транспортні, спортивні);

2 – вбудовані як функціональний елемент в інші прилади (у мобільні телефони, комунікатори і т. п.);

3 – GPS-трекери і GPS-логери (пристрої, що здійснюють запис і передачу координат на серверний центр диспетчеру та використовуються для супутникового моніторингу автомобілів, людей, інших об'єктів).

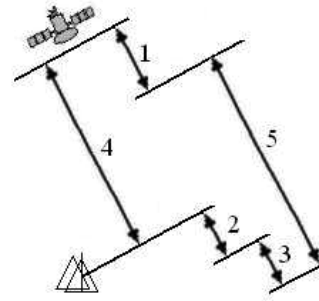


Рис. 5.17. Помилки у визначенні дальності:
1 – помилки годинника супутника; 2 – помилки, причиною яких є затримки сигналів у тропосфері, іоносфері тощо; 3 – помилки годинника приймача; 4 – справжня дальність; 5 – псевдодальність

Пристрої першої групи мають свій власний процесор для виконання навігаційних функцій. Пристрої другої групи, хоча і оснащені власними GPS-чіпсетами, але для виконання своїх завдань користуються навігаційними програмами, призначеними для тієї операційної системи, яка встановлена на основному пристрої. Пристрої третьої групи, на відміну від перших двох, не мають, як правило, власних дисплеїв для відображення інформації і служать винятково для збирання, передачі та зберігання даних, які потім можуть бути оброблені і використані з найрізноманітнішою метою, наприклад, для супутникового моніторингу.

Побутові GPS-навігатори за приналежністю поділяють на три основні типи:

- автомобільні;
- пішохідні;
- морські.

Найпоширенішими, на сьогодні, є навігатори автомобільні. Їх важлива особливість – це висока чутливість до сильно ослаблених і відбитих супутникових сигналів. Основне призначення – точне визначення власних просторових координат у складних електромагнітних умовах, зумовлених екрануючою поверхнею автомобіля й міськими забудовами. Автомобільні навігатори забезпечені детальною картою, за допомогою якої можна прокласти маршрут, що враховує усі правила руху. Багато моделей дають можливість завантажувати інформацію про пробки і дорожні роботи. Навігатори мають великий, часто сенсорний кольоровий дисплей, оптимізовані для використання в автомобілі. У цілому, сучасні GPS/ГЛОНАСС-навігатори – це кишенькові ПК з сенсорним екраном і обов'язковим GPS/ГЛОНАСС-модулем. Ці пристрої можуть бути як вбудовані в автомобіль на виробництві, так і встановлені після його покупки [13, 14].

Проте окрім автомобільних (відповідно, транспортних) навігаторів водії транспортних засобів широко використовують навігатори, вбудовані в телефон,

планшет, смартфон і т. п. Існують спеціалізовані типи, тобто автомобільні варіанти цих пристроїв. Вони відрізняються лише наявністю: спеціального автомобільного кріплення, автомобільного зарядного пристрою, акумулятора меншої ємності (через малий час використання поза автомобілем). Ці факти слід визнати перспективним напрямом в інтеграції інформаційних технологій на автомобільному транспорті.

Високоінтегрований пристрій AVL 75 можна використовувати для різних цілей, пов'язаних з моніторингом переміщення транспортних засобів і контролем їх технічного стану. Корпус AVL 75 об'єднує такі пристрої:

- компактний бортовий комп'ютер Votex 86;
- чотиридіапазонний GPRS-модем;
- GPS-приймач;
- інтерфейс для зв'язку з контролером керування двигуном (OBD-II або CAN);
- вісім каналів дискретного введення та вісім каналів дискретного виведення.

Система автомобільної навігації на платформі AVL 75 дає можливість оперативно отримувати інформацію про місцезнаходження автомобіля, відображати поточне місцезнаходження на електронній карті, може використовуватися для контролю режиму експлуатації та технічного стану автомобіля.

Якщо у діапазоні роботи навігатора з'явиться більше чотирьох супутників, то інформації для визначення місцезнаходження стає більше. Якщо приймач має можливість вибрати з великої кількості сигналів кращі, це позитивно позначиться на якості визначення координат. Якщо ж вибору немає, то точність роботи буде низькою.

З кожного супутника постійно передається закодований сигнал мітки часу для узгодження всіх приймачів і визначення відстані від супутника до приймача. У свою чергу кожен супутник отримує сигнали щодо його координат від наземних станцій спостереження. Бортове обладнання транспортних засобів включає навігаційний обчислювач, радіостанцію УКХ-діапазону або стільниковий телефон.

Навігаційні системи поділяють на навігаційні системи водія та диспетчерські. Навігаційні системи водія призначені для надання водієві інформації про його місцезнаходження на панель приладів або прямо на лобове скло для прокладання маршруту на карті міста, контролю графіка руху. За типом виконання такі системи можуть бути:

- картографічні, які показують трасу маршруту та місцезнаходження на карті (дисплеї);
- маршрутні, які вказують водію напрямок руху, залежно від його місцезнаходження (звукові повідомлення).

Як бортові пристрої для реалізації on-line моніторингу використовується GPS-автотрекер або GPS-контролер.

GPS-трекер – це різновид GPS-приймача, але з додатковою функцією. Він складає основу як крекінгових систем, так і систем моніторингу.

Трекери бувають двох видів:

- GPS-трекери персональні;

- GPS-трекери для стеження за транспортом (навігаційні трекери).

Сучасні трекери складаються з великого набору контрольних пристроїв, що підключаються, мають значний об'єм «чорного ящика» тощо.

Контролер трекера, як правило, оснащується світлодіоднимн індикаторами, які відображають своїм кольором роботоздатність його складових елементів:

- зелений (живлення);
- жовтий (стан зв'язку по супутниковому каналу – індикатор GPS/ГЛОНАСС);
- червоний (стан зв'язку по стільниковому каналу – індикатор мережі GSM).

Контролер містить GPS-приймач, за допомогою якого він визначає свої координати, а також передавач на базі GSM, який передає дані по GPRS, SMS або на базі супутникового зв'язку для відправки їх на серверний центр, оснащений спеціальним програмним забезпеченням для супутникового моніторингу. Окрім GPS-приймача і передавача важливими технічними елементами трекера є:

- антена GPS, яка буває як зовнішня, так і вбудована в трекер;
- акумуляторна батарея;
- вбудована пам'ять;
- контакти діагностичного рознімання J1962 (K-Line, L- Line, CAN та ін.);
- зовнішні карти microSD для налаштування функції «автоінформатор», тобто голосового сповіщення геозон на маршруті руху автомобіля і запису архіву пам'яті;
- пристрої контролю (витрати пального, рівня пального в баку, відкриття замків кузова і тощо.

Зовнішній вигляд трекера (сканера-комунікатора) для відслідковування транспорту наведений на рис. 5.18.

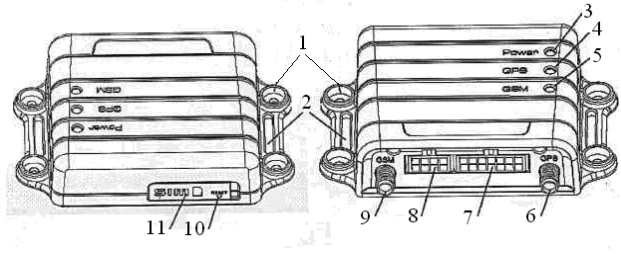


Рис. 5.18. Трекер для відслідковування транспорту:

1 – отвори для кріплення гвинтами; 2 – отвори для кріплення стяжками; 3 – індикатор живлення; 4 – індикатор GPS; 5 – індикатор GSM; 6 – гніздо антени GPS; 7 – основний інтерфейсний рознімач; 8 – додатковий інтерфейсний рознімач; 9 – гніздо антени GSM; 10 – кнопка Reset; 11 – гніздо SIM-карти

Системи супутникового моніторингу GPS представляють глобальний розвиток і централізацію систем попереднього покоління у єдиний розподілений центр GPS-моніторингу. У такому варіанті інформацію з датчиків, збирають один або кілька комунікаційних серверів (через це трекер частіше називають сканер-комунікатор), потім ця інформація переходить на один основний сервер

бази даних і розходиться між приєднаними серверами, які вже забезпечують взаємодію з клієнтом. При такій побудові системи користувачі з різних районів, держав і навіть материків працюють з ближче розміщеним регіональним WEB-сервером.

Отримані дані щодо позиціонування також можуть накопичуватися у бортовому пристрої, а потім переноситися до центральної бази після повернення у парк (обсяг пам'яті може варіюватися від п'яти до шестидесяти днів) або ж передаватися на центральний сервер у режимі реального часу.

Автомобільний трекер (сканер-комунікатор, автомобільний контролер) визначає місцезнаходження автомобіля згідно з методом місцевизначення за радіочастотою радіонавігації шляхом вимірювання різниці відстані автомобіля від трьох або більше відносних позицій.

Інформація від сканер-комунікатора надходить в електронний інформаційний метапростір каналами мобільного радіозв'язку, відповідно до стандарту якого кожен комунікаційний контролер має 15-ти значний IMEI-номер (International Mobile Equipment Identifier). Саме за цим номером сканер-комунікатор розпізнається в мережах зв'язку.

Ключем до всіх послуг мобільного зв'язку є ідентифікація абонента (сканер-комунікатора), що забезпечує SIM-карта – ідентифікаційний модуль абонента, в якому знаходиться мікропроцесор і пам'ять, куди можна заносити різну інформацію.

Комунікаційний контролер в мережу мобільного зв'язку підключається під своїм іменем (номер телефона) і паролем (PIN-код), а до сервера – під номером телефона та IMEI-номером сканер-комунікатора.

5.2.8. Функціональні можливості супутникового моніторингу автомобілів

Функціональні можливості поширених систем GPS-моніторингу наведено на прикладі системи Lookout:

- GPS-контроль маршруту, швидкості, обсягу витрати пального;
- визначення схеми пройденого маршруту транспортним засобом на електронній карті;
- виявлення несанкціонованих маршрутів і дій водіїв, контроль непланових витрат пального, антивикрадальна система;
- одночасний доступ користувачів до системи моніторингу з будь-якої точки;
- дані про всі переміщення і стан об'єктів зберігаються більше двох років (швидкість руху, режими роботи двигуна, закриття і відкриття дверей, час і кількість стоянок);
- сповіщення при виникненні тривожної ситуації – відправка тривожного повідомлення до центрального офісу або на мобільний телефон;
- можливість експортувати й імпортувати накопичені GPS дані для аналізу і порівняння в облікових системах АСУ підприємства.

Дана система складається з двох головних компонентів:

- спеціальний GPS-пристрій для накопичення та передачі інформації про рух автомобіля, а також даних з різних датчиків, у тому числі датчика рівня пального;

- програмне забезпечення для накопичення всіх даних та їх аналізу.

Система моніторингу в автоматичному режимі цілодобово збирає та накопичує деталізовану інформацію про вміст паливного бака, використання пального і параметри руху транспортного засобу, а також дає можливість щодня отримувати достовірні звіти щодо різних параметрів (пробіг, пальне тощо).

Європейська супутникова система Євтелтракс використовується для транспортного зв'язку і контролю за вантажними перевезеннями. Вона є найбільш поширеною системою транспортного зв'язку: 98% європейських автомобілів, оснащених супутниковим зв'язком, працюють у даній системі. У системі Євтелтракс використовуються геостаціонарні супутники європейського космічного співтовариства Eutelsat: один з них – для передачі повідомлень, а другий – для визначення (разом з першим) місця розташування автомобіля. Компанія Eutelsat володіє п'ятдесят п'ятьма геостаціонарними супутниками. які забезпечують охоплення двох третин земної кулі, є провідною у Європі та третім у світі оператором супутникового зв'язку.

Системи супутникового моніторингу транспорту вирішують такі завдання:

- визначення координат місцезнаходження транспортного засобу, його напрямок та швидкість руху, а також й інших параметрів: витрата пального, температура в окремих підсистемах и т. п.;

- контроль дотримання графіку руху – врахування пересування транспортних засобів, автоматичний облік доставки вантажів у задані точки тощо;

- збір статистки й оптимізація маршрутів – аналіз пройдених маршрутів, швидкісного режиму і т. п. транспортних засобів з метою визначення кращих маршрутів;

- забезпечення безпеки – дотримання правил і норм безпеки в процесі руху автомобіля по маршруту.

До складу системи супутникового моніторингу автомобільного транспорту входять такі компоненти:

- транспортний засіб, обладнаний GPS або ГЛОНАСС контролером, який отримує інформацію від супутників і передає їх до серверного центру моніторингу за допомогою GSM, CDMA або рідше супутникової й УКХ зв'язку. Останні два види актуальні для моніторингу в місцях, де відсутнє повноцінне GSM-покриття.

- серверний центр з програмним забезпеченням для прийому, зберігання, обробки й аналізу інформації;

- комп'ютер оперативного працівника, що веде моніторинг.

Типова структура системи супутникового моніторингу місця розташування, пройденого шляху, дистанційної діагностики, збору інформації з автомобілів та відслідковування маршруту руху показана на рис. 5.19.

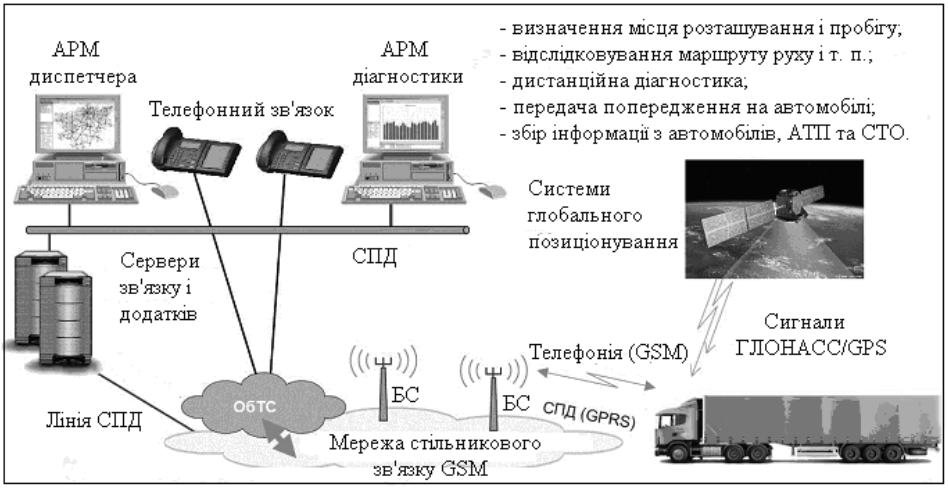


Рис. 5.19. Спрощена схема моніторингу транспортних засобів:
БС – базова передавальна станція і вишки радіоканалу; СПД – система передачі даних

Приймач GPS/ГЛОНАСС, установлений на автомобілі, за сигналами з супутників визначає свої координати і швидкість. Для отримання додаткової інформації на транспортний засіб установлюються додаткові датчики, що підключаються до GPS або ГЛОНАСС контролеру. Звичайно приймач GPS/ГЛОНАСС, контролер, вузли передачі даних (модеми, Wi-Fi) виготовлені у вигляді єдиного модуля – GPS (або ГЛОНАСС, або GPS/ГЛОНАСС) контролера. Контролер приймача формує кадри із зібраною інформацією і через мережу, наприклад, стільникового зв'язку з допомогою системи передачі даних передає ці кадри в сервер додатків. У сервері встановлене спеціальне програмне забезпечення, що обробляє отримані кадри.

В АРМ диспетчерів, підключених до сервера, відображається положення транспортного засобу, фактичний графік його руху і т. д., а в АРМ діагностики відображаються діагностичні повідомлення, що сформовані сервером.

Система «Сіті ГІС» надає якісне географічне програмне забезпечення. Програма відображає транспортні засоби та транспортні пригоди на векторній цифровій карті. Використання векторних карт, замість бітових, дає можливість більш швидкої обробки інформації, представлення карт у більш звичній для користувача формі звичайних карт, можливість підключення до векторних баз даних, наприклад, міських комунікацій, карти дорожніх знаків, пожежних гідрантів тощо. Нові транспортні пригоди, які реєструє операційне доповнення, відразу відображаються на карті.

6. СИСТЕМИ І ЗАСОБИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ, ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ І ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ

6.1. Системи радіочастотної ідентифікації автомобіля

На сьогодні на транспорті широко застосовується технологія автоматичної радіочастотної ідентифікації (RFID – Radio Frequency Identification). Ця технологія використовується при ідентифікації автомобілів, у системах оплати транспортних послуг, логістиці, автоматизації робіт на станціях технічного обслуговування, на складах. Сфера застосування RFID-технології на транспорті постійно розширюється, і RFID-пристрої є невід'ємною частиною багатьох систем транспортної телематики.

Різновидом RFID-технології є технологія NFC (Near Field Communication – комунікації ближнього поля), яка знаходить на сьогодні все більше практичне застосування.

Будь-яка RFID-система складається зі зчитувального пристрою (зчитувача (або рідера) і транспондера (RFID-мітки), до якого записуються ідентифікаційні дані (рис. 6.1).

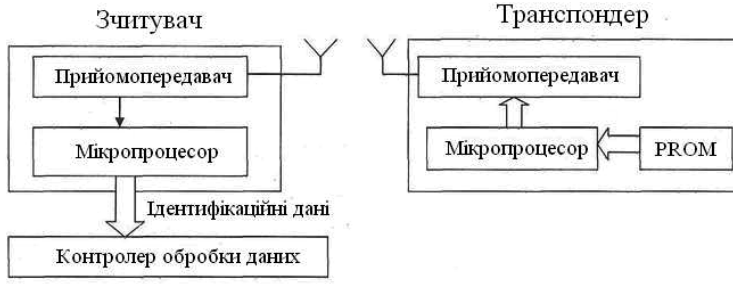


Рис. 6.1. Принцип дії RFID-системи

Об'єкт, оснащений RFID-міткою, ідентифікується за унікальним цифровим кодом, що зберігається в енергонезалежній пам'яті (PROM – ПЗП) транспондера. Зчитувач випромінює у навколишній простір електромагнітну енергію. Транспондер приймає сигнал від зчитувача і формує відповідний сигнал, який містить ідентифікаційні дані. Цей сигнал приймається антеною зчитувача, обробляється у прийомопередавачі й надходить у мікропроцесор, який декодує та перевіряє дані. Таким чином, на виході зчитувача формується ідентифікаційний код даних, що зберігаються у транспондерах. Потім дані, записані у мітці, можуть бути передані у спеціалізований контролер, на сервер або звичайний комп'ютер, де вони обробляються згідно із заданим алгоритмом.

6.2. Пристрої маркування й ідентифікації автомобіля

Транспондери (RFID-мітки, теги, інлеї) – пристрої, призначені для маркування й ідентифікації об'єкта. В електронну пам'ять мітки записується вся необхідна інформація про об'єкт.

Конструктивно більшість RFID-міток складаються з двох основних частин – інтегральної мікросхеми (чіпа) й антени (рис. 6.2).

Мікросхема містить прийомопередавальний пристрій, мікропроцесор, який кодує дані, а також енергонезалежну пам'ять. Антена необхідна для прийому і передачі високочастотної електромагнітної енергії від мітки до зчитувального пристрою.

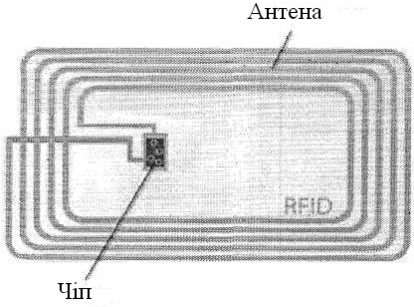


Рис. 6.2. Конструктивне виконання RFID-мітки

RFID-мітки класифікують за такими ознаками (рис. 6.3) [14]:

- за способом живлення;
- за типом пам'яті;
- за робочою частотою;
- за виконанням.

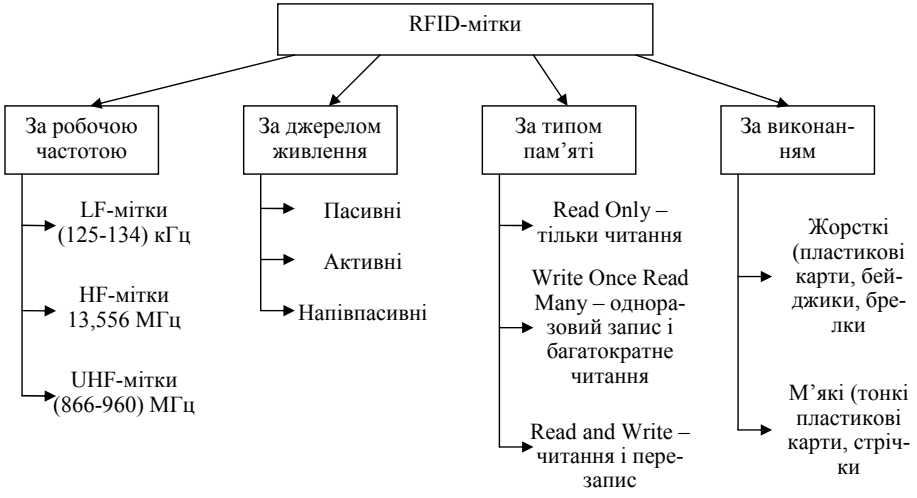


Рис.6.3. Класифікація RFID-міток

За способом отримання живлення RFID-мітки діляться на:

- пасивні;
- активні.

Пасивна мітка функціонує без власного джерела живлення, отримуючи енергію, необхідну для роботи, від електромагнітного поля, індукованого зчитувальними пристроями. Пасивні мітки менші та легші від активних, не такі дорогі, мають фактично необмежений термін служби. Відстань між міткою та зчитувачем може досягати 10 м.

Активні мітки мають власне джерело живлення у вигляді зовнішньої або вбудованої батареї, що збільшує їх розміри і вартість. RFID-системи з активни-

ми мітками не залежать від потужності передавача зчитувача і можуть працювати на відстані до 300 м. Термін служби таких міток обмежений роботоздатністю батареї. Активні мітки мають більший обсяг пам'яті, ніж пасивні мітки, і можуть зберігати більше даних. Деякі RFID-мітки мають вбудовані датчики і можуть використовуватися для моніторингу температури, вимірювання вологості, реєстрації вібрацій, світла, радіації, температури та газів в атмосфері.

За типом запам'ятовуючого пристрою RFID-мітки класифікують на такі типи [14]:

- RO (Read Only) – мітки, які працюють тільки на зчитування інформації. Як елемент пам'яті в цих мітках використовуються однократно програмовані ПЗП. Необхідні дані заносяться у пам'ять тільки один раз при виготовленні й не можуть бути змінені у процесі експлуатації. Такі мітки придатні тільки для ідентифікації, так як ніяку нову інформацію у процесі роботи в них записати не можна. Такі мітки практично неможливо підробити;
- WORM (Write Once Read Many) – мітки для однократного запису та багатократного зчитування інформації. Вони надходять від виробника без яких-небудь даних користувача у пристрої пам'яті. Необхідна інформація записується в пам'ять самим користувачем, але тільки один раз;
- RW (Read and Write) – мітки багатократного запису та зчитування інформації. Дані в пам'яті таких міток можуть бути перезаписані багатократно.

Різні типи міток мають свої недоліки та переваги. Так RO-мітки є найпростішими, але при цьому і найбезпечнішими, так як занести у пам'ять мітки нові дані з метою підробки практично неможливо. Навпаки, RFID-мітки типу RW можуть бути використані для вирішення більш складних виробничих завдань, але при цьому можуть бути зумисно перепрограмовані.

За робочою частотою RFID-мітки класифікуються так:

- мітки, що працюють на низьких частотах LF (125-134) кГц;
- мітки, що працюють на високих частотах HF (13,56 МГц);
- мітки ультрависоких частот UHF (860-960) МГц.

RFID-мітки LF діапазону працюють на невеликих відстанях (3-70 см). З одного боку, це є недоліком, тому що потребує близького розташування зчитувача, але з іншого боку, це забезпечує необхідну безпеку, так як зловмисники не зможуть зчитати дані мітки, якщо не знаходяться у безпосередньо біля неї. Мітки низькочастотного діапазону використовуються, як правило, у системах доступу, а також для ідентифікації тварин і металевих предметів.

Мітки HF діапазону випускаються у вигляді тонких наліпок, карточок, брелків, браслетів і можуть працювати на відстанях до 1 м. Такі мітки знаходять таке застосування:

- системи контролю доступу персоналу, відвідувачів;
- транспортні та оплатні смарт-карти;
- бібліотечні й архівні системи автоматизації;
- багажні мітки;
- NFC-системи.

Мітки високочастотного UHF діапазону використовуються там, де потрібні великі відстані та висока швидкість читання, наприклад, у системах моніторингу і контролю доступу транспортних засобів. З цією метою зчитувач уста-

новлюється на воротах, шлагбаумах, спеціальних стійках, а RFID-мітка закріплюється на державному реєстраційному номері (рис. 6.4), бампері, на боковому або лобовому склі автомобіля.

В залежності від мети й умов використання, RFID-мітки можуть бути такими:

- самоклейкі паперові або лавсанові етикетки;
- стандартні пластикові картки;
- дискові мітки;
- різні види брелків;
- мітки у спеціальному виконанні для жорстких умов експлуатації.

Рис. 6.4. Приклад кріплення RFID-мітки для ідентифікації автомобіля (на державному реєстраційному номері)

За принципом дії системи RFID поділяються на пасивні й інтерактивні. У пасивних системах зчитувач випромінює високочастотний сигнал, який служить тільки джерелом живлення для ідентифікатора. отримавши потрібний рівень енергії, RFID-мітка надсилає відповідний сигнал, який модулює своїм ідентифікаційним кодом. За таким принципом працює більшість систем керування доступом, де потрібно тільки отримати код ідентифікатора. У загальному випадку дальність ідентифікації для пасивних систем залежить від частотного діапазону, потужності випромінювання зчитувача і розмірів антен зчитувача і мітки.

В інтерактивних системах один зчитувач може працювати з кількома транспондерами. Такі системи використовуються, наприклад, на складах, коли потрібно прочитати усі мітки в упаковці з товаром. Інтерактивні системи мають механізм антиколізій, який забезпечує вибіркову почергову роботу з кількома транспондерами, що одночасно знаходяться у полі зчитувача. Без такого механізму сигнали від різних міток накладалися б один на одного, тобто виникла б колізія. Зчитувач в інтерактивних системах, модулюючи несну частоту, передає мітці різні команди. До списку команд, як правило, входять команди типу «передати заводський номер», «передати байт з пам'яті з адресою Х», «записати байт у пам'ять за адресою У», «перейти у режим мовчання». Саме остання команда використовується для розв'язання конфліктів у разі наявності в полі зчитувача кількох міток одночасно. Зчитувач визначає усі RFID-мітки за їх унікальним серійним номерам, а потім почергово зчитує й обробляє інформацію, яка в них записана.

На сьогодні найбільше розповсюдження отримали RFID-системи діапазону UHF (860-960) МГц стандарту EPC Class 1 Generation 2 (ISO/IEC 18000-63), коротко Gen2.

6.3. Зчитувачі

RFID-зчитувачі (рідери) призначені для зчитування і запису даних у пам'ять RFID-меток. Завдяки наявності алгоритму антиколізії зчитувач здатен

одночасно отримувати й обробляти інформацію від великої кількості міток, що знаходяться у полі дії його антени [14].

Основними параметрами зчитувачів є:

- максимальна потужність передавача;
- чутливість приймача.

Максимальні рівні випромінюваної передавачем потужності не повинні перевищувати санітарних норм щодо граничних рівнів електромагнітного випромінювання, а також не створювати перешкод роботі розташованих поблизу радіопристроїв.

Розрізняють такі види зчитувачів:

- стаціонарні зчитувачі;
- портальні зчитувачі (тунелі, ворота);
- мобільні зчитувачі.

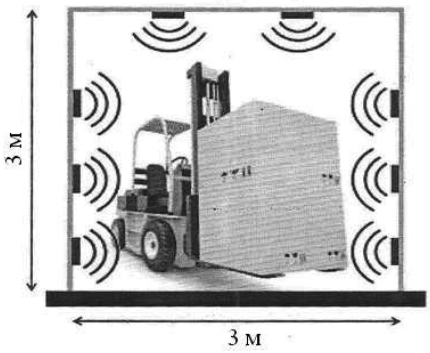
Стаціонарні зчитувачі призначені для швидкого і точного відслідковування переміщення великої кількості маркованих RFID-мітками об'єктів у режимі реального часу. Вони мають велику потужність радіосигналу і найбільшу дальність зчитування. Зв'язок стаціонарних зчитувачів з контролером обробки даних здійснюється з допомогою різних інтерфейсів – RS-232, RS-485, USB, Wiegand, Ethernet. Пересічно зчитувачі мають вбудований комутатор для підключення кількох зовнішніх прийомопередавальних антен, які автоматично під'єднуються до зчитувача по черзі. Стаціонарні зчитувачі мають спеціальні рознімачі з цифровими входами і виходами для отримання сигналів від зовнішніх датчиків, а також керування зовнішніми пристроями: вмиканням сигнальних ламп, відкриванням дверей, шлагбаумів тощо.

Камери для контролю в'їзду-виїзду на охоронній території розміщують на висоті 3 метри над краєм смуги. При цьому центр зони контролю повинен знаходитися на відстані 11 метрів по центру смуги.

Застосовуються такі рідери в основному в системах моніторингу транспортних засобів, а також в системах контролю і керування доступом.

Портальні RFID-зчитувачі – це варіант стаціонарних зчитувачів, які розташовуються в зонах контролю проїздів або воріт («порталів») і забезпечують високу надійність реєстрації міток, установлених на об'єкт. Конструктивно вони представляють собою один RFID-зчитувач з антенним комутатором, що дає можливість підключати від 2 до 32 антен, які формують суцільне радіочастотне поле заданої конфігурації (рис. 6.5). Установка кількох антен дозволяє не тільки надійно фіксувати факт наявності RFID-меток у зоні дії зчитувача, але й відслідковувати напрямок їх переміщення. Типові розміри зони, яка перекривається, до трьох метрів у ширину і висоту. Такі зчитувачі знаходять широке застосування при ідентифікації товарів, що перевозяться; персоналу, який проходить через зону контролю; товарів, які рухаються транспортерною стрічкою; книжок, які проносять користувачі на виході з бібліотеки, тощо [14].

Для реєстрації міток, розташованих на лобовому склі автотранспорту, використовуються антени, які розміщуються над центром смуги проїзду (рис. 6.6), причому максимум діаграми спрямованості антен направлений або вертикально, або під кутом у бік наближення автомобілів, що покращує якість реєстрації.



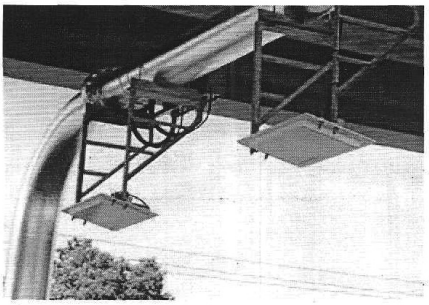


Рис. 6.5. RFID-портал **Рис. 6.6. Зчитувач міток автотранспорту**

Мобільні зчитувачі встановлюються на автотранспорті, автонавантажувачах, візках. Такі зчитувачі працюють від автономного джерела живлення або від електромережі транспортного засобу. Мобільні зчитувачі звичайно мають хороший кліматичний, вібраційний та антивандальний захист, що дає можливість використовувати їх у виробничих і вуличних умовах.

Таким чином, ідентифікація транспортних засобів з допомогою RFID-технології дає можливість вирішувати такі телематичні завдання:

- контроль і керування проїздом транспортних засобів (керування шлагбаумами, воротами);
- автоматизована оплата проїзду на дорогах;
- моніторинг вантажних контейнерів;
- автоматичне зважування вантажів;
- автоматичний облік переміщення вантажів (складська логістика);
- управління автопарком: інвентаризація й облік.

6.4. Мобільні системи отримання і передачі даних

Як уже було згадано різновидом RFID-технології є технологія NFC. NFC-технологія забезпечує ідентифікацію на невеликих відстанях (від 1 мм до кількох десятків сантиметрів) і працює на частоті 13,56 МГц зі швикостями до 424 кбіт/с. При цьому час установлення з'єднання не перевищує 0,1 с.

NFC-технологія має додаткові можливості порівняно з RFID і орієнтована на широке застосування у цифрових мобільних системах (смартфонах, планшетах, комп'ютерах і т. п.). На пристроях, що підтримують технологію NFC, установлюється відповідний знак (рис. 6.7).

Технологія основана на використанні спеціального NFC-чіпа (модуля), який містить одночасно мітку і зчитувач, тобто NFC-пристрої можуть як отримувати, так і передавати дані. В якості «носія» NFC-чіпа нині широко використовується мобільний телефон. NFC-чіп вбудовується в SIM-карту або в карту пам'яті і зв'язаний з електронними системами телефону. Це дає можливість об'єднати можливості NFC-технології з усіма функціями телефону, наприклад, здійсню-

вати мобільні платежі з банківських карт або з балансу абонента, просто наближаючи телефон до пристрою зчитування.

Наймасовіша технологія – це технологія на базі NFC-Android Beam, яка дає можливість миттєво обмінюватися даними між пристроями, що працюють під керуванням операційної системи Android.

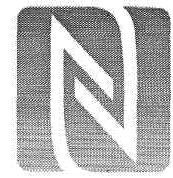


Рис. 6.7. Позначення NFC-пристроїв

Крім активних NFC-чіпів існують також пасивні NFC-мітки. Мітка – це запам'ятовуючий пристрій, у який заздалегідь записуються необхідні дані. Підносячи смартфон до мітки, можна прочитати цю інформацію, а також записати в пам'ять мітки нові дані (рис. 6.8) [14].

NFC-мітки вбудовуються в інформаційні та рекламні щити, наклеюються на різну продукцію на складах і в магазинах.

З допомогою смартфона з функцією NFC можна зчитати з мітки різну додаткову інформацію: адреси й телефони, карту проїзду, технічні характеристики товару тощо.

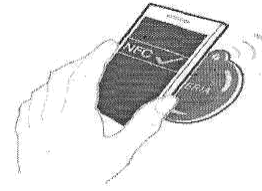


Рис. 6.8. Зчитування NFC-мітки

Прикладом пасивних NFC-міток є також банківські картки, які дають можливість розраховуватися шляхом піднесення картки до платіжного терміналу. В такій карті встановлена плата пам'яті, у якій зашифрована інформація про банківський рахунок. Цей самий принцип діє у безконтактних картах для оплати проїзду на міському транспорті. Так, наприклад, оплатити проїзд в метрополітені можна, приклавши до турнікету мобільний телефон з підтримкою NFC (рис. 6.9 [14]). Це можливо завдяки тому, що NFC-технологія сумісна із стандартом ISO 14443, який об'єднує більшість сучасних безконтактних смарт-карт: банківські карти MasterCard PayPass і VISA PayWave, транспортні картки «Трійка» і «Подорожник», пропуски до офісу, на парковку та ін. При використанні спеціального програмного транспортного додатку мобільний телефон повністю може замінити транспортні картки, що використовуються для оплати проїзду у громадському транспорті. Також з допомогою спеціальних додатків можна швидко зчитувати і записувати інформацію в програмовані NFC-мітки або NFC-смарт-карти. Так, власники смартфонів на платформі Android мають додаток для перегляду кількості поїздок, що залишилися на транспортній карті.

Таким чином, NFC-системи можуть працювати у таких режимах:

- зчитування (запис) інформації з пасивних NFC-меток;
- емуляція смарт-карт;
- двосторонній обмін даними між двома пристроями.

У режимі двостороннього обміну даними (режим point-to-point) можливий обмін файлами між двома цифровими пристроями. Наприклад, можна відправити фотографію з одного смартфона на інший або обмінятися візитівками, для чого просто піднести один смартфон до другого (рис. 6.10).

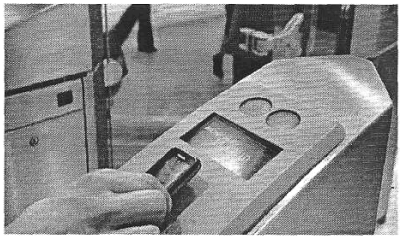


Рис. 6.9. Оплата проїзду смартфоном

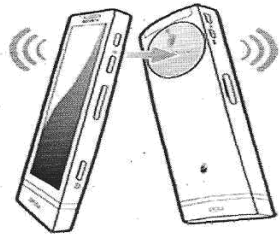


Рис. 6.10. Обмін даними в NFC

Слід відмітити, що на сьогодні в мобільні телефони інтегрована технологія Bluetooth, яка також працює на малих відстанях. Однак, суттєвою перевагою NFC над Bluetooth є коротший час установки з'єднання – менше 0,1 с.

Порівняльна характеристика цих двох технологій наведена у табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Порівняльна характеристика технологій NFC і Bluetooth

Характеристика	NFC	Bluetooth
Тип мережі	Point-to-point	Point-to-point
Радіус дії	<0,2 м	10 м
Швидкість	424 Бод	24 МБод
Час установлення з'єднання	<0,1 с	6 с
Сумісність з RFID	Так	Ні

6.5. Системи і пристрої постійного контролю параметрів автомобіля

У структурі автоматизованої системи моніторингу транспорту підприємства контроль поділяють на післярейсове (off-line) диспетчерування та диспетчерування у реальному часі (on-line). Післярейсове off-line диспетчерування базується на використанні певних типів записуючих приладів, у яких відображаються такі основні параметри руху, як швидкість автомобіля, час у русі та зупинки тощо. Для цього використовують різного типу електромеханічні та електронні тахографи, у яких запис інформації може вестись у незалежну електронну пам'ять, де інформація може зберігатися протягом тривалого часу. Пристрої мають дисплей, інтерфейси електронного та оптичного каналів передачі даних, сигналізацію у разі перевищення швидкості тощо.

Тахографи – це пристрої, що встановлюються на транспортні засоби для забезпечення безперервної реєстрації у режимі реального часу низки параметрів, серед яких є такі:

- швидкість руху;
- пройдений шлях;
- час роботи й відпочинку водія;
- час знаходження автомобіля у русі та час простоїв;
- перевищення максимально допустимої швидкості й т. ін.

Принцип роботи будь-якого тахографа базується на обробці електричних імпульсів від датчика швидкості руху; фіксації часу, проведеного транспортним

засобом у русі із записом у тахограмі дати, часу, швидкості, часу роботи двигуна, загального і добового пробігу. Зібрані за рейс тахограми дають можливість диспетчеру після повернення автомобіля з рейсу переглянути виконання водієм графіків руху та відпочинку.

З допомогою тахографа посадова особа, що здійснює контроль процесу перевезення, може перевірити швидкість автомобіля на будь-якій ділянці пройденого шляху, визначити наявність порушень режиму праці й відпочинку водія, порушення швидкісного режиму і т. п. Тахограф – це, перш за все, прилад забезпечення безпеки дорожнього руху, оскільки основними причинами аварій є втомленість водія або перевищення максимальної швидкості руху, допустимої для даного типу транспортного засобу. Будь-яке порушення (часу праці та відпочинку, швидкості тощо) тривалістю більше однієї хвилини фіксується в електронній пам'яті тахографа. Показання тахографа юридично визнаються під час розбирань у суді, є підставою для накладення стягнень правозахисними органами.

Установка тахографів на транспортному засобі дає можливість вирішувати такі завдання:

- підвищення безпеки дорожнього руху;
- збільшення ресурсів двигуна, шин, гальмівних механізмів, автомобіля в цілому;
- попередити несанкціоновані поїздки;
- об'єктивно оцінювати професіональні якості водія;
- здійснювати безперешкодні перевезення по території зарубіжних держав;
- забезпечити соціальний та правовий захист водіїв;
- забезпечити впровадження на автопідприємстві об'єктивної системи оплати праці за фактичним обсягом виконаних робіт.

Використання тахографів у країнах Євросоюзу за 10 років дало такі результати:

- кількість ДТП з участю транспорту, оснащеного тахографами, знизилося на 22%;
- кількість ДТП зі смертельним наслідком знизилась на 55%;
- міжаварійний пробіг автомобіля виріс у 2,5 рази;
- витрати на паливно-мастильні матеріали знизилися на 15%.

Існує два види тахографів – аналоговий і цифровий.

Рис. 6.11. Аналоговий тахограф

Аналоговий (електронно-механічний) тахограф реєструє дані на персональному діаграмному диску водія, що вставляється під передню кришку тахографа (рис. 6.11). Один диск розрахований на добу роботи. Недоліками таких тахографів є складність зчитування й обробки отриманих даних, а також те, що дані, записані на диск, легко підробити. Через ці причини аналогові тахографи на сьогодні практично не використовуються.

Порівняно з аналоговими тахографами цифрові мають:

- захищену систему зберігання інформації;
- зручність контролю й обробки даних;
- дозволяють здійснювати дистанційний контроль параметрів, що реєструються.

Цифрові тахографи уніфіковані, мають єдині конструктивні та функціональні стандарти. Недоліком цифрових тахографів є той факт, що їх неможливо ремонтувати. У разі поломки цифрового тахографа потрібно його замінити.

Цифрові тахографи обов'язково повинні встановлюватися на всьому колісному транспорті, що належить юридичним особам та індивідуальним підприємцям. Тахографи не встановлюються на вантажні автомобілі вантажопідйомністю менше 3,5 тонн, а також на транспортні засоби, оснащені спецобладнанням (автокрани, евакуатори тощо).

Існує два види цифрових тахографів: з блоком ЗКЗІ (російського виробництва) і тахографи, що відповідають вимогам ЄСТР (європейський стандарт тахографії).

Тахограф зі ЗКЗІ – це тахограф, в якому встановлений блок ЗКЗІ (Засіб Криптографічного Захисту Інформації). Інша назва цього блока – НКМ (навігаційний криптозахищувальний модуль). Блок ЗКЗІ містить енергонезалежний постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), що зберігає дані, зашифровані з допомогою унікального програмного забезпечення. Ця програма виконує кодування і дешифровку даних з допомогою цифрового підпису, який видається тільки у центрі засвідчення, що забезпечує надійний захист інформації від несанкціонованого доступу. Дані в ПЗП можуть зберігатися протягом року, однак, власник транспортного засобу зобов'язаний забезпечувати вивантажування даних з пам'яті тахографа не рідше одного разу за три місяці.

Блок ЗКЗІ забезпечує:

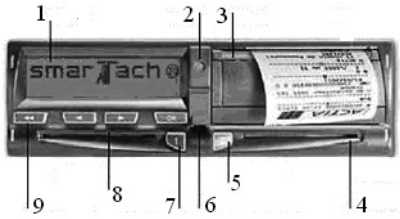
- шифрування і дешифрування даних;
- створення і підтвердження цифрового підпису для розшифровки даних;
- синхронізацію даних щодо часу і координат.

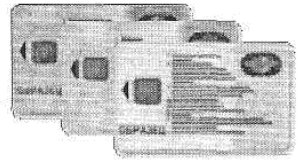
Блок ЗКЗІ підлягає обов'язковій заміні кожні три роки.

Тахограф ЄСТР або європейський тахограф – це тахограф, що має міжнародний сертифікат відповідності та задовольняє вимоги Міжнародної угоди ЄСТР. ЄСТР – це Європейська угода про режим праці та відпочинку водіїв транспортних засобів, які здійснюють міжнародні автомобільні перевезення. Практично вся європейська техніка вже обладнана такими тахографами. Транспортний засіб, що здійснює міжнародні рейси, повинен бути оснащений тахографом, який відповідає вимогам регламенту ЄСТР.

Для експлуатації на території Росії використовуються тахографи із ЗКЗІ: Штрих-ТахоRUS, КАСБИ DT-20M, Меркурий ТА-001, DTCO3283, ТЦА-02НК, Drive 5, EFASV2 RUS. На транспортні засоби, що здійснюють міжнародні автомобільні перевезення, дозволена установка тахографів SE5000, EFAS-4, Continental VDODTCO 1381 [14].

Зовнішній вигляд цифрового тахографа показаний на рис. 6.12. На передній панелі тахографа розташовані два слоти для установки смарт-карт, дисплей і пристрій роздруківки даних, записаних у пам'ять.





а б

Рис. 6.12. Цифровий тахограф (а) та смарт-карти (б):
1 – дисплей; 2 – сигнал; 3 – принтер; 4 – пристрій зчитування з карти 2; 5 – активація і виймання карт 2; 6 – калібрувальний та з'єднувальний рознімач; 7 – активація і виймання карт 1; 8 – пристрій зчитування з карти 1; 9 – навігатор

Доступ до пам'яті тахографа здійснюється з допомогою чотирьох смарт-карт:

- карта водія;
- карта підприємства;
- карта майстерні (тахосервіс);
- карта контролера.

Блок ЗКЗІ містить керуючий контролер, криптографічний процесор, вбудований годинник реального часу, акселерометр, ГЛОНАСС-приймач, резервне джерело електроживлення, мікросхему енергонезалежної пам'яті (ПЗП).

Як засоби запису та зберігання інформації використовуються два типи носіїв: електронна картка водія та цифрова пам'ять самого тахографа. Узагальнена схема використання носіїв інформації наведена на рис. 6.13.

Рис. 6.13. Схема використання даних у системі транспортного моніторингу

Інформація з тахографа та карти водія періодично повинна зчитуватися та згідно із законодавством зберігатися деякий час.

Смарт-карта – це удосконалена пластикова картка, яка містить мікроконтролер із вбудованою операційною системою, що забезпечує виконання певних сервісних операцій. Смарт-карта, на відміну від банківських карток з магнітною смугою, має інтегральну мікросхему, яка дає можливість зберігати й обробляти інформацію в електронному вигляді. На рис. 6.14 наведена схема мікропроцесора старт-карти.

Карта водія ідентифікує водія і передбачена для зберігання даних про періоди його роботи та відпочинку протягом останніх 28 діб. Карта є іменною і видається терміном на три роки. Карта водія зберігає таку інформацію:

- номер карти водія;
- пробіг транспортного засобу (з точністю до 1 км);
- час роботи та відпочинку власника карти;
- номер транспортного засобу;
- час і дата установки та вилучення карти з тахографа;
- координати місця початку й закінчення робочого дня.

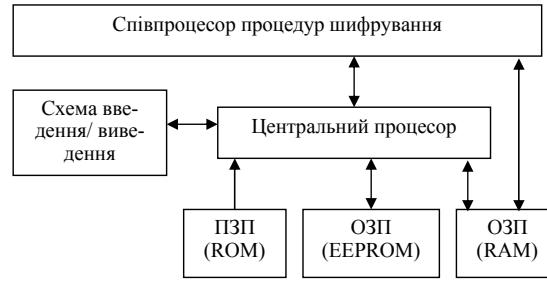


Рис. 6.14. Схема мікропроцесора смарт-карти

Ці дані повинні зчитуватися кожні 28 днів і зберігатися в архіві автопідприємства протягом року.

У разі перевірки роботи водія контролюючими органами в карту водія вводяться також додаткові дані про номер карти контролера, час контролю, виявлені порушення і попередження.

При увімкненні запалювання автомобіля тахограф активується і тільки після установки карти водія починає реєструвати дані про режими праці та відпочинку водія, а під час руху транспортного засобу – швидкісні режими та пробіг.

На першу ж вимогу контролюючих органів водій повинен пред'явити особисту смарт-карту водія, а також реєстраційні листи (роздруківку даних з карти) за останні 28 діб.

Картою підприємства користуються керівні співробітники різних організацій, у власності яких знаходиться вантажний або пасажирський транспорт. Ця карта дозволяє адміністрації мати доступ до даних тахографа будь-якого автомобіля і здійснювати контроль за підлеглими водіями. На карті підприємства немає ніякої інформації. Карта потрібна виняткова для отримання доступу до даних тахографа і карти водія. У разі необхідності з допомогою цієї карти можна заблокувати тахограф і закрити доступ до даних іншим користувачам. Карта підприємства видається терміном на 5 років.

Карта майстерні видається терміном на один рік фахівцям майстерень, які проводять увесь комплекс робіт з установки, перевірки, калібрування, технічного обслуговування і ремонту тахографів. З допомогою цієї карти можна отримати всю технічну інформацію про пристрій, продивитися та роздрукувати дані про здійснені рейси. Введення пристрою в експлуатацію здійснюється через введення PIN-коду, закладеного в карті. Карта майстерні є іменною, на ній указуються особисті дані фахівця, назва обслуговуючої організації та термін дії карти.

Карта контролера призначена для представників контролюючих органів, уповноважених проводити контроль дотримання водієм режимів праці та відпочинку. Сама карта не містить ніяких даних і використовується виключно для зчитування інформації. Карта контролера дає можливість зчитати з пам'яті тахографа порушення, допущені водієм (наприклад, швидкісного режиму або режиму праці та відпочинку), а також збої, що відбулися в роботі обладнання (на-

приклад, вимкнення живлення або датчика швидкості). Карта контролера є іменною і видається терміном на два роки.

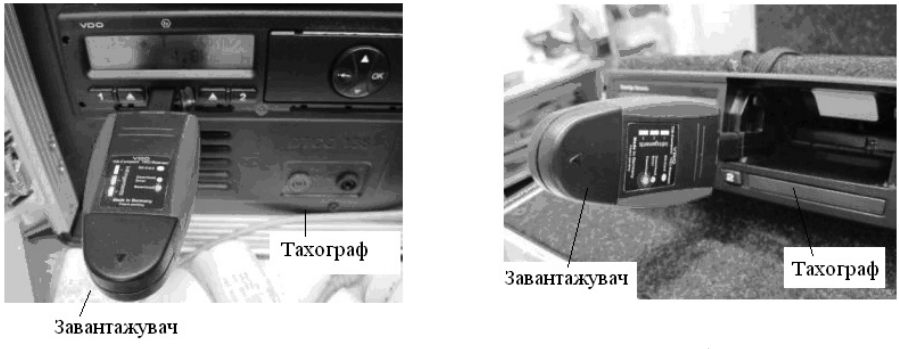
Таким чином, цифровий тахограф фіксує і зберігає такі дані:

- пробіг (з точністю до 1 км);
- швидкість руху;
- перевищення максимально допустимої швидкості;
- час праці та відпочинку водія;
- вимкнення живлення, порушення в роботі тахографа та карт водіїв;
- номери карт водіїв, а також час їх установки та вилучення з тахографа;
- дату і час керування транспортним засобом без карти або з несправною картою;
- дані про місце початку й закінчення робочого дня;
- час і дату останньої періодичної перевірки тахографа;
- номер карти майстерні, де проводилася перевірка;
- номер карти контролера, який здійснював контроль;
- час і вид контролю.

Зчитування даних з пам'яті тахографа виконується з допомогою спеціального пристрою – завантажувача, який вставляється в рознімач, розташований на передній панелі тахографа. У російських цифрових тахографах завантажувачем може бути звичайна USB флеш-пам'ять. При роботі з європейськими цифровими тахографами потрібні спеціальні пристрої зчитування, наприклад, TachoDrive Plus.

На рис. 6.15 наведено приклад зчитування даних з пам'яті тахографа з допомогою завантажувача ТИС Компакт II.

Зчитування даних з пам'яті тахографа виконується автоматично, як тільки користувач з'єднає завантажувач з тахографом, при цьому в слот тахографа повинна бути вставлена карточка, що відкриває доступ до пам'яті, наприклад, карточка підприємства (адміністратора). У цьому разі тахограф повинен перейти у режим підприємства.



а б

Рис. 6.15. Зчитування даних з пам'яті тахографа

Якщо під час зчитування даних будуть виявлені порушення, то загориться відповідна комбінація червоних світлодіодів (рис. 6.15, а). Якщо зчитування да-

них завершене і порушень не виявлено, то світитися буде тільки зелений індикатор (рис. 6.15, б).

Слід відмітити, що зчитування даних з тахографа можливе тільки у разі наявності карти підприємства (або карти водія), поміщеної в тахограф. Далі інформацію з пам'яті завантажувача можна перенести в комп'ютер для подальшого аналізу даних з допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Дані з карт водія зчитуються з допомогою спеціальних пристроїв і зберігаються у вигляді файлів. Для розшифрування файлів використовується програмне забезпечення, яке дає можливість переглядати й аналізувати дані з карт.

Зчитати дані з карти можна двома способами: з допомогою рідерів (зчитувачів) та завантажувачів.

У першому випадку карта вставляється в рідер, підключений до комп'ютера, і з допомогою програмного забезпечення здійснюється зчитування даних з карти (рис. 6.16) [14].

У другому випадку дані зчитуються з допомогою спеціального пристрою – завантажувача, при цьому вся отримана інформація з карти зберігається в пам'яті завантажувача (рис. 6.17). Завантажувач є флеш-накопичувачем для зберігання даних і перенесення їх у пам'ять комп'ютера [14].

Рис. 6.16. Зчитування даних з карти з допомогою рідера:
1 – карта водія; 2 – карт-рідери; 3 – персональний комп'ютер для прийому інформації з карти водія

Рис. 6.17. Зчитування даних с карти с допомогою завантажувача:
1 – карта водія; 2 – завантажувач; 3 – зчитування інформації з карти водія у завантажувач

На сьогодні також випускаються тахографи із вбудованим GPRS-модемом (тахографи ШТРИХ-Тахо RUS, Меркурий ТА-001 і ТА-002). У таких тахографах дані, що зчитуються з пам'яті, передаються по каналам стільникового

зв'язку на сервер моніторингової компанії або на сервер моніторингу підприємства, даючи можливість у режимі on-line контролювати процес перевезення.

Дані, записані в тахограф і на карти, виводяться на дисплей або роздруковуються у вигляді піктограм.

Піктограми тахографів – це спеціальні значки і символи, з допомогою яких можна зрозуміти будь-які роздруківки тахографів.

Для зчитування й аналізу даних з пам'яті тахографа і карт використовується спеціальне програмне забезпечення (наприклад, RS DigTac, TachoAnaliz, GR.CARDS та ін.), яке дає можливість аналізувати діяльність водіїв і транспортних засобів на підприємстві, створювати звіти про роботу водіїв і ТЗ, представляти дані у вигляді різних таблиць і діаграм (рис. 6.18).

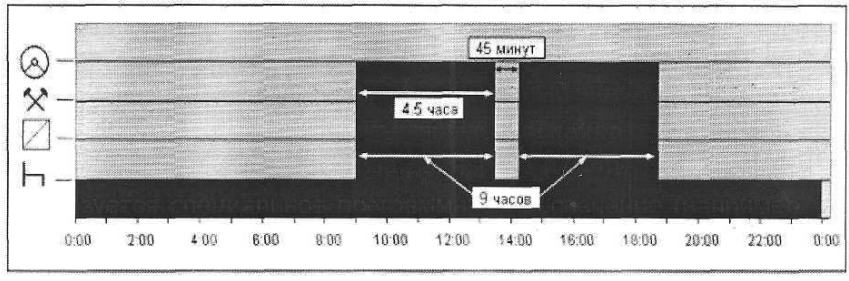


Рис. 6.18. Дані тахографа, представлені у вигляді гістограми

На гістограмі видно, що водій був за кермом протягом 9 годин з перервою на відпочинок у 45 хвилин, що відповідає регламенту щодо дотримання режимів праці та відпочинку водіїв.

На рис. 6.19 наведено спрощену схему процесу контролю через Інтернет за дисципліною водія при виконанні ним службових обов'язків з транспортних послуг.

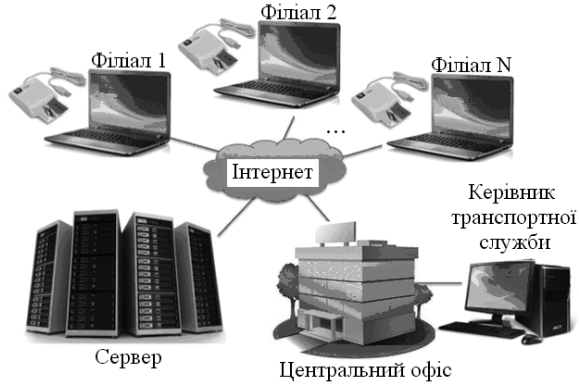


Рис. 6.19. Схема контролю водія

На сьогодні існують різні методи контролю за дисципліною водія. Наприклад, на рис. 6.20 приведений компактний пристрій для цієї мети – Digifob. Цей

прилад після вставлення карти водія у його слот показує дані з карти щодо режимів праці та відпочинку водія, а також видає попередження про порушення.

а б

Рис. 6.20. Digifob – прилад для контролю за режимом роботи водія:
а – загальний вигляд; б – пристрій у роботі

Крім контролю виконання графіка роботи на маршруті, для диспетчера є важливою інформація і щодо дотримання маршруту руху. Завдяки наявності вбудованого у тахограф навігаційного модуля ГЛОНАСС/GPS є можливість переглянути рух транспортного засобу на маршруті по електронній карті.

Додаткові комунікаційні функції дає використання як тахографа бортового контролера з функцією Wi-Fi. Це компактний електронний самописець, що реєструє всі переміщення транспортного засобу шляхом запису часу і маршруту у вигляді точок з географічними координатами, отриманих від супутників глобальної навігаційної системи GPS (NAVSTAR). Накопичені дані через мережу Wi-Fi за допомогою точки доступу передаються на локальний комп'ютер, ноутбук або виділений сервер, з якого вони можуть бути отримані через мережу Інтернет для подальшого аналізу та обробки диспетчерською програмою. Таким чином, диспетчер матимете актуальні дані набагато частіше, ніж при використанні звичайних off-line-систем, не маючи їх тільки в дорозі між точками доступу. При цьому вимагається лише встановити точку доступу Wi-Fi у необхідному місці і не турбуватися про необхідність наявності у цих місцях персоналу, що стежить за зчитуванням даних.

Оперативне on-line диспетчерування транспорту – це система супутникового моніторингу та контролю рухомих об'єктів у реальному часі засобами GPS. Система побудована на базі новітніх систем супутникової навігації, устаткування і технологій зв'язку, обчислювальної техніки і цифрових карт.

Наявність наведених функцій диспетчерування транспорту дає можливість забезпечити контроль за безпекою вантажів, керування пристроями, отримати значне зниження витрат паливних ресурсів, виключити непланові витрати.

Впровадження моніторингу переводить організацію транспортних процесів на більш високий якісний рівень, що підвищує ефективність загального управління експлуатацією автомобілів і процесом перевезень.

Інформація моніторингу, що надходить до водія транспортного засобу, диспетчера АТП, інформаційних систем виробників, перевізників, експедиційних компаній і споживачів забезпечує [13]:

- підвищення надійності та безпеки використання транспортних засобів;

- швидке прийняття узгоджених рішень у разі виникнення непередбачуваних ситуацій;

- оперативне керування доставками та оцінювання ефективності виконання доставки;

- обмін інформацією між учасниками доставки товарів про реальне просування товару.

За допомогою інформаційних систем стає можливим вирішення таких завдань:

- збільшення швидкості обробки інформації, зведення до мінімуму помилок під час збору та обробки інформації, що підвищує швидкість і точність прийняття рішення;

- збільшення обсягів обробки інформації та за рахунок цього глибший аналіз більшої кількості варіантів прийняття обґрунтованого рішення з метою отримання оптимального щодо використання ресурсів і відповідальності виконавців;

- зменшення затрат праці організаторів перевезень за рахунок електронного обміну інформацією та документообігу.

Очевидні вигоди використання від систем диспетчерування відображаються такими даними:

- скорочення витрат пального на 5-20%;

- скорочення зайвих простоїв на 10-15% за рахунок кращого і безперервного контролю за реальним місцезнаходженням і режимом руху транспорту;

- система дозволяє повністю ліквідувати втрати, пов'язані з нецільовим використанням транспорту, дає можливість ліквідувати ризики і підвищене спрацювання транспорту, пов'язане з порушеннями швидкісного режиму руху.

6.6. Види та особливості систем мобільного зв'язку

Автоматизовані AVL-системи можуть використовувати різні види (системи) мобільного радіозв'язку: транкова, короткохвильова, космічна, стільникова.

Транкові системи – це системи рухомого радіозв'язку, які ґрунтуються на тих самих принципах, що і звичайні телефонні мережі, тобто в системі є обмежена кількість радіоканалів (як правило, від двох до двадцяти), які у міру потреби виділяються центральним контролером для ведення переговорів (рис. 6.21 [10, 15]).

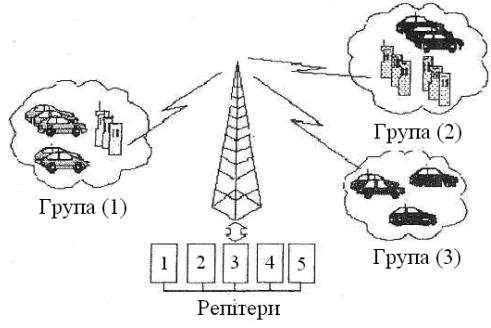


Рис. 6.21. Схема транкової мобільної радіосистеми

Якщо в звичайних системах користувач сам вручну переналаштовується на вільний радіоканал, то в системах транкового зв'язку цю роботу бере на себе центральний контролер, який сам виділяє двом радіостанціям вільний канал. Транкові системи ефективно використовують смугу виділених ним часто**8. БУДОВА** т, забезпечують високий рівень конфіденційності (існують

навіть засоби, що дозволяють кодувати мову в процесі її передачі), надійні, надають велику кількість сервісних функцій. Головною перевагою є те, що будь-яка організація може сама стати власником системи транкового радіозв'язку, позбавляючи себе від абонентської плати і плати за трафік.

Устаткування для базових станцій та абонентські пристрої систем транкового радіозв'язку виробляє велика кількість компаній. З них найбільшою популярністю користуються Motorola, Ericsson, Smartrunk, Systems, Nokia тощо.

Сфера застосування транкових систем – великі комерційні та державні організації, наприклад, служби автоінспекції, різні ремонтні служби, компанії, що спеціалізуються в галузі промислового альпінізму (обслуговування висотних будівель) тощо. Систему транкового зв'язку можна розгорнути як у великому місті, так і у віддаленому, мало населеному пункті, де на сьогодні також широко представлений короткохвильовий радіозв'язок.

Зв'язок супутниковий – це розвиток традиційного радіорелейного зв'язку і один з видів радіозв'язку космічного. Він ґрунтується на використанні штучних супутників Землі як ретрансляторів, які винесені на дуже велику висоту, що визначається орбітою супутника (рис. 6.22 [10, 14]).

Принцип роботи супутникових систем навігації оснований на вимірюванні відстані від антени на об'єкті до супутників, положення яких відоме з великою точністю. Метод вимірювання відстані від супутника до антени приймача ґрунтується на визначенні швидкості розповсюдження радіохвиль. Щоб реалізувати можливість вимірювання часу поширюваного радіосигналу, кожен супутник навігаційної системи випромінює сигнали точного часу, використовуючи точно синхронізований з системним часом атомний годинник.

Орбіти поділяють на три класи:

- екваторіальні (орбіта обертання супутника строго уздовж екватора Землі);

- полярні (орбіта обертання супутника строго між полюсами Землі);

- похилі (орбіта обертання супутника під кутом до екватора, тобто між екваторіальною і полярною орбітами).

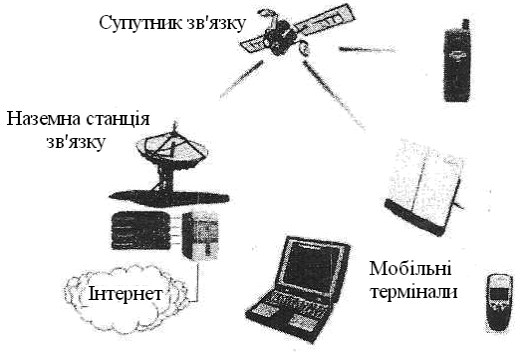


Рис. 6.22. Схема супутникової мобільної радіосистеми

Важливим різновидом екваторіальної орбіти є орбіта геостаціонарна, на якій супутник обертається у напрямі обертання Землі з її кутовою швидкістю, через що будь-який «приймач» цього супутника на Землі «бачить» його постійно. Проте геостаціонарна орбіта лише одна, тому кількість супутників на ній, природно, обмежене. Вона знаходиться на відстані 35786 км, а це зумовлює високу ціну виведення супутника на цю орбіту. Тому для масових «наземних приймачів» використовують дешевші «в запуску» супутники, які рухаються похилими орбітами. Таких супутників повинно бути не менше трьох на

одну орбіту, що забезпечує цілодобовий доступ зв'язку до наземних базових станцій (БС), які можуть бути як стаціонарними, так і рухомими.

Рухомі станції набули найбільшого поширення в армії і на морському транспорті. Вони використовують потужні супутники зв'язку на геостаціонарних орбітах, які забезпечують зв'язок там, де розгортання звичайної стільникової мережі неможливе або нерентабельне (у морі, на широких малонаселених територіях тундри, пустель тощо).

Стаціонарні станції використовують малопотужні супутники похилих орбіт. Це розгалужена мережа наземних комутаторів – на сьогодні це основні базові станції стільникового зв'язку.

Стільниковий зв'язок – це мережа рухомого зв'язку і один з видів мобільного радіозв'язку. Його ключова особливість полягає в тому, що загальна зона покриття ділиться на осередки (стільники), покриття окремих БС, що визначаються зонами.

Кожна БС забезпечує на Землі доступ до стільникової мережі на обмеженій території, площа і конфігурація якої залежить від рельєфу місцевості й інших параметрів. Зони покриття, що перекриваються, створюють структуру, схожу на бджолині стільники, і тому виник термін «стільниковий зв'язок». При переміщенні абонентського термінала (телефону), тобто «приймача» поверхнею Землі, він обслуговується то однією; то іншою БС, причому перемикання (зміна стільника) відбувається в автоматичному режимі, що абсолютно непомітно для абонента і тому ніяк не впливає на якість зв'язку.

Сучасний абонентський термінал («приймач») – це, перш за все, стільниковий (мобільний) телефон, який є спеціалізованим комп'ютером і орієнтований, насамперед, на забезпечення голосового спілкування абонентів, а також підтримує обмін текстовими і мультимедійними повідомленнями. Він містить модем і спрощений інтерфейс. Передачу всієї інформації здійснює у цифровій формі – стандарт DAMPS, де перша буква абревіатури своєю появою зобов'язана слову Digital тобто «цифровий».

6.7. Призначення й основні завдання, які вирішують системи моніторингу автомобілів

Система моніторингу рухомих об'єктів або трекінг (від англ. tracking) дає можливість контролювати переміщення будь-яких рухомих об'єктів, зокрема, автотранспортних засобів (АТЗ). Головним завданням трекінгу є контроль у режимі реального часу місцезнаходження об'єкта та маршруту його руху.

Загальна структура трекінгової системи реального часу приведена на рис. 6.23 [10]. До її складу входить автомобіль з GPS/GSM контролером, сервер провайдера послуги відслідковування, базова станція оператора GSM, браузер клієнта.

Робота такої трекінгової системи основана на використанні сучасних інформаційних систем і технологій, а саме: супутникової навігаційної системи GPS; системи стільникового радіозв'язку стандарту GSM (Global System for Mobile Communication – глобальна система для мобільного зв'язку) з технологіями передачі даних GPRS (General Packet Service – пакетний радіозв'язок зага-

льного користування – надбудова над технологією GSM) та коротких SMS-повідомлень; всесвітньої інформаційної мережі Internet і спеціального програмного забезпечення та ін.

Рис. 6.23. Загальна структура трекінгових систем реального часу

Трекери з позиції охоронних систем, що є другорядним для інтелектуальних інформаційних систем, тобто систем моніторингу, поділяють на три групи:

- трекери GSM-сигналізації з виходом в Інтернет;
- трекери GSM-сигналізації з голосовим меню;
- трекери автономні з GPS-приймачем.

Щодо областей використання, трекери бувають двох видів:

- GPS-трекери персональні;
- GPS-трекери для стеження за транспортом (навігаційні трекери).

Персональні GPS-трекери призначені для визначення місцезнаходження людини (об’єкта) за допомогою навігаційних супутників і передачі цих даних на сервер. Крім того, більшість цих пристроїв дають можливість передавати на сервер сигнал про натиснення функціональної (тривожної) кнопки (кнопка SOS). Деякі трекери мають канали для голосового зв’язку з одним або кількома абонентами, для прослуховування обстановки і/або для прийому вхідних викликів (у більшості подібних пристроїв реалізована тільки частина цих функцій).

GPS-трекери для стеження за транспортом, тобто сканер-комунікатори, є пристроями локальної навігації, що вказують водієві поточне місцезнаходження і маршрут руху до заданої точки, а також це пристрої контролю і моніторингу автомобілів, що відрізняє їх від навігаторів. Вони показують певній особі (диспетчерові) маршрут руху і/або поточне місцезнаходження та інформацію про стан автомобіля. Трекери можуть працювати як у режимі реального часу і передавати дані бездротовим каналом зв’язку, так і в режимі «чорного ящика», збе-

рігаючи дані про автомобіль протягом деякого часу з подальшою передачею даних бездротовим або дротовим каналом зв'язку. Сучасні трекери мають істотно розширені функціональні можливості – великий набір контрольних пристроїв, що підключаються, значний обсяг «чорного ящика» тощо.

Трекінгова система дозволяє зберігати маршрути руху об'єкта, створювати звіти про його рух, швидкість, простої, про вимкнення двигуна, про технічний стан транспортного засобу з допомогою аналогового підключення до датчиків автомобіля. У системі можуть бути доступними функції дистанційного контролю рівня пального (у бензобаку, в цистерні), температури (в салоні, у рефрижераторі). Можливе підключення будь-яких інших датчиків, у том числі датчиків паливного насоса, протиугінної системи, удару, руху, об'єму, відкриття дверей і т. д. Існує можливість створення маршруту руху та контролю його проходження.

Перевагою використання трекінгової системи є не тільки можливість контролювати переміщення транспортного засобу та його стан, але й значно оптимізувати витрати на його експлуатацію, витрати на управління автопарком в цілому. Крім того, трекінг може використовуватися і як протиугінна система, і як система пошуку автомобіля у разі його викрадення.

Користувач трекінгової системи отримує можливість у будь-який час доби, з будь-якого комп'ютера або мобільного пристрою, що має доступ до мережі Інтернет, отримати необхідну трекінгову інформацію про рухомий об'єкт.

Основними завданнями, які вирішує трекінгова система є такі [10, 15]:

1. Комерційна охорона автотранспортних засобів, у тому числі із залученням силових структур.

2. Моніторинг власних автомобілів (автопарку) та їх охорону.

3. Оптимізація маршруту руху автомобіля.

4. Контроль вантажоперевезень.

У рамках вирішення цих завдань наявні технічні засоби сучасних трекінгових систем дають можливість:

- отримувати достовірну інформацію про місцезнаходження автомобіля у будь-який час доби;

- відслідковувати переміщення автомобіля на електронній карті місцевості в реальному часі;

- використовувати бортове обладнання системи (мобільний блок) у режимі «чорного ящика». Функція «чорний ящик» надає власникам автомобілів можливість постійної фіксації маршруту автомобіля протягом певного часу, з наступним зчитуванням інформації про пройдений шлях;

- планувати оптимальний маршрут руху автомобіля за заданими адресами, з відображенням шляху та пройденої відстані (в кілометрах);

- контролювати проходження автомобілем заданого маршруту та розкладу. У разі відхилення від маршруту або запізнення проходження контрольної точки центр моніторингу отримає сигнал тривоги від автотранспортного засобу з координатами його місцезнаходження;

- контролювати стан автомобіля, відкриття дверей, увімкнення/вимкнення запалювання і т. п.;

- відправляти керівні та технологічні команди на автомобіль, аж до примусової зупинки двигуна;

- оперативно сповіщати силові структури про несанкціоновані дії з автомобілем;

- відслідковувати мобільні об'єкти по всьому світу.

Основним результатом використання трекінгових систем є зниження витрат на утримання автотранспортних засобів, а саме:

- зменшення витрати пального;

- об'єктивна оплата понаднормового часу водіїв;

- заощадження на страхуванні;

- виключення можливості використання транспорту компанії не за службовим призначенням;

- повідомлення про критичні показники системи;

- контроль за несанкціонованим доступом до вантажу у неробочий час;

- попередження зумисного пошкодження транспортних засобів і вантажу;

- зниження ризиків, пов'язаних з перевищенням швидкості і, тим самим, мінімізація впливу людського фактора, а також підвищення продуктивності праці водіїв.

Основними режимами роботи трекінгових систем є:

1. Контроль поточного місцезнаходження автомобіля. У цьому режимі обладнання системи моніторингу дає можливість відображати місцезнаходження автомобіля на електронних картах місцевості як на території своєї країни, так і за рубежем, використовуючи можливості роумінгу; масштабувати карту під час спостереження за автомобілем; керувати параметрами мобільного блока й автомобіля з центра моніторингу.

2. Контроль маршруту автомобіля у режимі «чорний ящик». Мобільний блок через певний інтервал часу записує у свою пам'ять координати автомобіля. Запис координат відбувається лише у разі увімкненого запалювання, що дозволяє уникнути роботи у холостому режимі, збільшити обсяг корисної пам'яті. У подальшому можливо дистанційно або контактним способом отримати всю інформацію з «чорного ящика», причому інформація може відображатися у графічному вигляді. Також можуть бути сформовані звіти, що містять інформацію про дату та адресу знаходження автомобіля у задані інтервали часу.

3. Вирахування будь-яких відстаней між різними рухомими об'єктами. Надається можливість вирахувати відстані між пунктами призначення, між зображеними на карті мобільними об'єктами, між мобільним об'єктом і пунктом призначення.

4. Автоматизований контроль відхилення автомобіля від заданого маршруту та розкладу. У цьому режимі система контролює проходження автомобіля за заданим маршрутом з ініціюванням тривоги у разі непередбаченої зміни маршруту водієм автомобіля або ж у разі непроходження у заданий час контрольних точок. Також існує можливість оптимізації маршруту з вирахуванням відстані між пунктами призначення.

5. Збереження усієї інформації від автомобілів. Надається можливість ведення бази даних, яка зберігає інформацію не тільки щодо об'єктового облад-

нання, автомобіля, водіїв, власників, операторів системи моніторингу, але й історію місцезнаходження усіх автомобілів, які обслуговуються в системі.

Принцип роботи трекінгової системи. Система супутникової навігації GPS передає контролеру навігаційні дані, з допомогою яких визначається місцезнаходження і низка додаткових трекінгових параметрів автомобіля. Потім оброблена інформація передається контролером у центр зберігання даних по каналу GPRS стільникової системи зв'язку стандарту GSM.

Сучасні трекінгові системи реального часу дають можливість максимально скоротити витрати під час роботи в роумінгу, коли автомобіль знаходиться за межами території України. Використовуючи інтелектуальне програмне забезпечення, контролер вибирає роумінгового партнера за найбільш прийнятним ціновим критерієм. У той же час здійснюється оптимізація обсягу передачі даних, що дає можливість не перевищувати місячний ліміт трафіка в 1 Мб, забезпечуючи при цьому безперервне періодичне оновлення трекінгових даних.

У разі тимчасової відсутності/завантаженості каналів GPRS або відсутності GSM покриття, трекінгові дані зберігаються в пам'яті контролера протягом кількох десятків днів. При першій же можливості ці дані негайно доставляються в центр збереження даних і далі, замовнику трекінгових послуг. Додатково контролер здатен інформувати центр моніторингу про критичні ситуації з допомогою SMS повідомлень. Крім того, замовник трекінгових послуг може в будь-який час скористуватися мобільним телефоном як альтернативним засобом керування контролером. З допомогою SMS та вихідного дзвінка на контролер можливо отримувати статусні дані, а також передавати команди керування автомобілем (наприклад, команду блокування/розблокування двигуна і т. п.).

Маючи доступ до всесвітньої мережі Інтернет, клієнт трекінгової системи може спостерігати і контролювати місцезнаходження автомобіля (або зразу всіх автомобілів одночасно) з інтервалом у кілька секунд як зі свого ПК, на якому встановлене програмне забезпечення трекінгової системи, так і цілодобово з будь-якого іншого комп'ютера, який має доступ до мережі Інтернет. Крім того, замовник трекінгових послуг може отримати на вимогу «Журнал переміщень» АТЗ, у якому трекінгові дані зберігаються протягом кількох місяців. Базуючись на отриманих трекінгових даних та даних з журналів, замовник може формувати гнучкі статистичні звіти щодо одного або кількох автомобілів.

6.8. Апаратна частина трекінгової системи моніторингу автомобілів у реальному часі

Дія трекінгової системи відслідковування автомобілів полягає у перетворенні GPS-сигналу та передачі інформації про рухомий об'єкт з допомогою GPRS на веб-сервер. Для цього на об'єкті встановлюється обладнання GPS/GSM, необхідне для функціонування системи. За масштабами вирішуваних завдань та кількістю відслідковуваних одночасно автомобілів центри моніторингу мобільних об'єктів поділяються на регіональні та корпоративні. Відмінною рисою регіонального центра моніторингу мобільних об'єктів є кількість обслуговуваних об'єктів. У тому разі, якщо ця кількість перевищує 200 одиниць, у складі трекінгової системи рекомендується використання високопроду-

ктивного сервера центра моніторингу та його пряме підключення до оператора стільникового зв'язку по дротовому каналу передачі даних. Схема регіонального центра моніторингу представлена на рис. 6.24 [10, 17].

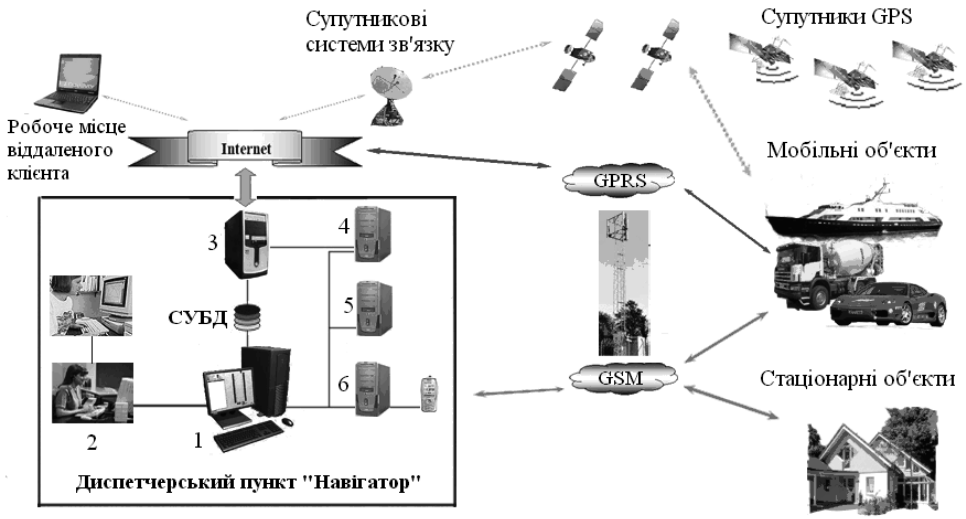


Рис. 6.24. Схема регіонального центра моніторингу мобільних об'єктів:
1 – сервер моніторингу; 2 – робочі місця операторів; 3 – Інтернет-сервер; 4 – модуль супутникового зв'язку; 5 – модуль GPRS; 6 – модуль GSM

Відмінною рисою корпоративного центра моніторингу є невелика кількість обслуговуваних мобільних об'єктів (у межах до 100 одиниць). Такі трекінгові системи використовуються, в основному, організаціями, які мають свій парк автомобілів, для виконання завдань щодо диспетчеризації парка. Система моніторингу, побудована за такою схемою, містить у собі всі функції системи, побудованої за регіональним зразком за винятком:

- немає необхідності у придбанні високопродуктивного сервера – центра моніторингу, достатньо простого персонального комп'ютера;
- немає необхідності прямого підключення сервера до стільникового оператора по дротовим каналам передачі даних.

Система корпоративного центра має можливість розширення за рахунок установки додаткового обладнання, що утворює канали. Більше того, у разі необхідності, корпоративний центр моніторингу мобільних об'єктів можна модифікувати в регіональний. Схема побудови корпоративного центра моніторингу представлена на рис. 6.25 [10].

Апаратна частина трекінгової системи реального часу має дві складові:

- апаратна частина базового комплекту центральної станції системи моніторингу мобільних об'єктів (обладнання, що створює канали);
- об'єктове обладнання системи моніторингу мобільних об'єктів.

Апаратна частина базового комплекту центральної станції трекінгової системи складається з таких пристроїв:

1. Модуль системи синхронізації часу, який використовується один на всю систему і синхронізує її роботу. Пристрій поставляється в комплекті з GPS-антеною.

2. Модуль каналів зв'язку за технологіями SMS/CSD/GPRS. Модуль передачі даних використовується для формування каналів SMS з обробкою каналів за технологіями GPRS та CSD (Circuit Switched Data – стандартна технологія передачі даних з комутацією каналів у мережі GSM). Пристрій комплектується відповідною GSM-антеною. При використанні каналів зв'язку за технологією SMS кількість даних пристроїв у трекінговій системі визначається кількістю мобільних об'єктів, які обслуговуються.

3. Модуль голосового каналу зв'язку DTMF – модуль передачі даних, який використовується для роботи у голосовому каналі для прийому повідомлень у DTMF-форматі (DTMF – Dual-Tone Multi-Frequency – двотональний багаточастотний аналоговий сигнал). Пристрій комплектується відповідною GSM-антеною.

Рис. 6.25. Схема корпоративного центра моніторингу мобільних об'єктів:
1 – АИ-47S модуль зв'язку в голосовому каналі DTMF; 2 – АИ-47 (АИ-22) модуль зв'язку SMS/GPRS; 3 – АИ-12 модуль синхронізації системного часу; 4 – повідомлення SMS/GPRS/DTMF; 5 – GSM радіозв'язок; 6 – оператор стільникового зв'язку GSM; 7 – команда центра моніторингу по SMS; 8 – визначення місцезнаходження та синхронізація часу

4. Сервер-система моніторингу мобільних об'єктів. Даний сервер – це комп'ютер-сервер для автоматизованого робочого місця чергового оператора трекінгової системи. До типового комплекту поставки комп'ютер-сервера входять: рідкокристалічний монітор, звукова карта, колонки, клавіатура, миша, LAN-карта; обов'язкове застосування спеціалізованих PCI-COM розширювачів на кількість COM-портів, що відповідає кількості задіяного у системі апаратного обладнання.

Можливі два основних способи побудови центра моніторингу: регіональний і корпоративний, відповідно, існує два варіанти реалізації сервера системи моніторингу:

- серверний варіант – організація системи моніторингу на основі сервера, на якому встановлене ядро системи, а робочі місця чергових операторів організуються на окремих комп'ютерах. Цей варіант призначений для схеми побудови регіонального центра моніторингу мобільних об'єктів;

- спрощений «одномашинний» варіант – програмне забезпечення системи моніторингу встановлене безпосередньо на тому самому комп'ютері, який виконує роль робочого місця чергового оператора. Цей варіант призначений для схеми побудови корпоративного центра моніторингу мобільних об'єктів.

Об’єктове обладнання системи моніторингу мобільних об’єктів установлюється безпосередньо на автотранспортному засобі та містить далі описані елементи.

Контролер трекінгової системи, який є основним мобільним блоком системи і призначений для забезпечення моніторингу автомобілів шляхом передачі вихідних повідомлень у центр моніторингу, а також для виконання команд, що отримуються з центра моніторингу. Даний блок має дводіапазонний GSM/GPRS модем, 12-канальний GPS-приймач та управляючий контролер.

Опційні пристрої. Ці пристрої підключаються до контролера трекінгової системи для вирішення тих чи інших завдань з диспетчеризації та охорони автотранспортного засобу. До основних опційних пристроїв належать:

- блок виконавчих реле, призначений для віддаленого впливу оператора центра моніторингу на електричні елементи й агрегати автомобіля;
- датчик нахилу ту руху, призначений для виявлення нахилу (диференту та крену) автомобіля, а також виявлення факту початку або закінчення його руху;
- блок дуплексної постановки/зняття, призначений для переведення контролера трекінгової системи в режим охорони автомобіля і назад, а також для формування сигналу «Тривога». Блок дає можливість використовувати для процедури постановки та (або) зняття з охорони електронні охоронні системи, які є на автомобілі (сигналізація та іммобілайзер). У разі їх відсутності або неможливості підключення до них, пристрій може здійснювати автоматичну установку в режим «Охорона» і зняття автомобіля з охорони механічним кодом, тобто шляхом введення послідовності механічних дій, наприклад: натискання педалі гальма, потім увімкнення магнітоли, поворот ключа в замку запалювання і т. п.

Програмне забезпечення трекінгових систем реального часу містить три елементи:

- програму моніторингу;
- картографічні та геоінформаційні програми;
- Інтернет-доповнення.

Програми моніторингу дають можливість вести облік і зберігання маршрутів руху автотранспортних засобів; формувати у форматах Word, Excel і PDF, а також зберігати й роздруковувати зведені звіти за будь-який період часу. Як правило, програма моніторингу забезпечує роботу з простим та інтуїтивно зрозумілим оператору інтерфейсом й не вимагає спеціальних навичок і знань. Картографічні програми забезпечують оператору системи моніторингу можливість перегляду місцезнаходження і маршрутів руху мобільних об’єктів на карті. При цьому картографічна інформація може бути представлена у вигляді електронних карт місцевості або ж у вигляді електронних фото місцевості, наприклад, з використанням картографічного сервісу Google Earth.

6.9. Міські навігаційні системи моніторингу дорожнього руху автомобілів

Міські навігаційні системи призначені для вирішення навігаційних завдань та оптимального розподілення транспортних потоків у межах великих

міст і мегаполісів. Їх використання дає можливість знизити час і вартість поїздки, а також підвищити комфортність руху водіям і пасажирам, зменшити простої автомобілів у заторах та на перехрестях.

Класифікація методів контролю роботи маршрутних транспортних засобів наведена на рис. 6.26.

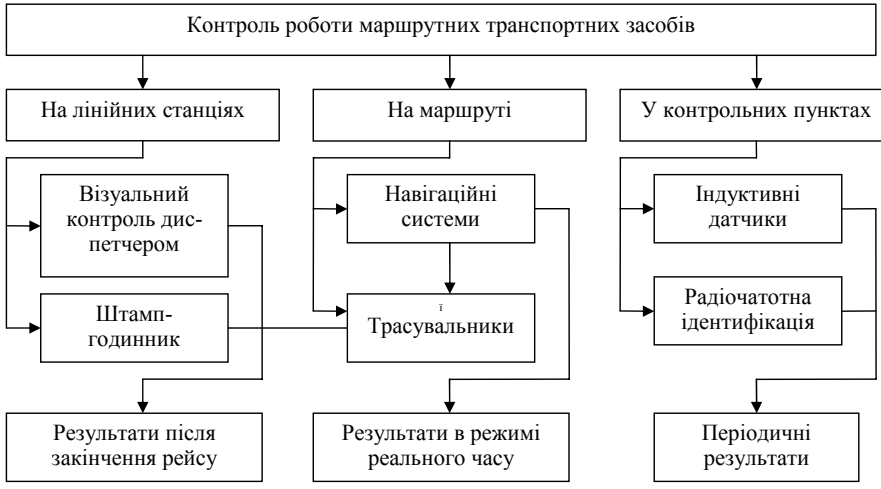


Рис. 6.26. Класифікація методів контролю роботи маршрутного пасажирського транспорту

Трасувальники – це пристрої для відстеження траси й режимів роботи транспортних засобів. Основою цих пристроїв є датчики для відносних вимірювань пройденої відстані й напрямку руху.

Відмінною рисою усіх видів міських навігаційних систем є наявність мережі встановлених на міських вулицях детекторів транспорту, відеокамер, радіопередавачів для інформування водіїв про дорожню обстановку, а також каналу зв'язку (як правило, радіозв'язку) з центром керування, у якому накопичується вся дорожня інформація по мегаполісу. У підсумку міські навігаційні системи здатні сприймати багато різноманітної дорожньої інформації й оперативно повідомляти її водіям, що перевозять вантажі, пасажирам, центрам керування дорожнім рухом.

У міжнародній практиці проблема перевантаженості міських доріг вирішують за рахунок використання технологій інтелектуальних транспортних систем (ІТС), що здатні ефективно керувати дорожнім рухом і міським пасажирським транспортом на існуючій вуличній дорожній мережі без збільшення щільності доріг. ІТС регіону, АТП, СТО – комплекс взаємопов'язаних автоматизованих систем (можливо різного технічного рівня), що вирішує завдання керування дорожнім рухом, моніторингу технічного стану (готовність), керування роботою усіх видів транспорту (індивідуального, громадського, вантажного), інформування громадян і підприємств про організацію транспортного обслуговування на території регіону, АТП та СТО відповідно.

Напрямки інформаційних потоків в інтелектуальній системі керування транспортом показані на рис. 6.27. В такій системі є автоматична система голосового сповіщення на транспортному засобі, засоби забезпечення пріоритету проїзду громадського транспорту, інші сервіси. «Розумна» зупинка, яка показана на рис. 6.27, – це зупинка, на якій є інформаційне табло з ілюстрацією графіка руху транспорту, якого точно дотримується громадський транспорт.

Рис. 6.27. Схема інформаційних потоків в інтелектуальних системах керування міським пасажирським транспортом

Спрощена схема міської інтелектуальної транспортної системи показана на рис. 6.28.

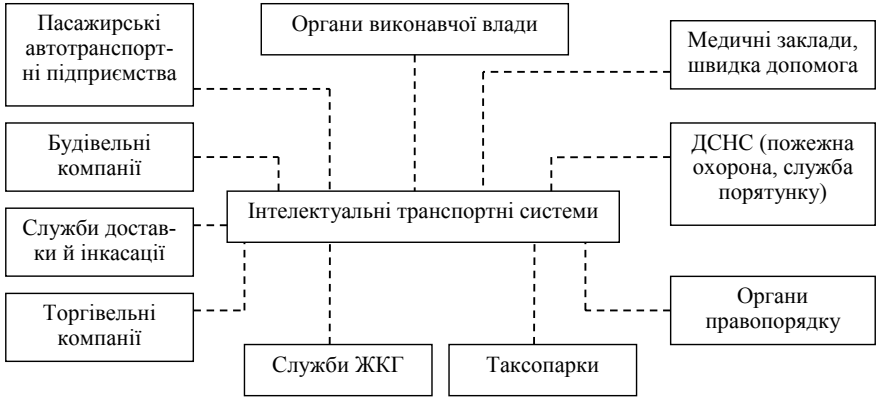


Рис. 6.28. Міська інтелектуальна транспортна система

Стандарти ІТС припускають можливість інтеграції великої низки транспортних систем і компонент, з якими результуюча система, яку експлуатує й об’єднує один господарчий суб’єкт, буде належати до класу ІТС. Такими ком-

понентами можуть бути:

1. Системи збору інформації про умови руху і стан дорожньо-транспортного комплексу:

- мережі детекторів транспорту;
- системи збору інформації на підставі телематичних даних з автомобіля;
- мережі відеокамер спостереження;
- дані спеціальних заходів щодо обстеження умов руху та вуличної-дорожньої мережі міста;
- шлюзи у зовнішні суміжні системи пасажирських перевізників;
- операторів систем контролю оплати;
- операторів систем продажу квитків;
- різні відомчі системи, що акумулюють інформацію про нештатні й надзвичайні ситуації.

2. Системи контролю, керування і сервісу:

- моделювання (моделі транспортних, вантажних, пасажирських потоків);
- керування дорожнім рухом.
- забезпечення безпеки на транспорті, у тому числі відеоспостереження на ділянках дороги, в салонах автомобілів;
- керування паркувальним простором;
- моніторингу руху автомобілів (по підприємствам, по категоріям і т. п.);
- керування маршрутним транспортом;
- керування логістикою;
- контролю за станом дорожнього господарства й керування дорожнім господарством і станом доріг;
- інформування учасників руху;
- інформування пасажирів;
- контролю платності проїзду;
- забезпечення (технічні, інформаційні, зв'язкові тощо);
- геоінформаційні системи регіону;
- аналітичний керуючий (ситуаційний) центр.

Основне завдання ІТС – зменшити утворення заторів за рахунок інтелектуального керування світлофорами. Зовнішній комплекс відеокамер передає інформацію про дорожній рух по вуличній мережі в центр керування. На підставі отриманої інформації диспетчер центру керування робить зміну режиму роботи світлофора, щоб запобігти утворенню затора на міських дорогах. Розвинена ІТС дає можливість робити автоматичну (тобто без участі людини) диспетчеризацію: вмикати спеціальні режими роботи світлофорів, змінюючи тривалість дозвільного або заборонного сигналів для будь-якого світлофора у місті. Крім камер для реалізації такої системи може провадитися збір інформації про кількість автомобілів безпосередньо від водіїв. Також on-line система збору інформації про учасників дорожнього руху, яка утворює активний «чорний ящик», може суттєво підвищити безпеку водіїв.

Завдяки застосуванню міських навігаційних систем у виграші виявляються не тільки водії автомобілів, але й АТП, СТО та все населення міста. Транспортні потоки на дорожній мережі розподіляються більш рівномірно, що, по-перше, полегшує роботу громадського транспорту через зменшення заторів (за-

пізнення людей і вантажів) і, по-друге, знижує загазованість довкілля і міських районів відпрацьованими вихлопними газами.

Однак, для міського господарства подібні навігаційні системи обходяться достатньо дорого, тому що мережа навігаційних маяків повинна бути великою й охоплювати по можливості усе місто: маяк потрібен практично біля кожного перехрестя. Тому у світі лише мегаполіси кількох економічно розвинених країн змогли реалізувати подібні навігаційні проекти, серед яких найбільш відомим є проект навігаційної системи CARFAX (Великобританія).

7. БОРТОВІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РУХОМ, ДІАГНОСТИКИ ТА БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЯ

Призначенням бортових систем інтелектуального автомобіля є керування робочими процесами та рухом, контроль і прогнозування технічного стану, передача у зовнішнє середовище й отримання дорожньо-транспортної інформації для ефективного керування автомобілем. Також інформування водія, інформаційні центри та технічні служби АТП та СТО про технічний стан автомобілів з метою оцінити їх готовність виконувати транспортну роботу, про необхідність отримання сервісних послуг, проведення регулювальних робіт, ТО та Р. Збирання статистичних даних про технічний стан, про фактичні дорожньо-транспортні та кліматичні умови експлуатації конкретних автомобілів парка АТП то СТО дає можливість уникати відмов за рахунок своєчасного усунення несправностей, коригування періодичності проведення ТО та Р, враховуючи фактичний технічний стан транспортного засобу. Крім того, це дає можливість підтримувати нормативну екологічну та технічну безпеку автомобіля, підвищувати продуктивність і знижувати трудомісткість перевезення вантажів і пасажирів, підвищувати ефективність технічної експлуатації автомобілів.

Телематичні й інтелектуальні системи моніторингу та діагностування дають можливість враховувати основні фактори, що впливають на середню кілометрову витрату пального: дорожні умови, масу автомобіля, питому потужність, пробіг автомобіля з початку експлуатації, тип двигуна; вплив інфраструктури та організації руху: однорідність транспортного потоку (можливість рухатися з найбільш економічною швидкістю), організацію невпинного руху, будівництво об'їзних доріг, підземних або наземних пішохідних переходів і транспортних розв'язок на різних рівнях. А від урахування всіх цих факторів залежить ефективність перевезень та технічної експлуатації автомобільного транспорту.

Довкілля може вносити невизначеність і випадковість вихідних даних та ситуацій, випадковим чином змінювати характер взаємодії між складовими агрегатів і систем автомобіля. У таких динамічних системах можуть виникнути випадкові збурення, які є результатом помилок вимірювання діагностичних параметрів та похибок при перетворенні інформації, дії різного роду перешкод внаслідок появи неврахованих, але об'єктивно діючих причин, що суттєво впливають на технічний стан автомобіля і є об'єктом автоматичного врахуван-

ня сучасними телематичними та інтелектуальними системами моніторингу та діагностування.

7.1. Системи самодіагностики, збору інформації та дистанційного діагностування автомобіля

7.1.1. Бортові системи інтелектуального автомобіля

Сучасні автомобілі мають телематичні модулі супутникової навігації, вбудовані бортові системи діагностування майже всіх технічних систем, адаптоване керування робочими процесами, розпізнавання і коригування паливної суміші, регулювання витрати пального в ДВЗ. Високий технічний рівень виробництва автомобілів дає можливість підвищити ресурс, технічну й екологічну надійність, , контролювати дії водія, коригувати періодичність ТО та норми ТО-1 і ТО-2 порівняно з традиційними конструкціями автомобілів.

За своїми функціями і структурою діагностику автомобіля можна поділити на внутрішню бортову та зовнішню (дистанційну), пов'язану з телематичними і телекомунікаційними засобами передачі бортових даних і взаємодії з довкіллям, інфраструктурою доріг, іншими транспортними засобами. Такий високий рівень створення систем внутрішньої та зовнішньої телематики забезпечено мехатронізацією та оснащенням CAN-шиною сучасного автомобіля.

Загальна схема бортових систем інтелектуального автомобіля приведена на рис. 7.1 [31].

Рис. 7.1. Класифікація бортових систем інтелектуального автомобіля

Бортова система поділена на три групи:

1. Система керування автомобілем.
2. Бортова система інформування водія.
3. Система збору й передачі інформації.

Кожна з груп має у своєму складі відкриті й закриті підсистеми. Електронні системи автомобіля сьогодні, в основному, виконують функцію закритих. Отримана від різних датчиків автомобіля інформація аналізується з допомогою відповідних програм і виробляє в електронному блоці керування команди для виконавчих пристроїв з метою підвищення безпеки руху, зручності керування, підвищення ефективності транспортного засобу та зниження навантаження на довкілля. Також сигнали від деяких систем можуть бути використані як відкриті для передачі у зовнішнє середовище: інформаційним центрам, дорожньо-транспортній інфраструктурі, іншим учасникам руху. Автомобіль 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.

7.1.2. Бортові контролери зв'язку CAN блоків керування автомобіля

7.1.2.1. Способи передачі даних

Бортові мехатронні системи сучасного автомобіля у своєму складі має велику кількість виконавчих та керуючих пристроїв. До них належать різноманітні датчики, контролери та інші пристрої та механізми.

Для керування автомобілем потрібен обмін інформацією між окремими електронними блоками керування, тобто роботою 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 проектуються для використання в автомобілях, розв'язані шляхом застосування шини CAN для передачі даних

Застосовувана на автомобілях система CAN дає можливість об'єднати в локальну мережу блоки керування або складні датчики. Шина CAN – це система, яка складається зі спеціального кабелю із розгалужувачами для підключення електронних блоків та кінцевих пристроїв – термінаторів (резисторів).

Позначення CAN – це скорочення від Controller Area Network (локальна мережа, що пов'язує блоки керування). Використання системи CAN на автомобілі дає 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 ESP, 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 в систему.

Сигнали можуть бути передані через систему CAN за умови, що електронні блоки керування мають послідовний CAN-інтерфейс.

Найчастіше шина CAN – це скручені (звиті) 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. 7.2) [11, 32].

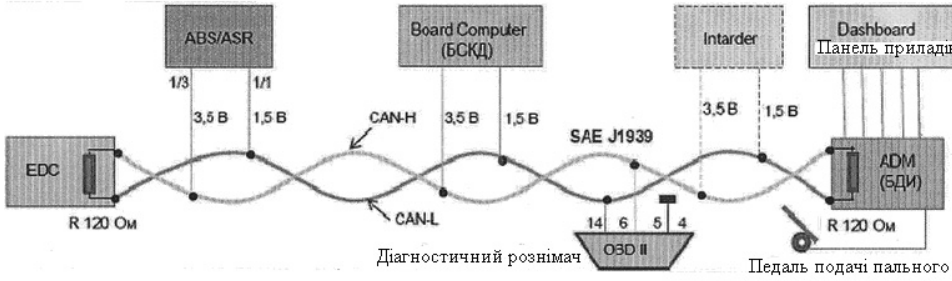


Рис. 7.2. Підключення пристроїв до шини CAN

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 автомобіля. Такою шиною забезпечується достатньо висока швидкість передачі даних.

Завдяки застосуванню даної системи зі складу електричної схеми автомобіля звільнилась певна кількість провідників, які забезпечували зв'язок, наприклад, за протоколом KWP 2000 між контролером системи керування двигуном і штатною сигналізацією, діагностичним обладнанням тощо.

Будь-який вузол мережі CAN надсилає повідомлення по мережі й кожен з вузлів системи вирішує, чи відноситься до нього це повідомлення. Для вирішення цього завдання в CAN є апаратна реалізація фільтрації повідомлень. Контролери CAN з'єднуються з допомогою диференціальної шини, що має дві лінії, з високим CAN-H (Can-High) і низьким CAN-L (Can-Low) рівнями, якими передаються сигнали (рис. 7.3). Високий або низький провідники CAN визначаються мультиметром або осцилографом.

Протокол CAN-шини реалізований у двох версіях: версія А задає 11-бітну ідентифікацію повідомлень (тобто в системі може бути 2048 повідомлень), версія В – 29-бітну (536 млн. повідомлень).

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.

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).

Рис. 7.3. Типова схема шини CAN

CAN Class C – це шина силового агрегату (двигун-трансмісія) і систем активної безпеки (АБС). Це найшвидший канал зі швидкістю передачі даних 500 кбіт/с-1 Мбіт/с для зв'язку між головними блоками керування (двигун - трансмісія - АБС - системи безпеки). Саме тут особливо важлива швидкість реагування, здатність миттєво обробляти колосальні об'єми інформації.

CAN Class B – служить для зв'язку менш важливих модулів і блоків, що входять до складу систем клімат-контролю (система «Комфорт») або, наприклад, кузовної електроніки (блок керування подушками безпеки, датчиками в дверях автомобіля). В даному випадку швидкість передачі вже не відіграє такої важливої ролі й об'єми даних, що передаються, теж не так важливі, тому по CAN Class B інформація передається зі швидкістю до 100 кбіт/с.

CAN Class A – до нього відносяться найменш значні блоки, і швидкість передачі складає до 10 кбіт/с. У більшості випадків застосування CAN описаних швидкостей цілком вистачає для забезпечення повноцінного функціонування автомобільних електронних систем. Усі абоненти шини своєчасно отримують і обробляють інформацію, що надходить. Вони адекватно взаємодіють один з одним, і тому автовласник не відчуває ніяких незручностей в процесі руху, і що найголовніше, – в аварійній ситуації вчасно спрацьовують подушки безпеки, натягуються ремені безпеки тощо. Тобто всі блоки діють злагоджено, а контролюючі пристрої забезпечують безперебійне функціонування всієї системи в цілому.

Таким чином можна зробити висновок про переваги використання шини даних CAN:

- значно спрощується коло провідників;
- забезпечується висока швидкість обміну даними між блоками керування;

- звільняється додаткове вільне місце завдяки компактності блоків керування і їх рознімачів;

- зменшується кількість помилок завдяки безперервній перевірці повідомлень, що передаються, блоками керування;

- для того, щоб додати додаткову інформацію в протокол передачі даних, необхідно лише внести необхідні зміни до програмного забезпечення;

- шина даних CAN є загальновизнаним світовим стандартом, що забезпечує можливість обміну даними по шині між блоками керування різних виробників.

На рис. 7.4 показана топологія і форма сигналів CAN-шини легкового автомобіля. Під час передачі інформації якого-небудь з блоків керування сигнали підсилюються прийомопередавачем (трансивером) до необхідного рівня.

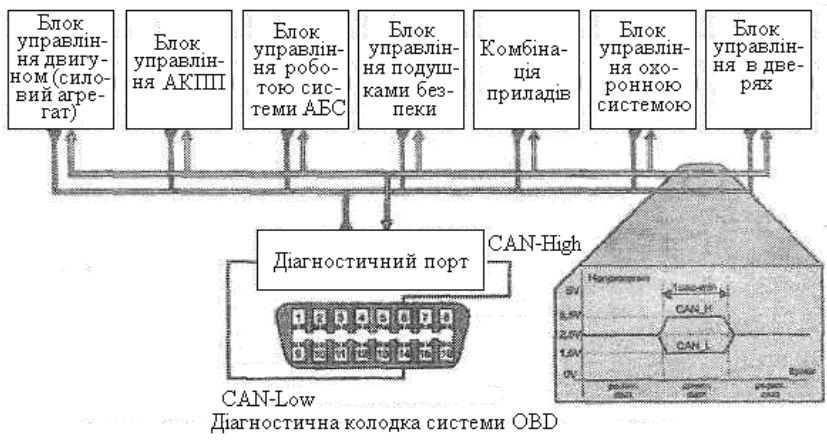


Рис. 7.4. Топологія і форми сигналів CAN-шини

Кожен підключений до CAN-шини блок має певний вхідний опір, в результаті утворюється загальне навантаження шини CAN. Загальний опір навантаження залежить від кількості підключених до шини електронних блоків керування та виконавчих механізмів. Так, наприклад, опір блоків керування, підключених до CAN-шини силового агрегату, в середньому складає 68 Ом, а системи «Комфорт» й інформаційно-командної системи – від 2,0 до 3,5 кОм.

Слід мати на увазі, що при вимкненні живлення відбувається відключення навантажувальних опорів модулів, підключених до CAN-шини.

На рис. 7.5 показаний фрагмент CAN-шин з розподіленням навантаження в лініях CAN-High і CAN-Low. Системи і блоки керування автомобіля мають не тільки різні навантажувальні опори, але й швидкості передачі даних, тому це може перешкоджати обробці різнотипних сигналів. Для розв’язання цієї технічної проблеми використовується перетворювач для зв’язку між шинами. Такий перетворювач прийнято називати міжмережним інтерфейсом. Такий пристрій в автомобілі найчастіше вбудований у конструкцію блока керування, комбінацію приладів, а також може бути виконаний у вигляді окремого блока. Також інтерфейс використовується для введення і виведення діагностичної інформації,

запит якої реалізується по проводу, підключеному до інтерфейсу або до спеціального діагностичного кабелю CAN-шини. У даному разі великим плюсом у проведенні діагностичних робіт є наявність єдиного уніфікованого діагностичного рознімача (колодка OBD). На рис. 7.6 показана блок-схема міжмережного інтерфейсу.

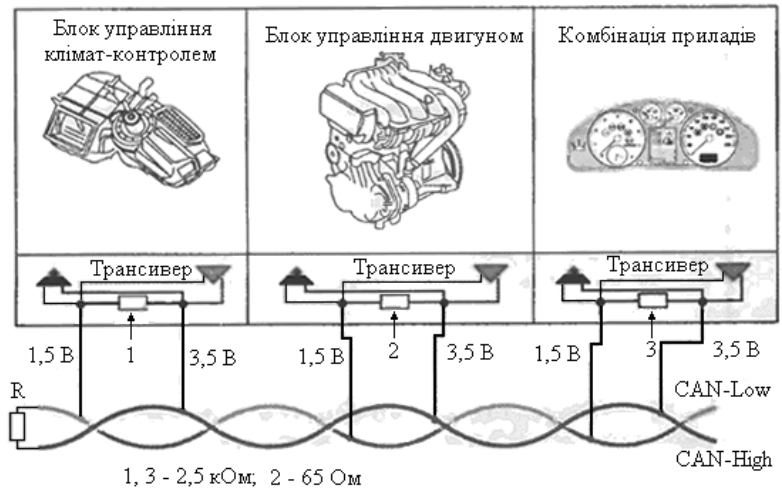


Рис. 7.5. Фрагмент CAN-шини з розподіленням навантаження в проводах CAN-High CAN-Low

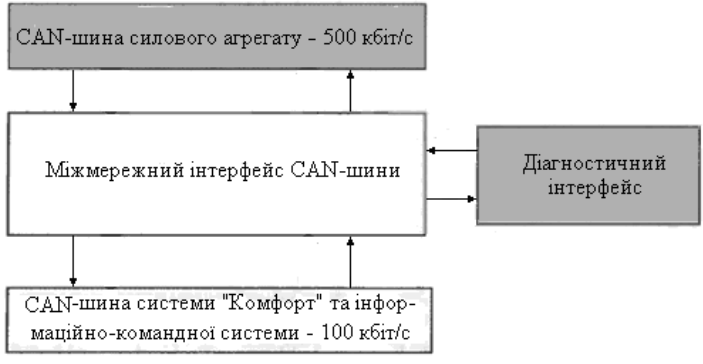


Рис. 7.6. Блок-схема міжмережного інтерфейсу

Слід мати на увазі, що на деяких марках автомобілів, наприклад, на Volkswagen Golf V CAN-шини системи «Комфорт» та інформаційно-командна система не з'єднані міжмережним інтерфейсом. Далі представлені електронні блоки й елементи, що відносяться до CAN-шин силового агрегату, системи «Комфорт» та інформаційно-командної системи: CAN-шина силового агрегату,

електронний блок керування двигуна, електронний блок керування КПП, блок керування подушками безпеки, електронний блок керування АБС, блок керування електропідсилювача керма, блок керування ПНВТ, центральний монтажний блок, електронний замок запалювання, датчик кута повороту кермового колеса, CAN-шина системи «Комфорт», комбінація приладів, електронні блоки дверей, електронний блок контролю паркувальної системи, блок керування системи «Комфорт», блок керування склоочисників, контроль тиску в шинах, CAN-шина інформаційно-командної системи, комбінація приладів, система звуковідтворення, інформаційна система, навігаційна система.

Наведені елементи і блоки за своїм складом можуть відрізнятися в залежності від марки автомобіля.

7.1.2.2. Компоненти шини CAN

Шина CAN складається з таких компонентів:
- контролер;
- трансивер;
- два термінали шини даних;
- два проводи шини даних.

Усі вузли шини даних вбудовані у блоки керування, за винятком проводів шини даних. Функції блоків керування порівняно з попередніми моделями не змінилися.

Компоненти системи показані на рис.7.7. Контролер шини CAN отримує дані від мікрокомп'ютера блока керування. Він обробляє їх і передає трансиверу шини CAN. Аналогічно, контролер приймає сигнали від трансивера шини CAN, обробляє їх і передає мікрокомп'ютеру блока керування.

При використанні шини даних приймач не визначається. Інформація передається по шині даних і, як правило, приймається та аналізується усіма компонентами.

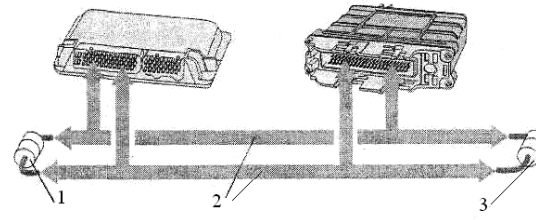


Рис. 7.7. Компоненти шини даних:
1 – термінал шини даних; 2 – провід шини даних; 3 – термінал шини даних

Трансивер шини CAN – це приймач і передавач, об'єднані в один пристрій. Він служить для перетворення даних від контролера шини CAN в електричні сигнали і передачі їх по дротам. 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 служать для передачі даних.

Процес передачі даних складається з таких етапів (рис. 7.8 [32]):

- **підготовка даних**. Точкою відправлення повідомлення (даних) завжди є блок керування. Він передає дані, що підлягають відправленню, власному контролеру шини CAN;

- **передача даних**. Трансивер шини CAN отримує дані від контролера, перетворює їх в електричні сигнали і відправляє далі шиною;

- **отримання даних**. Усі блоки керування, об'єднані через шину даних, після передачі виконують функцію приймача. Якщо двом блокам керування потрібно відправити повідомлення одночасно, першим відправляє повідомлення блок керування з вищим пріоритетом. Наприклад, дані системи АБС мають вищий пріоритет, ніж дані коробки передач;

- **перевірка даних**. Блоки керування перевіряють, чи є отримані дані необхідними для їх функціонування, чи ні;

- **адаптація даних**. Якщо отримані дані важливі, вони піддаються адаптації й обробці, інакше вони ігноруються.

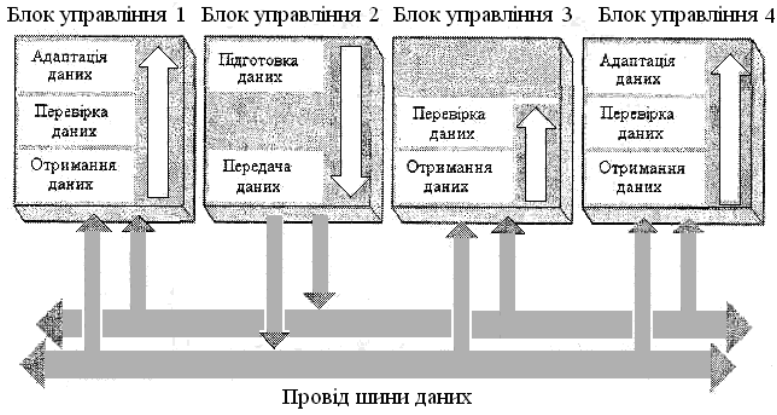


Рис. 7.8. Алгоритм передачі даних

Передача даних у шині CAN виконується за протоколом у вигляді обміну повідомленнями між блоками керування через дуже короткі проміжки часу. Протокол складається з послідовності бітів інформації, що передаються один за одним. Кількість бітів даних у протоколі передачі залежить від розміру поля даних. Структура протоколу передачі даних завжди відповідає стандартним фреймам, які складаються з семи послідовно розташованих полів даних.

Фрейм (англ. frame – кадр, рамка) – це описана стандартом структурована послідовність бітів, що складаються в байти, яка є повідомленням, що абоненти шини приймають або передають.

Для контролю функціонування CAN-шини розроблені сканери, які бувають контактні та безконтактні. Використання безконтактних є пріоритетним, адже вони не впливають на роботу шини, не займають діагностичний рознімач і не руйнують ізоляцію. Вони працюють тільки на зчитування інформації.

На рис. 7.9 показано безконтактний пристрій CANCrocodile, призначений для контролю функціонування CAN-шини. На ньому цифрами позначені: 1 – корпус; 2 – плата; 3 – індикатори; 4 – з'єднувальний кабель; 5 – рознімач живлення і передачі даних.

Рис. 7.9. Безконтактний пристрій CANCrocodile

У табл. 7.1 наведені технічні характеристики безконтактного пристрою CANCrocodile.

Таблиця 7.1

Технічні характеристики безконтактного пристрою CANCrocodile

Параметр	Значення
Допустима кількість втрачених повідомлень, %	1
Номінальна швидкість передачі даних, кбіт	250
Вихідний інтерфейс	CAN 2.0 B (ISO 11898)
Напруга живлення, В	12/24
Діапазон напруги живлення, В	10-50
Сила струму, мА	100
Температурний діапазон роботи, °С	-10...+85
Сумісність	SAE J1939, CAN Open, DeviceNet, NMEA 2000

7.1.3. Бортові інформаційні системи автомобілів

Високий рівень мехатронізації автомобіля, розвитку мікропроцесорної техніки, інформаційних технологій дає можливість успішно вирішувати завдання глобалізації контролю і діагностування автомобіля, керування рухом транспортних засобів.

Під внутрішнім контролем і діагностикою розуміють системи збору, обробки та використання бортової інформації для забезпечення ефективного керування транспортними засобами. Засоби бортових підсистем системи контролю і діагностики поступово поєднуються у єдину бортову комп'ютерну систему, де за кожною підсистемою її структурна і програмна незалежність поєднуються інформацією через CAN-шину.

Сучасні бортові системи діагностування – це включені в конструкцію автомобіля датчики, пристрої вимірювання, мікропроцесори та пристрої відображення діагностичної інформації. Спрощена класифікація вбудованих систем діагностування приведена на рис. 7.10.

Під час звичайної експлуатації автомобіля бортовий комп'ютер періодично тестує електричні та електронні системи і їх компоненти. У разі виявлення несправності контролер електронного блока керування (ЕБК) переходить в аварійний режим роботи, підставляючи значення параметра, яке пасує при цьому, замість того, що дає несправний блок. Протоколи зв'язку за стандартом OBD-II

надають діагносту низку стандартних функціональних можливостей щодо режимів діагностування. Установлення достовірного діагнозу вимагає високої інженерної кваліфікації від фахівця, який здійснює аналіз інформації (табл. 7.2), отриманої від системи самодіагностики, а також наявності досить тривалого часу для пошуку несправності.

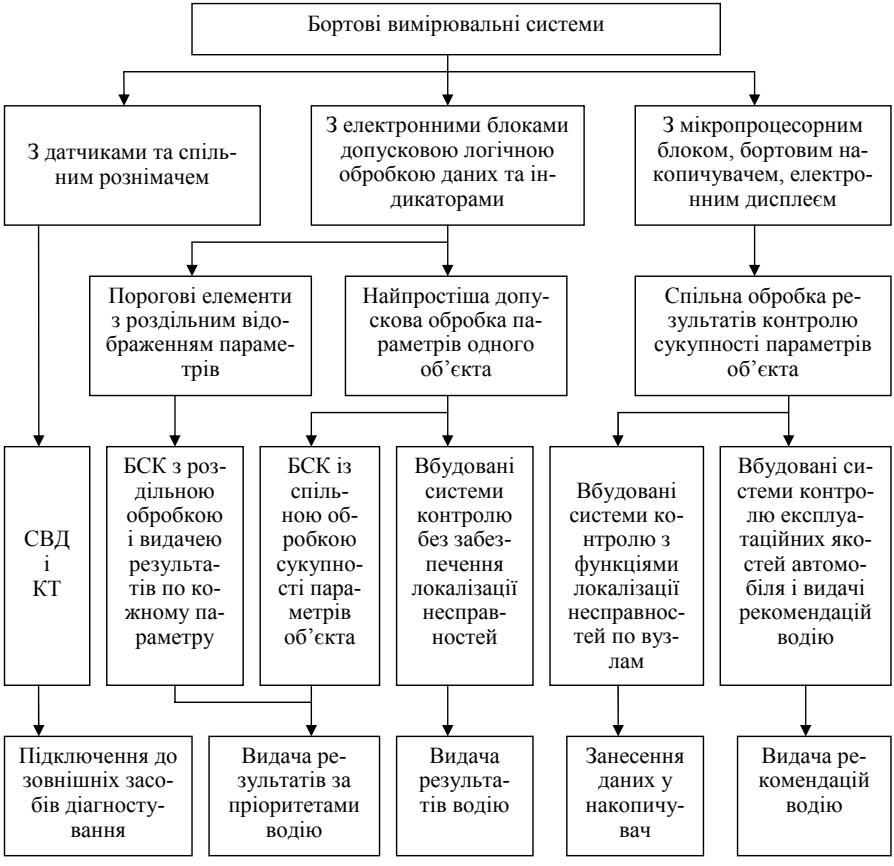


Рис. 7.10. Класифікація вбудованих засобів діагностування

Таблиця 7.2

Інформаційні блоки автомобіля

C	Діагностика	ESI[tronic]-C інформація щодо діагностики блока керування (БУ) бензиновим і дизельним двигуном, а також БУ гальмами та комфортом. Підтримуються системи інших виробників. ESI[tronic]-C містить інструкції щодо ремонту та програмне забезпечення (ПЗ) для діагностики БУ

Продовження табл. 7.2

TSB	Технічна інформація TSB	TSB містить опис відомих несправностей автомобіля і пропонує їх визначення за ознаками і групами (ABS, Airbag, engine тощо)
M	Механіка	ESI[tronic]-M дає швидкий доступ до інформації про всі механічні параметри автомобіля, в том числі дані щодо розвалу/сходження, сервісних робіт, про складання/розбирання агрегатів і т. п.
P	Електроніка комфорту	ESI[tronic]-P містить електричні схеми для систем кондиціонування, протиугінних систем, центрального замка, підігріву сидінь, подушок безпеки, склопідйомників і т. п.
Опція		
Truck	Вантажівки	KTS Truck призначена для діагностики блоків керування вантажних і комерційних автомобілів. ПЗ надає можливість проводити ідентифікацію БУ, читати і видаляти помилки з пам'яті БУ, відображати фактичні значення, проводити тестування виконавчих органів, виконувати спеціальні функції щодо програмування БУ. Інформаційна частина ПЗ містить схеми електричних з'єднань, складальні креслення, інструкції щодо ремонту, номінальні значення фактичних вимог на вибраний автомобіль

Мережа електронних блоків керування. Системи електронного керування такі, як керування двигуном, антиблокувальна система гальм (ABS), протибуксовна система (TCS), система керування коробкою передач, система курсової стійкості (ESP) та інші взаємодіють одна з одною в мережі. Електронні блоки керування (ЕБК) мають однаковий пріоритет і з'єднані між собою лінійною системою шин передачі даних. Однією з переваг такої структури є те, що у разі відмови однієї системи (абонентська система) решта продовжують функціонувати, маючи повний доступ у мережі.

Ці системи підтримують обмін повідомленнями за певними правилами – протоколами. Це дозволяє всім ЕБК вузлами автомобілів «розуміти» один одного. У разі необхідності відбувається конвертація даних з одного протоколу в інший за допомогою спеціальних шлюзів. Таким чином ЕБК двигуна обмінюється даними з ЕБК трансмісії в момент перемикання передач, завдяки чому двигун миттєво зменшує крутний момент, щоб зміна передачі відбувалася плавно. Аналогічно ЕБК двигуна обмінюється даними із системою ABS для забезпечення, стабільності гальмування. руху або поворотів. До бортової мережі можуть приєднуватися окремі цифрові датчики, органи керування від водія, засоби зовнішньої комунікації. Такі комп'ютеризовані комплекти складають телематичні системи, які забезпечують зв'язок між підсистемами автомобільної мехатроніки. А телематичні системи є засобом організації телекомунікаційних зв'язків як всередині автомобіля, так і поза ним.

Для передачі повідомлень між окремими бортовими модулями використовуються два стани шини: домінантний (активний) і рецесивний (пасивний). CAN-шина функціонує у режимі реального часу, що важливо при керуванні вузлами автомобіля, які працюють у швидкісних режимах, тому шина має три варіанти реалізації швидкісних режимів [11].

Для прийому сигналів, що передаються через мережу центральним мікропроцесором, та передачі сигналів на мікропроцесор усі елементи схеми повинні

мати мікросхему узгодження інтерфейсу RS/CAN. Така мікросхема також входить до складу інтелектуального датчика або привода. Відповідно, посилаючи сигнал у мережу, інтелектуальний датчик передає свій ідентифікаційний код, за яким його розпізнає інший мікропроцесор.

До CAN-шини різного типу може використовуватись шина UART – універсальний асинхронний приймач/передавач. Шина UART зазвичай використовується для передачі даних між датчиками та блоком керування.

Водій отримує інформацію про несправність з допомогою контрольної лампи «Check Engine» (перевірити двигун) або світлодіода, які розташовані на панелі приладів. Мікропроцесор ЕБК заносить специфічний код несправності у КАМ-пам'ять. КАМ-пам'ять (Keep Alive Memory) здатна зберігати інформацію у разі вимкнення живлення ЕБК. Це забезпечується підключенням мікросхем КАМ-пам'яті окремим кабелем док акумуляторної батареї або використанням малогабаритних акумуляторів, що під заряджаються, розміщених на друкованій платі ЕБК.

Системи бортового діагностування дають можливість оцінювати технічний стан складальних одиниць або систем при щоденному обслуговуванні або 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 зношування вартісного обладнання. До безперервно контрольованих параметрів належать: рівні та температура робочих рідин, тиск у системах змащування і гальм, зарядженість акумуляторних батарей тощо. У разі наявності бортових систем діагностування інформація про технічний стан системи та складальних одиниць надходить до водія і диспетчера через цифрові покажчики, звукові або світлові сигнали для надання рекомендацій щодо режимів роботи та технічного обслуговування. В окремих випадках доцільно за командою датчика здійснювати автоматичну зупинку автомобіля або інші дії з метою недопущення аварійного стану або викиду робочої рідини, що знаходиться під тиском.

Обмін інформацією між системами зменшує загальну кількість необхідних датчиків і покращує керування окремими системами. Інтерфейси систем передачі інформації, що проектуються для використання в автомобілях, можуть бути поділені на дві категорії:

- звичайні інтерфейси;
- послідовні інтерфейси, тобто мережа контролерів (CAN).

7.1.4. Інформаційне забезпечення роботоздатності та самодіагностика автомобіля

7.1.4.1. Функціональне призначення самодіагностики

Самодіагностика технічних систем автомобіля дає можливість оптимізувати робочі процеси, передбачаючи:

- ідентифікацію системи й 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.

Окремі програми для тестувального блока зберігаються у підключених модулях, тоді як коригування і передача даних у системі здійснюються з допомогою інтерфейсу даних.

Самодіагностика автомобілів характеризується виконанням кількох вимог [33, 34, 35, 37]:

1. Контроль за роботою складних систем і вузлів. Конструкція автомобілів, 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 запалювання.. Система реагує на певну частоту появи пропусків запалювання, відключаючи подачу пального у несправний циліндр, щоб запобігти перегріванню нейтралізатора.

3. Робота в аварійній ситуації згідно з величинами, прийнятими «за замовчуванням». Наприклад, у разі виходу з ладу датчика навантаження (який визначає масову витрату повітря) генерується сигнал його заміни, що базується на значеннях частоти обертання колінчастого вала і положення дросельної заслінки.

4. Інформування водія про несправності системи діагностики з допомогою індикаторних ламп, дисплеїв або акустичних пристроїв попередження.

5. Зберігання точної інформації. Система зберігає в пам’яті ЕБК попереджувальну інформацію і дані про окремі несправності. Також у запам’ятовувальному пристрої зберігаються дані про умови роботи технічних систем автомобіля на момент виявлення несправності.

6. Доступ до збережених даних про несправності. Дані, що зберігаються у пам’яті системи самодіагностики під час роботи автомобіля, можуть бути передані на діагностичний стенд з дисплеєм через послідовно підключений багатоканальний вхід (порт).

7. Індикація даних про 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 маршрутах і визначати маршрутні нормативи часу руху, витрату пального, затрат на ТО і ремонт.

Функціональне призначення систем самодіагностики (СД) показане на рис. 7.11.

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. 7.11).

Рис. 7.11. Функції бортової системи самодіагностики

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.

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 КАМ-пам'ять.

Доцільність використання конкретних засобів діагностування визначається із застосуванням економіко-імовірнісного методу, який враховує вартість діагностичних засобів самого технологічного процесу, а також вплив діагностування на безвідмовність, довговічність автомобіля та періодичність його ТО.

Змістовно завдання побудови полягає в тому, щоб знайти (вирахувати, вибрати, призначити) таку сукупність і, можливо, послідовність вхідних впливів, при подачі яких на об'єкт діагностування, отримані у заданих контрольних точках відповіді об'єкта дають можливість зробити висновок про його технічний стан.

На сьогодні провідні автомобілебудівні фірми застосовують на легкових автомобілях від великого до малого класів розгалужені мікропроцесорні бортові системи контролю (БСК) для допускового контролю 15-20 і більше параметрів. На додаток до функцій перших впроваджених БСК ці системи забезпечують контроль стану зчеплення, амортизаторів, акумуляторної батареї, системи запалювання, компресії по циліндрам та ін. (рис. 7.12).

Рис. 7.12. Можливості та сфера контролю технічного стану вбудованими засобами

Для поелементної перевірки, визначення характеру несправностей та пошуку елементів, що відмовили, найскладніші мікропроцесорні системи керування оснащають спеціальним «діагностичним рознімачем» і підключають до них вторинні переносні прилади – тестери і сканери. Прикладом може бути діагностичне забезпечення розроблених фірмою WABCO антиблокувальних мікропроцесорних гальмівних систем, які мають у своєму складі «діагностичний рознімач»: найпростіші вбудовані елементи самоконтролю і вторинні переносні тестери для перевірки пневмоапаратів та електронних блоків антиблокувальних систем.

У блоці пам'яті вбудованих систем діагностування зберігається інформація для механіка-діагноста, команди автоматичним регуляторам щодо обмеження швидкості руху, частоти обертання колінчастого вала двигуна, дані для своєчасної постановки автомобіля на ПР і ТО, заміни конкретних вузлів та агрегатів, що разом зі стаціонарними комплексами АСУ визначає остаточний ресурс.

Одним з показників діагностування, які повинні бути забезпечені технічними засобами діагностування (ТЗД), є глибина пошуку несправності. Чим нижчий рівень структурної одиниці, тим складніший алгоритм пошуку в ній несправності і тим вища вартість ТЗД. У той же час, чим нижчий рівень структурної одиниці, тим нижча вартість запасних елементів. У зв'язку з цим при завданні глибини пошуку несправності необхідно забезпечити мінімальні витрати на створення ТЗД і на запасні елементи.

На сьогодні можливості ранньої діагностики несправностей автомобіля, що тільки зароджуються, суттєво підвищились. Застосування сучасного персонального комп'ютера за наявності відповідного програмного забезпечення практично знімає обмеження на можливості аналізу сигналів.

7.1.4.2. Можливості бортової системи самодіагностики

Найпростішим і найбільш розповсюдженим методом діагностування системи керування двигуном є діагностування з використанням вбудованої бортової системи самодіагностики. Такий варіант діагностування полягає в: кожний блок керування системами транспортного засобу має вбудований алгоритм самодіагностики датчиків, виконавчих елементів і кіл електропроводки; у системах, пов'язаних з екологічними обмеженнями та в аварійних системах (подушки безпеки) можуть бути використані багаторівневі алгоритми діагностування компонентів. Блок керування слідкує за виходом з ладу електричних блоків і передає результати в пам'ять несправностей. Інформація про результати самодіагностування зберігається у спеціально зарезервованих комірках пам'яті блока керування, звідки вона може бути виведена на діагностичний рознімач. Зчитування інформації з діагностичного рознімача може здійснюватися з допомогою діагностичного сканера або тестера. Сучасні універсальні діагностичні сканери дають можливість здійснювати до шести рівнів діагностування:

- рівень ідентифікації системи керування;
- зчитування з пам'яті кодів несправностей;
- зчитування фактичних параметрів (потоку 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 транспортного засобу.

Діагностування з допомогою системи самодіагностики не дає достатньої кількості інформації для достовірної постановки діагнозу. 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 наступному. Якщо бортова система керування поставила діагноз про справність датчика, то з його допомогою оцінюється динаміка самого процесу, що відбувається в системі. Наприклад, за сигналом датчика масової витрати повітря оцінюється правильність функціонування системи рециркуляції відпрацьованих газів.

Інформація, яку 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.

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.

Використання бортових систем моніторингу дає можливість перейти від періодичного профілактичного діагностування до постійного контролю та аналізу стану вузлів автомобіля, що дозволяє заощадити значні кошти за рахунок своєчасного усунення несправностей, скорочення вартості ТО та термінів ремонту.

7.1.4.3. Пошук несправностей з допомогою бортової системи самоконтролю

Система самодіагностики автомобіля за допомогою лампи або дисплея інформує водія про виникнення відхилення від номінального значення контрольованої величини параметра. Проте за наявності разового відхилення параметра система може припинити інформування, зберігши необхідну інформацію в оперативній пам'яті комп'ютера для подальшого її зчитування в режимі off-line.

На отриманий сигнал про відхилення величини параметра від: номінального значення система самодіагностики класифікує несправність за номером (кодом несправності) і запам'ятовує цей код в оперативній пам'яті, роблячи коригувальні дії, передбачені на цей випадок програмою, що керує. Кількість діагностичних кодів, визначуваних контролером системи керування може досягати понад 3000. Тому в оперативній пам'яті поступово накопичується інформація про значення величин параметрів робочих процесів вузлів, агрегатів і систем. Нормативні вимоги згідно зі стандартом OBD-II, структура кодів несправностей і протоколів обміну даними для підтримки діагностування та зчитування кодів несправностей описані в роботах [33, 34, 35].

Відображення даних з пам'яті несправностей можливе двома способами. На панелі приладів є контрольна лампа «Check Engine». Якщо блок керування розпізнав і врахував несправність, контрольна лампа «Check Engine» починає світитися. Якщо з увімкненим вимикачем стартера і свічок розжарювання натиснути клавішу діагностики, лампа «Check Engine» і лампа клавіші діагностики видають світловий код, який можна розшифрувати з допомогою табл. 7.3 [33]. Щоб зітерти код несправності, слід перед увімкненням вимикача стартера і свічок розжарювання натиснути клавішу діагностики і тримати її натиснутою протягом 3 с. При стиранні пам'яті несправностей стираються усі дані, необхідні для вирівнювання роботи двигуна по циліндрам. Тому перші 5 хвилин після нового запуску двигуна ці дані знову розраховуються.

Таблиця 7.3

Коди несправностей та інформаційні коди для двигуна Volvo D12A

Коди несправностей	
Код	**Несправна конструктивна група**
11	Датчик положення педалі подачі пального
12	Контакти холостого ходу
13	Датчик швидкості руху автомобіля
14	Реле живлення блока керування
21	Блок керування
22	Програмування блока керування
23	Датчик температури охолоджувальної рідини
24	Датчик температури наддувного повітря
25	Датчик тиску наддування повітря
26	Датчик кута повороту розподільного вала
27	Датчик ВМТ
31	Насос-форсунка циліндра 1
32	Насос-форсунка циліндра 2
33	Насос-форсунка циліндра 3
34	Насос-форсунка циліндра 4
35	Насос-форсунка циліндра 5
36	Насос-форсунка циліндра 6
Інформаційні коди	
41	Не проведене випробування гальм або є несправність вимикача педалі гальма
42	Горить сигнал готовності гальм
43	Горить сигнал вимикача педалі гальма
44	Увімкнений вимикач холостого ходу
45	Увімкнений вимикач педалі привода зчеплення
46	Задіяне стоянкове гальмо
47	Надходить сигнал небезпеки відмови
Інформаційні коди	
51	Темпомат увімкнений
52	Темпомат у положенні SET
53	Темпомат у положенні RESUME
61	Надходить сигнал АБС моторного гальма
62	Надходять дані від електронної системи керування коробкою передач
63	Блок керування у стані програмування

Коди несправностей від 41 до 63 є інформаційними, з допомогою яких можуть перевірятися функції увімкнення виконавчих механізмів і наявність сигналів, що надходять від них. Цей найпростіший спосіб зчитування кодів несправностей повсюди використовується для вантажних автомобілів з тим, щоб водій відразу міг інформувати спеціалістів на станції технічного обслуговування про неполадки.

Зчитування кодів несправностей може здійснюватися з допомогою тестера (мотор-тестера, авто тестера, сканера), підключеного до діагностичного рознімала.

Сучасні сканери дають можливість виконувати додаткові функції і можуть відрізнятися за кількістю можливих функцій, виконуваних каналами «L» і

«K» діагностики, обсягом контрольованих параметрів та змістом інформації, що надається оператору (рис. 7.13) [34].

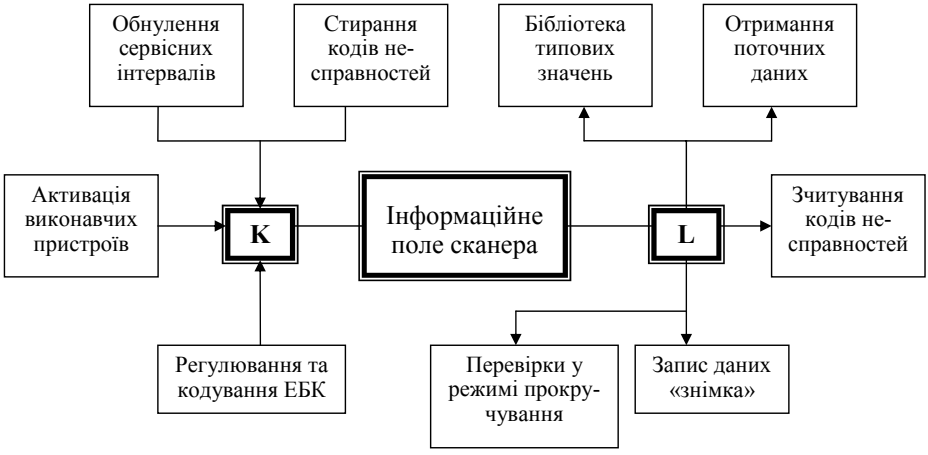


Рис. 7.13. Функціональні можливості сканера:
K (control), L (line) – інформаційні канали

Функції бортової системи самодіагностики (СД) наведені на рис. 7.11. Система СД може бути інтегрована в окремі системи автомобіля (керування двигуном, вузлами, агрегатами) або реалізована на базі центрального бортового комп'ютера, який контролює функціонування кількох систем керування одночасно.

Основні засоби отримання інформації про виявлені невідповідності контрольованих параметрів з номінальними значеннями (про несправності та відмови) наведені на рис. 7.14 [34].

Дані пам'яті несправностей можуть також бути зчитані у незашифрованому вигляді з допомогою тестера фірми Volvo. Тестер, основним елементом якого є ноутбук, дає можливість користувачеві у разі відомих кодів несправностей отримати інформацію про подальші дії щодо виявлення несправностей. Такими діями можуть

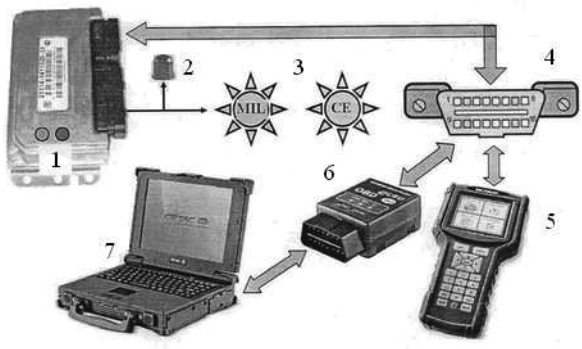


Рис. 7.14. Засоби обміну інформацією системи самодіагностики:
1 – світлодіоди, вмонтовані в корпус ЕБК; 2 – світлодіод зовнішнього підключення; 3 – сигнальні лампи діагностики на панелі приладів автомобіля; 4 – діагностичний рознімач автомобіля; 5 – діагностичний сканер; 6 – діагностичний адаптер; 7 – персональний комп'ютер

бути, наприклад, відображення таблиці даних, виміряні сила струму або напруга з допомогою мультиметра чи осцилографа, вимірювання інших параметрів.

Діагностика несправностей CAN-шини виконується з допомогою спеціалізованої діагностичної апаратури (аналізатори CAN-шини), осцилографа (у тому числі, із вбудованим аналізатором шини CAN) і цифрового мультиметра. Як правило, роботи з перевірки функціонування CAN-шини починають з вимірювання опору між проводами шини. Необхідно мати на увазі, що CAN-шини системи «Комфорт» та інформаційно-командної системи, на відміну від шини силового агрегату, постійно знаходяться під напругою, тому для їх перевірки слід відключити одну з клем акумуляторної батареї. Основні несправності CAN-шини, в основному, пов'язані із замиканням/обривом ліній (або навантажувальних резисторів на них), зниженням рівня сигналів на шині, порушеннями логіки її роботи. В останньому випадку пошук несправності може забезпечити тільки аналізатор CAN-шини.

7.1.4.4. Процеси самодіагностики

Система СД (рис. 7.11) може бути інтегрована в окремі системи керування двигуна й агрегатів автомобіля або реалізована на базі центрального комп'ютера, який контролює функціонування кількох систем керування одночасно. Проте 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.

4. Несправності та пошкодження вторинного кола системи запалювання не охоплюються системою СД (за винятком систем останнього покоління).

5. Код несправності, звичайно, визначає несправність у певному колі системи, але не дає можливості локалізувати місце пошкодження.

6. Несправності електрообладнання (особливо високовольтних кіл) можуть призводити до генерації електромагнітних перешкод та викликати генерацію помилкових кодів несправностей.

7. Не кожна система СД здатна реагувати на «загальмовані» сигнали датчиків.

8. Не кожна система СД здатна визначити недостовірні сигнали, параметри яких знаходяться в межах допустимих значень.

Відповідно до п. 4 слід зазначити, що в сучасних системах керування двигуном застосовуються системи СД з контролем системи запалювання за вихідним параметром. У цьому разі реєструються пропуски запалювання по циліндрах на підставі визначення нерівномірності обертання колінчастого вала та відсутності імпульсів струму у вторинному контурі системи запалювання.

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).

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) необхідний для забезпечення роботоздатності автомобіля на режимах, близьких до оптимальних, доки несправність буде усунено.

Якщо виникає несправність у колі будь-якого датчика, система СД поряд 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. 7.4.

Таблиця 7.4

Програмні втручання системи самодіагностики

Несправності в колах датчиків	Операції резервування
ДД – обриви та замикання сигнального провода	ЕБК переводить ДВЗ на аварійний режим з безпечними кутами запалювання
ДТОР – обриви та замикання сигнального провода	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 провода або провідників живлення	ЕБК заміщує сигнал датчика на сигнал, що формується на основі сигналів ДПКВ та ДПДЗ
ДПДЗ – обриви та замикання сигнального провода, тривала нерухомість датчика (роз'єднання привода 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 провода або провідників живлення	ЕБК ігнорує сигнал датчика та повідомляє водія (лампа-індикатор несправностей) без зупинки двигуна

У процесі експлуатації автомобіля відбувається поступове спрацювання деталей об'єкта керування (люфти, биття) та погіршення характеристик датчиків (втрата чутливості, збій калібрування) і виконавчих пристроїв системи керування (засмічення форсунок, нагар свічок запалювання тощо). Як наслідок, це викликає відхилення сигналів керування та керуючих впливів від оптимальних значень. Такі відхилення також можуть виникати в результаті заміни окре-

мих елементів системи на неідентичні, використання не сортового 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, детонації). Зворотний зв'язок дозволяє 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 невизначеності, 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 автомобіля. 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.

З метою уніфікації засобів комп'ютерної діагностики використовується міжнародний стандарт ISO 9141, 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 автомобіля з допомогою сканера.

Згідно зі стандартом сканер повинен обмінюватися інформацією з ЕБК по одному дроту («L» - line) або по двох дротах («K» - control, «L» - line) діагностичного рознімача (рис. 7. 13). По дроту «К» передаються дані в обидва боки, лінія «L» спрямована в один бік і використовується тільки при встановленні зв'язку між ЕБК і сканером. Далі лінія «L» переходить у стан логічної одиниці. До діагностичного рознімача також повинні підключатися «маса» автомобіля й напруга живлення від акумуляторної батареї.

Під час встановлення логічного контакту з ЕБК сканер посилає одночасно по лініях «К» і «L» спеціальний восьмибітовий код. Якщо код правильний (збігається з необхідним), ЕБК посилає сканеру восьмибітовий 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.

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 дозволяє 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/с) дозволяє за допомогою сканера реєструвати найкоротші випадкові (нерегулярні) відхилення параметрів від норми й проводити контрольно-діагностичні виміри під час руху автомобіля.

7.1.4.5. Чинники, що впливають на достовірність визначення несправностей бортовою системою самоконтролю

Ефект від застосування бортових систем самоконтролю не повинен переоцінюватися, тому що блок керування контролює інші блоки здебільшого лише за кінцевим результатом. Рано чи пізно будь-який механік зіштовхується з ситуаціями, коли двигун працює незадовільно, а з пам'яті несправностей може надходити повідомлення, що несправності відсутні.

Дуже часто на явно несправних транспортних засобах самодіагностика не визначає ніяких пошкоджень або неправильно встановлює причину несправності. Особливо це стосується гідродинамічних або механічних несправностей. У цьому разі механік цілеспрямованими вимірюваннями повинен перевіряти блоки, які не визначаються самодіагностикою [33, 34].

Більша частина блоків керування поставляється з так званим переліком параметрів, у який входять усі вимірювані величини, що обробляються блоком керування (деякі автовиробники перелік параметрів також називають блоком вимірюваних величин). Ці величини при опитуванні датчиків перевіряють на достовірність. Комбінуючи різні дані результатів перевірки, механік, що має великий досвід вимірювань і добре знає систему керування, може визначити подальші кроки перевірки. В особливо складних випадках рекомендується зареєструвати проведені вимірювання, включаючи результати їх обробки, і відповідним чином роздрукувати. Тільки діючи послідовно, методом виключення справних блоків, можна виділити несправний конструктивний елемент. Коли несправний блок буде встановлено – або виявленням у пам'яті несправностей, або з допомогою відповідних тестів – несправна частина блока повинна бути визначена подальшими вимірюваннями. Наприклад, блок вимірювання температури охолоджувальної рідини складається з датчика температури охолоджувальної рідини, електричних проводів, з'єднувальних колодок і відповідної частини блока керування. У пам'яті несправностей може виявитися несправним один із названих конструктивних елементів. Вимірюванням напруги або опору несправний конструктивний елемент може бути остаточно визначений і замінений. Такий метод перевірки може зайняти дуже багато часу, але у складних випадках він є єдиним, що дійсно приводить до позитивного результату.

Очевидно, при включенні в роботу самодіагностики «електронні мізки» блока керування ні в якому разі не повинні відключатися. Тим не менше в системах, що існують на сьогодні, не можна відмовлятися від використання самодіагностики. У майбутньому в більш важких незрозумілостях електронних систем указання на можливу несправність можна буде отримувати читаючи пам'ять несправностей. З широким впровадженням протоколу бортової діагностики (OBD) глибина самодіагностики суттєво повинна розширитися.

Далі наведено ще кілька вказівок щодо раціонального використання самодіагностики.

Якщо в складному випадку несправності можливе припущення, що раніше вже було кілька безуспішних пошуків несправності, пам'ять несправностей слід зітерти і провести пробні поїздки до тих пір, поки несправність не виникне знову. Тим самим можна запобігти небезпеці, що пам'ять несправностей покаже їх у всіх тестах, які, наприклад, проводилися з роз'єднаними рознімачами.

У складних випадках може виявитися раціональним опитувати пам'ять несправностей усіх систем, що є на транспортному засобі. На сьогодні електрообладнання, оснащене бортовим контролером зв'язку CAN, дає можливість, наприклад, виявити неполадки у живленні блока керування – одну з несправностей, що найчастіше зустрічаються у дизельних двигунів Volkswagen з безпосереднім впорскуванням і турбонаддувом і виникають через несправності реле. Сам блок керування не може реєструвати порушення живлення, тому що в цей момент через неполадки у живленні в нього не працює пам'ять. Одночасно порушується обмін даними з іншими блоками керування, що реєструють працюючі блоки керування як помилки у передачі даних.

Багато блоків керування (наприклад, на автомобілях Mercedes-Benz) у разі появи помилок фіксують робочий стан двигуна, наприклад, температуру, частоту обертання колінчастого вала, швидкість і пройдений шлях автомобіля. Подальше оцінювання граничних умов дасть можливість швидше виявити несправність і відтворити її під час випробувальної поїздки.

В акумуляторній системі паливоподачі (АСПП) створюється тиск пального 130-180 МПа на режимах максимального крутильного моменту і номінальної потужності, а на холостому ходу – 20-30 МПа. Тому перевірити наявність витоку, величина якого зростає зі зростанням тиску, на холостому ходу складно. Діагностичний сканер дає можливість (для деяких блоків керування) на короткий час піднімати тиск в акумуляторі до гранично допустимого і під час роботи двигуна на режимі холостого ходу, що дає можливість провести тест витоку.

Достовірність постановки діагнозу за всіма компонентами системи керування залежить від рівня інформативності [33, 34, 35]:

1. Інформативність для датчиків складає приблизно 70%.

2. Рівень вихідного сигналу датчика не дає можливості поставити абсолютно достовірний діагноз про його технічний стан.

3. На 20% знижується інформативність сигналу за рахунок появи так званих спорадичних несправностей, тобто несправностей, що виникають періодично, лише на певних режимах роботи та відсутні безпосередньо в момент проведення діагностики. Ці несправності можуть бути дійсно пов'язані як з роботоздатністю самого датчика, так і з дефектами електричних з'єднань до нього.

4. 10% зниження інформативності виникає через неможливість точно визначити, чи відбулося спотворення сигналу датчика у допустимих межах з причини його несправності, чи це результат неправильної роботи іншого несправного вузла.

5. Інформативність тестових перевірок виконавчих механізмів складає менше 50%, оскільки тут виникає вимога щодо достовірності сигналів датчиків підсистеми, за якими оцінюється величина відгуку. Крім того, на відміну від контролю датчиків не для всіх виконавчих механізмів закладені тести в бортовій системі самодіагностики.

7.1.5. Бортові системи моніторингу, дистанційного зв'язку та контролю технічного стану автомобіля

7.1.5.1. Види інформаційних систем

Моніторинг технічного стану та робочих режимів і процесів автомобіля дає можливість контролювати зміну параметрів вузлів, агрегатів і систем автомобіля, а також дистанційно отримувати необхідну інформацію про параметрів для керування роботою систем автомобіля. Важливою складовою моніторингу технічного стану є екологічний контроль, вплив режимів роботи двигуна на ресурс моторного масла та витрати пального.

Безперервний моніторинг параметрів технічного стану параметрів вузлів, агрегатів і систем автомобіля 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.

В основу бортових систем моніторингу автомобілів покладено стандарт OBD-II. Провідною ознакою присутності стандарту OBD-II у системі моніторингу технічного стану автомобілів є наявність на борту характерного діагностичного рознімача (колодки діагностики). Зовнішній вигляд коннектора і колодки діагностичного рознімача J1962 представлені на рис. 7.15 та 7.16. Це 16-контактна колодка – Diagnostic Link Connector (DLC) трапецієвидної форми, що забезпечує можливість підключення до неї коннектора гаджета, де призначення контактів (розпіновка) регламентується стандартом OBD-II.

Передача необхідної інформації від системи самодіагностики до DLC відбувається по спеціальних дротових лініях зв'язку L-line, K- line, CAN безпосередньо на контакти 6, 7, 14, 15 діагностичного рознімача.

Сучасні протоколи зв'язку контролера системи з його гаджетами через контакти OBD-II близькі за апаратною реалізацією ліній передачі інформації і різні лише за призначенням використовуваних ліній. Стандарт ISO 9141 використовує K- та L-лінії, а ISO 14230 – тільки K-лінію. Тому сканери, що використовують стандарт ISO 9141 можуть працювати і за стандартом ISO 14230, але не навпаки.

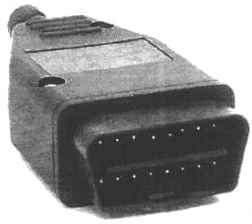


Рис. 7.15. Вигляд конектора діагностичного рознімача J1962 стандарту OBD-II

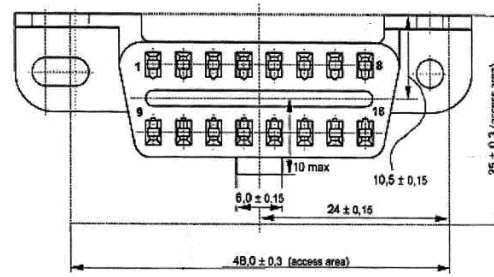


Рис. 7.16. Вигляд колодки діагностичного рознімача J1962 стандарту OBD-II

Універсальні діагностичні гаджети-адаптери OBD-II, побудовані на базі мікроконтролера ELM327, представлені на рис. 7.17.

а б в

Рис. 7.17. Вид гаджетів-адаптерів OBD-II з різними способами підключення до зовнішнього пристрою:
а – USB; **б** – Wi-Fi та USB; **в** – Bluetooth

За допомогою таких адаптерів OBD-II можна виконувати такі операції:

- читати діагностичні коди несправностей (DTC – Diagnostic Trouble Codes), як стандартні, так і спеціальні (коди виробника), а також відображати їх значення;

- очищувати DTC і вимикати MIL (світловий напис «Check Engine» на панелі приладів);

- відображати інформацію контрольних пристроїв, що підключаються: частота обертання колінчастого вала і навантаження двигуна; температура масла й охолоджувальної рідини; стан системи подачі пального; швидкість руху автомобіля; короткострокова та довгострокова витрата пального; абсолютний тиск, температура і масова витрата повітря; склад паливної суміші; кут випередження запалювання тощо.

Протоколи зв'язку стандарту OBD-II надають діагностові низку стандартизованих функціональних можливостей (режимів діагностики – modes).

Режим 1 означає зчитування значень величин поточних параметрів роботи системи керування (Model PID Status & Live PID Information). Стандарт підтримує приблизно 20 параметрів. Проте кожен конкретний блок керування підтримує обмежену кількість цих параметрів (наприклад, залежно від установлених датчиків кисню). З іншого боку, деякі автовиробники підтримують розширені набори параметрів, наприклад, окремі автомобілі концерну GM підтримують

більше 100 параметрів.

Через систему самодіагностики стандарту OBD-II можливо зчитати (основні параметри):

- режим роботи системи корекції пального (PID 03 Fuel system status), де при значенні «Closed Loop» система працює в режимі зворотного зв'язку (замкнутого контуру) і при цьому дані з датчика кисню використовуються для коригування подачі пального, проте при значенні «Open Loop» дані з датчика кисню не використовуються для коригування подачі;
- розрахункове навантаження на двигун (PID 04 Calculated Load);
- температура охолоджувальної рідини (PID 05 Coolant temperature);
- короткострокове коригування подачі пального для ряду циліндрів 1/2 (PID 06/08 Short Term Fuel Trim Bank 1/2);
- довгострокове коригування подачі пального для ряду циліндрів 1/2 (PID 07/09 Long Term Fuel Trim Bank l/2);
- тиск пального (PID 0A Fuel pressure);
- тиск повітря у впускному колекторі двигуна (PID 0B Manifold pressure);
- частота обертання колінчастого вала двигуна (PID 0C Engine speed - RPM);
- швидкість автомобіля (ТЗ) (PID 0D Vehicle speed);
- кут випередження запалювання в циліндрі двигуна (PID 0E Ignition Timing Advance);
- температура повітря у впускному колекторі (PID 0F Intake Air Temperature);
- годинна витрата повітря двигуном (PID 10 Air Flow);
- положення дросельної заслінки (PID 11 Throttle position);
- режим роботи системи подачі додаткового повітря в систему впуску (PID 12 Secondary Air Status);
- розташування датчиків кисню (PID 12 Location of O2 sensors);
- дані з датчика кисню №1/2/3/4 для ряду циліндрів 1/2 (PID 13-1B O2 Sensor 1/2/3/4 Bank 1/2 Volts).

Режим 2 (Mode 2 Freeze Frame) - отримання збереженої фотографії поточних параметрів роботи системи керування на момент виникнення кодів несправностей.

Режим 3 (Mode 3 Read Diagnostic Trouble Codes (DTCs) – зчитування і перегляд кодів несправностей.

Режим 4 (Mode 4 Reset DTC's and Freeze Framedata) – очищення діагностичної пам'яті, тобто «стирання» кодів несправностей, фотографій поточних параметрів, результатів тестів датчиків кисню, результатів тестових моніторів.

Режим 5 (Mode 5 Sensor Monitoring Test Result) – зчитування і перегляд результатів тесту датчиків кисню.

Режим 6 (Mode 6 Testresults, non-continuosly monitored) – запит останніх результатів діагностики одноразових тестових моніторів (тестів, що проводяться один раз протягом поїздки). Ці тести контролюють роботу каталітичного нейтралізатора, системи рециркуляції відпрацьованих газів двигуна (EGR), системи вентиляції паливного бака.

Режим 7 (Mode 7 Testresults, continuosly monitored) – запит результатів діа-

гностики тестових моніторів, що діють безперервно (тестів, що виконуються постійно, поки виконуються умови для проведення тесту). Ці тести контролюють склад паливної суміші, пропуски запалювання (misfire) та інші компоненти, що впливають на склад відпрацьованих газів.

Режим 8 – керування виконавчими механізмами.

Режим 9 (Mode 9 Request vehicle information) – запит інформації про транспортний засіб, що діагностується, тобто запит VIN-коду й інших даних.

Режим ручного введення команди на запит діагностичної інформації.

Однак, не на кожній одиниці рухомого складу блок керування підтримує всі перераховані функції, і не кожен гаджет для OBD-II може дати діагностові можливість використовувати всі перераховані режими.

Згідно з використовуваним на транспортному засобі протоколу зв'язку процес діагностування містить такі етапи:

- зчитування за допомогою доступних засобів комп'ютерної діагностики всіх кодів помилок і всіх цифрових даних, що прямо або опосередковано відносяться до несправності, що виникла в процесі експлуатації автомобіля;

- електрична (аналогова) перевірка всіх отриманих даних при ретельній перевірці технічного стану елементів системи електроустаткування (акумулятора, генератора, дротів і контактів);

- сканування значень величин контрольованих параметрів у режимі реального часу (функція Data Stream – відображення потоку даних), що використовується для перевірки сигналів датчиків та інших елементів систем керування в режимі реального часу і де на дисплей гаджета виводяться сигнали датчиків, наприклад, параметри системи живлення протягом деякого часу в режимах холостого ходу, розгону і сповільнення двигуна;

- аналіз отриманих результатів відповідно до нормативних значень контрольованих параметрів, наявність і характер несправностей.

Ускладнення систем керування робочими процесами вузлів і агрегатів призводить до ускладнення і методів їх діагностики. Так, робота гаджета в режимі багатоканального осцилографа, тобто отримання графічних залежностей параметрів не тільки від часу, але й від інших параметрів, дає можливість досліджувати впливи зміни певного параметра лише на той, що вибраний для аналізу. Це полегшує знаходження причин несправностей, проте вимагає інженерних знань і загального розуміння процесів, що відбуваються в автомобілі.

Істотним недоліком стандарту OBD-II є:

- наявність у системі самодіагностики великої кількості різних протоколів для зв'язку контролера системи з гаджетом. Це протоколи: J1850 VPW; J1850 PWM; ISO 9141-2; ISO 14230-4; KWP (Keyword Protokol) 2000;

- правила видалення («стирання») з пам'яті контролера системи самодіагностики;

- правила «перенавчання» системи самодіагностики з урахуванням особливостей режимів роботи двигуна та водіння автомобіля.

Сьогодні розробляється новий стандарт системи самодіагностики електронних систем управління роботою вузлів і агрегатів – OBD-III, який обумовлює зміни, перш за все, у пристроях бортових систем моніторингу параметрів технічного стану автомобілів.

Дистанційний контроль з боку транспортних організацій та систем керування дорожнім рухом виконується за параметрами технічного стану транспортного засобу та вантажу, місцезнаходженням транспорту, його швидкістю та напрямком руху, відсутністю аварійних ситуацій тощо.

Поєднання усіх інформаційних систем від внутрішніх до зовнішніх (середовища) – між автомобілем та інформаційним простором – забезпечує функціонування інтелектуальних транспортних технологій контролю динамічних властивостей, дистанційного діагностування та надання інформації щодо рівня забруднення довкілля, необхідності технічного обслуговування автомобіля. У цьому разі використовуються основні елементи системи – гаджети інтегрованого мета-простору такі, як контролер, сканер-комунікатор (трекер) тощо з відповідними датчиками контролю параметрів автомобіля. Можна використовувати планшет, смартфон, модулі бездротового зв'язку, RFID-мітки (див. розділ 6) та засоби передачі інформаційних потоків з автомобіля до єдиної системи моніторингу автомобілів.

Телематичні та інтелектуальні системи моніторингу виконують такі функції: контроль над цільовим використанням транспорту; контроль за дотриманням графіка та маршруту руху; збір статистики й оптимізація маршрутів; забезпечення безпеки; допомога користувачам у виборі маршруту (в тому числі з урахуванням дорожньої ситуації); контроль за дотриманням правил дорожнього руху (наприклад, intelligent speed adaptation system); інші інтелектуальні функції (наприклад, прогноз маршруту руху, різні види аналізу накопичених даних тощо).

Реалізація згаданих можливостей забезпечується поєднанням сучасних комп'ютерних технологій та мережею навігаційних супутникових технологій, а саме: GPS, GPRS, SBAS, ГЛОНАСС, Інтернет, локальна мережа і т. п. До бортових інформаційних інтелектуальних засобів на транспорті сьогодні відносять традиційні та опційні об'єкти сучасної автомобільної електроніки, автономні мікропроцесорні системи автоматичного контролю та керування автомобілем. На сьогодні створено велику кількість телематичних систем як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. До таких систем можна віднести: системи навігації (Navigation), системи контролю трафіка (Traffic Control), системи дистанційної діагностики (Remote Diagnostics), бездротові технології X-by-Wire та системи комунікації автомобілів між собою [11, 16]. У всіх цих телематичних системах раціонально використані трекінгові системи, системи мобільного, супутникового та стільникового зв'язку, системи навігації, комунікації з автомобілями та ін. Схема взаємодії елементів сервісу дистанційного діагностування параметрів технічних систем автомобіля показана на рис. 7.18.

Розвиток бортових систем відбувається все швидше і швидше, сучасні бортові комп'ютери стають мережевими. Все частіше можна зустріти серійні автомобілі, комп'ютери яких можуть вийти в Інтернет. Це робиться не лише для зручності пасажирів, але й для можливості дистанційно діагностувати автомобіль виробником чи службою автосервісу.

Системи бортового контролю та діагностування дають можливість оцінювати роботоздатність вузлів, агрегатів і систем при щоденному обслуговуванні або безперервно в процесі роботи.

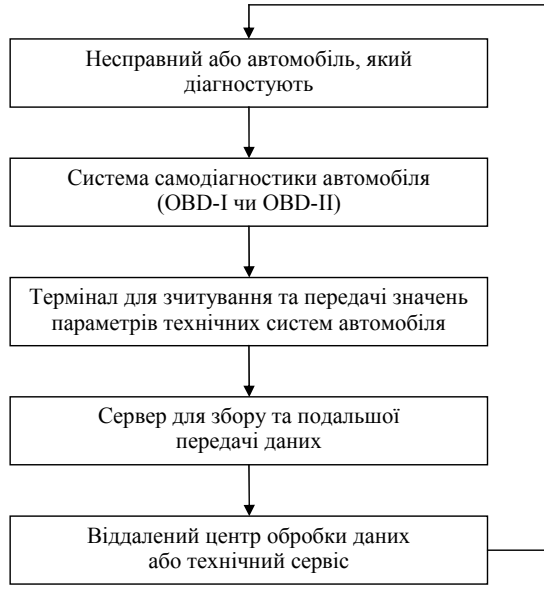


Рис. 7.18. Схема взаємодії елементів сервісу дистанційного діагностування автомобілів

Основним елементом сервісу дистанційного діагностування є вбудована діагностична система (On-Board Diagnostics, OBD) – це сукупність мехатронних систем: електронних блоків керування, датчиків, виконавчих пристроїв, підключення до автомобільної шини CAN. OBD здійснює моніторинг трансмісії, ходової частини та інших важливих вузлів автомобіля, а також контролює рівень викиду CO_2 та димність автомобіля.

З пам'яті контролера на борту автомобіля зчитування кодів може здійснюватися трьома способами: «вручну», автоматично, з допомогою гаджетів-сканерів, тобто зовнішніх інформаційних пристроїв. Стандарт OBD-II уніфікує протоколи обміну даними між системою самодіагностики і гаджетом, систему позначення кодів несправностей, ідеологію самодіагностики в цілому. Несправність може викликати цілу комбінацію кодів, але, в той же час, жоден з них не дасть відповіді на питання про те, що ж насправді призвело до несправності. Тому встановлення точного діагнозу вимагає високого рівня інженерної кваліфікації від фахівця, що здійснює аналіз інформації, отриманої від системи самодіагностики автомобіля, а також наявність досить тривалого періоду часу діагностування, оскільки може виникнути необхідність виконання додаткових перевірочних операцій для того, щоб переконатися у правильній інтерпретації коду несправності.

Для проведення дистанційного моніторингу параметрів технічного стану, визначення кодів несправностей та діагностування автомобіля необхідне комплексне обладнання: об'єднання навігаційних систем та діагностичних блоків автомобіля, технологічно пов'язаних з розгалуженою мережею штатних і дода-

ткових датчиків для контролю окремих вузлів і систем автомобіля. При цьому взаємодія бортового комплексу моніторингу технічного стану автомобіля та діагностування здійснюється в рамках єдиної ідеології мобільної інформаційно-діагностичної системи автомобіля.

Для аналізу роботи конкретної підсистеми системи керування двигуном достатньо одночасно контролювати, як правило, 2-3 параметри. Проте іноді потрібно одночасно проглядати і більшу кількість параметрів. Кількість одночасно контрольованих параметрів, а також формат їх виведення (текстовий чи графічний) залежать як від можливостей конкретної програми гаджета-сканера, так і від швидкості обміну інформацією з блоком керування двигуна транспортного засобу (швидкість залежить від підтримуваного протоколу зв'язку). Але найбільш поширений протокол ISO 9141 є найповільнішим з усіх [33], при роботі з ним неможливий перегляд з прийнятою частотою дискретизації більше 2-4 параметрів.

На сучасних автомобілях знаходять широке застосування бортові конвектори діагностичного рознімача, сканери-комунікатори (трекери), пристрої передачі даних, отриманих на борту, гаджети-адаптери, навігатори та широкий спектр пристроїв аналізу інформації.

Радіозв'язок, телефон, системи радіонавігації поступово стали стандартним оснащенням сучасного автомобіля. Розвиток супутникових інформаційних систем навігації (GPS/GPRS) та мобільного зв'язку надав можливість не тільки контролювати географічне положення автомобіля та здійснювати зв'язок з диспетчерським центром транспортного підприємства, але й, у тому числі, передавати поточну і накопичену діагностичну інформацію про автомобіль, заносячи її в базу даних конкретного автомобіля. Розроблена на основі сучасних IT-технологій бортова система контролю і діагностики (БСКД) автомобілів є високоефективною і повністю адаптивною системою, яка дає можливість в умовах експлуатації вести повний контроль над автомобілем у процесі його роботи за призначення і здійснювати діагностування його електронних систем керування.

Застосування на автомобілях складних високоефективних електронних систем керування викликало необхідність створення нового діагностичного обладнання зі значним обсягом сервісної інформації. Враховуючи значну різноманітність як моделей автомобілів, так і електронних систем керування ними різних виробників, створення діагностичного обладнання потребувало уніфікації його з допомогою прийняття міжнародних стандартів. До таких стандартів належить міжнародний стандарт ISO 9141, який визначає протоколи обміну інформацією через послідовний інтерфейс між електронними блоками керування та діагностичними тестерами або сканерами. Одним зі спеціальних діагностичних пристроїв, що встановлюються на автомобілі, є БСКД, яка забезпечує доступ до бортового діагностичного програмного забезпечення.

Бортова система контролю і діагностики призначена для забезпечення діагностування бортових електронних систем автомобіля по інтерфейсу ISO 9141 безпосередньо на автомобілі, контролю осьового навантаження і режимів роботи автомобіля, відліку поточного часу і, відповідно, відображення контрольованих параметрів і поточного часу на рідкокристалічному моніторі блока контролю, установленого на панелі приладів.

БСКД – це фактично вбудований у панель приладів автомобіля бортовий комп'ютер з функціями контролю режимів роботи, витрати пального та діагностування електронних систем (EDC двигуна, ABS/ASR, EGAS), установлених на автомобілі, різних виробників.

Сучасна БСКД автомобіля мінімально включає в себе такі компоненти:

- блок БСКД, установлений на додатковій панелі щитка приладів у кабіні автомобіля;
- кабель з'єднання блока з діагностичним рознімачем;
- діагностичний рознімач у кабіні;
- кабель RS-232 з'єднання рознімача із сервісним адаптером;
- сервісний адаптер;
- кабель USB з'єднання адаптера з персональним комп'ютером;
- персональний комп'ютер (ноутбук з доступом до Інтернету);
- модем 3G безпровідного зв'язку передачі сигналів бортових звітів на точки доступу;
- точки доступу Bluetooth/GSM-GPRS/SMS;
- накопичення бортових звітів у базі даних і передача оперативної інформації через WEB-сайт на комп'ютер користувачу або диспетчеру транспортного підприємства.

БСКД дає можливість у режимі реального часу або періодичного зчитування накопиченої у базі даних інформації, вести постійний моніторинг картографічного положення автомобіля в процесі його руху маршрутом, оцінювати його технічний стан за певними параметрами електронних блоків керування механізмами і системами автомобіля.

Принцип роботи БСКД автомобіля полягає у реєстрації події в координатах часу та накопиченні даних в енергонезалежній пам'яті. Зчитування даних з БСКД виконується в режимах on-line або off-line (після рейсу) раз на місяць або під час проведення чергового ТО на розсуд споживача. Для зчитування даних використовується програмне забезпечення із сервісного комплект та комп'ютер типу ноутбук, що підключається через сервісний комплект до штатного діагностичного рознімача автомобіля. При включенні електроживлення дані автоматично зчитуються з пам'яті БСКД і у зашифрованому вигляді передаються на сервер віддаленої точки доступу. Якщо комп'ютер не має доступу до Інтернету, дані у зашифрованому вигляді зберігаються у спеціальній «теці», а при виході в Інтернет автоматично передаються на сервер віддаленої точки доступу. Споживач, який має ліцензію (право доступу на сервер), може в будь-який час і з будь-якої точки отримати необхідну інформацію і збірний звіт про роботу автомобіля або групи автомобілів (автопарку) через Інтернет за будь-який вибраний на свій розсуд період часу.

З допомогою БСКД водій може вчасно отримати попередження про критичні режими та несправності в системах EDC двигуна, самостійно (без використання додаткового обладнання) проводити контрольне діагностування електронних систем і визначати вид і місце несправності, що виникла в рейсі, зітерти помилки після усунення несправності, а також контролювати час і параметри роботи двигуна (температуру, оберти, тиск масла, часову витрату пального і т. д.). Крім того, водій може отримувати маршрутну інформацію (пробіг з по-

чатку поїздки, середню витрату пального і т. д.) у зручній графічній і текстовій формі, контролювати осьове навантаження й оптимізувати завантаження автомобіля, не допускаючи перевищення навантаження на вісь, та ще багато інших функцій.

Для транспортного підприємства БСКД дає можливість знизити затрати на пальне за рахунок можливості контролю фактичної витрати пального, об'єму, часу і кількості заправок, попередження зливання пального. Контролюючи фактичний час роботи, пройдений автомобілем шлях, а також стиль водіння та витрату пального, оптимізувати оплату праці водія. Існують й інші можливості для споживача з використанням БСКД на автомобілях.

Можливості БСКД залежать від рівня мехатронізації: кількості діагностованих параметрів технічних систем автомобіля, що реєструються установленими на ньому датчиками. Створюються можливості проводити експрес-діагностику технічного стану автомобіля у процесі його руху та вчасного усунення поточних несправностей. Одночасно можна накопичувати інформацію для прогнозування ресурсу та проведення технічного обслуговування за фактичним станом автомобіля на сервісних станціях і ремонту на підприємствах [16, 17, 33, 34, 35].

Подальший розвиток моніторингу стану автомобілів у складі бортових інформаційно-діагностичних комплексів здійснюється, в основному, в таких напрямках [39]: розвиток систем з відкритою модульною архітектурою моніторингу, що дасть можливість стандартизувати діагностику для різних видів транспортних засобів і використовувати інтелектуальні модулі обслуговування при дистанційному визначенні потреби в ТО та Р для конкретного автомобіля; розробка й застосування більш ефективних алгоритмів діагностики несправностей та обґрунтування операцій ТО та Р агрегатів і систем різних виробників; розвиток алгоритмів, що застосовуються у бортових блоках керування ЕБК, для більш точної оцінки стану автомобіля, діагностики несправностей у реальному часі й одержання більш повної та точної інформації про причини несправностей. Перспективні ЕБК дозволять у разі необхідності (наприклад, при розв'язанні складних діагностичних завдань) завантажувати спеціальні діагностичні алгоритми пошуку несправностей з віддаленого центру обслуговування; удосконалення інтерфейсів людина-машина як в автомобілі, так і у віддаленому центрі ТО та Р; стандартизацію інтерфейсів і функціональних можливостей бортових систем моніторингу автомобілів різних виробників для скорочення номенклатури діагностичного й випробувального обладнання, а також для розвитку конкуренції серед учасників сервісу.

Бортові гаджети моніторингу технічного стану автомобілів доцільно розділити на три типи:

- стаціонарні;
- спеціалізовані;
- тестових систем.

Гаджети стаціонарні (стендові або мотор-тестери) – це багатофункціональні пристрої всебічної діагностики автомобіля: його двигуна, окремих вузлів, агрегатів і систем. Сьогодні гаджети є провідною складовою частиною обладнання постів діагностики в підрозділах інженерно-технічної служби.

Гаджети спеціалізовані – це «дилерські» сканери (або так звані універсальні «дилерські» прилади), тобто багатофункціональні цифрові пристрої, які є комбінацією мультиметра, осцилографа і мікрокомп'ютера зі спеціалізованою базою на змінному картриджі для конкретної моделі автомобіля. Такі пристрої мають вузьку спеціалізацію за маркою, моделлю або модифікацією автомобіля.

Гаджети тестових систем дають можливість зчитувати коди і потоки даних в реальному часі та представляти їх у зрозумілому вигляді, тобто у вигляді таблиць, графіків і, зокрема, у формі багатопараметричнпх графіків. За допомогою таких систем проводять віртуальні тести: змінюють «вручну» один з параметрів і встановлюють його вплив на інші. Системи дають можливість у реальному часі отримувати інформацію, необхідну для детального аналізу перехідних процесів. Таку інформацію можливо зберігати в log-файлах за датами. Ця інформація може бути використана для проведення планової діагностики, тобто у файлах накопичується «історія» і це дає можливість своєчасно виявляти ймовірні несправності. Всі отримані дані можуть бути представлені у зручній для читання формі. Отримані системою дані у форматі Microsoft Excel дають можливість використовувати їх для роботи фахівцями.

Гаджети тестових систем встановлюються на борту автомобіля (рис. 7.19).

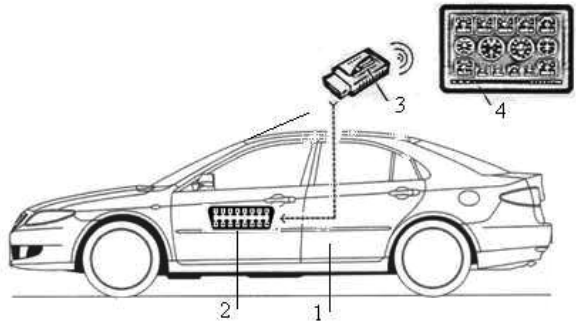


Рис. 7.19. Схема розташування гаджетів тестових систем з бездротовим пристроєм зв'язку на борту автомобіля:
1 – автомобіль; 2 – діагностичний рознімач; 3 – адаптер і система зв'язку; 4 – інформаційний пристрій (планшетний персональний комп'ютер)

Прикладами гаджетів тестових систем є маршрутний комп'ютер Multitronics SE-50/SL-50, сканери Scanmatic, ScanDoc, Орион БК-100, CheckEngine, Scanmaster, ELM327, у яких присутні три основні елементи:

- інформаційний пристрій (з операційною системою);
- гаджет-адаптер – це програмований мікроконтролер, який обробляє інформацію, що надходить від системи самодіагностики автомобіля для подачі інформаційному пристрою;
- система зв'язку, яка необхідна для підключення адаптера до інформаційному пристрою (може бути дротова і бездротова).

Інформаційний пристрій – це, наприклад:

- дисплей маршрутного комп'ютера Multitronics SE-50/SL-50, який має обмежену можливість аналізу отримуваної інформації;
- КПК (кишеньковий персональний комп'ютер) – пристрій з сенсорним

екраном і/або повноцінною клавіатурою типу QWERTY, оснащений функціями стільникового зв'язку, який також має можливість встановлювати додаткові як фірмові, так і сторонні додатки інших розробників, що розширюють можливості пристрою для аналізу отримуваної інформації;

- смартфон (smartphone – інтелектуальний телефон), тобто телефон з «відкритою» операційною системою, який поєднує функції телефона і КПК, що також дає можливість встановлювати додатки, для розширення можливостей пристрою щодо аналізу отримуваної інформації.

Дротова система підключення адаптера до інформаційного пристрою, як правило, виконана у вигляді кабеля з різними способами підключення (COM (RS-232), USB тощо (рис. 7.17, а).

Бездротова система зв'язку ґрунтується на тому, що має у своєму складі адаптер модуля, який забезпечує передачу даних інформаційному пристрою за стандартами Bluetooth (рис. 7.17, в) або Wi-Fi (рис. 7.17, б).

Bluetooth – технологія бездротової передачі інформації по радіоканалу на частоті 2,44 ГГц в радіусі до 100 м (у телефонах до 10 м). Максимальна швидкість передачі даних складає 720 Кбіт/с, при використанні технології EDR (Enhanced Data Rate) – до 2,1 Мбіт/с.

Wi-Fi – стандарт для бездротової локальної мережі. Стандарт було започатковано як альтернативу дротам для поєднання комп'ютерів у мережу. Мобільні пристрої (КПК, смартфони і ноутбуки), оснащені Wi-Fi, можуть підключатися до локальної мережі й отримувати доступ в Internet через так звані точки доступу або хостпоти. На відміну від Bluetooth, стандарт Wi-Fi не допускає прямого обміну даними, а слугує альтернативою мережевого кабеля, тобто передати дані із смартфона на смартфон за допомогою Wi-Fi можливо лише при використанні спеціальних програм. Тому у разі використання стандарту Wi-Fi для передачі даних між гаджетом-адаптером та інформаційним пристроєм організовується з'єднання типу «клієнт-сервер».

Деяке програмне забезпечення на базі операційної системи Android передбачає можливість подальшої передачі даних з інформаційного пристрою на віддалений сервер через мережу Internet. У цьому разі використовується вбудований в інформаційний пристрій модуль GSM, що використовує для передачі даних GSM/GPRS стандарт (мобільний Internet).

Зчитування «автоматично» означає, що коди самодіагностики виводяться системою самодіагностики самостійно і безпосередньо на дисплей бортового комп'ютера транспортного засобу.

Зчитування «за допомогою гаджетів» тестових систем означає виведення інформації на дисплей пристрою, який є додатковим (зовнішнім) по відношенню до автомобіля. Це можуть бути такі інформаційні пристрої, як, наприклад, ноутбук, КПК, звичайний персональний комп'ютер, смартфон, планшет (рис. 7.19) або спеціальний бортовий (маршрутний) комп'ютер і т. п.

Подача і зчитування кодів відбувається тільки «з допомогою гаджетів», які сьогодні є невід'ємною частиною сучасного автомобіля і покликані стати доменом в архітектурі сучасних ІТС. Тут гаджети здійснюють моніторинг параметрів експлуатації автомобіля і, зокрема, його технічного стану, а також інтеграцію параметрів в електронний інформаційний метапростір, з якого інфор-

мація для будь-якого споживача може передаватися в режимі «on-line». Тому такі гаджети є інформаційними пристроями (сканер-комунікаторами) інтегрованого електронного інформаційного метапростору, які у своїй більшості належать до гаджетів моніторингу технічного стану транспортних засобів.

Гаджети сьогодні складають основу сучасних інтелектуальних автомобілів, і їх використання слід розглядати як основу адаптації автомобіля до ІТС. Оперативні дані інтегрованих в метапростір гаджетів про стан автомобіля, які зберігаються в пам'яті (режим «off-line»), можуть бути зчитані не тільки безпосередньо з борту автомобіля, але й з гетерогенного сховища даних (ГСД) – невід'ємної складової структури ІТС.

Прикладом гаджета моніторингу і передачі параметрів стану автомобіля з борту в інтегрований електронний інформаційний метапростір є сканер-комунікатори (трекери) Xexun (TK102), Globalsat (TR600), Galileo та ін.

«Наповнення» даних в ГСД здійснюється за допомогою телематичних систем транспортних засобів, у яких базовим є бортовий комунікаційний контролер (сканер-комунікатор), що в тому чи іншому вигляді повинен бути «присутнім» в складі кожного автомобіля, інтегрованого в транспортно-інформаційну систему моніторингу.

7.1.5.2. Системи дистанційної діагностики автомобілів

У сучасних програмах ІТС реалізується функція з передачі інформації і здійснення моніторингу щодо низки технічних параметрів ТЗ, як з їх бортових датчиків, так і з бортових комп'ютерів – контролерів електронних систем керування робочими процесами вузлів, агрегатів і систем автомобіля. При цьому основними технічними складовими виступають засоби телематики, орієнтовані на отримання і передачу інформації з метою вирішення завдань, пов'язаних з організацією дистанційного діагностування технічного стану автомобіля.

Система дистанційного моніторингу технічного стану автомобіля є функціональним доповненням бортових навігаційно-зв'язкових комплексів автомобілів, де під дистанційним діагностуванням в технічній службі розуміють будь-яке достовірне виявлення технічного стану елемента (вузла, агрегату, системи) автомобіля. 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 автомобіля (рис. 7.20).

Для дистанційного діагностування на борту використовується діагностичний рознімач (колодка діагностування) та конектор, який забезпечує методом бездротового підключення (блютуз або Wi-Fi) зв'язок з інформаційним пристроєм по радіоканалу, доступ до віддаленого сервера Інтернет з допомогою спеціальної програми. У цьому випадку використовується вбудований в інформаційний пристрій модуль GSM, який використовує для передачі даних стандарт GSM/GPRS (мобільний Інтернет). Інформація від систем і пристроїв автомобіля, яку передатчик GPRS відправляє на сервер, обробляється й у разі виходу параметрів за межі заданого діапазону фіксується несправність, дата й час і

відповідні показники. Додатково можна знімати всі показники, що виходять на панель приладів, безпосередньо з CAN-шини (швидкість, кількість пального, температура двигуна і т. п.), значення DTC (коди помилок, несправностей), зареєстровані ЕБК, а також дані про роботу окремих вузлів усіх систем автомобіля. Діагностичні системи підтримують діагностичні інтерфейси і протоколи (включно з CAN): ISO 9141-2, ISO 14230-2 (KWP2000), SAE J1850 VPW, SAE J1850 PWM, ISO 15765-4 CAN.

Рис. 7.20. Дистанційна комп'ютерна діагностика автомобіля:

1 – смартфон (- операційна система IOS); 2 – планшет (- операційна система Android); - блютуз

Висилається SMS-повідомлення власнику даного автомобіля 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 уявляється важливим для скорочення часу пошуку фактичної несправності.

Мінімальними функціональними можливостями у разі діагностики on-line є:

1. Зчитування кодів несправностей.
2. Видалення кодів несправностей.
3. Виведення параметрів реального часу, наприклад (рис. 7.21):

- відображати значення різних датчиків;

- оберти колінчастого вала двигуна;
- навантаження двигуна;
- температура охолоджувальної рідини;
- стан паливної системи;
- швидкість руху автомобіля;
- короткочасне паливне коригування;
- довгочасне паливне коригування;
- витрата пального;
- абсолютний тиск у впускному колекторі;
- кут випередження запалювання;
- температура всмоктуваного повітря;
- масова витрата повітря;
- положення дросельної заслінки;
- тиск пального

та деякі інші.

Кількість даних буде залежати від протоколу обміну й від типу ЕБК.

Розробляються діагностичні системи з можливостями фахівця – підключатися до обладнання сервісного центра у віддаленому режимі (через Інтернет) і вирішувати проблеми, що виникли, ще швидше й ефективніше – не доведеться їхати в автосервіс на несправному автомобілі.

Наприклад, компанія Chevrolet представляє технологію Proactive Alerts, яка буде оцінювати стан автомобіля і повідомляти про можливі у найближчому майбутньому несправності (рис. 7.22).

Рис. 7.21. Схема й обладнання системи дистанційної діагностики:
1 – контролер GPS/ГЛОНАСС; 2 – приймач GPS/ГЛОНАСС; 3 – бортові системи; 4 – бортовий контролер; 5 – пристрої системи дистанційної діагностики

Рис. 7.22. Технологія Proactive Alerts для діагностування та прогнозування технічного стану:
1 – двигун; 2 – стартер; 3 – акумуляторна батарея; 4 – паливний насос; 5 – дистанційний зв'язок; 6 – текстове повідомлення; 7 – e-mail; 8 – індикація в автомобілі

Система запускається разом з пуском двигуна і перевіряє роботу стартера, паливного насоса й акумулятора. Отримані в ході аналізу показники порівнюються з еталонними значеннями для даної моделі автомобіля та середніми показниками інших автомобілів даної моделі через бази даних Onstar.

У разі виявлення несправностей система видасть попередження на екран мультимедійної системи автомобіля, а з використанням додаткових налаштувань аналогічне повідомлення може прийти на електронну пошту або SMS на мобільний телефон. Крім того, якщо водій уклав договір з офіційним дилером, у разі повідомлення про можливу несправність поставщик замовить нову запчастину ще до надходження скарги від клієнта.

Система доступна для автомобілів Chevrolet Silverado, Tahoe, Suburban, спорткара Corvette. а також для кросовера Equinox 2016 року випуску. У майбутньому, систему планують розвивати для отримання звітів про стан інших деталей автомобіля, а також розширяти модельний ряд автомобілів, у яких дана технологія може бути використана.

У квітні 2015 року Newsroom Scania Russia опублікувала матеріал у якому подана інформація про ще одне готове рішення:

«Завдяки новому сервісу дистанційної діагностики – Scania Remote Diagnostics – майстерні можуть вивчити стан автомобіля ще до його приїзду».

Завдяки наявності програм ІТС, вже є вагомі передумови для реалізації системи FRACAS (Failure Reporting And Corrective Action System). Це чітка реєстрація і можливість попередження низки раптових відмов, а також аналіз і коригувальні дії, спрямовані на скорочення часу простою автомобіля, підвищення його безпеки і забезпечення зручності виконання транспортного процесу.

Безперервний контроль параметрів технічного стану сучасного автомобіля під час його експлуатації забезпечують різні електронні системи керування робочими процесами вузлів та агрегатів. Вони виконують функцію власної діагностики (самодіагностика) та діагностики процесів, якими вони керують, а також інформують водія, механіка, диспетчерську службу про відхилення значень контрольованих величин параметрів процесів, що виникли на автомобілі.

Інформування фахівців здійснюється за допомогою інформації, що представляється в різному вигляді як на борт автомобіля, так і на зовнішній інформаційний простір. Інформування забезпечується в режимах on-line або off-line.

Режим on-line на борту автомобіля визначається за допомогою, наприклад:

- світіння на панелі приладів індикаторної лампи «Check Engine»;
- світіння спеціальних світлодіодів, розташованих безпосередньо на пристроях керування;
- за рахунок інформації, що виводиться на будь-який додатковий дисплей.

Для вирішення таких завдань використовується контроль параметрів автомобіля з передачею інформації з телематичного блока по каналу 3D у службу сервісу. Так, компанія Paqani встановлює на автомобілях Zonda систему дистанційної діагностики TMD, що збирає дані, які отримує бортова діагностика від кожної одиниці Zonda та по зв'язку GPRS відправляє їх на завод, а це дає можливість автовиробнику Paqani контролювати кожну одиницю Zonda, не полишаючи заводу. Система TMD – це спеціальний прилад NANO, який підключається до діагностичного рознімача в автомобілі. Він декодує інформацію і по GPRS подає її на смартфон водія. У результаті за допомогою TMD-NANO за тисячі кілометрів від сервісу під його контролем перебувають параметри двигуна, коробки передач і допоміжного обладнання кожної одиниці Zonda.

Система TMD-NANO опитує на Zonda усі системи керування та діагностики й інформує сервіс інженерно-технічної служби з допомогою смартфона водія про технічний стан автомобіля. У разі виникнення критичної ситуації на Zonda існує вмикання лампи аварійного режиму і можливість з дозволу водія вивести агрегат (двигун) з цього режиму. Сервісний центр у разі появи несправностей, наприклад, коробки передач подає електронному блоку автомобіля команду, яка забороняє переводити її в аварійний режим і забезпечує рух Zonda тільки на обережних режимах I і II передач [11, 35].

Система дистанційної діагностики Scania встановлюється на вантажівки з 2012 року. Вона дає можливість виконувати діагностування на відстані, тобто дає змогу завчасно отримувати інформацію про технічний стан транспортного засобу. Після завчасного визначення несправності персонал сервісного центру починає цілеспрямовану підготовку до ТО чи ремонту, що дає можливість скоротити простій техніки. Крім того водій може повідомляти про несправність чи поламку напряму через портал. Врешті-решт строки ТО будуть розраховані точніше, а це дасть можливість АТП (СТО) до максимуму збільшити час, протягом якого автомобіль буде приносити прибуток.

Дистанційна on-line діагностика автомобіля сьогодні це:

- реальність, яка буде розвиватися як на рівні АТП й СТО, так і на рівні спеціалізованих діагностичних сервісів;

- можливість приносити в регіони знання висококваліфікованих фахівців у сфері автомобільної діагностики;

- можливість для користувачів, навіть знаходячись далеко від кваліфікованих фахівців, з допомогою телематики все ж отримувати від них допомогу;

- можливість для автосервісів, не маючи своїх фахівців, відкрити у себе абсолютно нову послугу – діагностика on-line з допомогою професійних фахівців з діагностики і ТО сучасних автомобільних систем.

Інші розроблені системи «телематичних блоків» навігаторів дають можливість отримати з інтерфейсу інформацію про: круїз-контроль, положення дросельної заслінки, вмикання гальмівної системи, зниження частоти обертів колінчастого вала двигуна, швидкість, пробіг, витрату пального, сервісні інтервали ТО тощо. Галузеві рішення: контроль температурних режимів для рефрижераторних перевезень, контроль за трейлерами та вантажами для перевезень без супроводження і транспортної безпеки, керування ТО й поставками у системі логістики.

Отже, дистанційна діагностика має такі можливості:

- постійно контролювати технічний стан автомобіля;

- своєчасно виявляти несправності, попереджуючи серйозні відмови (поламки) автомобіля;

- 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 автомобіля в сервісі стає менш тривалим за рахунок попереднього проведення дистанційної діагностики та наявності «технічної історії»;

- наявність «технічної історії» дає можливість враховувати періодичність і уточнювати обсяги ТО та Р.

Дистанційний моніторинг параметрів технічних систем автомобіля дає можливість зменшити експлуатаційні витрати підвищити рівень безпеки водія, пасажирів і пішоходів, забезпечуючи підтримку автотранспорту в справному технічному стані і сповіщаючи про екстрену ситуацію. Наприклад, контроль поточних параметрів роботи систем активної безпеки автомобіля (ABS/ESP) забезпечує можливість попередження екстрених ситуацій на конкретній ділянці дороги, особливо у разі мінливих погодних умов, за рахунок своєчасного сповіщення учасників руху, що грунтується на динамічному контролі параметрів систем ESP автомобілів, які раніше подолали потенційно-небезпечну ділянку. Іншим прикладом є системи моніторингу тиску в шинах. Правильний тиск в шинах важливий для ефективного функціонування і безпеки автомобіля, оскільки це покращує економію пального, збільшує термін служби шин і знижує гальмівний шлях. Дистанційний моніторинг тиску в шинах для великих автопарків таких, як таксі, прокат автомобілів тощо сприяє зниженню витрат на пальне і технічне обслуговування, а також підвищує рівень безпеки [11].

Можливості систем дистанційного моніторингу, діагностування та керування технічною експлуатацією автомобілів визначаються рівнем розроблених бази даних та алгоритмів інформаційного обміну в умовах ІТС. Застосування баз даних дає можливість збирати інформацію про потреби транспортних

підприємств і параметри роботи автомобілів на маршрутах. Вони дають можливість оцінити рівень якості обслуговування, надійності й ефективності роботи автомобілів на маршрутах, прогнозування попиту на перевезення.

В цілому до основних завдань моніторингу та контролю параметрів роботи автомобілів належать:

- контроль роботи двигуна;
- виявлення фактів роботи двигуна на понижених або підвищених обертах колінчастого вала, що призводить до скорочення терміну служби двигуна;
- контроль видачі пального заправником;
- контроль швидкісного режиму, виявлення фактів руху автомобіля з перевищенням швидкості;
- виявлення фактів тривалої роботи двигуна автомобіля на стоянці, що свідчить про нераціональне використання автомобіля;
- контроль пробігу, місцезнаходження та маршруту прямування автомобіля, що дає можливість виявляти його несанкціоноване використання та махінації з пробігом;
- контроль температури двигуна дає можливість виявити факти перегрівання двигуна або факти експлуатації автомобіля з непрогрітим двигуном, що може призвести до зменшення терміну служби двигуна або до дорогого ремонту.
- аналіз часу роботи транспортних засобів автопарку, виявлення простоїв та їх нераціонального використання;
- контроль стану тривожної кнопки.

До додаткових параметрів контролю можна віднести:

- контроль роботи додаткового навісного обладнання, що дає можливість визначати час роботи, простоїв та провести аналіз раціональності використання додаткового обладнання. Контроль режимів роботи проводиться за частотою обертання двигуна додаткового обладнання;
- контроль положення верхнього навісного обладнання або робочих органів спецтехніки. Дає можливість проаналізувати час роботи спецтехніки;
- контроль підйому та опускання кузова самоскида, що дає можливість визначити кількість виконаних рейсів та оцінити обсяги перевезених вантажів;
- контроль відкривання люка горловини цистерни. Дає можливість запобігти махінаціям з пальним або іншими рідинами, які перевозять, наприклад, несанкціонований відбір, розбавлення, забруднення тощо.

Далі наведені приклади діючих багатофункціональних систем моніторингу та діагностування автомобільного транспорту.

Система GM OnStar створена у 1997 році як опція для автомобілів Cadillac з метою забезпечення безпеки автомобілів та інформаційного обслуговування водіїв. Вона поєднує стільниковий зв'язок, дорожню допомогу, обслуговування в екстрених ситуаціях і просту дистанційну діагностику. В цілому, система OnStar забезпечує власникові автомобіля досить повний сервіс, який включає: функції дистанційної діагностики; виклик у разі необхідності (наприклад, при спрацюванні подушки безпеки або в інших критичних ситуаціях) найближчих аварійних служб (швидкої медичної допомоги, поліції, пожежних тощо) або постачальника сервісу; консультації водія при незначній

ДТП, наприклад, з питань реєстрації подій для прискорення розгляду страхової заяви; допомога в пошуку викраденого автомобіля; допомога в пошуку оптимального маршруту руху; інші послуги технічного й інформаційного характеру. Дистанційна діагностика (функція GM Goodwrench Remote Diagnostic), будучи частиною системи OnStar, здатна видати більше 400 кодів несправностей: двигуна автомобіля, трансмісії, гальмівної системи, подушок безпеки тощо. Власнику автомобіля, зареєстрованого в OnStar Business Vehicle Manager, автоматично електронною поштою надсилається звіт про виконаний пробіг і залишковий ресурс масла в системі змащування двигуна. У звіт можуть включатися також дані про роботу двигуна, подушок безпеки, гальм, електросистем, планування й ведення графіка планових обслуговувань і ремонтів, планування й замовлення необхідних запчастин тощо; спостереження за технічним станом автомобіля (опція Health Watch), передача діагностичних кодів й інформації про використання пального, виконання процедур пошуку несправностей тощо. Додаток EquipmentManager забезпечує чотири звіти про розташування автомобіля й один звіт про параметри стану за добу, а також можливість одержувати додаткові повідомлення, наприклад, проводити розширений пошук або про всі автомобілі у радіусі 100 миль, для яких необхідно виконати планове ТО на наступному тижні. Подібні телематичні системи моніторингу застосовують і інші виробники транспортних засобів, наприклад, John Deere, Volvo тощо.

Інтегрована ДЛН-система (США) обладнується телематичними пристроями, які забезпечують зчитування кодів несправностей і даних від датчиків, пов'язаних з ТО та Р (ДЛН – дистанційна локалізація несправностей). Бортові модулі діагностики несправностей і програм обслуговування автомобіля можуть або працювати автономно, або взаємодіяти з віддаленим ДЛН-сервіс-центром (Remote Diagnosis and Maintenance Center) для передачі кодів несправностей і відповідної інформації з датчиків. Комунікації між автомобілем та структурними елементами системи моніторингу здійснюються через двосторонні модулі зв'язку. Лінії зв'язку між автомобілем і сервіс-центром (або уповноваженим радником) забезпечують доступ до електронного блока керування автомобіля, а також можливість зчитувати параметри роботи й коди несправностей для аналізу. Голосові лінії комунікації з оператором ТЗ, використовуються в екстрених випадках. Засоби, встановлені в ДЛН-сервіс-центрі, взаємодіють із телематичними модулями автомобіля. Радник сервіс-центру може керувати будь-якими модулями автомобіля в реальному часі, включаючи дистанційний контроль показів датчиків системи пошуку несправностей. Він вживає заходів щодо організації обслуговування або ремонту й повідомляє водія про серйозність несправностей. Інформація базується на ідентифікаційному номері автомобіля. Базова інформація, яка включає попередні записи й звіти про сервіс автомобіля, відомості про звички водія (оператора) і покази датчиків (температура й тиск рідин, тиск у шинах, напруга акумулятора тощо), використовується при побудові стратегії обслуговування для даного автомобіля. Інші елементи системи також мають доступ до інформації сервіс-центру, наприклад, служби, що здійснюють контроль аварійності, стану здоров'я водія тощо. Дані від виробника автомобіля

одержують у разі необхідності додаткового діагностування несправності й аналізу її наслідків. Сервіс-центр у свою чергу може забезпечувати заводи-виробники інформацією про несправності. У зв'язку з тим, що необхідні служби ТО та Р повинні встановлюватися від імені власника автомобіля, то сервіс-центр координує свою роботу через надзвичайного посередника з уповноваженим радником, який керує програмою обслуговування й відповідає за взаємодію з водієм.

Інтегрована система Mycarevent (ЄС) з 2006 року використовується європейськими мережами надзвичайної допомоги транспортним засобам. Система спрямована на розвиток конкуренції у сфері автосервісу й виходить із припущення, що бортова діагностична система OBD не завжди точно визначає можливі причини несправностей автомобіля і тому потрібна додаткова інформація, у тому числі консультації експертів. Дана система передбачає кооперацію різних учасників автосервісу: виробників автомобілів, незалежних і авторизованих підприємств із ТО та Р автомобілів, а також підприємств пришляхового сервісу. Орієнтовна схема мобільного сервісу включає наступні блоки:

- інформація про надзвичайну ситуацію (мобільний інтернет, головний сервіс-портал (Mycarevent Service Portal);
- запит на запчастини (постачальник запчастин);
- інформація про готовність запчастин;
- інформація про ремонт (засоби інтерактивної локалізації несправності та контролю ТО і Р);
- центр керування (доступний центр інформаційних ресурсів, база даних, діагностичні засоби: експертна система, штучний інтелект; інформаційні бізнес-моделі: контроль доступу, моделі рахунків і цін для виконання ТО та Р).

Основу інфраструктури системи становить сервіс-портал (Mycarevent Service Portal) як база знань і основне сховище різної документації на автомобілі. Сервіс-портал передбачає ідентифікацію транспортного засобу (за реєстраційним номером) і потім його дистанційне діагностування, а також доступ до необхідної ремонтної інформації й експертної системи. Для обробки інформації про складні несправності чи відмови забезпечується доступ до баз даних заводу-виготовлювача, а також багаторівневий доступ до ремонтної документації в режимі on-line. Передбачається, що фахівці сервісу через портал будуть швидко одержувати повні дані, необхідні для виявлення несправностей та організації ремонту автомобіля. Можливе удосконалення системи одержання запчастин і в цілому керування бізнес-процесами ТО та Р. Mycarevent передбачає уніфікацію пристроїв і програмних додатків на основі MobilScan, що використовує мобільний телефон Synbian для зв'язку з OBD автомобіля через бездротовий зв'язок Bluetooth. Цей пристрій може безупинно одержувати й відображати параметри автомобіля від досить великої групи датчиків і відсилати дані за допомогою мережі до бази даних сервіс-порталу. В окремих випадках цей пристрій може допомогти самому водієві усунути незначні несправності. Передбачається, що після успішних випробувань системи в автопромисловості будуть уведені стандарти для уніфікації мобільних додатків, які використовують зовнішні й бортові діагностичні системи.

Результати випробувань телематичних продуктів і сервісів показали, що

автоматизація процесу експлуатації здатна підвищити ефективність використання автомобілів, бо підвищується рівень роботоздатності парку автомобілів, підтримується прогнозуюче обслуговування; контроль у реальному часі за станом автомобіля, що дає можливість уникнути відмов і аварій за рахунок своєчасного усунення несправностей; забезпечуються більш ефективна експлуатаційна підтримка автомобілів і попереджувальна логістика; долається дефіцит кваліфікованих механіків і експертів, оскільки в центрі керування зосереджені механіки, досвідчені в необхідних областях обслуговування автомобілів.

Наведені приклади систем ДЛН вигідно застосовувати в АТП та СТО для коригування режимів ТО та Р і моніторингу стану автомобільного транспорту. Розвитку ДЛН для автомобілів перешкоджають висока вартість цих систем і проблеми створення відповідних центрів ТО та Р, що працюють в одному комплексі. Це пояснюється тим, що рентабельність центрів залежить від кількості обслуговуваних автомобілів, а ефективність роботи системи в цілому залежить не тільки від достатньої кількості центрів, але й від координації роботи центрів з іншими ресурсами – заводами, майстернями, дорожньою службою тощо. Розробники інтегрованих систем прагнуть наблизити їх вартість до вартості традиційних систем діагностики несправностей, у тому числі шляхом використання різних каналів комунікацій для одночасного виконання кількох функцій системи ДЛН. Також, однією з проблем впровадження систем дистанційного моніторингу є конфіденційність інформації. Але, як показала практика впровадження супутникової навігації, ця проблема в майбутньому буде втрачати своє значення. Тому ДЛН-системи з відкритою архітектурою й доступною інформацією можуть стати лідерами в просуванні нових технологій.

7.2. Системи інформування водія та керування автомобілем у транспортному потоці

7.2.1. Види основних бортових систем та підсистем інтелектуального автомобіля

Системи керування автомобілем поділяються на закриті (замкнені, комбіновані, зі зворотним зв’язком [31]) та відкриті (рис. 7.1). Розвиток цих систем від механічних засобів автоматизації до мехатронних, телематичних та інтелектуальних систем дав можливість створити сучасні системи керування інтелектуального автомобіля. В основу адаптивного керування сучасного автомобіля покладено інформаційний обмін даними (з допомогою шини CAN) між усіма блоками технічних систем автомобіля. Це дало можливість керувати режимами роботи автомобіля, його рухом, удосконалити функціональні алгоритми і програмне забезпечення. Такі мехатронні та телематичні системи автомобіля описані в роботі [11]. У даному підрозділі будуть розглянуті лише бортові телематичні системи забезпечення керованістю та безпечністю автомобіля.

Сучасний інтелектуальний автомобіль (транспортний засіб) має описані далі бортові системи.

1. Мехатронні та телематичні системи керування рухом автомобіля:

- антиблокування гальм (ABS);

- протибуксовна (антипроковзна) коліс (ASR);
- попередження зіткнення (FCW, СПСА);
- допомоги під час екстреного гальмування (BA, BAS, EBA);
- сходження зі смуги руху (LDW);
- адаптивного круїз-контролю (ACC);
- виявлення сліпої зони (BSD);
- стабілізації руху (ESP, HAS, DSM, VSM, VSC);
- допомоги водію для безпечного водіння (DSSS);
- автоматичного керування склоочисниками та склоомивачем;
- активного рульового керування (AFS);
- автоматичного пристосування підвіски та положення кузова до зміни навантаження автомобіля, вибору величини дорожнього просвіту в залежності від дорожніх умов (ESC, TEMS, ASA);
- гальмування через дроти (BBW);
- контроль параметрів тиску і температури в шинах (DDS, TPM);
- попередження перекидання автомобіля (ARP);
- автоматичне керування приладами освітлення (Light Assist);
- автоматичне індивідуальне регулювання електронним блоком підвіски жорсткості амортизаторів кожного колеса, з урахуванням нахилу кузова та швидкості, з якою автомобіль входить у поворот, оцінювати кут повороту і швидкість, з якою водій повертає кермо.

2. Телематичні системи інформування водія про:
- дорожні умови, ситуацію на дорозі;
- технічний стан автомобіля;
- адаптивне освітлення;
- попередження про перетин дорожньої розмітки;
- моніторинг «сліпої зони» (про знаходження поруч інших транспортних засобів);
- розпізнавання дорожніх знаків;
- знаходження перешкод під час руху заднім ходом;
- виявлення невидимих перешкод;
- моніторинг стану водія;
- інформування про перешкоди попереду;
- інформація про стан дорожнього покриття та параметри транспортного потоку;
- інформація про метеоумови;
- комунікація між автомобілями;
- круговий огляд;
- попередження про зіткнення під час паркування;
- нічне бачення;
- попередження про наявність пішоходів на проїзній частині;
- попередження про наявність знаків обов'язкової зупинки;
- екологічний моніторинг (шкідливі речовини у ВГ).

3. Телематичні системи збору й передачі інформації:
- чорний ящик;
- тахограф;

- передача інформації про аварії;
- електронна ідентифікація автомобіля (вантажу);
- позиціонування автомобіля, інформація про його місцезнаходження.

Конструктивний опис перерахованих у пунктах 1, 2, 3 бортових систем і підсистем зроблений у [11], в даному підрозділі наведено лише їх застосування.

Бортова ІТС забезпечує безпеку й ефективність керування транспортними потоками:

- надає водію допомогу у передбаченні дорожньої обстановки;
- спонукає водія до дій щодо попередження небезпечної ситуації;
- знижує утомленість водія, беручи частину навантаження з керування автомобілем на себе;
- автоматично бере керування автомобілем на себе, якщо водій самостійно не зміг виконати необхідні дії щодо попередження ДТП, або зменшуючи тяжкість її наслідків;
- дає можливість ідентифікувати транспортний засіб, параметри його роботи та технічного стану;
- переспрямовує транспортні потоки;
- видає рекомендації щодо вибору швидкості руху;
- SOS сервіс;
- попередження про туман;
- попередження про слизьку дорогу та небезпечну ділянку дороги;
- попередження про можливе зіткнення на перехресті.

7.2.2. Системи круїз-контролю

Основною функцією системи адаптивного круїз-контролю (ACC – Adaptive Cruise Control) є підтримка необхідної швидкості руху, яку задав водій, та утримання відповідної відстані до транспортного засобу спереду з метою підвищення безпеки руху на дорозі та покращення комфорту водія. Це досягається вимірюванням відстані й відносної швидкості транспортного засобу, який рухається попереду, з допомогою систем електронного керування. Система ACC не передбачає операції з керування автомобілем у міських умовах, а лише під час руху магістралями при швидкостях, більших за 30 км/год. ACC гнучко реагує на транспортну ситуацію (на основі систем ABS, ASR, ESP) з допомогою прискорення, сповільнення і навіть гальмування, змінюючи тиск у гальмівній системі. ACC, використовуючи інформацію від датчика ESP, визначає: кут повороту, курсову стійкість, бокове прискорення та швидкість транспортного засобу. Обмін інформацією між різними компонентами системи здійснюється через шину CAN (рис. 7.23, 7.24).

Упровадження активного круїз-контролю дає можливість автоматично підтримувати потрібну дистанцію до автомобіля, що рухається поперед. Коли радар виявляє перешкоду, яка знаходиться на небезпечно близькій відстані, блок керування з допомогою гальма-сповільнювача знижує швидкість до безпечного значення. Сьогодні на вантажівках і автобусах уже серійно встановлюються варіанти таких систем, де задіяна допоміжна гальмівна система і зниження швидкості відбувається приблизно до 30 км/год. Однак, фахівці компаній

Volvo Trucks та Mercedes Benz створили більш ефективну систему круїз-контролю, яка у разі небезпеки дає команду робочим гальмівним механізмам до повної зупинки автомобіля.

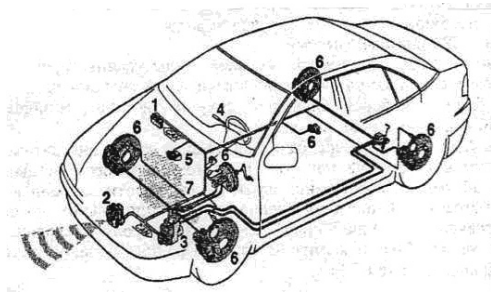


Рис. 7.23. Компоненти системи адаптивного круїз-контролю:
1 – блок керування роботою двигуна; 2 – блок перевірки роботи радіолокаційного датчика; 3 – блок керування роботою гальм при вмиканні круїз-контролю; 4 – контрольні прилади та блок індикації; 5 – блок керування двигуном при вмиканні круїз-контролю; 6 – датчики; 7 – блок керування трансмісією при вмиканні круїз-контролю.

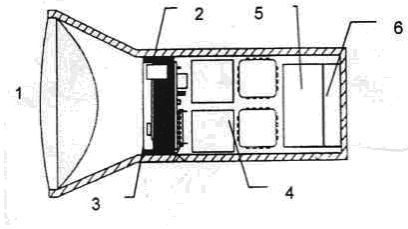


Рис. 7.24. Датчик швидкості:
1 – лінза; 2 – генератор випромінювання; 3 – прийомопередавач; 4 – схема обробки сигналу; 5 – блок керування; 6 – CAN-інтерфейс

На практиці встановлено, що для оптимального режиму роботи ACC сповільнювати рух автомобіля за рахунок прикривання дроселя недостатньо. Тривалі операції руху позаду автомобілів за допомогою ACC без необхідності частого втручання водія можливі лише при втручанні програми ESP гальмівної системи.

Система ACC допускає тільки плавне гальмування. Функції безпеки такі, як екстрене гальмування, в обов'язки даної системи не входять. Ці функції разом з вибором швидкості руху та дистанції залишаються на особистій відповідальності водія.

Для забезпечення надійної роботи системи ACC важливо, щоб автомобілі, що рухаються попереду, розташовувалися в межах смуги руху. Інформація від датчиків програми ESP (рис. 7.25) використовується для визначення фактичної кривої руху транспортного засобу, оснащеного ACC. Додаткова інформація про транспортний потік визначається за допомогою радіолокаційних сигналів.

Системи відеозображень та навігаційні системи використовуються для допомого водіям автомобілів при визначенні маршрутів руху.

Для цього електронний блок системи сприймає задане значення швидкості, зчитує показання датчика швидкості (спідометра) і за наявності розходження відкриває або закриває дросельну заслінку подачі паливної суміші до двигуна, впливаючи цим на швидкість обертання колінчастого вала двигуна. Це звільняє водія від завдання постійного керування педаллю акселератора на магістралях. Для керування системою на кермі встановлюється група з чотирьох перемикачів. При досягненні заданої швидкості водій перемикає кнопку для вмикання системи круїз-контролю і далі задана швидкість підтримується. У разі появи повільного транспорту попереду натискається кнопка для зменшення швидкості, при обгоні – натискується кнопка для збільшення швидкості, а для

вимикання режиму руху з постійною швидкістю натискується кнопка CANCEL.

Якщо передній автомобіль зійшов зі смуги, то система збільшує швидкість у заданому діапазоні. Додаткова інформація до системи ACC надходить від датчика швидкості та датчика кутової швидкості. Система реагує на зміну дорожньої обстановки набагато швидше від водія та за сигналами датчиків коригує керування як двигуном, так і гальмівною системою. Наприклад, система ACC Continental автоматично зменшує обертальний момент колінчастого вала двигуна та прикладає гальмівне зусилля для гальмування у 0,3g, а якщо цього недостатньо, то подає сигнал водієві про необхідність гальмування [13].

Рис. 7.25. Основна структура керування системи ACC

Найважливішим компонентом в системі ACC є радіолокаційний датчик (рис. 7.25), за допомогою якого визначається відстань до автомобіля, що рухається попереду, відносна швидкість руху та відносне положення транспортних засобів. Цей датчик виявляє, коли на смузі руху попереду з'явився автомобіль і відповідно зменшує швидкість для забезпечення безпеки руху. Відносна швидкість руху визначається за змінними у часі амплітудами радарних хвиль, що відбиваються.

Радарні датчики багатопроменеві, що підвищує їх роздільну здатність і захоплення діапазону як коротких, так і довгих хвиль. Стандартна відстань, яку охоплює радар дальньої дії з робочою частотою 77 ГГц, складає від 120 до 200 м, роздільна здатність – приблизно 1 м, відносна швидкість – 100-200 км/год.

У системах попередження зіткнення радари, що працюють на міліметрових хвилях, і камери сканують простір перед автомобілем, а електронний блок вираховує швидкість зближення з перешкодою (автомобілем) й у разі необхідності активує гальмівну систему, ремені безпеки та інші системи для зменшення можливих пошкоджень у разі аварії.

Радар, установлений позаду, може допомогти у разі наїзду транспорту, який рухається позаду транспортного засобу.

Фірма Bosch використовує комбінацію радарів дальньої дії з відеокамерами як частину системи попередження фронтальних аварійних ситуацій PPS

(Predictive Safety System), яка забезпечує профілактичну функцію захисту пасажирів, якщо аварія неминуча, і допомогу водію для запобігання можливих зіткнень шляхом активного впливу у роботу автомобільних систем.

Ладарні датчики повністю аналогічні радарам, за винятком того, що замість радіохвиль використовують інфрачервоний лазерний промінь, а це виходить дешевше, порівняно з радаром. Як і радари, ладари, які випускає низка компаній, характеризуються дальністю (150-200 м), широким діапазоном захоплення, високою точністю (1%), роздільна здатність до 0,1 м. Посилається не один імпульс, а ціле віяло у горизонтальній площині, щоб охопити певний кут, який перекриває смугу руху. За даними, отриманими при обробці сигналу, обчислюється відстань, швидкість і відносне положення автомобіля, що їде попереду. За результатами обчислення швидкість автоматично адаптується до загального графіку руху даного транспортного засобу, використовуючи гальмування або керування двигуном, автоматичною коробкою передач.

Лазерні сканери Alasca, які використовує фірма Hella в системі ACC, дають можливість з високою точністю знаходити об'єкти у короткому і середньому діапазоні. Отримані дані дозволяють визначити всі динамічні параметри навколишніх об'єктів і виробити відповідні керуючі дії на приводну чи гальмівну системи. Відомі різні приклади використання такого датчика для повношвидкісних ACC.

Завдяки широкому куту охоплення лазерний сканер дає можливість своєчасно виявляти автомобілі, що здійснюють маневр «підрізання», а також реагує на пішоходів, які раптово вибігають на дорогу. На рис. 7.26 приведений характерний приклад руху автомобіля, оснащеного лазерним сканером, у режимі «Старт-стоп».

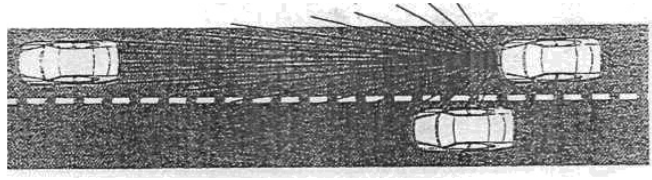


Рис. 7.26. Зони огляду сканера Alasca XT при його використанні в системі активного круїз контролю, здатного працювати в режимі «Старт-стоп»

Лазерний сканер може з успіхом також застосований у системах попередження зіткнень. Такі системи повинні розпізнавати небезпечні переміщення учасників дорожнього руху, що знаходяться перед автомобілем і збоку від нього, й у разі необхідності впливати на системи активної та пасивної безпеки. Наприклад, вони повинні викликати попереднє натягнення ременів безпеки, підвищувати до певного значення тиск у гальмівному приводі, а також приводить у стан готовності подушки безпеки і засоби захисту пішоходів.

Блок керування сканером зв'язаний з електронікою автомобіля через бортовий комп'ютер з допомогою якого він отримує дані про швидкість автомобіля, швидкість його обертання навколо вертикальної осі, кути повороту керованих коліс, тиск у гальмівному приводі і т. п. На підставі цих даних блок керу-

вання виробляє команди, які через бортовий комп'ютер спрямовуються на гальмівну систему і привід акселератора.

Подальше впровадження систем адаптивного круїз-контролю дасть можливість ще вище підняти рівень автоматизації керування та безпеки руху, тому провідні виробники автомобілів та електроніки розробляють нові засоби і системи.

Системи відображення та навігаційні системи використовуються для допомоги водію автомобіля при визначенні маршрутів руху.

На практиці встановлено, що для оптимального режиму роботи ACC уповільнювати рух автомобіля лише за рахунок прикриття дроселя недостатньо. Тривалі операції переслідування автомобілів з допомогою ACC без необхідності частого втручання водія можливі тільки у разі залучення програми ESP гальмівної системи.

Система ACC допускає тільки плавне гальмування. Функції безпеки такі, як, наприклад, екстрене гальмування, до обов'язків даної системи не входять. Ці функції разом з вибором швидкості руху та дистанції залишаються на відповідальності водія.

Як уже було зазначено ACC не призначена для керування автомобілем у міських умовах. Розширення функцій для роботи системи в міських умовах потребує значного вдосконалення функціональних можливостей використовуваних датчиків, призначених для контролю навколишніх умов руху. Це неможливо здійснити за рахунок радіолокаційної системи, яка функціонує при частоті 77 ГГц.

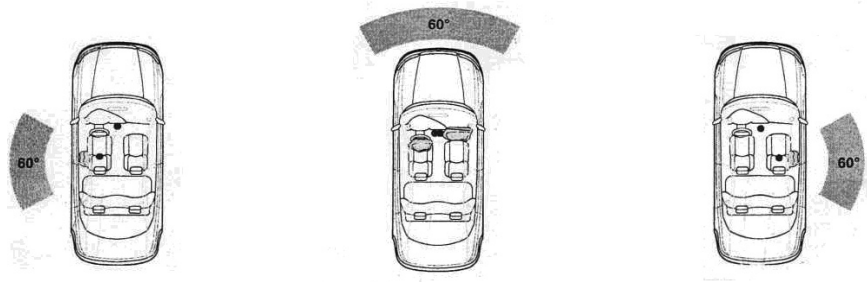
На сьогодні створення безпілотного автомобіля-робота стало цілком можливим, більше того, він уже існує, проводяться змагання між подібними транспортними засобами, вже створені маршрутні транспортні засоби, які функціонують без водія.

Оптимістичний прогноз щодо розробки самостійно керованого автомобіля дала компанія Tesla. Автомобіль з автопілотом уже став реальністю.

7.2.3. Системи запобігання зіткненню під час руху та паркування

Сучасний стан розвитку активної безпеки описаний у багатьох роботах, наприклад, [10, 13, 18, 22, 27]. Зіткнення автомобілів є основним видом ДТП. Схема розпізнавання виду зіткнення приведена на рис. 7.27, а як відбуваються події в момент зіткнення показано у табл. 7.5.

Під час лобового зіткнення з нерухомою перешкодою на швидкості 80 км/год водій і пасажири зазнають навантаження, що дорівнює 50 g. Звичайна нетренована людина не може витримати навантаження, яке перевищує 7 g. У разі перевантаження у 10 g питома вага крові людини досягає питомої ваги заліза. Серце людини не може проштовхнути таку кров по артеріям, що може призвести до його зупинки або розриву.



а б в

Рис. 7.27. Розпізнавання зіткнення:
а – боковий удар зліва; б – фронтальний удар; в – боковий удар справа

Таблиця 7.5

Схема подій під час лобового зіткнення

№	Час, с	Подія
1	0,026	Після удару втискується бампер; сила, яка у 30 разів перевищує силу ваги автомобіля, зупиняє його рух на лінії передніх сидінь, а пасажири, що не пристебнуті ременями безпеки, продовжують рухатися в салоні зі швидкістю 80 км/год (закон інерції)
2	0,039	Водій разом із сидінням стрімко рухається вперед, його мозок зазнає небезпечних навантажень
3	0,044	Водій грудною клітиною ламає кермове колесо та кермову колонку (відповідно ламає ребра у більшості випадків)
4	0,050	Швидкість падає настільки, що на автомобіль і на всіх пасажирів починає діяти сила, яка у 80 разів перевищує їх власну силу ваги
5	0,068	Водій із силою у 9 т ударяється об панель приладів
6	0,092	Водій і пасажир, який сидить поруч, ударяються головами об лобове скло й отримують смертельні пошкодження черепа
7	0,100	Обвислий на кермовій колонці водій відкидається назад – він уже неживий
8	0,110	Автомобіль починає повільно відкочуватися назад
9	0,113	Пасажир, що сидить позаду водія, (якщо він не пристебнутий ременем безпеки) виявляється на одній лінії з ним і наносить йому новий удар, одночасно й сам зазнає смертельних пошкоджень
10	0,15	Наступає повна тиша, уламки скла й заліза падають на землю. Місце зіткнення покриває завіса пилу. Все закінчилося за якихось 0,15 секунди

Аналіз дорожньо-транспортних пригод з важкими наслідками показав, що приблизно їх половина виникла в результаті фронтальних зіткнень і наїздів. При цьому в 40% випадків гальмування автомобіля взагалі не відбувалось. Оснащена лазерним сканером система аварійного гальмування здатна розпізнати небезпечний об’єкт перед автомобілем і збоку нього і здійснити аварійне гальмування. При цьому система враховує можливість об’їзду небезпечного об’єкта. В якості попереджувального заходу виконується підготовка підсилювача гальмівного привода до екстреного гальмування. Слід зазначити, що подібні системи не завжди можуть виключити подію зіткнення.

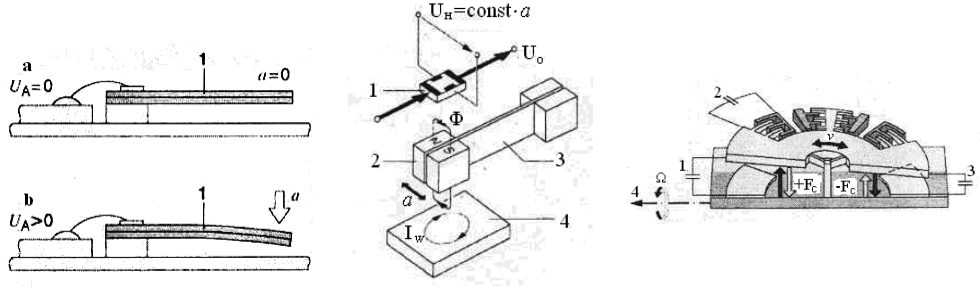
Система Mobileye C2-270 (мобільне око) – один з напрямів підвищення

безпеки на транспорті. Система сповіщає про потенційно небезпечні ситуації, що виникають на дорозі, знижуючи ймовірність потрапляння у ДТП. Для цього у системі використовується цифрова камера, яка спостерігає за дорогою. Суперпотужний мікропроцесор обробляє зображення і результат транслює на дисплей і на динамік.

Система відслідковує траєкторію руху автомобіля і сповіщає про можливість аварії у випадках якщо:

- водій не витримує необхідну безпечну дистанцію до транспорту, що їде попереду, з урахуванням швидкості руху;
- автомобіль, що їде попереду, різко загальмував або різко переміщується на ту смугу руху, якою їде автомобіль, обладнаний системою;
- автомобіль виходить за межі розмітки, не ввімкнувши сигнал повороту;
- перед автомобілем раптом з'являється мотоцикліст, велосипедист, пішохід.

Типові датчики зіткнення представлені на рис. 7.28, а типові сенсори – на рис. 7.29.



а б в

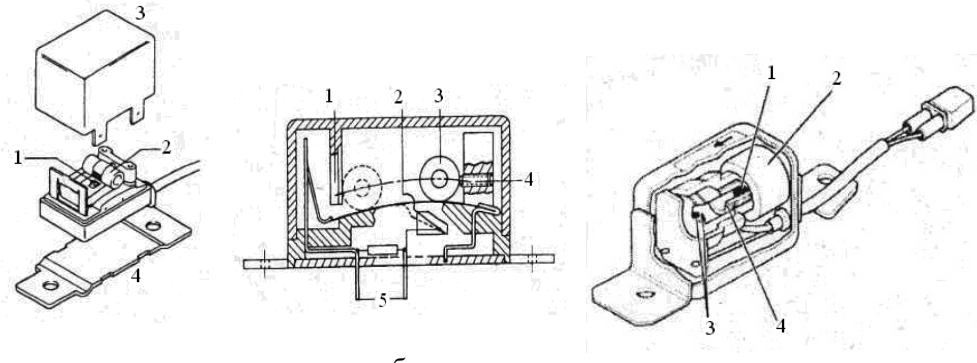
Рис. 7.28. Датчики зіткнення:

а – п'єзоелектричний сенсор: a – стан спокою; b – під час прискорення; 1 – п'єзокерамічний елемент; U_A – вимірювання напруги; **б – датчик прискорення:** 1 – сенсор Холла; 2 – постійний магніт (сейсм. маса; 3 – пружина; 4 – демпфер-пружина (Cu); a – прискорення; I_W – вихровий струм; U_H – напруга Холла; U_O – опорна напруга; Ф – магнітний потік**; в – принцип роботи**; 1 – вимірювана ємність; 2 – ємність привода сходження; 3 – вимірювана ємність; 4 – вісь, що сенсоритьсяся; F_C – сила Коріоліса; v – швидкість переміщення; Ω – кут повороту

У деяких автомобілях для цього використовується радіолокатор або сонар, убудований у системи адаптивного круїз-контролю або систему допомоги при паркуванні. Працює це в такий спосіб: якщо датчики виявляють небезпечне зближення із транспортним засобом, що йде попереду, система в автоматичному режимі починає гальмування, при цьому автомобіль починає видавати різні звуки й для забезпечення безпеки водія й пасажирів, автоматично натягаються ремені безпеки.

Система City Safety System, яку пропонує фірма Volvo своїх останніх автомобілях, функціонує на швидкості до 30 км/год. Якщо автомобіль попереду робить різке гальмування, City Safety визначає ймовірність зіткнення й підготовлює гальмівну систему. Слід зазначити, що ця система не звільняє водія від

уважного керування автомобілем та дотримання достатньої дистанції, що необхідно для запобігання зіткнень. Функція автоматичного гальмування активується лише у тому випадку, коли система визначає високий ступінь імовірності зіткнення.



а б в

Рис. 7.29. Сенсори Crash:

а: 1 – контактна пружина; 2 – ролик; 3 – кришка корпуса; 4 – монтажна пластина; **б**: 1 – обмежувач ролика при спрацюванні; 2 – контактна пружина; 3 – ролик; 4 – обмежувач ролика у положенні спокою; 5 – рознімач; **в**: 1 – позолочена кулька; 2 – постійний магніт; 3 – позолочені контакти; 4 – напрямна гільза

Для попередження зіткнення все частіше використовують цифрові камери зі швидкою обробкою сцени трафіка. Камери, які розміщуються на вітровому склі, сприймають як дальнє, так і близьке зображення. Основне завдання полягає в адекватному оцінюванні отриманої інформації та видачі своєчасного сигналу водієві. Є приклади реалізації програмних функцій запобігання зіткненню на базі відеосистем у відеореєстраторах, смартфонах, які здатні своєчасно попередити водія про можливість зіткнення.

Щоб запобігти зіткненню з перешкодами при паркуванні та задньому русі сучасні автомобілі оснащують різними засобами контролю навколишнього простору. На практиці використовують три основних види систем: відеосистеми, ультразвукове та електромагнітне сканування.

При використанні першого засобу на задніх конструкціях автомобілів установлюють відеокамеру, яка показує на моніторі водія стан невидимої для нього зони у разі руху назад. Такий спосіб використовують на великогабаритних автомобілях (автобусах, вантажівках). Недоліком цього способу є значна залежність від освітленості та метеорологічних умов. Використовують також інфрачервоні відеокамери у парі з інфрачервоним ліхтарем для темряви.

Більш поширені системи ультразвукового сканування, які є надійними та дешевими. При цьому способі на бамперах установлюють групи ультразвукових датчиків. Датчики побудовані на п’єзоелементах і можуть бути як генераторами ультразвукових коливань, так і приймачами. Датчики по черзі випромінюють ультразвуковий імпульс та чекають відлуння від перешкоди. Залежно від часу отримання луни обчислюється відстань до перешкоди.

Час сканування складає кілька мілісекунд, тому водій отримує звукове або

відеопопередження про відстань до перешкоди практично у реальному часі, достатньому для прийняття рішення. При звуковому інтерфейсі водій визначає відстань до перешкоди за частотою тонових звуків, які при наближенні до перешкоди зростають. Починається звуковий сигнал з відстані у 1,5-1,3 м.

До складу системи входять мікропроцесорний блок, система датчиків, вихідні аудіо або відео пристрої (рис. 7.30).

Рис. 7.30. Склад системи ультразвукового парктроніка

Комплект: камера+монітор+ радар (парктронік) (рис. 7.31) призначений для візуального (за допомогою камери і монітора) спостереження за обставинами позаду автомобіля, а також звукового попередження (за допомогою радара і динаміка) у випадку появи перешкоди.

Комплект компенсує недоліки кожної із систем, якщо їх використовувати окремо. До складу комплекту входять широкоформатна кольорова камера заднього виду з вбудованим радар-детектором, монітор, аудіо динамік та керуючий пристрій.

Рис. 7.31. Комплексна система

Рис. 7.32. Електромагнітний парктронік

Електромагнітні парктроніки працюють за принципом зміни електромагнітної хвилі у передавачі у разі наявності перешкоди в зоні його дії. Блок керування подає імпульс на металізовану стрічку-передавач, яка у свою чергу випромінює електромагнітну хвилю (рис. 7.32).

Якщо у зоні хвилі є який-небудь об’єкт, то опір електромагнітного поля збільшується, а блок керування за зміною опору визначає відстань до перешкоди.

З практичної точки зору такий парктронік більш зручний, тому що не вимагає свердління отворів у бамперах.

В електромагнітного парктроніка немає мертвих зон, тому що датчик є довгою стрічкою по всій довжині бампера. Також електромагнітний парктронік може визначити перешкоду з хутра або з поверхнею, що стоїть під кутом, і таку перешкоду не може відчути ультразвуковий пристрій. Точність електромагніт-

ного парктроніка також більша (5 см проти 20 см в ультразвукового партроніка), проте відстань сканування простору дещо менша (70 см проти 2 м в ультразвукового партроніка). Недоліком електромагнітного парктроніка є те, що реагує він на перешкоди лише під час руху автомобіля, хоча б декілька сантиметрів в секунду.

Для орієнтації у просторі можуть використовуватися й інші різноманітні пристрої, наприклад, інфрачервоні датчики, що діють на гранично близькій відстані. Ці пристрої добре відомі, менш відомий так званий ладар або лидар – дві назви одного приладу. (LIDAR – англ. Light Detection and Ranging). Ладар став складовою частиною системи вимірювання дистанції LMS (Laser Measure Sensor). Ідея ладара не оригінальна: LMS випромінює кілька променів і сприймає відбиті дані. Володіючи у повній мірі властивостями інерційної навігаційної системи з повним набором датчиків орієнтації й переміщення (рис. 7.33) інтегрована система здатна визначати всі параметри руху транспортного засобу: кутові швидкості, прискорення, ударні та вібраційні впливи, перевантаження.

При цьому на відміну від традиційних блоків датчиків руху в інтегрованій системі реалізований складний математичний апарат перерахунку впливів у різні системи координат. Тому користувач може використовувати вихідну інформацію системи для своїх додатків безпосередньо без попередньої обробки.

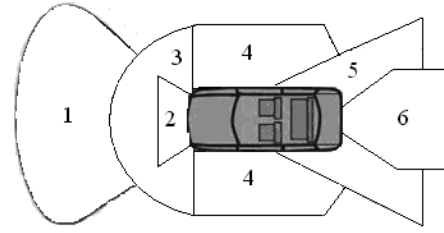


Рис. 7.33. Датчики орієнтації у просторі та дистанція їх дії

На рис. 7.33 цифрами позначені:

1 – 50-80 метрів: радар або тривимірний ладар; 2 – 1 метр: інфрачервоні датчики; 3 – 20 метрів: радар або ладар; 4 – 3 метри: радар, відео, інфрачервоні датчики; 5 – 20 метрів: радар, відео або ладар; 6 – 5 метрів: радар, відео, інфрачервоні датчики.

7.2.4. Системи контролю перетинання розмітки, бокової та мертвої зони

Намагання максимально звільнити водія від більшої кількості операцій з керування автомобілем, а також розширити його можливості стимулювало розробку таких систем, як контроль руху смугою, радари бокового огляду й інших.

Пристрій контролю руху смугою звичайно містить дві телекамери і блок керування. Система розпізнавання налаштована так, що в ідеалі лінії розмітки справа та зліва від автомобіля повинні знаходитися на однаковій від нього відстані. Якщо автомобіль відхиляється від осі смуги та перетинає лінію розмітки, а водій не увімкнув перед цим покажчик повороту, Lane Assist попереджує його звуковим і світловим сигналами. У деяких автомобілів звуковий сигнал замінено на вібратор у спинці або подушці сидіння. У подальшому припускають широке застосування активних систем, здатних самостійно повертати автомобіль на смугу руху. Таку здатність, наприклад, має експериментальний вантажний

автомобіль американської фірми Freightliner (рис. 7.34).

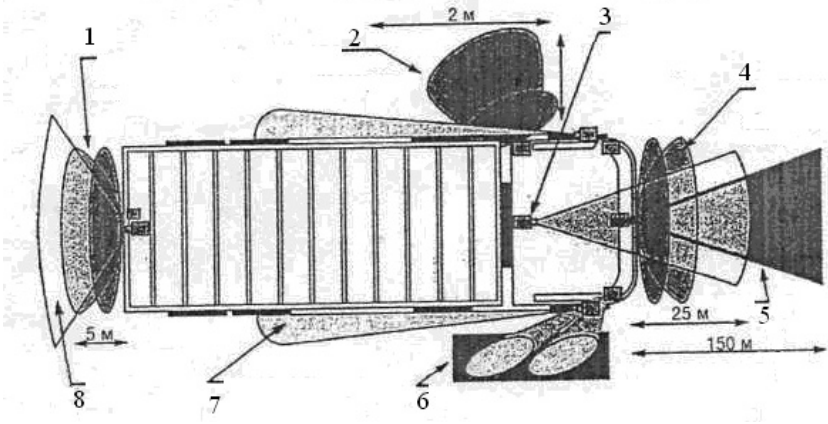


Рис. 7.34. Зони дії систем безпеки на вантажному автомобілі:
1 – радар мертвої зони, який контролює простір позаду; 2 – боковий радар мертвої зони; 3 – відеокамера системи контролю руху смугою та приладу нічного бачення; 4 – передній радар мертвої зони; 5 – далекобійний радар адаптивного круїз-контролю з системою попередження про можливе зіткнення й увімкнення перед аварійної підготовки; 6 – інфрачервоні датчики контролю мертвої зони; 7 – відеокамери бокового огляду; 8 – відеокамера заднього огляду

Радар, що контролює простір перед автомобілем, дає можливість реалізувати і режим доаварійної підготовки. Якщо зіткнення неминуче, електронний блок керування дасть команду на увімкнення натягувачів ременів безпеки і навіть автоматично від'єднає акумуляторну батарею після аварії, щоб уникнути короткого замикання в мережі. У разі незначного зіткнення, якщо ризику короткого замикання немає, система безпеки дає можливість продовжити рух. Це вже застосовується на легкових автомобілях. Часто ДТП відбуваються через обмежену видимість прямо перед капотом або в районі дверей, тому автомобілі почали обладнувати телекамерами та радарами, що контролюють простір у так званих мертвих зонах. Якщо під час спроби здійснити маневр у небезпечній близькості виявиться перешкода або інший транспортний засіб, водія попередять звуковий і світловий сигнали.

Безпеку навколо автомобіля забезпечують радари з робочою частотою 24 ГГц, що контролюють простір на відстані 5 м від передньої та задньої частини автомобіля й мертву зону в радіусі 2-3 м від дверей водія, а також радар з робочою частотою 77 ГГц, який контролює наявність перешкод перед автомобілем. Їх доповнюють телекамери, які контролюють простір перед автомобілем, позаду нього й по бокам, а також інфрачервоні системи контролю правої мертвої зони. У нічний час допомогу водію надають системи нічного бачення, які дають можливість виявити перешкоду на проїзній частині або небезпечні об'єкти на узбіччі, що не освітлені фарами.

Компанії Audi, BMW, Ford, Infiniti, Lexus, Mercedes, Nissan, Volvo використовують відеокамери, які зчитують дорожню розмітку, і якщо водій її перетинає, не увімкнувши при цьому сигнал повороту, система подає попереджуваль-

ний сигнал. Залежно від системи це може бути звуковий або світловий сигнал, вібрація керма або невелике натягнення ременя безпеки. У системі Infiniti, наприклад, застосовується автоматичне гальмування з одного боку автомобіля, щоб запобігти виїзду автомобіля зі смуги руху.

Система Lane Assist (Асистент зміни смуги руху) фірми Hella за допомогою радарів слідкує за обстановкою по боках та позаду автомобіля і попереджає звуковим сигналом водія про небезпеку, якщо сусідній ряд зайнятий іншими транспортними засобами (рис. 7.35**).** Радари монтуються на задньому бампері.

Відомо, що у дзеркал є так звана «мертва зона» і багато водіїв не вміють або просто не прагнуть встановити дзеркала заднього виду належним чином.

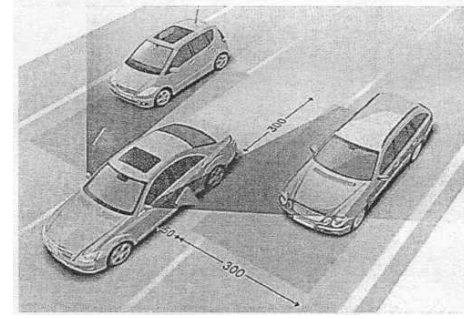


Рис. 7.35. Система контролю Lane Assist

Такі компанії як BMW, Ford, GM, Mazda, Volvo пропонують спеціальні системи, які використовують вбудовані у дзеркала камери або датчики, які контролюють мертві зони. Невеликі лампочки аварійної сигналізації, встановлені поруч із дзеркалами заднього виду, попереджають водія про знаходження автомобіля у мертвій зоні, а якщо ніякої реакції від водія не надійшло і він почав змінювати смугу руху, система починає більш активно попереджати про перешкоду. На жаль, подібні системи працюють тільки на невеликих швидкостях.

7.2.5. Системи керування фарами та освітленням дороги

Світлові прилади, що використовуються у конструкції автомобіля повинні задовольняти задані вимоги щодо інтенсивності та спрямування світлового потоку та його кольору. Особливе місце серед пристроїв та пристосувань, які забезпечують активну безпеку автомобіля, займають зовнішні світлові прилади і світловідбивні пристрої – катафоти. Функціонування зовнішніх світлових приладів (освітлювальних і світлосигнальних) відбивається на поведінці усіх учасників дорожнього руху: на виборі ними швидкості й напряму руху.

У разі природного денного освітлення у водія більше можливостей логічно оцінити і ситуацію, і свою поведінку щодо інших учасників руху. Вночі або в умовах недостатньої метеорологічної видимості (дощ, туман, снігопад, пилова буря) сприйняття інформації, що забезпечує безпечний рух автомобіля, погіршується.

З метою підвищення активної безпеки сучасних автомобілів, конструкція їх приладів освітлення постійно вдосконалюється. Як джерело світла використовуються не тільки галогенні, але й газорозрядні лампи. Все частіше поряд з АБС автомобілі обладнують активним головним освітленням, яке дає можливість створювати безпечні умови при поворотах автомобіля вночі та враховувати положення кузова відносно горизонту й дороги при різних швидкостях руху.

За вхідні параметри для розрахунку функцій активного головного світла служать кут і швидкість повороту кермового колеса, швидкість обертання коліс і кутова швидкість повороту автомобіля, крени кузова.

При роботі активного головного світла, вбудований електродвигун повертає модулі увімкненого ближнього світла в горизонтальній площині на кут до 15° і до 7,5°, відповідно для внутрішньої та зовнішньої фари по відношенню до центра повороту. Крім того, у фарі є статичне головне світло – це лампа з відбивачем, яка плавно вмикається на повороті й освітлює той бік, у який здійснюється поворот. Після виконання повороту лампа плавно гасне.

У разі виходу з ладу ближнього світла, регулювання модуля повороту припиняється, статичне головне світло також не вмикається. Несправності у системі активного головного світла заносяться в пам'ять блока керування та коректора фар і їх коди можна зчитати при підключенні тестера в процесі діагностики. Слід враховувати, що у разі знеструмлення системи, наприклад, при відключенні клеми акумулятора, вся накопичена інформація про несправності звичайно втрачається.

Вбудований датчик освітлення, призначений для:

- автоматичного вмикання і вимикання фар;
- активації функції виїзд/повернення до дому;
- розпізнавання дня і ночі для датчика дощу.

Датчик світла передає на блок керування бортової мережі інформацію про необхідність вмикання фар при наступних умовах: сутінки, темрява, в'їзд у тунель і проїзд через тунель, їзда лісом.

На новому автомобілі Mercedes Sprinter вперше для комерційних автомобілів покращити видимість у поворотах допомагає так звана інтелектуальна система освітлення. Біксенонові фари повертаються у бік повороту, покращуючи освітлення проїзної частини й узбіччя, а при увімкненні покажчика повороту на швидкості меншій за 40 км/год активізується бокове підсвічення. Система значно полегшує водіння автомобіля на неосвітлених ділянках доріг і дає можливість бачити пішоходів, які переходять дорогу, й інші перешкоди.

Для коригування положення світлового потоку залежно від кількості пасажирів та маси вантажу в автомобілі система освітлення оснащується автоматичними коректорами двох типів – квазістатичними та динамічними.

У квазістатичних системах автоматика реагує тільки на ухил кузова і має у своєму складі два сенсори положення кузова та приводи переміщення фар у вертикальній площині. З появою ксенонових ламп, що випромінюють значний потік світла, виникла необхідність захисту водіїв зустрічних автомобілів при неправильному регулюванні положення фар.

З'явилися **динамічні системи корекції**, основною відмінністю яких є значно більша швидкість реагування системи на зміни положення кузова та з урахуванням швидкості руху автомобіля. Наступним кроком підвищення безпеки у системах освітлення стало впровадження більш комплексних систем автоматичного керування рівнем освітлення, автоматичного вмикання, керування фарами у горизонтальній площині при поворотах автомобіля.

У процесі експлуатації технічні характеристики світлових приладів погіршуються. Так, у процесі горіння лампи вольфрам, що випаровується з нитки

розжарювання, осідає на скляній колбі, зменшуючи пропускання світлового потоку. Встановлено, що в кінці терміну служби лампи її світловий потік звичайно зменшується до 75% від початкового.

Суттєво впливає на енергетичні характеристики лампи, а значить, і на інтенсивність світлового потоку збільшення електричного опору переходу в ламповій колодці або штекерних з'єднаннях. При використанні двониткових ламп відмова «масової» клеми може призводити до спотворення сигналів, що подаються. Наприклад, при увімкненні сигналу лівого повороту в автомобілі з несправною лівою лампою починають одночасно блимати напіврозжарено і ліва, і права лампа. Перегорання (відмова) однієї з сигнальних лампочок автомобіля призводить до того, що при вмиканні аварійної зупинки учасники дорожнього руху отримують неправдиву інформацію про намір водія здійснити поворот.

У процесі руху автомобіля зовнішні поверхні розсіювачів світлових приладів і катафотів зазнають «бомбардування» абразивними частками, що призводить до утворення подряпин і мікровідколів. Такі самі пошкодження можуть виникнути у разі очищення забруднених поверхонь шляхом їх протирання сухою ганчіркою. Абразивні пошкодження поверхонь суттєво знижують ефективність світлових приладів, особливо катафотів.

У результаті природного старіння пластмас і дії сонячної радіації знебарвлюється барвник і змінюється колір задніх ліхтарів та катафотів. Те саме можна спостерігати у разі розтріскування розсіювачів сигнальних ліхтарів. Білуватий колір може спричинити помилки при розпізнаванні положення автомобіля та напрямку його руху, а це підвищує небезпеку виникнення ДТП.

7.2.6. Системи відслідковування стану водія та нічного бачення

Водії вантажних автомобілів і автобусів, які здійснюють далекі поїздки, більше інших зазнають ризику потрапити в аварію через утому та засинання за кермом. Донедавна контроль за водієм здійснювався з допомогою тахографа, що реєструє час безперервного водіння, загальний час у дорозі та ін. При цьому встановлюється режим праці та відпочинку. Але при такому способі контролю реакція на порушення режиму наступає інколи надто пізно.

Система відслідковування стану водія. На сьогодні розроблено кілька систем відслідковування стану водія. Так, установивши спеціальну телекамеру, що фіксує напрямок погляду водія і ще низку параметрів, у тому числі частоту блимання очей, а також додаткові датчики на кермовому колесі, можна «навчити» електронний блок керування завчасно визначати настання утомленості. Система може зафіксувати момент, коли водій відволікається від керування автомобілем, і звернути його увагу або увімкненням світлової доріжки, або звуковим сигналом.

Розробку таких систем провадять багато виробників автомобілів, а також фірми, що виробляють автомобільну електроніку (Bosch, Siemens VDO, Delphi та ін.).

Стомлений водій може бути настільки ж небезпечний, як і водій, що сів за кермо у нетверезому стані. Інтегровані в автомобіль системи спостереження, які розпізнають ознаки втоми у рухах та реакціях водія і попереджають про необ-

хідність перепочити, доступні у кількох автовиробників. Наприклад, у Mercedes така система називається Attention Assist. Система спочатку вивчає манеру їзди водія, зокрема, обертання обода кермового колеса, увімкнення покажчиків повороту та натискання на педалі, а також стежить за деякими керуючими діями водія й такими зовнішніми чинниками, як боковий вітер та нерівності дорожнього полотна. Якщо Attention Assist розпізнає стомлення водія, вона інформує його про необхідність зробити зупинку, щоб перепочити.

Робить Attention Assist це за допомогою звукового сигналу й попереджувального повідомлення на дисплеї комбінації приладів [13].

В автомобілях Volvo теж є схожа система, але працює вона дещо інакше. Система не контролює поведінку водія, а оцінює переміщення автомобіля на дорозі. Якщо щось відбувається не так, як повинен рухатись автомобіль (недотримання смуги руху, зміна швидкості тощо) система сповіщає водія, перш ніж ситуація стане критичною.

Система контролю фізіологічного стану водія. Значний вплив фізіологічного стану водія на безпеку руху вимагає пошуку засобів контролю та попередження поганого стану або сну за кермом. У разі, якщо стан водія перед рейсом не перевіряється медичними працівниками, цю функцію здатні виконувати автоматизовані системи фізіологічного контролю стану.

Телеметрична система контролю безсоння водія (скорочено ТСКБВ) призначена для безперервного контролю фізіологічного стану водія транспортного засобу та запобігання його переходу з активного стану у стан психофізіологічної релаксації або дрімотної стадії сну. У разі невідновлення активного працездатного стану, утрати свідомості або смерті видаються команди для вмикання виконавчих пристроїв безпеки. Новизну в цьому пристрої становлять установлені на статистичному матеріалі пороги та критерії визначення станів, а також перешкодостійкий спосіб реєстрації вимірюваного фізіологічного показника.

Передавач «будильника» - електронний годинник із вбудованими датчиками, які надягають на зап'ястя для відстеження фізіологічного стану водія. Основний параметр, який контролюють датчики, - електродермальний (тобто шкірний) опір. Електродермальна активність (ЕДА) або зміна електричних властивостей шкіри (падіння опору шкіри або зміна її потенціалу щодо внутрішніх частин організму), - один з найвідоміших та широко використовуваних електрофізіологічних параметрів. Коли водій починає засинати, усі реакції в організмі сповільнюються, а зчитуваний електродами параметр зростає. Як тільки він досягає критичного максимуму, передавач посилає радіосигнал на приймальний пристрій. Сигнал тривоги підбадьорить водія за кілька секунд до настання сну. Крім того, водій постійно може контролювати свій стан за світловим табло, що розташоване на приймальному пристрої.

Інший метод – використання датчика тиску на кермі, щоб вказати, наскільки «тісно» кермо захоплюється руками. Якщо тиск раптово падає, це може означати, що руки водія розслабляються через утому.

Основний напрям розробки систем контролю безсоння водія – використання відеоконтролю. Два фактори – міміка обличчя та фізіологічний стан – були використані для контролю втоми. Для аналізу картинки на відео, був застосований активний алгоритм, який дає можливість отримати зміни на обличчі

такі, як ступінь закриття очей, тривалість закриття очей, частоту моргання, тривалість позіхання. Система для контролю втоми водія транспортного засобу включає в себе оптичну систему візуалізації, яка отримує зображення особи водія. Блок керування обробляє відеосигнал та фіксує такі показники:

- характер стилю водіння, який полягає в аналізі швидкості, поздовжнього та бічного прискорення протягом останніх 30 хвилин;
- обставини водіння – який час доби та тривалість поїздки;
- використання водієм органів керування автомобілем, до яких належить перевірка застосування гальма, кнопок на панелі приладів;
- аналіз кутової швидкості повороту та прискорення.

Оброблену інформацію ретельно вивчають, аналізують, визначають відхилення у поточних діях водія та фіксують траєкторію переміщення автомобіля. За наслідками обробки процесор системи визначає рівень спроможності водія керувати автомобілем та вимагає дій з боку водія для відновлення здатності керувати транспортним засобом або здійснення контролю над транспортним засобом, щоб уповільнити і зупинити автомобіль.

Системи нічного бачення. Низка автомобільних фірм пропонує системи нічного бачення. Такі системи здатні допомогти водієві розгледіти у темний час доби пішоходів, тварин або краще бачити дорожні знаки. Зона руху освітлюється інфрачервоним променем, а відеокамера з тепловими датчиками збирає візуальну інформацію і відображає на екрані дисплея у вигляді сірого масштабного образу. Датчики складаються з кремнієвої підкладки з мембраною, на якій розміщені термоелементи, оточені об'ємним кремнієм. «Гарячі» з'єднання термоелементів розташовані у центрі мембрани, а «холодні» над краєм об'ємного кремнію. Тонка структура мембрани з низькою теплопровідністю поглинає теплове випромінювання дистанційного об'єкту, що створює різницю між мембраною та об'ємним кремнієм. Різниця температур перетворюється в електричний потенціал завдяки термоелектричного ефекту у термоелементі.

BMW використовує інфрачервону камеру, яка передає зображення на монітор у чорно-білому форматі. Камера розрізняє об'єкти на відстані до 300 метрів. Інфрачервона система Mercedes має менший діапазон, але здатна видавати більш чітке зображення, хоча мінусом системи є погана робота при низьких температурах. Також для реалізації указаних функцій системи використовують освітлення, близьке до інфрачервоного.

Для безпечного водіння розроблена система DSSS (Driving Safety Support System). Ця система допомагає водіям транспортних засобів отримати інформацію, яку буває важко сприймати у важких транспортних умовах (сигнали транспорту, дорожні знаки тощо). Ця інформація може бути передана в автомобіль від дорожньо-транспортної інфраструктури з використанням сучасних технологій ІТС:

1. Система, що допомагає водіям своєчасно побачити червоний сигнал світлофора. Ця система визначає швидкість автомобіля, порівнює з можливістю увімкнення червоного сигналу світлофора і надсилає попередження водію.

2. Система Smartway зменшує можливість ДТП на швидкісних магістралях. У системі використовуються датчики комунікації «дорога-автомобіль» та інші сучасні технології ІТС для попередження водіїв про наявність заторів, ава-

рій на дорозі тощо.

3. Система розпізнавання дорожніх знаків. Спеціальна відеокамера обробляє зображення попереду автомобіля, розпізнає дорожні знаки та проеціює зображення знака обмеження швидкості на лобове скло автомобіля з допомогою «віртуального дисплея».

4. Нічне бачення – система нічного бачення дає можливість на підставі найсучасніших технічних рішень забезпечувати хорошу видимість у сутінках й у темряві. Основою таких систем є термокамери, які замість оптичного сигналу знімають дані про температуру об'єктів. Доведено, що ці системи здатні надійно розпізнавати пішохода, тварину або інші живі перешкоди.

7.2.7. Системи контролю підвіски

До підвіски висуваються достатньо суперечливі вимоги. Щоб підвищити комфорт в автомобілі, що рухається, достатньо зменшити жорсткість пружних елементів підвіски, і плавність ходу буде забезпечена, по крайній мірі, на хороших дорогах і на невеликих швидкостях. Однак, таке рішення неминуче призводить до того, що кузов автомобіля на певних режимах (розгін, гальмування, проходження повороту) починає переміщуватися і розхитуватися у горизонтальній та вертикальній площинах зі значною амплітудою, особливо на поганих дорогах. Для забезпечення стійкості автомобіля і довговічності елементів самої підвіски доводиться збільшувати її жорсткість, що не є сумісним з поняттям комфортного руху.

В ідеалі підвіска повинна бути активною, тобто здатна самостійно змінювати свої характеристики залежно від дорожніх умов.

В активній підвісці контролюються параметри як пружності, так і демпфування.

Існує кілька варіантів активних підвісок:

- гідравлічні (Nivomat);
- пневматичні (Airmatic);
- гідропневматичні (Hydractive);
- електромагнітні (Bose).

Переваги використання електронних систем:

- зменшуються витрати енергії на усунення проміжних циклів під час гальмування, прискорення та під час руху на поворотах;
- реагування системи на збільшення швидкості руху автомобіля зменшенням висоти підвіски (кузова) для заощадження пального;
- підвищення висоти підвіски під час руху на незадовільних дорожніх покриттях;
- підвищена стійкість руху на поворотах, що досягається шляхом поперечного блокування елементів підвіски на одній осі.

Додаткові переваги для автомобілів великої вантажопідйомності:

- зміна висоти підвіски (кузова) для заміни кузовів і контейнерів;
- висота транспортного засобу може регулюватися, наприклад, для вирівнювання поверхні кузова та платформи, що навантажує;
- керування віссю, що піднімається: вісь, яка піднімає, автоматично опус-

кається, у разі перевищення максимального навантаження на вісь; вісь, яка піднімає, піднімається на короткий час (2-3 хв) з метою підвищення навантаження на ведучу вісь (збільшення тягового зусилля).

В активній підвісці підресорювання кожного окремого колеса здійснюється з допомогою подачі або відведення допоміжної енергії (стиснутого повітря, рідини) через електромагнітні клапани до стійок. Система для легкового автомобіля може складатися з чотирьох стійок (пневматичних, гідропневматичних), компресора, центрального ресивера. який одночасно є акумулятором, блока керування і датчиків, які інформують блок керування про швидкість руху, навантаження автомобіля та кут повороту кермового колеса. Усі елементи підвіски з'єднані між собою магістралями (пневматичними, гідравлічними). Обмін даними між ними відбувається через багатофункціональну шину електронної передачі даних CAN (Controller Area Network). Також система має функцію автоматичної активації («wake-up»), яка дає можливість відкоригувати стандартне положення кузова та пружність амортизаторів ще до початку руху. В подальшому водій має можливість самостійно вибирати режим роботи підвіски, а також регулювати висоту положення кузова,

Індивідуальне регулювання жорсткості амортизатора кожного колеса дає можливість урахувати крен кузова і швидкість, з якою автомобіль входить у поворот, оцінювати кут повороту і швидкість, з якою водій повертає кермо. Під час руху жорсткість стійок може автоматично змінюватися так, що буде вибраний оптимальний режим роботи підвіски, який відповідає конкретним дорожнім умовам як з точки зору безпеки, так і комфорту. Наприклад, під час гальмування передні колеса будуть підресорені більш жорстко, ніж задні, а під час прискорення – навпаки, але це в обох випадках дозволить уникнути неприємного поздовжнього «кльову» кузова.

Підвіска автоматично пристосовується до зміни навантаження автомобіля і здатна вибирати величину дорожнього просвіту, орієнтуючись на дорожні умови.

Система забезпечує статичну і динамічну підтримку з допомогою чотирьох стійок. Вона також здійснює ручне або автоматичне регулювання рівня кузова під час руху, автоматичне підняття й опускання кузова. До складу системи входять:

- електронна система керування рівнем кузова, яка забезпечує однаковий рівень кузова на передній і задній осях, а також його положення в залежності від стилю водіння та завантаженості автомобіля;

- система адаптивного підресорювання (Adaptive Damping System), що змінює зусилля підресорювання в залежності від стану дорожнього покриття і стилю водіння водія. Стан дороги визначається з допомогою датчиків вертикального прискорення кузова автомобіля. Стиль водіння (горизонтальне прискорення) визначається за швидкістю руху та кутом повороту.

Здійснюється індивідуальна адаптація рівня кузова для руху дорогою з поганим покриттям. Можливі три різних положення кузова: комфортне, спортивне та положення для екстремальної спортивної їзди.

Інформація про підвищений рівень кузова та спортивне демпфування видається шляхом підсвічування індикаторних відміток на вимикачах, інформація

про низький рівень кузова видається на дисплей індикації несправностей.

Блок керування активною підвіскою отримує й обробляє такі вхідні сигнали:

- від блока керування ESP (через шину CAN);
- від блока керування двигуном (через шину CAN);
- від блока керування трансмісією (через шину CAN);
- від щитка приладів (через шину CAN);
- від датчика кута повороту кермового колеса (через шину CAN);
- від перемикача комфортного і спортивного режимів (через шину CAN);
- від вимикача регулювання рівня кузова (через шину CAN);
- від трьох датчиків прискорення кузова автомобіля;
- від двох передніх датчиків рівня кузова;
- від одного заднього датчика рівня кузова;
- від одного датчика тиску в системі;
- напруги живлення і з'єднання на «масу».

Блок керування системою перетворює вихідні сигнали для таких елементів:

- чотири клапана керування рівнем кузова;
- одного головного клапана нагнітання повітря (рідини) в ресивер;
- мультифункціонального дисплея на щитку приладів;
- регулювання рівня кузова;
- компресора.

Повідомлення, що змінюються, й індикація, яка стосується системи, виводяться на мультифункціональний дисплей щитка приладів, а також на вимикач режимів рівня кузова.

Структурні коливання реєструються з допомогою розподілення потоків гідравлічної рідини у гідропневматичному контурі підвіски. З метою зменшення потреби в енергії дія системи обмежується згладженням нерегулярних низьких частот коливань. Газовий акумулятор, з'єднаний з гідроциліндром, гасить коливання вищих частот.

На останніх моделях імпортних автомобілів опір амортизаторів регулюється шляхом зміни діаметрів жиклерів або в'язкості рідини. Розміри пропускних отворів звичайно змінюються з допомогою електродвигуна або соленоїда. Існує три режими регулювання амортизаторів: малий, середній і великий. На валу кермового колеса встановлюється датчик, що фіксує кут і напрямок повороту.

Силою опору амортизаторів керує електронний блок на цифрових схемах. Цифрові вхідні сигнали (ЕБК двигуна, датчика положення кермового колеса, датчика вмикання нейтрального ступеня, датчика гальмування, системи запалювання, датчика швидкості, перемикача режимів роботи) надходять на мікроЕОМ, де підлягають вхідній обробці та формуванню сигналів. Вихідні сигнали потім надходять на виконавчі механізми (двигуни й електромагніти) керування режимами роботи амортизаторів.

Активною гідропневматичною підвіскою «Hydractive» оснащаються французькі легкові автомобілі Citroën-XM, Citroën-BX та Citroën-CX. Гідропневматичні пружні елементи встановлені на кожному колесі. Вони складаються з гід-

ропневматичних балонів, розділених на дві частини еластичною мембраною (у верхній півсфері – азот, а в нижній – спеціальна рідина), і заповнених рідиною циліндрів із ковзним порожнистим поршнем. Штоки поршнів з'єднані з важелями передньої та задньої підвіски. При переміщенні колеса вгору (хід стиснення) рідина під тиском поршня надходить через гідроамортизатор в балон і стискає газ за мембраною.

Підвіска згаданих автомобілів може працювати у двох режимах - «м'якому» й «жорсткому». У разі «м'якого» режиму (помірної амортизації) забезпечується комфортабельність та зручність керування. У разі «жорсткого» режиму підвищується стійкість автомобіля та безпека.

«М'який» режим легко здійснити, якщо до гідропневматичного елемента додати ще один гідропневматичний балон і гідроамортизатор. Якщо відключити гідроамортизатор спеціальним краном (регулятором жорсткості), підвіска переводиться в «жорсткий» режим (рідина проходить через один отвір, збільшується амортизація). Для керування підвіскою у пам'ять мікропроцесора закладають граничні параметри, встановлені на підставі випробувань автомобіля. Якщо при відключеному живленні електроклапан закритий і рідина циркулює з поверненням у бак (тиск дорівнює нулю), то підвіска працює у «жорсткому» режимі.

Підвіска переходить у «жорсткий» режим у разі виявлення відхилень від отримуваної від датчиків інформації, при досягненні граничних значень кута повороту кермового колеса, при досягненні певного рівня нахилу кузова.

Водій може вибрати одну з двох програм: «Sport» або «Automatic». Якщо перемикач установлений в положення «Sport», напруга на електроклапані відсутня і підвіска працює у «жорсткому» режимі. У режимі «Automatic» напруга подається на електроклапан і підвіска працює у «м'якому» режимі.

На деяких автомобілях (наприклад, Toyota) здійснюється керування висотою кузова з допомогою пневматичних пружних елементів, що встановлюються на всіх штоках або тільки на двох задніх колесах. Якщо в ЕБК надходить сигнал від датчика висоти, вмикаються електродвигуни компресорів для збільшення тиску або соленоїди для зменшення тиску. Датчиками висоти можуть бути фотоелементи або інші елементи, які виробляють П-подібні імпульси.

7.2.8. Системи контролю ходової частини

Технічний стан коліс і пов'язаних з ними елементів суттєво впливають на активну безпеку автомобіля. Процеси, що впливають на експлуатаційні показники шин та їх зміна по мірі напрацювання, достатньо широко описані в літературі. Одним з важливих вимог безпеки до коліс є надійність їх монтажу на маточинах. Не допустимі тріщини в диску колеса, відсутність гайок або болтів кріплення диска, а також відхилення моменту їх затяжки від установленого заводом-виробником значення. Порушення норм моменту затяжки призводить до руйнування отворів у диску і кріпильних деталей через пластичну деформацію або фретінг-корозію.

Автомобілі і причепи повинні бути обладнані грязезахисними фартухами коліс. Руйнування фартуха або його втрата у процесі експлуатації автомобіля

призводить до викидання щебеню та грудок грязі з-під коліс, що створює небезпеку потрапляння цих матеріалів у світлові прилади та лобове скло автомобіля, що рухається слідом. Неочікувані удари по лобовому склу на великій швидкості можуть спричинити не тільки його розбивання, але й спровокувати помилки у діях водія.

Системи контролю тиску в шинах. Необхідний рівень тиску у шинах – це не тільки хороша керованість і безпека автомобіля, а це ще й значне заощадження пального, підвищення терміну експлуатації покришок та елементів підвіски. Національна адміністрація з безпеки США (NHTSA) прийняла рішення про обов'язкове використання датчиків контролю тиску у шинах на всіх нових автомобілях.

Система контролю тиску непрямої дії, що працює у складі АБС, визначає падіння тиску через різницю у частоті обертів коліс (приспущене колесо має дещо менший радіус кочення і тому обертається швидше). Іншим способом визначення падіння тиску в шинах є виділення із сигналів колісного датчика швидкості параметрів, які характеризують рівень коливань шини при обертовій деформації.

Найбільш простими засобами контролю тиску у шинах є візуальні засоби, коли замість штатних на вентилях шин встановлюють спеціальні ковпачки, які змінюють колір залежно від рівня тиску. При падінні тиску на 20% ковпачок змінює колір із зеленого на прозорий.

Сучасні системи здатні контролювати в режимі on-line тиск у шині, температуру повітря та інші важливі для роботи колеса параметри. При виникненні відхилень такі системи відразу сповіщають водія. Нова система моніторингу автомобіля TBS EHM 5000 має у своєму складі систему контролю тиску в шинах і температури у кожному колесі з виведенням інформації на лобове скло. Фірма Nokian Tyres розробила систему RoadSnoop, у якій 25-грамові датчики прикріплюються до колісних дисків з внутрішнього боку (всередині безкамерної шини). Кожен датчик має джерело живлення з терміном роботи на 150 тисяч кілометрів. Датчики працюють тільки під час руху з 20 км/год і передають кодові повідомлення по радіоканалу на приймач, що розміщений в арці колеса. Датчики фірми Pirelli мають пам'ять про основні параметри шини, робочий тиск та температура, тип дорожнього покриття, час і відстань, що пропрацювала шина, розмір плями контакту, а при падінні тиску подають команду на їх підкачування [35].

Система контролю тиску в шинах TSS (Tyre Safety System) та її компоненти приведені на рис. 7.36.

Важливою її відмінністю є наявність лише однієї антени. Інерційний датчик (вмикач) сповіщає систему про рух автомобіля.

При зафіксованій швидкості руху більше 10-20км/год протягом 10 секунд формується керуючий сигнал, який щохвилини розшифровується.

У стані спокою вимірювання виконуються кожні 15 хвилин, а їх розшифрування – кожну годину. Це розвантажує акумуляторну батарею.

Система працює в діапазоні 433 МГц.

Фінська фірма з виробництва шин Nokian Tyres запропонувала систему контролю тиску в шинах під назвою RoadSnoop (рис. 7.37).

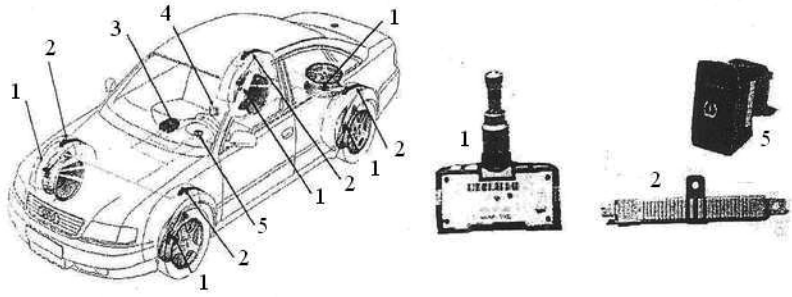


Рис. 7.36. Система контролю тиску в шинах TSS:
1 – датчик тиску в шинах; 2 – антена контролю тиску; 3 – блок керування системи TSS; 4 – індикатор в панелі приладів; 5 – функціональний вмикач для TSS (TSS – Tyre Safety System – система моніторингу безпеки шин)

Схема сигналізації та контролю тиску в шинах RoadSnoop показана на рис. 7.37.

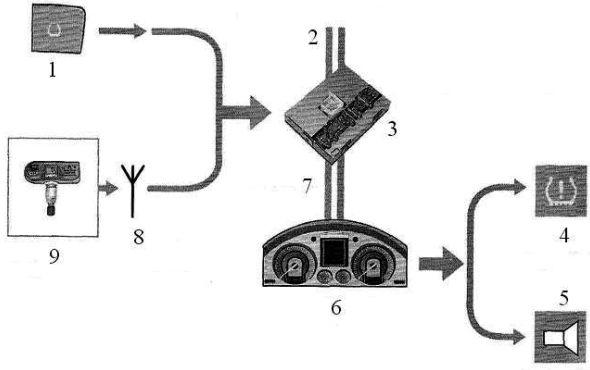


Рис. 7.37. Компоненти системи сигналізації та контролю тиску в шинах автомобілів Phaeton, Touareg і Passat:
1 – E226 кнопка контролю тиску повітря; 2 – інша інформація з шини даних CAN; 3 – J502 блок керування контролю тиску в шинах (у центральному блоці керування систем комфорту J393); 4 – K230 індикатор системи контролю тиску повітря; 5 – H3 зумер і звуковий сигнал; 6 – J285 блок керування комбінації приладів; 7 – шина даних CAN-Комфорт; 8 – R47 антена центрального замка й охоронної сигналізації; 9 – G222- G225 датчики тиску повітря в шинах

У разі втрати тиску в шині система звуковими та світловими сигналами з маленького приймача попереджує про це водія. У систему RoadSnoop входять чотири пронумерованих датчики, які монтуються на сталевих стрічках в ободах коліс. Кожне колесо для ідентифікації отримує кільце з вентилем, на якому нанесена відповідна цифра. Ця цифра у разі зниження тиску вказується на приймачі. Датчики в шинах і приймач вмикаються автоматично, як тільки автомобіль рушає з місця. Датчики по радіо передають на приймач інформацію про тиск і температуру в шині.

Втрату тиску в 10% приймач указує з допомогою червоного блимаючого світлового та звукового сигналів. Одночасно блимає номер відповідної шини. У разі втрати тиску більше, ніж на 20%, лампочки блимають швидше, звукові си-

гнали інтенсивніші. Попереджувальні звукові сигнали можна вимкнути кнопкою, а світловий сигнал буде блимати доти, поки тиск у шині не буде відрегульований.

Датчики системи RoadSnoop працюють на батарейках, що полегшує експлуатацію: на автомобілі не потрібні спеціальні виїмки для стаціонарної установки датчиків, приймач має розміри не більші за сірникову коробку. Батарейки датчиків служать приблизно 10 років або 150 тисяч кілометрів пробігу. Приймач працює на стандартній батарейці, термін служби якої складає приблизно півроку. Про падіння напруги батарейки приймач сповіщає звуковим сигналом, який відрізняється від звукового сигналу, що попереджує про зменшення тиску в шинах.

7.2.9. Система автоматичного керування склоочисниками та склоомивачем

Система під назвою датчик дощу (Rain Sensor) забезпечує автоматичне керування очисником та омивачем лобового скла. Датчик дощу зменшує кількість рухів водія під час керування автомобілем в екстремальних умовах (дощ, сніг, грязь), тобто підвищує безпеку і комфорт. Існують різні системи автоматичних склоочисників. На рис. 7.38, 7.39 наведено систему склоочисників на прикладі VW Touran/Golf V.

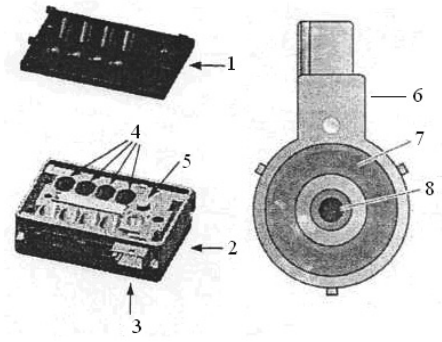


Рис. 7.38. Компоненти системи автоматичного керування склоочисниками та склоомивачем:
1 – оптичний корпус наклеєний на лобовому склі; 2 – RL-сенсор; 3 – контакти рознімала; 4 – комірки визначення дощу; 5 – оптичний світловий сенсор; 6 – оптичний датчик; 7 – світлодіоди; 8 – фотодіод

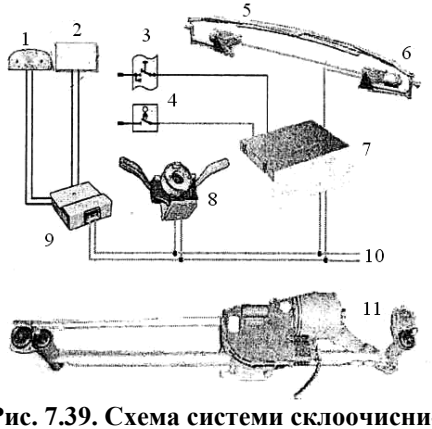


Рис. 7.39. Схема системи склоочисників на прикладі VW Touran/Golf V:
1 – панель приладів; 2 – ABS; 3 – клема; 4 – кінцевик капота; 5 – склоочисник пасажира; 6 – склоочисник водія; 7 – БК бортової мережі; 8 – БК кермової колонки; 9 – інтерфейс діагностики; 10 – CAN-комфорт; 11 – склоочисник Golf V

Система автоматичного керування очисником та омивачем вітрового скла складається з двох частин – це оптичний датчик та блок реле. Оптичний датчик (6, рис. 7.38) знаходиться на лобовому склі всередині салону автомобіля (встановлюється на внутрішній поверхні лобового скла у зоні дії щіток та у місці, де він не буде заважати огляду водія і добре обдувається нагрівачем).

Система, наведена на рис. 7.39, має меню вибору в блоці керування (БК) бортової мережі та меню вибору в БК кермової колонки.

Блок реле – це виконавчий пристрій, що здійснює безпосереднє керування склоочисником та омивачем. Блок реле встановлюється у салоні у місці, передбаченому конструкцією автомобіля або зручному для електричного з'єднання. Датчик дощу керує усіма режимами склоочисника – автоматичний вибір тривалості паузи, перша швидкість, друга швидкість, омивач.

За допомогою інфрачервоного променя сканується стан зовнішнього боку скла. Рівень відбитого сигналу змінюється у разі наявності вологи або забруднення на склі. Електронний блок керування обробляє отриману інформацію й видає сигнал вмикання склоочисника. При появі крапель води на склі, включаються щітки склоочисника. Залежно від інтенсивності дощу автоматично змінюється інтервал руху щіток. Також інтервал руху щіток залежить від швидкості автомобіля, нижча швидкість – більша пауза. Велику масу води (хвиля з калюжі від зустрічної автомашини) датчик визначає ще на підльоті до скла з відстані 5-10 см і завчасно включає склоочисники.

7.3. Системи забезпечення керованістю, технічної та екологічної безпеки автомобіля

7.3.1. Системи і параметри транспортної безпеки автомобіля

Намагання забезпечити високий рівень технічної безпеки автомобіля є основною рушійною силою при створенні нових і використанні існуючих автомобілів. Для цього залучаються різні галузі знань, удосконалюються існуючі мехатронні системи керування безпекою автомобіля, повинна підвищуватися надійність водія, покращуватися дорожні та транспортні умови експлуатації автомобіля.

Зростання ролі та значення безпечної експлуатації автомобілів пов'язане із загальним технічним розвитком і ускладненням технічних систем, необхідністю забезпечення технічної та екологічної безпеки цих систем, зниження ступеня небезпеки і тяжкості наслідків аварій та катастроф [22, 23].

Безпекою руху називається властивість автомобіля рухатися з найменшою ймовірністю виникнення ДТП. Це комплексна експлуатаційна властивість, пов'язана з керованістю, повертальністю, маневреністю, стійкістю та гальмівними якостями рис. 2.4, 2.5, 2.6. Це найважливіша експлуатаційна властивість, від якої залежать життя і здоров'я людей, збереженість автомобіля, вантажів та інших матеріальних цінностей.

Основними складовими забезпечення безпеки транспортних засобів є: конструктивна безпека (рис. 2.4), яка забезпечується досконалістю синергетичного поєднання електронних систем керування підвіскою, гальмами, повороту кермового колеса [11]; життєвий простір салону; технічний стан транспорту; кваліфікація водія; стан дороги і середовища (умови експлуатації). Для підвищення рівня внутрішньої і зовнішньої безпеки використовуються конструктивні та експлуатаційні рішення, приведені на рис. 7.40, 7.41 [22], які зменшують імовірність ДТП, тяжкість їх наслідків і негативного впливу на довкілля [22, 23].

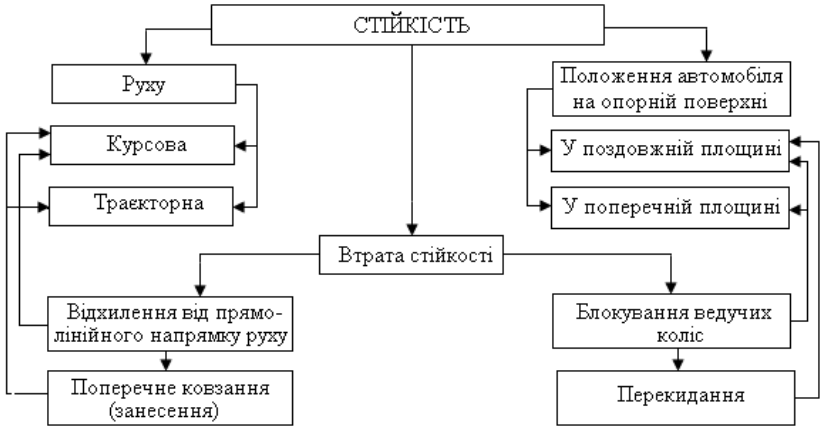


Рис. 7.40. Способи забезпечення стійкості автомобіля

Способи забезпечення стійкості руху автомобіля наведені на рис. 7.41 [10, 22]. Способи забезпечення статичної та динамічної стійкості проти занесення наведені на рис. 2.28, 7.42, а конструктивні та експлуатаційні параметри автомобіля – на рис. 7.43 [22].

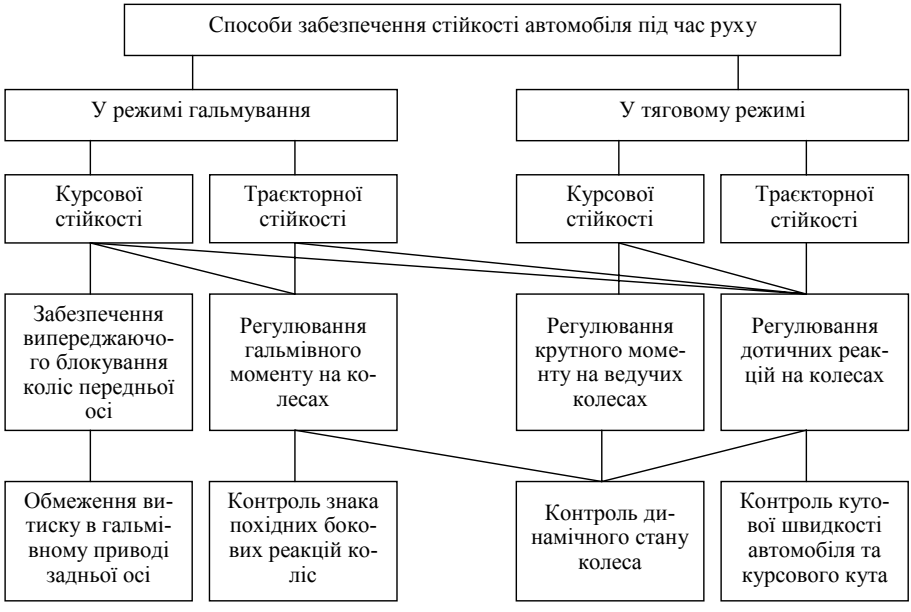


Рис. 7.41. Способи забезпечення стійкості автомобіля під час руху

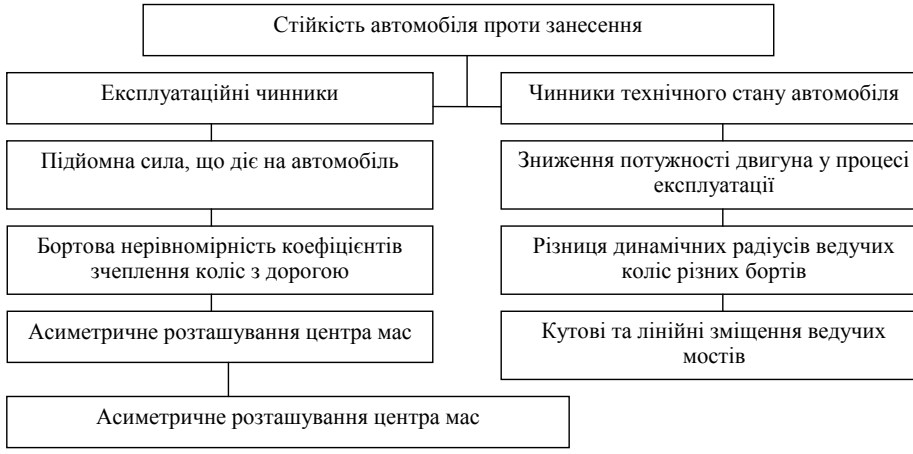


Рис. 7.42. Експлуатаційні чинники та чинники технічного стану, які забезпечують стійкість автомобіля проти занесення

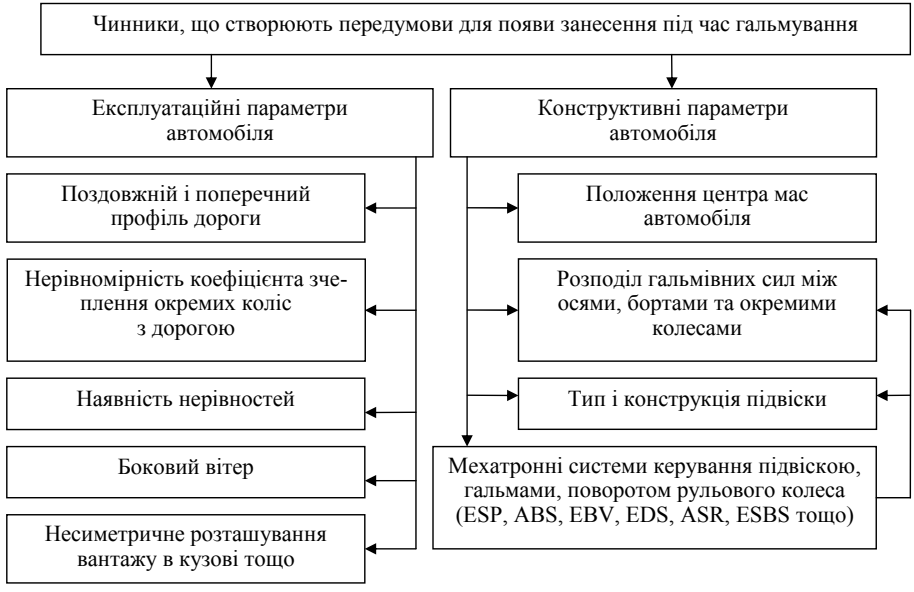


Рис. 7.43. Експлуатаційні та конструктивні чинники, що забезпечують стійкість автомобіля

Для забезпечення технічної та екологічної безпеки автомобіля потрібний його постійний і (або) періодичний контроль на відповідність вимогам норм. Вимірювані діагностичні параметри завжди визначаються тими чи іншими змінами параметрів об’єктів діагностування або їх комбінацій [33, 35].

Стратегічний напрям у розвитку забезпечення безпеки на дорогах – це по-

дальше впровадження сучасної мехатроніки, телематики та інтелектуалізації моніторингу умов руху автомобілів, поєднання активних і пасивних систем безпеки у єдину інтегровану систему APIA (Active-Passive Integration Approach).

Як правило, системи активної і пасивної безпеки працюють незалежно одна від одної. Розвиток мехатронних систем дав можливість об'єднати обидві системи [10, 11], що попереджує аварії або пом'якшує зумовлені аварією пошкодження. Фірма Continental у проекті APIA використовує інформацію від усіх систем активної і пасивної безпеки й на основі цього визначає ступінь небезпеки.

APIA ґрунтується на обміні даними між усіма системами активної і пасивної безпеки автомобіля. У так званий аварійний процесор потрапляє вся інформація про дії водія, характер руху автомобіля і дорожні умови. Для даної конкретної ситуації руху процесор розраховує потенціал небезпеки, який відображає можливість аварії у даний момент. Якщо цей потенціал перевищує певний поріг, аварійний процесор поетапно вживає захисних заходів:

- оптичне чи інше попередження водія;
- попередня готовність гальмівного контуру для прискорення спрацювання гальмівних механізмів;
- активізація натягувача пасків безпеки з метою усунення їх нещільного прилягання;
- закривання бокових вікон і люка у даху;
- активне гальмування з прискоренням до 0,3 g;
- зсув передніх сидінь у положення, оптимальне для спрацювання надувних подушок безпеки.

На рис. 7.44 показано комплекс, що складається з комбінації різних датчиків, приладів і сигналізаторів. Такий комплекс використовується у корпорації Nissan для підвищення безпеки автомобіля. Управляє цим комплексом безпеки автомобіля центральний комп'ютер 6.

Якщо водій сам натискає на педаль гальма, то за швидкою зміною ноги с педалі акселератора на гальмо датчики розпізнають початок гальмування: прискорювач зразу починає працювати з максимальним тиском у приводі; натягувачі пасків безпеки максимально активізуються. Якщо зіткнення все ж таки відбувається, аварійний процесор залежно від тяжкості та типу аварії приводить у дію адаптивні подушки безпеки.

Для поєднання активної і пасивної безпеки автомобіль обладнують мехатронними системами [11], гальмівною системою з незалежним керуванням з ESP та круїз-контролем (ACC). Для покращення пасивної безпеки у разі відсутності інформації від датчиків ACC аварійний процесор спирається тільки на інформацію від прискорювача початку гальмування, систем ESP та ARP (Actine Rollover Protection – попереджує перекидання автомобіля) і, відповідно, може приймати менш відповідальні рішення.

Вирішальну роль при цьому відіграють удосконалені датчики для визначення поточної ситуації. Датчики дистанції дозволяють не тільки здійснювати функції круїз-контролю, але й надають важливу інформацію для систем попередження зіткнення. Так, фірма Continental розробила датчик попередження зіткнення під назвою CV (Closing Velocity). Він дає можливість достатньо точно

визначити очікувану тяжкість зіткнення і напрямок удару. В комбінації з додатковими контактними датчиками він може застосовуватися також у системах захисту пішоходів.

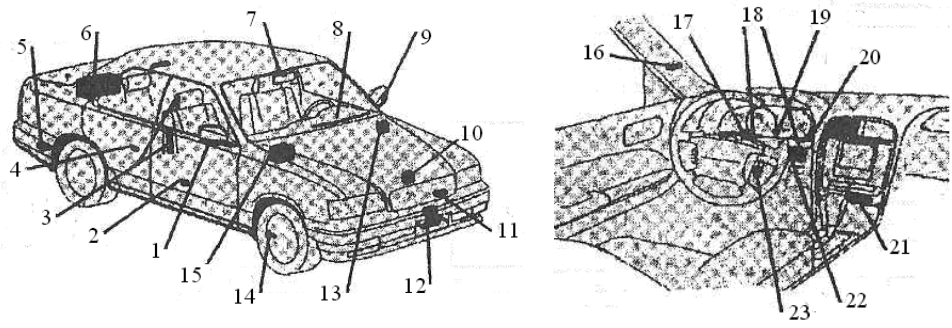


Рис. 7.44. Система датчиків та виконавчих пристроїв забезпечення безпеки автомобіля:

1 – камера для спостереження за об'єктами, що знаходяться позаду; 2 – датчик попередження зіткнення; 3 – бокова повітряна «подушка»; 4 – датчик швидкості колеса; 5 – лазерний радар для виявлення об'єкта, що знаходиться позаду; 6 – центральний комп'ютер; 7 – камера для спостереження за об'єктами, що знаходяться попереду; 8 – сигнальна лампа для попередження про пішоходів у нічний час; 9 – камера для спостереження за об'єктами, що знаходяться позаду; 10 – датчик попередження зіткнення; 11 – лазерний радар для виявлення об'єкта, що йде попереду; 12 – інфрачервоний датчик визначення присутності пішоходів у нічний час; 13 – прилад, що контролює дистанцію між двома транспортними засобами; 14 – датчик швидкості колеса; 15 – привод автоматичного гальмування; 16 – сигнальна лампа для попередження про об'єкт, що знаходиться позаду; 17 – сигналізатор низького тиску повітря в шинах; 18 – інфрачервона лампа для моніторингу засинання водія (працює в нічний час доби); 19 – датчик моніторингу засинання водія; 20 – сигнальна лампа для попередження про об'єкт, що знаходиться попереду; 21 – ручний перемикач для переходу в режим автоматичного сповіщення про аварійну ситуацію; 22 – перемикач для переходу в режим екстреної зупинки у разі неадекватної поведінки водія; 23 – перемикач для переходу в режим самовирівнювання у разі засинання водія

Подальший крок у бік збільшення безпеки – це введення систем відеокамер, що обробляють візуальну інформацію. Поряд з виявленням об'єкта вони також дають можливість класифікувати його.

Крім того, інженери Continental працюють над тим, щоб використовувати цифровий картографічний матеріал для оптимізації систем підтримки водіїв. Якщо, наприклад, автомобіль з високою швидкістю наближається до крутого повороту, педаль акселератора може вказати водію на це.

Якщо увімкнений круїз-контроль, він може завчасно автоматично зменшити швидкість руху або «вимагати» цього від водія.

На сьогодні створені потужні телематичні й інформаційно-обчислювальні системи високого рівня безпеки автомобілів. Так, сучасний легковий автомобіль фірми «Мерседес Бенц» має близько сорока управляючих блоків усіма системами автомобіля. Вони об'єднані з допомогою цифрової шини передачі даних (CAN) в одну велику мережу, по якій передається 850 різних типів даних і ви-

конується керування 170 різними функціями бортових пристроїв.

Для забезпечення безперебійної роботи використовується 14 антен, 11 з яких служать для прийому телевізійних і радіопередач (процесор вибирає антену, що забезпечує найкращі на даний момент умови прийому), дві – для керування центральним замком та передпусковим підігрівачем.

Перераховані згадані вже створені елементи автоматизації знімають технічні проблеми керування агрегатами автомобіля. Залишаються проблеми орієнтації та взаємодії із зовнішнім середовищем і забезпечення безпеки руху, попередження дорожньо-транспортних пригод. Підсумком роботи у цій галузі стало створення системи комплексної безпеки автомобіля. Для цього потрібно, щоб автомобіль став «розумним». Цьому служать Інтелектуальні Транспортні Системи (ІТС).

На рис. 7.45 приведені види систем і пристроїв забезпечення внутрішньої і зовнішньої безпеки.

Рис.7.45. Системи активної і пасивної безпеки автомобіля

Наявність подушок безпеки перед водієм та пасажирами для захисту грудей, плечей, колін та ступнів ніг	Об’єм подушок водія – 50 л; переднього пасажира – 80, 90. Час надування подушок 0,03 с. Час спрацювання системи 70 мс. Час спускання наддуву 4-9 с
Наявність подушок безпеки перед водієм та пасажирами для захисту грудей, плечей, колін та ступнів ніг	Об’єм подушок водія – 50 л; переднього пасажира – 80, 90. Час надування подушок 0,03 с. Час спрацювання системи 70 мс. Час спускання наддуву 4-9 с
Блок керування показаннями датчиків діагностування системи безпеки автомобіля з інформуванням водія про її стан	Блок керування враховує величину та тривалість сигналу зниження прискорення не менше, ніж за 0,003 с
Система захисту при перекиданні автомобіля з автоматизацією контролю нахилу автомобіля, спрацьовує у разі нахилу в 27-52°	Відкидуваний верх автомобіля забезпечується з допомогою сильного соленоїда
Системи контролю: освітлення, тиску в шинах, антиблокування та протибуксування, положенням автомобіля під час руху, швидкості руху та дистанції між автомобілями, попередження при проходженні лінії осьової розмітки дороги, «мертвих зон» при наближенні транспортних засобів	Електронні системи керування - радарні датчики зближення, розпізнавання, «мертвих зон», транспортних засобів та геометричних параметрів
Регулювання освітлення фарами та додатковими фарами з коригуванням положення фар	Напрям світлового потоку в бік повороту. Поворот фар залежить від швидкості руху та положення рульового колеса
Системи контролю тиску в шинах і вібрації шини, що виникають під час контакту протектора з поверхнею дороги з розпізнаванням типу покриття дороги та зміни частоти обертання коліс	Сенсор невеликого розміру кріпиться посередині колеса для аналізу даних з частотою 512 або 1024 за один оберт
Система попередження водія про небезпечну швидкість руху та скорочення дистанції з можливим блокуванням педалі акселератора	Сигнал подається вібрацією педалі акселератора з регульованим зусиллям

Продовження рис. 7.45

7.3.2. Чинники, що визначають рівень безпеки руху автомобілів і причини ДТП

Суть основних функцій активної безпеки автомобіля – відсутність раптових відмов конструктивних систем автомобіля (відмовна безпека), особливо пов’язаних з можливістю маневру (експлуатаційна безпека). Важливою функцією активної безпеки автомобіля є відповідність тягової та гальмівної динаміки

автомобіля дорожнім умовам і транспортним ситуаціям, а також психофізіологічним особливостям водія (рис. 7.46).

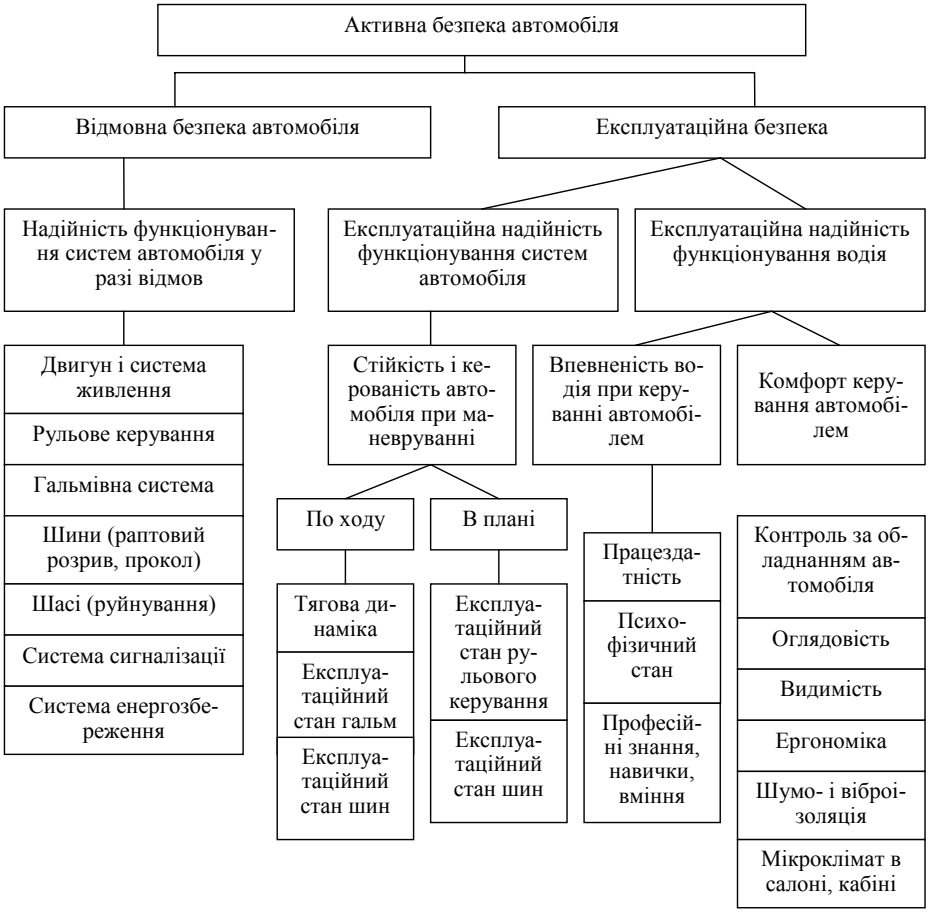


Рис. 7.46. Основні функції активної безпеки автомобіля

Схема складної взаємодії технічного стану, технічного обслуговування, дорожніх, транспортних, атмосферно-кліматичних та людських чинників, що визначають якість експлуатації представлені на рис. 7.47.

Чинники, що визначають рівень .безпеки дорожнього руху приведені на рис. 7.48, з якого видно, що маємо складну технічну систему, яка об'єднує багато пов'язаних і взаємодіючих підсистем, механізмів, агрегатів, дорожніх умов та довкілля. З іншого боку – людину, що є складною біологічною системою, елементами якої є частини тіла, рецептори (очі, вуха, шкіра тощо), головний мозок. Комплексний розгляд діяльності окремих підсистем (5, 6, 7 (рис. 7.47), застосування не єдиної класифікації умов роботи транспортних машин (1, 2,

3, 4) дає можливість на більш високому системному рівні аналізувати їх виробничу діяльність.

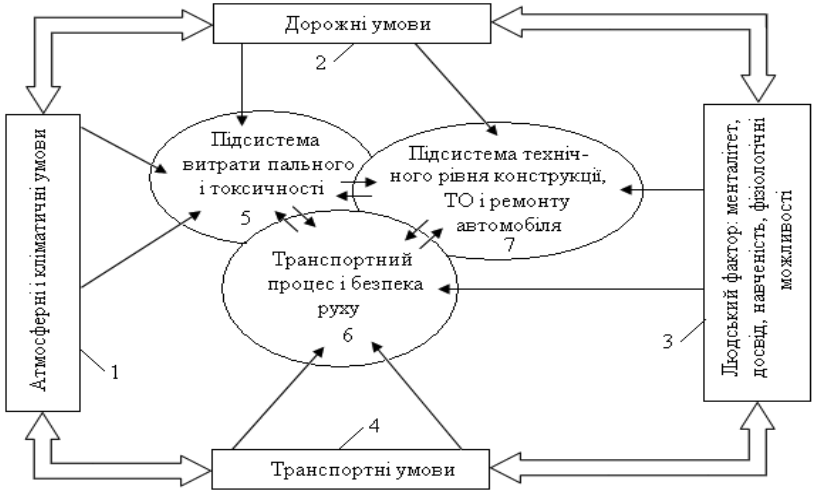


Рис. 7.47. Вплив основних підсистем, що визначають небезпеку автомобільного транспорту

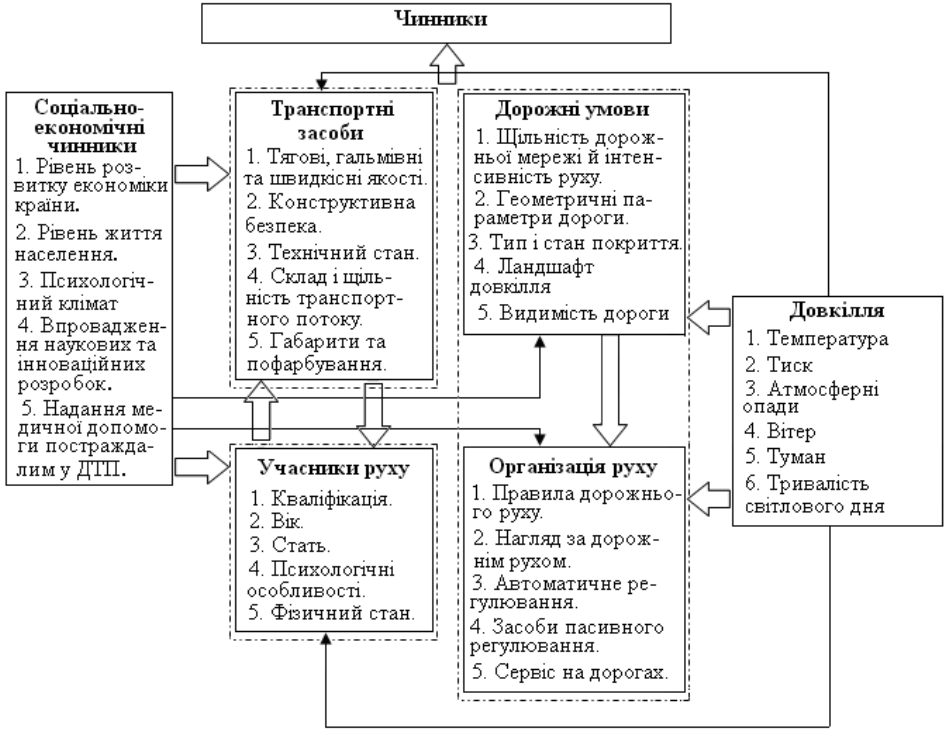


Рис. 7.48. Чинники, що визначають рівень безпеки дорожнього руху

Оцінюючи високий рівень смертності та травматизму, встановлено, що однією з основних причин високого рівня аварійності є низька дисципліна учасників дорожнього руху – водіїв і пішоходів. Щороку з вини водіїв трапляється приблизно 75% ДТП. Основними причинами ДТП є перевищення швидкості – 10,3% від загальної кількості, порушення правил маневрування – 13,2%, виїзд на смугу зустрічного руху – 8,1%, відволікання від керування – 18,7%. В цілому через ці порушення правил дорожнього руху відбувається більше половини дорожніх пригод.

З боку пішоходів основними порушеннями є перехід через проїзну частину у невстановленому місці та раптовий вихід на проїзну частину.

Важлива роль у керуванні та підвищенні ефективності роботи автомобілів належить водію. Від нього залежить середня технічна швидкість і режим руху. Кваліфіковані водії зменшують інтенсивність спрацювання агрегатів в умовах експлуатації та здійснюють менше дорожньо-транспортних пригод. На дорогах з великою кількістю нерівностей з метою зниження небезпечних динамічних навантажень водій зменшує швидкість руху, на важких ділянках вмикає понижені передачі. З допомогою водія автомобіль може «пристосовуватися» до зміни температури оточуючого повітря шляхом утеплення кабіни і двигуна або більш інтенсивного їх охолодження й використання спеціальних автоексплуатаційних матеріалів.

Основними причинами ДТП з вини водія є порушення правил маневрування, перевищення швидкості руху, виїзд на смугу зустрічного руху (див. підрозділ 2.4.3), керування автомобілем у нетверезому стані, а також технічний стан автомобіля. У табл. 7.6 наведене співвідношення різних порушень правил дорожнього руху, що призводять до ДТП.

Таблиця 7.6

Основні причини ДТП в Україні

Порушення	ДТП	
	Кількість	**Частина, %**
Керування у нетверезому стані	126	0,5
Перевищення встановленої швидкості руху	411	9,1
Ігнорування регулювальних сигналів	54	0,8
Порушення правил перевезення людей	291	9,2
Порушення правил маневрування	839	19,6
Порушення правил проїзду пішохідних переходів	223	6,4
Порушення правил обгону	117	1,9
Виїзд на смугу зустрічного руху	351	6,4
Порушення правил проїзду перехресть	514	11,7
Недотримання дистанції	355	10,6
Перевтома, сон за кермом	185	2,7
Відволікання від керування	1049	17,4
Інші порушення	173	3,7

Основними видами ДТП є:

- зіткнення;
- перевертання;
- наїзд на транспортний засіб, на перешкоду, пішоходів, тварин і т. п.

7.3.3. Функціональне забезпечення безпеки автомобіля в системі «автомобіль-водій-дорога»

Забезпечення безпеки автомобіля залежить від багатьох чинників: технічного стану його вузлів і агрегатів, стану дорожнього полотна, інтенсивності руху транспортних засобів, індивідуальних характеристик і стану водія тощо.

Керованість – це властивість автомобіля, яким керує водій зберігати заданий напрям руху і змінювати його згідно з впливом на рульове керування.

Щоб досягти хорошої керованості конструкція автомобіля повинна відповідати таким вимогам:

- керовані колеса під час повороту повинні котитися без бокового ковзання;
- кермовий привід може забезпечувати правильне співвідношення кутів повороту керованих коліс;
- розміри напрямних елементів підвіски, пружність підвіски і шин повинні бути підібрані так, щоб кути повороту передньої та задньої осей знаходилися у певному співвідношенні;
- керовані колеса повинні бути добре стабілізовані й не робити довільних відхилень;
- у рульовому керуванні обов'язкова наявність зворотного зв'язку, що дає можливість водію мати уявлення про величину і напрям сил, які діють на керовані колеса.

Значний вплив на керованість має бокова еластичність шин, коливання коліс та осей автомобіля, уведення коліс, зміна коефіцієнта зчеплення або опір коченню правих і лівих коліс. Цей вплив зростає зі збільшенням бокових сил, що діють на автомобіль, і має велике значення під час руху автомобіля по криволінійній траєкторії. Керованість автомобіля також залежить від технічного стану ходової частини і рульового керування. Спрацьованість деталей кермової трапеції та шкворневого з'єднання призводить до утворення зазору, який порушує встановлений кінетичний зв'язок між деталями кермового привода та сприяє виникненню довільного відхилення коліс, що у свою чергу, порушує зчеплення з дорогою й погіршує керованість автомобілем.

Гальмівні властивості – це сукупність властивостей, що визначають максимальне сповільнення автомобіля під час його руху різними дорогами, граничні значення зовнішніх сил, при дії яких загальмований автомобіль надійно утримується на місці та має необхідні мінімальні швидкості, що встановилися, під час руху з гори.

Мехатронні системи керування гальмами і технічний стан гальмівної системи безпосередньо впливають на транспортну роботу та безпеку руху автомобіля. На сьогодні гальмівна система автомобіля без АБС за європейськими нормативами вважається аварійною.

Досягнення високих експлуатаційних властивостей автомобілів стало можливим завдяки створенню мехатронних систем ефективного керування автомобілем [11]. Для цього залучаються різні галузі знань у механіці, електроніці; комп'ютерне і програмне забезпечення технічних систем автомобіля, контроль і управління експлуатаційною безпекою автомобіля.

У системі «автомобіль-водій-дорога» автомобіль розглядається як об'єкт

керування і в поєднані з електронною системою керування є мехатронною системою, що функціонує в напівавтоматичному режимі під контролем водія (рис. 7.49, [34]) або як мехатронна і телематична система руху автомобіля (автопілот).

Рис. 7.49. Узагальнена функціональна схема системи «автомобіль-водій-дорога»:

X – вхідні сигнали електронного блоку керування (ЕБК) системи керування; Y – вихідні сигнали ЕБК системи керування; Z – вихідні характеристики (параметри) автомобіля (агрегатів). Вхідні сигнали окремої системи керування надходять з: датчиків структурних (режимних) параметрів об'єкта керування X_1; датчиків інших мехатроних або інформаційно-вимірювальних систем автомобіля X_2; датчиків вихідних параметрів об'єкта керування X_3; датчиків органів керування X_4

Бортова система керування автомобілем забезпечує керуючі впливи на об'єкт керування (рис. 7.49), спираючись на його режимний стан (функціональний зв'язок механічних і телематичних складових). Тому експлуатаційні властивості, які забезпечують рух автомобіля, суттєво залежать від рівня мехатронізації та телематизації бортових систем керування рухом, систем контролю технічного стану автомобіля, його систем і механізмів, властивостей автомобіля не допускати ситуацій, небезпечних для людини та довкілля (рис. 2.5).

Вихідні сигнали Y_1 окремої системи керування подаються на виконавчі пристрої ВП та засоби контролю Y_2, а також використовуються для інших систем керування Y_3.

Вихідні характеристики мехатронної системи можуть не контролюватися – Z_1 (розімкнуті системи) або контролюватися Z_2 (замкнуті системи) датчиками вихідних параметрів. При цьому реалізуються, відповідно, жорсткі (без зворотних зв'язків) або гнучкі (зі зворотними зв'язками) алгоритми керування. Систем керування має інформаційні датчики (ІД) і виконавчі пристрої (ВП), поєднані через електронний блок керування [11].

Якщо на стаціонарних режимах не розглядати впливи водія X_4, то мехатронна система функціонує в автоматичному режимі.

Експлуатаційні властивості автомобіля базуються на його мехатронних системах управління (ESP, ABS, EBS, EDS, ASP, MSR, ESBS та ін.) та телематичних комплексах, які надають найоперативнішу інформацію про технічний стан автомобіля, дорожнього середовища та дають можливість взаємодіяти з учасниками дорожнього руху. За допомогою телематичних систем забезпечу-

ється навігація, можна виконувати планування, аналіз, організацію транспортного руху [11].

Опису перерахованих та інших мехатронних систем, експлуатаційних властивостей автомобіля присвячена робота [11]. Далі лише стисло представлено їх призначення.

ESP (англ. – Electronic Stability Program) – електронна система курсової стійкості. Це система, основним призначенням якої є допомога водієві у складних дорожніх ситуаціях. У разі виникнення екстремальної ситуації вона компенсує різку реакцію водія і сприяє збереженню стійкості автомобіля. Призначення даної системи полягає у тягово-динамічному регулюванні роботи систем управління автомобілем. Система ESP розпізнає небезпеку занесення і цілеспрямовано компенсує порушення курсової стійкості автомобіля.

Для позначення аналогічних систем використовуються також такі абревіатури: ASMS (Automatic Stabilities Management System), DSC (Dynamic Stability Control), FDR (Fahrdynamik Regelung), VSA (Vehicle Stability Assist), VSC (Vehicle Stability Control), VDC (Vehicle Dynamic Control).

Система управління динамікою автомобіля – це система зі зворотним зв'язком, що дає можливість зберігати курсову стійкість під час руху автомобіля. Вона об'єднана з гальмівною системою та силовою передачею. Система ESP попереджує «випередження» або «запізнення» повороту автомобіля під час його керування.

Переваги систем ABS та ASR знайшли розвиток у системі ESP. Вона отримує інформацію від датчиків кутової швидкості коліс, кута повороту кермового колеса, положення педалі акселератора, кутової швидкості «рискання», поперечного прискорення, порівнює траєкторію, що задає водій, з реальною.

Ця система підвищує активну безпеку руху під час керування автомобілем шляхом вживання таких заходів:

- підвищення курсової стійкості автомобіля навіть у найскладніших умовах дорожнього руху для усіх режимів експлуатації (повне або часткове гальмування, рух накатом, розгін, гальмування двигуном, зміна навантажень);
- підвищення стійкості руху навіть під час екстремальних маневрів керування (аварійна ситуація);
- покращення керованості у найскладніших умовах дорожнього руху;
- залежно від умов руху краще використання потенціалу зчеплення між шинами та дорожнім покриттям порівняно з ABS та ASR.

ABS (нім. Anti-Blockier-System) – антиблокувальна система. Вона попереджує блокування коліс під час гальмування, забезпечує стійкість і керованість автомобіля.

EBV (нім. Elektronische Bremskraftverteilung) – електронне розподілення гальмівних сил. Враховує розподілення динамічного навантаження між передньою та задньою осями під час гальмування і згідно з цим перерозподіляє гальмівні зусилля на передню вісь.

EDS (нім. Elektronische Differentialsperre) – електронне блокування диференціала. Здійснює цілеспрямований гальмівний вплив на ведучі колеса для збільшення сили тяги на дорозі зі слизькими ділянками.

ASR (нім. Antriebs Schlupf Regelung) – протибуксовне коригування. Попереджує проковзування ведучих коліс на пухкій та слизькій поверхні, коригуючи управління гальмівною системою і двигуном.

MSR (нім. Motor Schleppmoment Regelung) – кероване гальмування двигуном. Попереджує блокування ведучих коліс під час гальмування двигуном, наприклад, коли різко відпускають педаль газу (або коли гальмування здійснюють перемиканням на нижчу передачу).

ESBS (нім. Elektronisches Stabilitätsbremssystem) – електронна система підвищення керованості та стійкості автомобіля під час гальмування.

Компанія Nissan розробила систему рульового керування з усіма керованими колесами «Nissan 4-Wheel Active Steering System»

Система HAS (англ. Hill Assist Start) допомагає водію почати рух на підйомах, перешкоджає скочуванню на схилах тощо. Система затримує гальмівний тиск, заданий водієм спочатку при натисненні на педаль гальма, поки двигун не почне збільшувати оберти, тобто поки водій не почне тиснути на педаль акселератора. На схилах без системи HAS, коли водій переставляє ногу з педалі гальма на педаль акселератора, автомобіль може почати скочуватися назад, затрудняючи початок руху. Для цього HAS регулює гальмівний тиск залежно від таких вхідних сигналів:

- від водія, який задає гальмуючий тиск педаллю гальма;
- від двигуна і трансмісії;
- ступінь нахилу дороги.

В цілому системи керування динамікою автомобіля сприяють зменшенню кількості нещасних випадків, підвищують безпеку водіння й попереджують ДТП з важкими наслідками.

7.3.4. Системи зниження токсичності відпрацьованих газів двигунів

Зниження токсичності відпрацьованих газів (ВГ) автомобілів можна досягти багатьма способами. Це створення нафтового пального високої якості, використання різних альтернативних видів пального та домішок до пального, застосування природного газу, чистого водню і добавок водню до пального з нафти. Крім того, широке використання електричного чи гібридного привода з джерелом живлення від електроакумуляторів або сонячних батарей.

Методи, які використовуються для зміни складу відпрацьованих газів двигунів з іскровим запалюванням, поділяються на дві основні категорії – конструктивні способи та очищення відпрацьованих газів. Основні промислово розвинені країни прагнуть запроваджувати у себе суворі норми граничної токсичності відпрацьованих газів. Виконання цих норм вимагає використання систем, які мають трикомпонентний каталітичний нейтралізатор.

По мірі мехатронізації систем упорскування пального на автомобілях установлюються механічні, електромеханічні та електронні системи (рис. 7.50). В основі їх удосконалення було підвищення питомої потужності, зниження витрати пального, зменшення рівня шуму та емісії ВГ.

Рис. 7.50. Класифікація паливних систем

Розроблені системи впорскування пального (рис. 7.50) розрізняють за місцем і способом подачі пального, принципом роботи і типом регулювання, а також за конструктивним виконанням виконавчих компонентів системи дозування пального [10, 11].

Аналіз переваг та недоліків систем упорскування пального приведених на рис. 7.51 описаний у роботах [11, 33, 37].

Класифікація способів упорскування пального наведена на рис. 7.51.

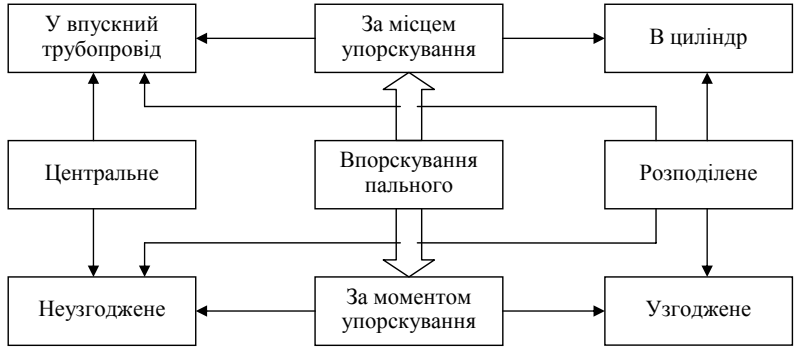


Рис. 7.51. Класифікація способів упорскування пального

Зниження токсичності ВГ у конструкціях ДВЗ досягалося за рахунок об'єднання механіки, електротехніки, електроніки, розробки математичних мо-

делей, алгоритмів і програмного забезпечення керування паливною системою двигуна (рис. 7.51). Це дало можливість розширити перелік використовуваних енергетичних речовин, урахувати більшу кількість факторів, що впливають на процеси, реалізувати оптимальні закони керування. Такі рішення дозволяють знизити кількість викидів шкідливих речовин у ВГ до Євро-5.

Головне завдання електронного управління двигуном – це встановлення оптимальної сукупності значень його керуючих впливів. Безпосередньо керовані технічні показники двигуна: крутний момент, частота обертання колінчастого вала, тиск і температура в системах паливоподачі, наддування, змащення, охолодження, а також вміст кисню у відпрацьованих газах. Головний безпосередньо керований економічний показник – експлуатаційна витрата пального, а також витрати масла, повітря, води. Керовані екологічні показники – склад і кількість шкодливих викидів, рівень і спектр шуму й вібрацій. Відносна значимість цих показників якості двигуна залежить від призначення й умов його роботи.

Варіанти акумуляторної системи паливоподачі бензинового двигуна наведені на рис. 7.52.

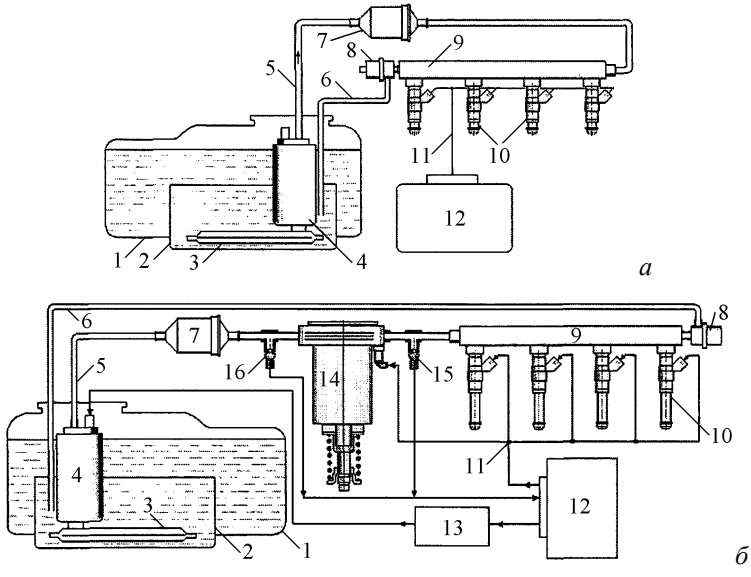


Рис. 7.52. Функціональні схеми систем упорскування бензину:
1 – паливний бак; 2 – накопичувач пального; 3 – вхідний фільтр; 4 – паливний насос низького тиску з електроприводом; 5, 6 – трубопроводи нагнітальний і зворотного зливання пального; 7 – паливний фільтр; 8 – клапан регулятора тиску; 9 – паливний акумулятор; 10 – електромагнітні форсунки; 11 – з'єднувальні провідники; 12 – електронний блок керування двигуном; 13 – електронний блок керування паливним насосом низького тиску; 14 – паливний насос високого тиску; 15, 16 – датчики низького і високого тиску пального

За принципом роботи обидві системи впорскування пального (у впускний колектор і в циліндр) є акумуляторними, мають схожі за призначенням компоненти (1-12). Відрізняються рівнем тиску і вузлами 13-16, які забезпечують ви-

сокий тиск. Система впорскування пального у впускний колектор (рис. 7.52, *а*) має низький тиск 250-300 кПа, а система високого тиску – 5,0-14 МПа (рис. 7.52, *б*).

Подача пального в системах з безпосереднім упорскуванням відбувається у разі більш високого тиску. Паливну систему умовно розділяють на дві складові (рис. 7.52, *б*):

- контур низького тиску;
- контур високого тиску.

Контур низького тиску схожий на той, що використовується в системах упорскування у впускний трубопровід. Контур високого тиску містить:

- насос високого тиску;
- паливний акумулятор;
- датчик тиску;
- клапан регулювання тиску;
- обмежувач тиску.

Нижнім каналом клапан сполучений з акумулятором, верхнім – зі зливною магістраллю. Значення тиску, при якому клапан відкривається, визначається затяжкою пружини, що залежить від положення регулювальної втулки. Якщо клапан відкритий, пальне з акумулятора зливається в бак. При зменшенні тиску нижче заданого клапан під дією пружини закривається і в акумуляторі може бути відновлений початковий тиск.

До основних електронних систем керування двигуном автомобілів належать такі системи керування:

- двигуном;
- запалюванням;
- подачею пального;
- паливним насосом високого тиску;
- газорозподіленням, подачею повітря;
- контролю відпрацьованих газів;
- рухом автомобіля, (до неї входять системи АБС, навігації, автоматизації водіння і паркування, керування АКП, безпеки руху і т. п.);
- подушками безпеки;
- освітленням і сигналізацією;
- сервісним обладнанням автомобіля, а саме: системою сигналізації, кондиціонування; радіо- та телевізійними системами навігації, телефонного зв’язку;
- бортові системи ЕОМ (CARPC, CAN).

За останні роки значне збільшення обчислювальних можливостей мікропроцесорів зробило можливим здійснення електронного керування двигуном. Системи електронного керування оснащуються певною кількістю керуючих систем зі зворотним зв’язком.

Система електронного керування дизелів надає також можливість обміну даними з іншими електронними системами автомобіля. Це означає, що керування двигуном інтегроване у загальну систему керування автомобілем, що включає:

- керування коробкою передач;

- електронне регулювання подачею пального (ПНВТ);
- антиблокувальну систему гальм (ABS);
- протибуксовну електронну систему (TCS);
- електронну систему курсової стійкості (ESP);
- систему керування гальмівним моментом (MSR);
- електронний імобілайзер (EWS);
- бортовий комп'ютер і т. д.

До конструктивних мехатронних методів зниження токсичності ВГ належать: способи впорскування пального та сумішоутворення, рівномірне розподілення пального, ступінь стиснення паливно-повітряної суміші, зміна фаз газорозподілення, конструкція камери згоряння, система запалювання, вентиляція картера двигуна, термічне допалювання, каталітичне допалювання [37].

Мікропроцесорні системи керування впорскуванням пального дають можливість здійснювати багатократне впорскування зі змінними інтервалами між основними впорскуваннями, а також дуже мале попереднє впорскування пального (1-4 мм^3) та наступне впорскування (рис. 7.53) і таким чином підвищити якість згоряння пального та покращити склад ВГ [11, 37].

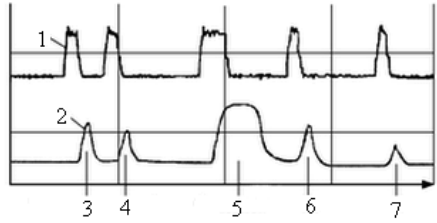


Рис. 7.53. Зміна параметрів під час впорскування

На рис. 7.53 цифрами позначені: 1 – керуюча напруга; 2 – впорскування (миттєва витрата пального); 3, 4 – попереднє впорскування; 5 – основне впорскування; 6, 7 – наступне впорскування.

Дозування пального. Робоча суміш, якість якої визначається коефіцієнтом надлишку повітря має вирішальний вплив на склад відпрацьованих газів.

Двигун забезпечує одержання максимального крутного моменту при λ=0,9. Ця величина звичайно програмується для режиму повного навантаження двигуна. Оптимальна паливна економічність досягається при сумішах, які характеризуються λ=1,1. Це збігається з можливістю отримання низьких викидів CO та CH. Однак викиди оксидів азоту NO_x при цьому виявляються максимальними. Коефіцієнт надлишку повітря обирається для режиму холостого ходу двигуна.

Системи впорскування палива дають можливість досягти більш точного контролю за складом суміші.

Сумішоутворення. Однорідність суміш:, її пошаровий розподіл і температура у зоні запалювання є основними факторами при визначенні здатності суміші до займання та наступного згоряння з відповідним впливом на склад відпрацьованих газів.

Однорідні суміші та регульоване пошарове сумішоутворення (багата суміш поблизу зони запалювання та бідна суміш поблизу стінок камери згоряння) – це два шляхи вдосконалення процесу сумішоутворення.

На двигунах з одноточковим впорскуванням палива для запобігання відкладання плівки пального на стінках впускного трубопроводу використовується попереднє нагрівання повітря та впускного трубопроводу.

Сумішоутворення може визначити режими роботи бензинового двигуна з безпосереднім упорскуванням, які приведені на рис. 7.54.

Рис. 7.54. Режими роботи бензинового двигуна

Двигуни з безпосереднім упорскуванням мають внутрішнє сумішоутворення і якісне регулювання суміші, так як пальне впорскується безпосередньо в камеру згоряння, циклова подача повітря змінюється незначно і регулювати потужність потрібно кількістю впорскуваного пального, тобто якістю суміші без дроселювання повітряного потоку. Для отримання необхідної якості суміші використовується ефект розшарування заряду та підвищений тиск упорскування бензину.

Розпилення. Після виходу струменя пального з розпилювача починається її розпадання. Для подрібнення пального використовується кінетична енергія повітря. Від розпилювача залежать процеси згоряння пального, потужність, витрата пального, склад ВГ.

Рівномірне розподілення. Максимального ККД двигуна можна досягти тільки у разі однакового коефіцієнта надлишку повітря в кожному циліндрі.

Рециркуляція відпрацьованих газів (система EGR). Відпрацьовані гази подаються назад до камери згоряння для зниження максимальної температури згоряння з метою зниження утворення NO_x. Оптимізація системи EGR може також знизити витрати пального. Система EGR використовується одним із двох способів:

- внутрішня рециркуляція, що забезпечується відповідним установленням фаз газорозподілу (перекриття клапанів);
- зовнішня рециркуляція із застосуванням клапанів, якими керують.

Зміна фаз газорозподілення. Великий кут перекриття клапанів (при ранньому відкритті впускного клапана) дає можливість збільшити внутрішню рециркуляцію відпрацьованих газів і тому може допомогти у зниженні викидів NO_x. Однак, так як ВГ, що рециркулюються, витісняють свіжу паливоповітряну суміш, то раннє відкриття впускного клапану також зменшує максимальний крутний момент. Крім того, надмірна рециркуляція відпрацьованих газів, особливо при роботі двигуна на холостому ходу, може стати причиною перебоїв у запалюванні, що, у свою чергу, призводить до збільшення викидів вуг-

леводнів СН. Оптимальним вирішенням цієї проблеми є використання змінних фаз газорозподілення, коли фази газорозподілу налаштовуються для оптимального процесу згоряння та до умов роботи двигуна.

Ступінь стиснення. Раніше вважалося, що підвищення термічного ККД шляхом зростання ступеня стиску є ефективним заходом для покращення паливної економічності. Однак, при цьому одночасно збільшується і максимальна температура згоряння, яка є причиною більш високої концентрації викидів NO_x

Конструкція камери згоряння. Низький вміст викидів забезпечується компактною камерою згоряння, яка має мінімальну площу поверхні та відсутні виїмки.

Центральне розташування свічки запалювання забезпечує короткий шлях поширення полум'я, що дає можливість отримати швидке і відносно повне згоряння робочої суміші, результатом чого, крім низьких викидів СН, є ще й зменшення витрат пального. Турбулізація робочої суміші в камері згоряння забезпечує більш швидке згоряння. Крім створення двигунів, які здатні працювати на збіднених сумішах, оптимізація форми камери згоряння дає можливість знизити концентрацію СН при λ=1.

Створення вихрового руху суміші у впускному каналі та оптимізація форми камери згоряння дають можливість використовувати ще більше збіднення робочої суміші λ=1,4...1,6. Такі двигуни характеризуються низькою токсичністю і високою економічністю, вони не мають потреби у каталітичному очищенні відпрацьованих газів. Розробки у сфері зниження викидів NO_x у двигунів, що працюють на більш збіднених сумішах, ще знаходяться у початковій стадії. Такі двигуни, аж до теперішнього часу, з успіхом застосовувалися в Європі та Японії. Було лише кілька моделей, які використовували концепцію збіднених сумішей, коли досягається компроміс між викидами токсичних речовин з ВГ і витратою пального.

Система запалювання. Конструкція свічки запалювання, її положення в камері згоряння, а також енергія і тривалість іскрового розряду – всі ці параметри мають суттєвий вплив на займання суміші, тривалість її згоряння, а тому, і на викиди токсичних компонентів у відпрацьованих газах. Важливість цих факторів зростає у прямій залежності від збіднення суміші. Встановлення моменту запалювання має вирішальний вплив як на токсичність відпрацьованих газів, так і на витрату пального. При виборі моменту запалювання доводиться для зниження викидів СН та NO_x, обирати більш пізні кути випередження запалювання. Разом з подачею в надлишку кисню це піднімає температуру у випускній системі, а також дозволяє допалювати СО та СН. Цей метод приводить до зменшення викидів NO_x та незгорілих вуглеводнів, але за рахунок збільшеної витрати пального. З іншого боку, якщо обирається занадто велике випередження запалювання, це призводить до збільшення витрат пального і викидів NO_x та СН.

Вентиляція картера двигуна. Концентрація вуглеводнів у картері двигуна може у багато разів перевищувати ту, яка реєструється у відпрацьованих газах. Система регулювання вентиляції картера перепускає картерні гази до впускного тракту двигуна, звідки вони потрапляють до камери згоряння для допалювання. Раніше ці гази випускалися неочищеними безпосередньо в атмосферу,

зараз наявність системи зниження викидів картерних газів є обов'язковою вимогою.

До основних способів очищення відпрацьованих газів відносять термічне та каталітичне допалювання.

Термічне допалювання. До широкого використання каталітичного очищення відпрацьованих газів застосовували метод термічного допалювання.

Метод полягає у підтриманні в камері згоряння високих температур для допалювання компонентів відпрацьованих газів, які не змогли згоріти при нормальному процесі згоряння. При багатій суміші (λ=0,7...1,0) цей процес повинен супроводжуватися подачею додаткового повітря у випускну систему. При роботі двигуна на збіднених сумішах (λ=1,05...1,2) кількості залишкового кисню у відпрацьованих газах достатньо для здійснення допалювання.

Для подачі додаткового повітря використовувалися нагнітачі з ремінним приводом безпосередньо від двигуна. Так як подача повітря необхідна тільки в режимі прогріву двигуна, нагнітач вмикався на цей час за допомогою електромагнітної муфти. Недорогі повітродувки, які приводяться від електродвигуна, швидко витіснили нагнітачі з механічним приводом.

Сьогодні термічне допалювання розглядається як система з дуже низькою ефективністю, особливо через те, що цей метод не дає можливості знизити викиди NO_x до регламентованої межі. Однак, цей метод може все ж використовуватися для зниження викидів CO та CH у режимі прогріву двигуна, поки каталітичний нейтралізатор не нагрівся до робочої температури.

Каталітичне допалювання. Каталітичний нейтралізатор має всередині корпусу носій, на поверхню якого наноситься покриття з каталітичного матеріалу. В якості носія застосовується гранульована або монолітна керамічна основа. Монолітна структура характеризується такими перевагами:

- максимальне використання каталітичної поверхні;
- довговічність;
- фізична міцність;
- низька теплова інерційність.

Активний каталітичний шар складається з тонкого покриття благородними металами (платина, родій, паладій), які чутливі до вмісту свинцю у пальному і при відкладенні якого активність каталітичного шару швидко падає. Тому двигуни з каталітичними нейтралізаторами повинні працювати виключно на неетильованому бензині. Ступінь ефективності нейтралізатора, є функцією робочої температури. Нейтралізатор починає працювати при досягненні температури приблизно 250 °C. Робочі температури в діапазоні 400...800 °C забезпечують оптимальні умови для отримання максимальної ефективності та значного терміну служби нейтралізатора.

При розміщенні нейтралізатора безпосередньо поблизу двигуна прискорюється його прогрівання до робочої температури, що приводить до оптимальної ефективності нейтралізатора, але й одночасно до високих теплових навантажень.

Так як максимальна допустима температура знаходиться у зоні 1000 °C, то нейтралізатори зазвичай встановлюються під днищем автомобіля. Порушення у роботі двигуна, наприклад, пропуски займання можуть призводити до збіль-

шення температури нейтралізатора і його руйнування. Для усунення цього ефекту повинні використовуватися надійні і не потребуючі обслуговування системи запалювання. Каталітичні нейтралізатори окислювального типу здійснюють окислення CO та CH за рахунок використання надлишкового повітря у збіднених сумішах або подання додаткових порцій повітря. Нейтралізатори відновлювального типу, з іншого боку, можуть працювати при дефіциті повітря, таким чином забезпечуючи зниження викидів NO_x без подачі повітря.

Каталітичні нейтралізатори відновлювального та окислювального типу можуть також комбінуватися для отримання двосекційних нейтралізаторів. У такому пристрої застосовується подача додаткового повітря між двома секціями, що дає можливість знизити вміст не тільки NO_x, а також і CO та CH. Його недоліками є конструктивна складність і необхідність роботи двигуна в умовах високої витрати пального (λ=0,9).

Трикомпонентний або селективний каталітичний нейтралізатор із лямбда-зондом є найбільш ефективною системою очищення відпрацьованих газів. Він забезпечує необхідний рівень всіх трьох основних токсичних компонентів відпрацьованих газів двигуна, який працює на стехіометричній суміші.

8. ЗАСОБИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

8.1. Навігаційні та бортові системи контролю параметрів і технічного стану автомобілів

В автотранспортних підприємствах та на СТО з розвиненими системами моніторингу автомобілів усе частіше звертаються до нових систем керування транспортом для подальшого посилення, перш за все, контролю. Сьогодні це телематичні й інтелектуальні системи, які забезпечують контроль за транспортним процесом кожної одиниці транспортних засобів у режимі транспортних потоків і, наприклад, захист власників, предмету і засобів транспортування, а також потерпілих у разі ДТП.

У цілому це досить складні системи, які впроваджуються не тільки на автомобільному транспорті (АТ), але і на транспорті в цілому, в рамках єдиного телематичного середовища.

Телематичними, згідно зі спрощеним визначенням, вважають системи, які працюють у розділювальному інформаційному і комунікаційному середовищі. Це загальне з транспортом середовище, яке використовується телематичними системами для підвищення якості і ефективності транспорту.

Тому з формальної точки зору це визначення можна використовувати на АТ, якщо говорити саме про транспортно-телематичну систему. Такі системи є певною послідовністю організаційно-технологічного та технічного стану транспортної системи і ведуть до спільного використання інформації про транспорт у будь-якому місці й у будь-який час системою, що позначається як телематична.

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) – це системна інтеграція сучасних інформаційних та комунікаційних технологій і засобів автоматизації з транспортною інфраструктурою, транспортними засобами та користувачами, яка орієнтована на підвищення безпеки й ефективності транспортного процесу, комфортності для водіїв та користувачів транспорту.

Сучасний комплекс взаємопов’язаних автоматизованих систем, що вирішують завдання керування дорожнім рухом, моніторингу та керування роботою всіх видів АТ (індивідуального, загального, відомчого), інформування громадян і підприємства про організацію транспортного обслуговування – ІТС. Загальна схема керування інтелектуальним автомобільним транспортом приведена на рис. 8.1.

Сьогодні сфера просування ІТС у світовій практиці варіюється від вирішення проблем загального транспорту, істотного підвищення безпеки дорожнього руху, ліквідації заторів у транспортних мережах, підвищення продуктивності транспортної системи (включаючи автомобільний, залізничний, повітряний і морський транспорт) до екологічних і енергетичних проблем.

У сучасних програмах ІТС реалізується функція з передачі інформації і здійснення моніторингу з ряду технічних параметрів транспортних засобів, як щодо їх бортових датчиків, так і щодо бортових комп’ютерів – контролерів еле-

ктронних систем керування робочими процесами вузлів, агрегатів і систем автомобіля. При цьому основними технічними складовими тут виступають засоби телематики, орієнтовані на отримання і передачу інформації з метою вирішення завдань, пов'язаних з організацією дистанційного діагностування технічного стану транспортних засобів.

Рис. 8.1. Основні функції інтелектуального транспорту

Завдяки мехатронізації, телематизації, створення комп'ютеризованого обладнання, що надає звичайному автомобілю властивості інтелектуального транспортного засобу (ІТЗ), порівняно простий набір пристроїв та приладів дає можливість виконувати безперервний моніторинг автомобільних доріг, записувати на електронні носії інформації дані про стан дорожнього середовища, автомобіля і водія. У сучасній транспортній системі такий ІТЗ стає своєрідною лабораторією. бортовий комп'ютер якого виконує як запис даних, що реєструються, так і відповідну обробку сигналів.

З допомогою існуючої системи визначення дорожньої ситуації Floating Car Data (FCD), що перекладається як «дані з автомобіля, що рухається», автомобілі надсилають свої дані, про місцезнаходження у певний момент часу на центральний пульт руху, який порівнює отримувані повідомлення з повідомленнями інших автомобілів, оснащених FCD, з метою розпізнавання дорожніх та позаштатних ситуацій. Паралельно система здатна через систему-комунікатор «Авто-Авто» попереджувати інші автомобілі в зоні дії передатчика.

Створені: система інформування про стан дорожнього покриття, особливо про обледеніння; система адаптивного круїз-контролю, що сприймає дані від систем виявлення сусідніх автомобілів; система взаємного інформування автомобілів, оснащених системами GPS; засоби слідкування за дорожньою розміткою; системи автоматизованого паркування; пристрої для перегляду мертвих зон; системи контролю швидкості на поворотах.

Антени обслуговують навігаційну систему, що враховує під час вибору оптимального маршруту інформацію про пробки, а також мобільний зв'язок, у тому числі систему, яка самостійно викликає аварійні служби у разі аварії, використовуючи для цього вбудований мобільний телефон. Сам телефон має голосове управління.

Однак, поки що інтелектуальні телематичні системи (ІТС) хоча й отримали значне розповсюдження у світі, все ж розробники виходять з чинної парадигми «за кермом водій». Логічним продовженням цього напрямку стали системи Internet для автомобілів. Яким би досконалим не був автомобіль, він ефективніше працює у взаємодії з іншими системами. У системах можуть використовуватися спільно діючі об'єкти, що утворюють «розумну» мережу.

Ключовою системою безпілотного автомобіля-робота та ІТС є інтегрована система, що є бортовим комп'ютером, датчиками параметрів руху та навігаційною системою одночасно, постійно пов'язаними із собі подібними.

Інтегрована навігаційна система вирішує такі завдання:

- безперервне визначення координат у районах висотної міської забудови, в тунелях, під мостами та шляхопроводами;
- більш точне вирахування координат, порівняно з GPS, за рахунок додаткового обладнання;
- вирахування координат і курсу транспортного засобу без запізнення.

Американська система GPS («система глобального позиціонування» або «глобальна система визначення координат») відома також як NAVSTAR – це 24 космічних супутники NavStar, які забезпечують стовідсоткову роботоздатність системи та мільйони приймачів на поверхні Землі. Максимальна можлива кількість одночасно працюючих супутників у системі обмежена 32-ма супутниками. Отримавши сигнал як мінімум від трьох супутників, можна вирахувати координати будь-якої точки на поверхні Землі. Щоб виконувати якісні обчислення, необхідно користуватися дуже точним годинником, адже розбіжність у часі проходження сигналу всього у тисячну частку секунди дасть помилку визначення місцезнаходження приблизно в 300 км. На борту супутників установлений атомний годинник. Кожен супутник має чотири годинники, щоб можна було гарантувати, що хоча б один працює обов'язково. Хід бортових годинників супутника відбувається з наносекундною точністю. А це 10^{-9} секунди. Така точність годинників дає можливість визначати місцезнаходження автомобіля з точністю до 3-5 м. GPS-приймач на автомобілі дає можливість вираховувати географічні координати на основі отриманих даних.

Інтелектуальні транспортні системи забезпечують можливість інтелектуальної взаємодії з одиничним автомобілем або з транспортним потоком з допомогою інформаційних і комунікаційних технологій, а також транспортної ін-

фраструктури. Телекомунікаційне середовище може бути бездротовим або може бути утворене мережею LAN чи WAN.

Проте для ефективного використання оперативних можливостей технічних засобів телематики ІТС у вирішенні завдань технічної експлуатації автомобілів, супроводження виробничих процесів на АТП та СТО потрібне створення комплексу відповідних заходів і, перш за все, моделі комплексу, здатного відобразити суть спільного функціонування CALS/PLM-технологій і програм ІТС, що представляють сучасні інформаційні системи на автомобільному транспорті та інформаційного керування на АТП та СТО.

Більшість систем навігаційного моніторингу дають можливість вирішувати широке коло завдань мобільності автомобіля [14, 39].

8.2. Телематичні наземно-бортові та навігаційні системи моніторингу параметрів автомобіля і вантажу

Конкурентність підприємств може бути забезпечена тільки при використанні інформаційних технологій, які у сучасному розумінні тісно пов'язані з поняттями «транспортна телематика», «навігаційні та телекомунікаційні технології».

На сьогодні розроблені інтелектуальні транспортні систем, що включають у себе системи моніторингу транспорту, керування дорожнім рухом, оцінювання роботоздатності транспортних засобів, систему екстреного реагування у разі аварії, системи збирання плати за проїзд, системи метеорологічного забезпечення учасників дорожнього руху тощо.

Створені мехатронні та телематичні транспортні засоби та системи згідно з концепцією інтелектуалізації керування їх підсистемами та ланками робочих процесів відповідних агрегатів і вузлів АТЗ, побудованих на основі такої концепції, можна називати інтелектуальними.

Технологічною та алгоритмічною базою постійного контролю підприємствами параметрів автомобіля є промислові комп'ютери, супутникові технології, радіо та мобільна телефонія. Такі завдання можна вирішувати обробкою інформації мехатронних систем автомобіля (електричних, електромеханічних, та електронних пристроїв і приладів) [11]. Розробка програмного забезпечення індивідуального контролю експлуатаційних умов конкретного автомобіля дає можливість визначати оптимальну періодичність ТО та обсяг ремонтних робіт.

Приклад такої обробки інформації виконано у вигляді мікропроцесорного пристрою, що має у своєму складі блок комутації, перетворення та нормалізації сигналів, блок первинної обробки інформації та інтерфейсний блок (рис. 8.2 [11]). Це дає можливість перейти на транспорті до моніторингу – постійного контролю параметрів транспортних засобів, транспортного руху, навігації транспорту, виявляти потенційні відмови та несправності, а своєчасне їх усунення дозволяє зменшувати можливість аварійних ситуацій та ДТП, втрати часу через простої автомобіля, а також прискореної спрацьованості деталей автомобіля.

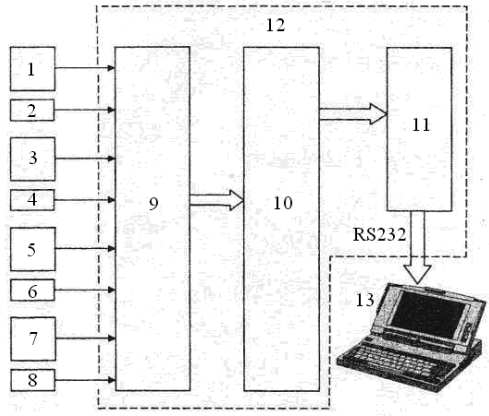


Рис. 8.2. Спрощена схема пристрою для моніторингу руху транспортних засобів:
1, 3, 5, 7 – датчики прискорення; 2, 4, 6, 8 – датчики обертів; 9 – блок комутації, перетворення та нормалізації сигналів; 10 – блок первинної обробки інформації; 11 – інтерфейсний блок; 12 – мікропроцесорний пристрій; 13 – персональний комп'ютер

Система; моніторингу та диспетчеризації включає в себе автомобіль, оснащений пристроєм моніторингу, який отримує дані від супутників і передає їх на сервер моніторингу за допомогою GSM зв'язку або інших засобів комунікації; сервер з програмним забезпеченням для прийому, зберігання, обробки й аналізу отриманих даних; комп'ютер користувача, який здійснює самостійно моніторинг свого транспорту.

Автоматизована система диспетчеризації та моніторингу автомобілів дає можливість:

- оперативно і швидко знаходити автомобілі та контролювати маршрут їх переміщень;
- припинити нецільове використання вантажу або транспорту, витратного матеріалу (а саме: знизити витрату пального, контролювати реальний пробіг, час простою і швидкість руху автомобіля);
- контролювати стан установлених датчиків і технічний стан автомобіля;
- забезпечити збереженість вантажів, що перевозяться автомобілем;
- накопичити дані про умови експлуатації для оцінювання технічного стану автомобіля та коригування періодичності ТО та Р;
- підвищити загальну безпеку автомобіля.

Архітектура транспортної телематики, взаємодія компонентів системи на прикладі перевезень вантажів показана на рис. 8.3. При створенні компонентів ІТС у межах кожного класу завдань формують протокол телематичної взаємодії об'єктів, будують відповідну математичну модель, реалізують її засобами програмного забезпечення та комунікацій.

На рис. 8.4 [29] наведено спрощену схему, яка пояснює загальну структуру завдань гнучкого комп'ютеризованого керування транспортним комплексом на рівні АТП, СТО, міста або відповідного регіону.

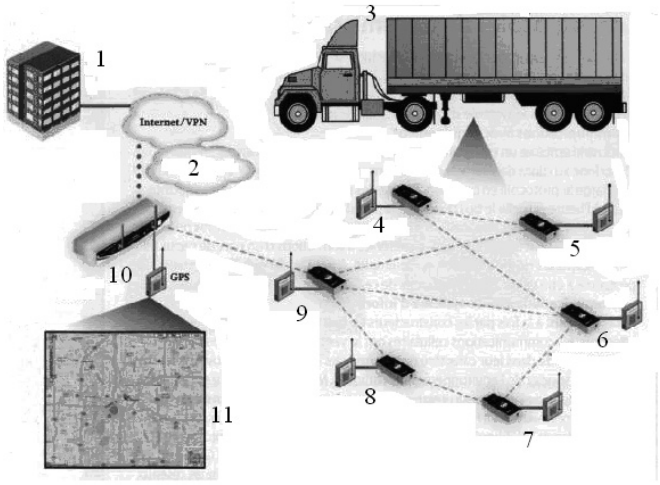


Рис. 8.3. Взаємодія компонентів транспортних телематичних систем:
1 – розподільний центр/логістична платформа; 2 – бездротовий зв'язок; 3 – вантажівка-рефрижератор; 4 – датчик температури; 5 – датчик завантаження; 6 – датчик відкриття дверей; 7 – датчик гальмування; 8 – датчик тиску в шинах; 9 – датчик уповільнення; 10 – дротовий зв'язок; 11 – маршрутна карта

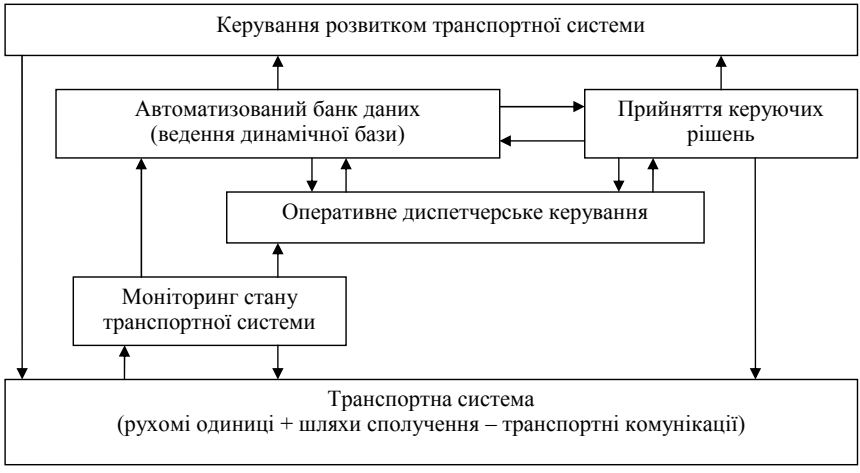


Рис. 8.4. Загальна схема роботи транспортної автоматизованої системи (АС)

Зазвичай створення АС припускає розподіл комплексу функціональних задач на окремі черги. Основним критерієм такого розподілу є рівень структурної складності, взаємозв'язку завдань, складність реалізації.

Математичним апаратом аналізу такої складності є інформаційно-логічні моделі (ІЛМ).

ІЛМ – графічна схема, вузлам якої відповідають функціональні завдання, а зв'язкам – інформаційні потоки даних. Такі зв'язки між завданнями та функціональними можливостями автоматизованої системи (АС) з урахуванням поетапності її створення та впровадження в експлуатацію можна виразити не тільки у вигляді графічної схеми, але і в табличній формі.

За останні роки створені автоматизовані системи керування на транспорті та розвинуті системи локальних обчислювальних центрів і мереж [11, 29]. Інформаційні транспортні ресурси входять до загальних комп'ютерних мереж.

На рис. 8.5 приведена принципова схема автоматизованої навігаційної системи з диспетчерським керуванням.

Серед провідних розробників таких систем можна назвати такі міжнаціональні корпорації, як Siemens (Німеччина), Thales Group (Франція), Ascom (Швейцарія).

На схемі (рис. 8.6) розглянуто ситуацію, яку можна визначити початковим періодом створення єдиного інформаційного простору. Таке об'єднання ґрунтується на паралельному розвитку усіх складових транспортного комплексу, інтелектуалізації рухомого складу, внутрішньої та зовнішньої телематики транспортних засобів і «занурення» окремих інформаційних ресурсів транспортних організацій до єдиного інформаційного простору корпоративних обчислювальних мереж на місцевому, регіональному та світовому рівнях.

Рис. 8.5. Принципова схема роботи АС пасажирськими перевезеннями на базі супутникової навігації

Узагальнення різних модифікацій автомобільних мехатронних систем дає можливість створювати бортові обчислювальні комплекси реєструвати та аналізувати дані технічного стану з використанням GPS-приймача і навігаційних систем.

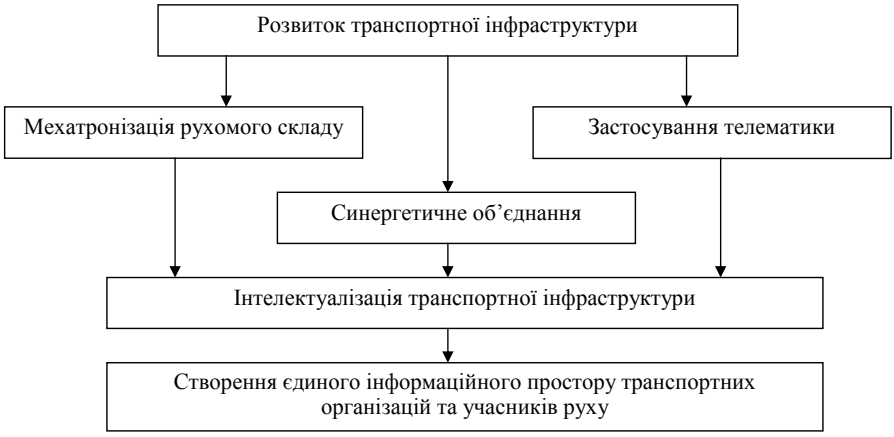


Рис. 8.6. Схема синергетичного об'єднання інформаційних ресурсів

8.3. Структура і компоненти систем моніторингу автомобілів

8.3.1. Склад телематичних систем автомобілів

Більшість традиційних систем телематики мають у своєму складі телематичний блок, що працює з допомогою програмного забезпечення. Система телематики отримує дані від датчиків автомобіля. Блок телематики має порт для діагностики, а дані, збережені у ньому, можуть передаватися на персональний комп'ютер або до іншого зовнішнього блока.

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 автомобіля з метою запобігання перевантажень акумуляторної батареї.

Схематично систему телематики сучасного автомобіля наведено на рис. 8.7 [38]. Автомобіль із системою телематики 16 складається з однієї або кількох підсистем. Наприклад, підсистема 2 (двигун) має датчик 4 відповідного типу (акселерометр, датчик витрати палива, датчик тиску, датчик світла, вольтметр тощо) може бути використана для виявлення несправностей двигуна.

Підсистема 2 і датчик 4 може перебувати у з'єднанні з електронним блоком керування двигуном (ЕБК) 6. Так, ЕБК може отримувати інформацію про стан систем автомобіля від підсистеми 2.

Система телематики 16 збирає різну інформацію з автомобіля і підтримує зв'язок із зовнішнім пристроєм (наприклад, комп'ютер, локальна точка доступу, та/або сервер тощо), щоб додатково опрацьовувати інформацію про автомобіль. Її можна використати для моніторингу автомобіля, визначення страхових

тарифів, управління автопарком, розслідування нещасних випадків, тощо. Крім того, система телематики використовує унікальний засіб і спосіб керування потужністю для зв'язку із зовнішнім пристроєм 18.

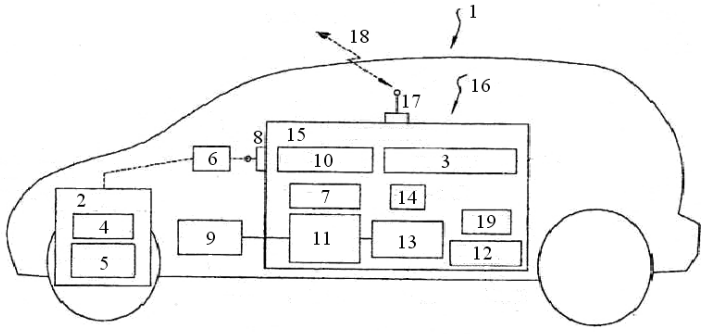


Рис. 8.7. Структурна схема системи телематики автомобіля

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, зокрема інтерфейс OBD-II. В інших варіантах з'єднувач телематики 8 використовує автономний мікроконтролер для автоматичного визначення, який зі стандартних інтерфейсів автомобіля під'єднаний. Рознімач телематики забезпечує зв'язок з ЕБК 16, щоб відновити інформацію про автомобіль з підсистеми 2.

Блок телематики 15 може містити систему глобального позиціонування (GPS) 14. GPS використовується для визначення місця знаходження автомобіля. 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 автомобіля, час його руху.

Система телематики містить і систему керування електроживленням 11 автомобіля. 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.

8.3.2. Алгоритмічне і програмне забезпечення моніторингу технічного стану автомобілів

Телематичні системи як складові систем діагностування, моніторингу та керування технічним станом автомобільного транспорту разом з інтелектуальними транспортними системами та космічними технологіями супутникового

позиціонування формують систему технічного сервісу автомобільної техніки. (див. розділ 7). На сьогодні для інтенсифікації діяльності інженерно-технічної служби технічного сервісу відповідно до умов експлуатації автомобіля та характеристики конкретної інтелектуальної транспортної системи розроблені інтелектуальні програмні комплекси транспортно-інформаційної системи діагностування «ХНАДУ ТЕСА» [39], «Віртуальний механік «HADI-12» і «Service Fuel Eco «NTU-HADI-12», структурна схема яких наведена на рис. 8.8 [9, 38].

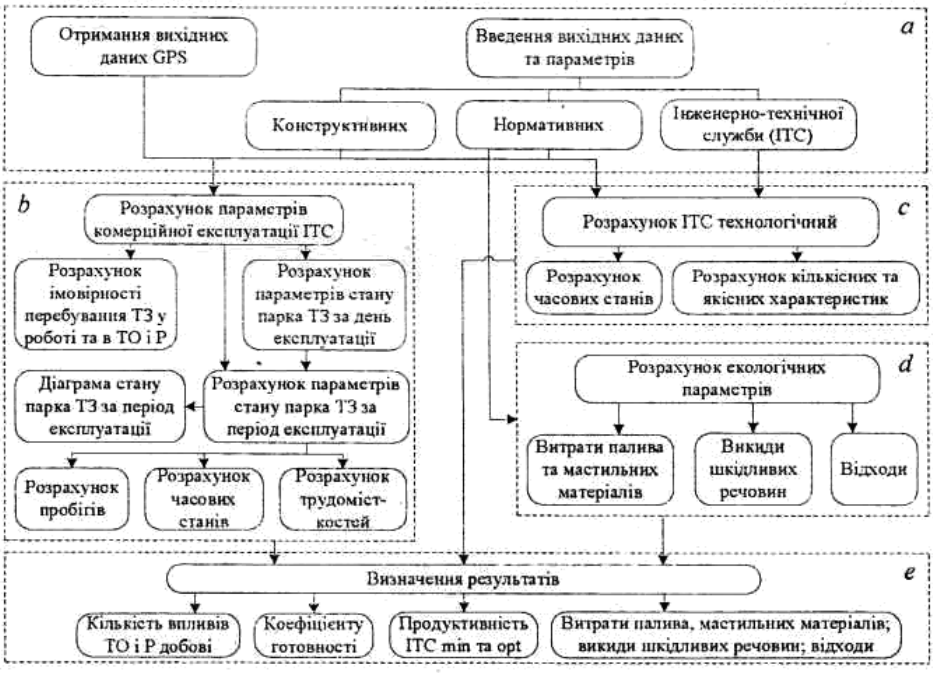


Рис. 8.8. Структурна схема інтелектуального програмного комплексу

У цьому алгоритмі виділено чотири основні блоки, які логічно взаємопов'язані:

- початкові дані (рівень *a*);
- розрахунок параметрів комерційної експлуатації інженерно-технічної служби (рівень *b*);
- розрахунок технологічних параметрів інженерно-технічної служби (рівень *c*);
- визначення екологічних параметрів (рівень *d*);
- визначення головних результатів (рівень *e*).

Вхід і процес роботи програми рівня *a* – це формування і введення основних початкових даних, для чого слугують:

- конструктивні параметри автомобіля, що визначаються заводом-виробником, серед яких, передовсім, витрата палива у л/100 км, окремі параметри двигуна, модифікація автомобіля та інші характеристики відповідного ав-

томобіля;

- нормативні параметри автомобіля, які визначаються нормативними пробігами до ТО та Р та їх трудомісткостями;

- параметри інженерно-технічної служби, зокрема кількість робітників, кількість робочих змін, тривалість робочої зміни тощо;

- дані, отримані з інтернет-сервера, на який надходить інформація з приладу супутникового позиціонування, встановленого на автомобілі.

У блоці *b* виконується розрахунок показників комерційної експлуатації автомобіля, до складу якого входять такі розрахунки:

- параметрів стану парку автомобілів за добу експлуатації;

- параметрів стану парку автомобілів за певний період експлуатації, зокрема розрахунок пробігів до ТО та Р, часових станів автомобіля та трудомісткостей ТО та Р;

- імовірності перебування автомобіля на лінії та в ТО та Р, тобто розрахунок кількості добових ТО та Р.

Блок *c* виконує у загальному вигляді технологічний розрахунок інженерно-технічної служби:

- часових інтервалів перебування автомобіля на постах ТО та Р, а також загальну тривалість перебування в інженерно-технічній службі;

- кількісних і якісних показників інженерно-технічної служби, зокрема пропускної здатності її підрозділів та ін.

Блок *d* призначений для розрахунку екологічних показників:

- витрати палива та мастильних матеріалів;

- викидів за основними типами шкідливих речовин (оксид вуглецю, .вуглеводні, оксиди азоту, тверді частинки);

- відходів, зокрема відпрацьованих акумуляторних батарей, шин, фільтрів.

Для розширення програмного продукту «ServiceFuelEco», «NTU-HADI-12», порівняно з програмою «Віртуальний механік «HADI-12», було виокремлено вкладку «Екологічні показники». В основу цих програмних продуктів покладені роботи професорів Ю. Ф. Гутаревича і В. П. Матейчика, спрямовані на підвищення паливної ощадності та екологічної безпеки автомобілів.

На кінцевому рівні програми (*e*) визначаються найважливіші показники інженерно-технічної служби:

- кількість добових ТО та Р;

- коефіцієнт готовності інженерно-технічної служби загалом;

- продуктивність інженерно-технічної служби, min та opt;

- витрати пального, мастильних матеріалів; викиди шкідливих речовин; відходи.

Серед обмежень у програмі розглядаються визначені параметри роботи інженерно-технічної служби, зокрема: кількість постів ТО та Р, пропускна спроможність підрозділів інженерно-технічної служби, а також коефіцієнт готовності інженерно-технічної служби, який не може перевищувати 1. Програма відповідає вимогам сучасних автотранспортних підприємств (СТО) та реалізує у повному обсязі різні алгоритми виробничих процесів інженерно-технічної служби. Крім того, програма розроблена згідно з основними принципами побудови аналогічних програмних продуктів.

Запропоновані програми дають змогу постійно проводити моніторинг технічного стану як окремого конкретного автомобіля, так і парку автомобілів загалом з урахуванням реальних експлуатаційних умов та на підставі наявних даних моделювати виробничу структуру системи технічного сервісу конкретного автотранспортного підприємства (СТО).

8.3.3. Формування та використання моніторингу умов експлуатації в системах підвищення ефективності технічної експлуатації автомобільного транспорту

Можливості використання моніторингу умов експлуатації, рекомендацій екологічних служб для оцінювання технічного стану автомобіля та коригування періодичності ТО та Р знаходяться на стадії становлення. Це пояснюється необхідністю врахування всіх умов технічної експлуатації складної динамічної системи, функціонування якої відбувається при дії різних випадкових факторів як з боку внутрішніх процесів у їх агрегатах та системах, так і при дії зовнішнього середовища.

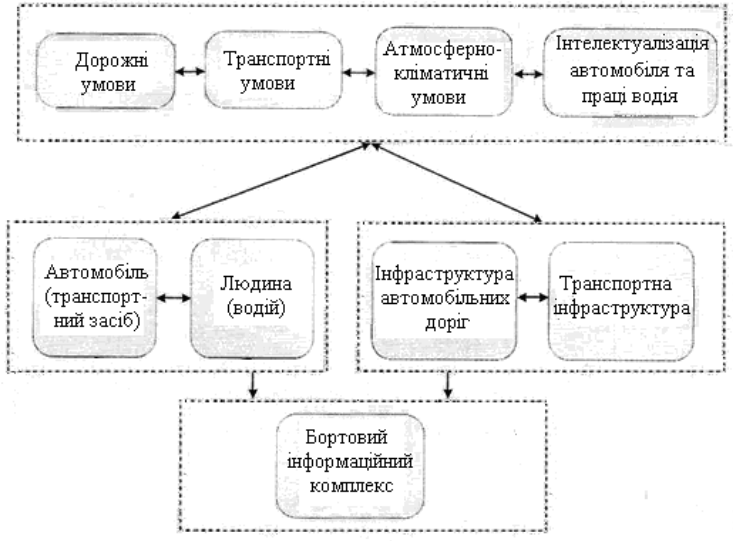


Рис. 8.9. Загальна схема взаємодії елементів системи «автомобіль-водій-умови експлуатації-інфраструктура експлуатації»

Для оцінювання умов експлуатації автомобіля використовується комбінований підхід, який включає в себе поєднання інформації про параметри технічного стану, яка отримана від бортових контролерів блока керування автомобіля, інформації про кліматичні, дорожні та транспортні умови експлуатації від зовнішніх систем збору й передачі даних, а також від інших джерел. До них належать технічні параметри, отримані від транспортної інфраструктури й інфраструктури автомобільних доріг. Такий загальний підхід до системи «автомобіль-водій-умови експлуатації-інфраструктура експлуатації» включає в себе си-

стемну взаємодію складових моніторингу автомобіля з водієм і бортовим інформаційним комплексом; умов експлуатації транспортного засобу (дорожні, транспортні, атмосферно-кліматичні умови, рівень інтелектуалізації та праці водія); транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг (рис. 8.9) [41].

До інфраструктури автомобільних доріг належать об'єкти транспортної інфраструктури та її прилегла територія. До транспортної інфраструктури належать об'єкти інфраструктури автомобільних доріг та її прилегла територія.

Інформаційна система моніторингу (ІСМ) стану і умов експлуатації автомобіля включає в себе сукупність стаціонарних і бортових систем збору і передачі інформації. Схема інформаційного обміну між елементами ІТС, а саме автомобіля і транспортної інфраструктури в процесах моніторингу параметрів технічного стану в умовах експлуатації показана на рис. 8.10.

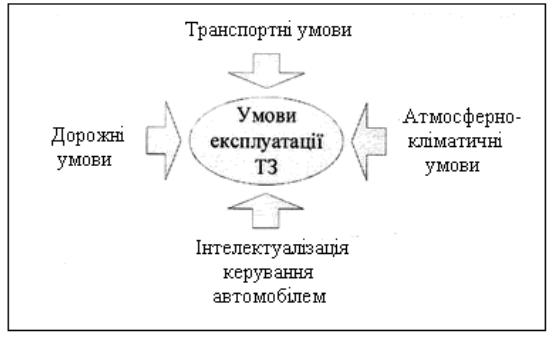


Рис. 8.10. Спрощена схема формування інформації про стан та умови експлуатації автомобіля

Підходи до формування бортових інтелектуальних діагностичних комплексів (БІДК) показані на рис. 8.11. База даних для забезпечення функцій БІДК формується в межах поставленої мети, наприклад, рис. 7.21, 7.22, 8.3, 8.5. Як видно з реалізованих систем моніторингу, мало або зовсім не враховуються умови експлуатації (рис. 8.10) та їх вплив на технічний стан, технічну й екологічну безпеку автомобіля і, відповідно, на ефективність технічної експлуатації.

До складу інформаційного забезпечення системи моніторингу (БІДК) повинні входити такі складові:

- система збору, накопичення і розповсюдження інформації про технічний стан автомобіля в умовах експлуатації;
- автоматизовані інструментальні засоби діагностики технічного стану автомобіля й автомобільних доріг;
- база географічних даних про стан дороги та об'єкти інфраструктури автомобільних доріг;
- система збору та передачі даних;
- комплекс завдань контролю стану і планування умов експлуатації автомобілів;
- засоби візуалізації результатів моніторингу автомобільних доріг і зв'язку з водієм та іншими учасниками руху.

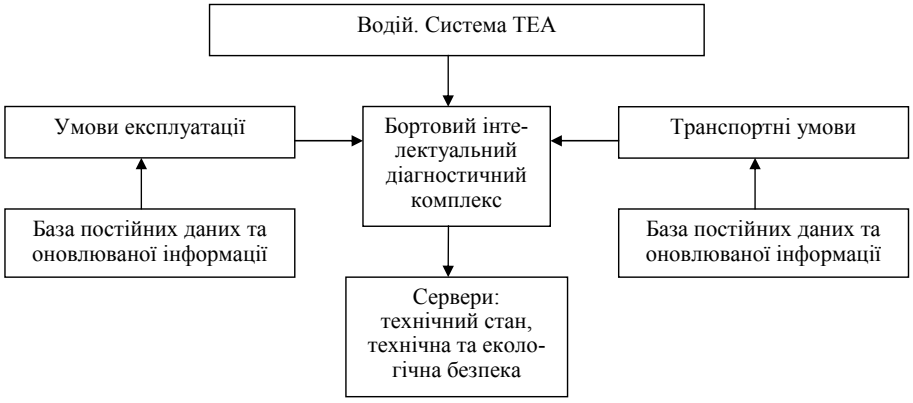


Рис. 8.11. Формування можливостей бортового інтелектуального діагностичного комплексу

Система збору є телекомунікаційною мережею обміну даними, яка може використовувати всі способи передачі даних. Стаціонарні пости виконують комунікаційні функції та найпростіші функції контролю. Ці функції забезпечують отримання контрольно-вимірювальної і технологічної інформації від бортових систем, контроль часу руху автомобіля в заданих пунктах, збирання інформації про комунікації та споруди, передачу даних в інформаційний програмний комплекс. Мережа такого моніторингу автомобілів функціонує на базі інформаційно-обчислювальної системиз використанням інформаційного програмного комплексу та базового і спеціального програмного забезпечення.

Оцінка типу і стану дорожнього покриття за допомогою локального джерела інформації формується в результаті обробки даних дистанційного опитування водія за допомогою бортового інформаційного комплексу в процесі експлуатації автомобіля й отримання інформації. Параметрами, що характеризують дорожні умови, за якими встановлюються обмеження допустимої швидкості або закриття руху, є: повздовжній профіль дороги, висота над рівнем моря, ширина проїзної частини і стан покриття, зчеплення коліс з дорогою тощо.

Дані про типи і величини дефектів дорожнього покриття порівнюються з нормативними показниками, визначається ступінь відхилення і формується бальна оцінка стану дорожніх умов (див. підрозділ 2.2).

Загальне завдання застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ІТС як складної системи базується на отриманні інформації про фактичний технічний стан, на методах і засобах реалізації при вирішенні конкретних технічних завдань, перевірці відповідності встановленим обмеженням, засобах для забезпечення такої відповідності, критеріях оцінювання отриманих показників та визначення взаємозв'язку між ними.

Врахування умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ІТС забезпечується системою моніторингу параметрів технічного стану автомобілів на основі серверних рішень, локального джерела інформації

(транспортного засобу, водія тощо) і мережевих баз даних.

У процесах моніторингу умов експлуатації автомобіля у взаємодії з водієм та інформаційним програмним комплексом вирішуються завдання врахування транспортних, дорожніх, атмосферно-кліматичних умов тощо. При цьому відбувається оцінювання стану автомобільної дороги, об'єктів інфраструктури автомобільної дороги та об'єктів на прилеглій території.

Щоб оцінити умови експлуатації автомобіля використовують географічні моделі автомобільних доріг. За допомогою карти інформаційної системи моніторингу можливо зафіксувати координати та особливості впливу на рух автомобіля в умовах експлуатації мостів, переїздів, світлофорів тощо. Також на особливості умов експлуатації мають вплив наявні прилеглі техногенні об'єкти (із зазначенням типу і виду виробництва) або природні територіальні системи. Усі ці об'єкти типізовані за характеристиками і містять параметр оцінки впливу на процеси руху автомобілів та умови їх експлуатації.

Оцінювання стану прилеглої території автомобільної дороги здійснюється в результаті аналізу рівня небезпеки природних і техногенних об'єктів на стан дорожнього покриття і руху автомобілів з урахуванням їх віддаленості від автомобільної дороги. Рівень небезпеки визначають водії в процесі руху транспортних засобів, а також інші учасники моніторингу та учасники руху в результаті періодичних перевірок.

Відображення можливості ідентифікації об'єктів транспортної інфраструктури за допомогою інформаційного програмного комплексу на основі інформаційної системи моніторингу дає можливість виділяти об'єкти, які здійснюють безпосередній вплив.

Для забезпечення безпеки руху автомобіля у відповідних умовах експлуатації та енергоефективного керування автомобілем інформаційна система моніторингу дає можливість проводити коригування швидкості руху автомобіля в залежності від сформованих умов експлуатації. При цьому пріоритет віддається забезпеченню безпеки та заощадженню пального.

Основний принцип інформаційного обміну між елементами ІТС, а саме автомобіля і транспортної інфраструктури в процесах моніторингу параметрів технічного стану в умовах експлуатації полягає в тому, що в ній автомобіль є не тільки об'єктом контролю і керування, але також джерелом постійно оновлюваної інформації про стан умов його експлуатації. Тобто ІТС є контрольно-вимірювальною системою, яка накопичує і зберігає інформацію про технічний стан автомобіля, умови його експлуатації в межах ділянки руху, а також приймає рішення при виявленні небезпечної, аварійної ситуації або несправності автомобіля.

Системи загального інформаційного забезпечення процесів моніторингу параметрів технічного стану транспортних засобів забезпечують повноцінний збір та обробку інформації в реальному часі від бортової інформаційної системи моніторингу, розміщеної на транспортному засобі, від системи збору інформації, що працює у взаємодії із водієм та інфраструктурою транспорту на основі поточного стану дорожніх, транспортних, кліматичних умов експлуатації і технічних споруд, у процесах порівняння з нормативними даними і даними попереднього контролю; відображення обстановки на ділянці руху автомобіля і ре-

зультатів аналізу в реальному часі й за відповідними запитами; ідентифікацію передаварійного й аварійного стану шляху; архівування результатів моніторингу; розроблення рекомендацій щодо швидкісного режиму на ділянках руху транспортних засобів за результатами аналізу.

8.3.4. Обладнання моніторингових систем і дистанційного діагностування автомобілів

При глобалізації методів і засобів технічного контролю та діагностики транспортних засобів головним залишається подальша інтелектуалізація діагностики процесів експлуатації, прогнозування остаточного ресурсу, технічної й екологічної надійності машин, контроль вантажів, що перевозяться.

Комплекс технічних засобів для автоматизованого збирання й обробки інформації про автомобіль включає такі складові:

- бортова система моніторингу технічного стану автомобіля;
- гаджет і система взаємодії гаджетів;
- віртуальне підприємство з експлуатації автомобільного транспорту, яке включає функцію автоматизованого збирання й обробки інформації (моніторингу) про автомобіль.

Більшість вантажних автомобілів, наприклад, MANN, SCANIA та ін. стали штатно оснащуватися не тільки мікропроцесорними вбудованими засобами автоматичного керування вузлами та приводами, засобами контролю технічного стану, але і засобами зовнішньої телекомунікації, які з допомогою навігаційних систем GPS/GSM/Wi-Fi/RFID передають інформацію про роботу транспортних засобів на диспетчерські пункти перевізників. На автомобілях установлюється спеціалізований переносний комп'ютер (карп'ютер, онбордер, car PC), який поєднує в собі функціональні можливості навігатора, автомагнітоли, персонального комп'ютера, DVD-плеєра, обладнаний пристроями радіозв'язку стандарту D та E-мережі й мобільного зв'язку стандарту GSM. Убудована CMOS-камера дає можливість зчитувати у режимі on-line кодові позначення, графічні зображення і текстові написи, вести відеозапис дорожньої ситуації тощо [12, 14, 16].

Інструментами моніторингу на транспорті є:

- датчики та бортові комп'ютерні системи контролю стану автомобіля, керування цим станом;
- датчики проходження автомобілів через контрольні зони з фіксацією характерних ознак;
- бортові модулі навігації та зв'язку – блок навігатора з приймачем та обчислювачем, радіопередавач, радіоприймач;
- навігаційні супутникові системи, які забезпечують визначення на електронній карті місцевості місцезнаходження автомобілів з точністю до 10 м;
- стільникові та супутникові системи зв'язку й обміну інформацією між логістичною системою та автомобілем;
- комп'ютерна обробка великих масивів даних у центрах керування перевізним процесом або дорожнім рухом;
- нейрокомп'ютерні технології розпізнавання образів;

- датчики транспортного потоку на магістралях, що відображають оперативну інформацію та надають інформацію у реальному часі про окремі параметри транспортних потоків або про окремі автомобілі.

На рис. 8.12 показаний один з багатьох типів бортових модулів моніторингу СКАУТ МТ-600. Цей термінал випускають у багатьох варіантах, які мають повний набір цифрових інтерфейсів для підключення додаткових пристроїв.

Рис. 8.12. Бортове обладнання СКАУТ

Основні характеристики модулів моніторингу СКАУТ МТ-600:

- сучасний гібридний 80-канальний ГЛОНАСС/GPS-приймач - (MGGS);
- широкий діапазон напруги живлення (9-36 В), вбудований захист від перенапруги та завад;
- вбудований захист автомобільного акумулятора від розряджання;
- використання технологій SMS і GPRS для зв'язку з сервером системі та диспетчером;
- наявність енергонезалежної пам'яті до 350 тисяч записів (до трьох місяців роботи поза зоною покриття GSM-оператора);
- можливе підключення до чотирьох аналогових, восьми дискретних, чотирьох частотних і восьми імпульсних датчиків - (PRO, Std);
- три дискретних виходи для дистанційного керування блокуванням двигуна та виконавчими пристроями - (PRO, Std);
- вбудований датчик розкривання терміналу;
- можливість підключення вбудованого акумулятора для автономної роботи навігаційного блока до 10 годин - (АКБ в комплект поставки не входить);
- корпус і зовнішні рознімачі оптимізовані для зручного монтажу та опломбування;
- можливість дистанційної зміни конфігурації й оновлення вбудованого програмного забезпечення через SMS і GPRS;
- можливість дистанційного контролю стану підключених датчиків (віддалений осцилограф);
- вбудована індикація для відображення режимів роботи та діагностики.

Термінал призначений для здійснення оперативного контролю транспортного засобу в системах моніторингу транспорту. Термінал працює, використовуючи живлення від бортової мережі транспортного засобу, що має номінальну напругу 12 В або 24 В, має можливість керування підключеними до нього виконавчими пристроями.

Робота терміналу основана на використанні супутникової навігаційної системи GPS/ГЛОНАСС та каналу стільникового зв'язку GSM/GPRS. Термінал приймає сигнали від навігаційних супутників з допомогою антени GPS/ГЛОНАСС, визначає за ними поточний час, координати, напрям руху, швидкість, формує за цими даними повідомлення і записує їх у внутрішню пам'ять. Також термінал опитує підключені до нього датчики і формує повід-

омлення про їх стан. Накопичені дані передаються по каналу стільникового зв'язку GSM/GPRS на сервер системи моніторингу і зберігаються у базі даних, після чого вони доступні користувачу для перегляду в диспетчерській програмі.

Для передачі даних, прийому голосових викликів та SMS-команд використовується стільниковий канал зв'язку GSM. Робота терміналу можлива тільки при використанні справної, активованої та не заблокованої оператором SIM-карти з активованим пакетом необхідних послуг (GPRS, SMS, голосовий виклик, роумінг).

BASE SAFECAR – це система початкового рівня визначення місцезнаходження автомобілів у рамках рішень, розроблених TEXA-TMD. Продукт відповідає всім європейським вимогам з безпеки й усім автомобільним стандартам, передбаченим для встановлення в легкові автомобілі, мікроавтобуси, вантажні автомобілі, автобуси, мотоцикли, землерийні машин, трактори й човни.

Система розроблена TEXA-TMD не тільки для здійснення контролю, але й для аналізу всіх параметрів електронного контролю транспортних засобів.

Діагностування, яке механік робить у майстерні, стає доступним, віддалено та незалежно від того, де перебуває транспортний засіб. Безпосередньо підключений до гнізда діагностики, TMD дає можливість користувачеві зчитувати всі дані, надані електронним блоком керування.

TMD складається з двох компонентів: основного «Модуля А» і одного з чотирьох доступних компонентів: BASE SAFECAR, BASE SAFECAR Diagnostics, BASE SAFETRACK і BASE SAFETRACK Diagnostics. Ці компоненти мають аналогічні функції і відрізняються лише тим, що вони призначені для різних автомобілів.

Програмне забезпечення Fleet Management через Інтернет може бути налаштоване й інтегроване з різними компаніями й інформаційними системами.

Пристрій «Модуль А» системи TEXA-TMD має GPS/GPRS, виготовлений відповідно до більш жорстких міжнародних вказівок, які дозволяють точно й постійно відстежувати місцезнаходження транспортних засобів у будь-якій частині світу. Відповідно до вимог транспортного засобу він споряджений відповідним варіантом «Модуля А», який йому найбільш пасує.

Компонент BASE SAFECAR Diagnostics дає можливість дистанційно керувати деякими параметрами двигуна і виконувати графік обслуговування автомобіля.

Система Vidiwave використовує Enterprise Class 3G і WLAN з допомогою своєї власної захищеної мережі VDN, щоб виконувати всю діагностику парку автомобілів в одному місці.

Ключовими функціями Vidiwave є [30]:

- повне GPS відстеження автомобіля;
- віддалена CAN діагностика;
- тахограф і віддалений аналіз;
- заощадження пального користувача;
- моніторинг компонентів автомобіля для зниження швидкості спрацьовування компонентів;
- FMS1 – у режимі реального часу статистика CANbus;
- FMS2 – ID інформація автомобіля:

- FMS3 – статистика тахографа;
- FMS4 – аналіз драйверів;
- FMS7 – контроль викидів CO_2.

CANbus діагностика Vidiwave використовує автоматичний збір, щоб повідомити інформацію в реальному масштабі часу клієнтам Vidimoniq Web-інтерфейсу через 3G. Це також дає можливість кінцевому користувачеві визначати рівень безпеки для кожного елемента CANbus і використовувати цю інформацію як систему раннього попередження для виявлення проблем надійності автомобіля. Зміни стану миттєво відображаються як нормальне попередження чи як критичний статус кожного елемента. Усі повідомлення відображаються в режимі реального часу з колірним кодом для миттєвої видимості в консолі користувача, яка автоматично повідомляє менеджера про проблему з використанням автоматизованої служби розподілу електронною поштою або SMS [30].

Контролер оснащений GSM/GPRS (чотирисмуговим), який має у складі модуль останнього покоління GPS Sirf Star III, що забезпечує визначення місцезнаходження транспортного засобу. Крім визначення місцезнаходження автомобіля, система може виступати як супутниковий пристрій з функцією допомоги проти викрадення. Завдяки додатковим пристроям, TMD SAFECAR також пропонує можливість ідентифікації водія автомобіля і, таким чином, дає можливість використовувати автомобіль тільки авторизованим користувачам.

Система моніторингу «ГЛОБУС» має такі функції:
- моніторинг переміщень;
- контроль витрати пального;
- безпека;
- контроль умов експлуатації.

Система ґрунтується на використанні технології GPS/GPRS і має у своєму складі необхідний набір технічних і програмних засобів та дозволяє підключати широкий спектр додаткового обладнання (рис. 8.13).

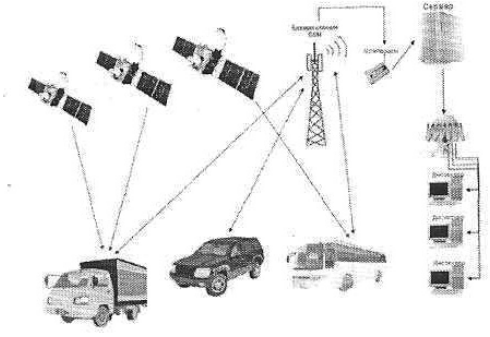


Рис. 8.13. Система моніторингу «ГЛОБУС»

Основними функціями системи моніторингу «ГЛОБУС», які дають можливість вирішувати широке коло завдань з використання транспорту є такі:

- приймання даних про параметри руху (географічні координати, швидкість тощо) від GPS-приймача та запис їх у внутрішню енергонезалежну пам’ять;
- опитування стану цифрових та аналогових входів, акселерометра і запис змін у внутрішню енергонезалежну пам’ять;
- автоматичне встановлення з’єднання із сервером по GSM/GPRS-каналу;
- автоматичне визначення роумінгу й перемикання SIM-карти;
- передача даних із внутрішньої енергонезалежної пам’яті на сервер за власним протоколом;

- позачергова передача даних на сервер і/або відправлення SMS-повідомлення про зміни стану цифрових входів, акселерометра;

- керування цифровим виходом;

- зв'язок із зовнішніми пристроями по інтерфейсу RS232/RS485;

- програмування параметрів роботи пристрою через рознімач XP 2 або через SMS-повідомлення;

- голосовий зв'язок по GSM-каналу;

- відновлення мікропрограмного забезпечення по GPRS-каналу;

- програмувальні параметри: частота відправлення даних на сервер у режимах «Стоянка/Рух»; керування цифровим виходом; точка доступу GPRS (APN); IP-адреса й порт сервера; номери телефонів для відправлення SMS-повідомлень до 5 штук; перемикання SIM-карти.

Компанія «VIDIS» пропонує систему GPS-моніторингу транспорту й контролю палива VIDIS. Система дає можливість контролювати водіям розташування своїх машин, їх швидкість і напрямок руху, проходження заданих контрольних зон, витрату пального за кілометражем, час, мотогодини, місце й обсяг заправки або зливів палива, дотримання маршрутів і графіків руху, температуру у вантажному відсіку й багато чого іншого. Система GPS-моніторингу VIDIS є незамінною для контролю вантажних і легкових автомобілів, автобусів, дорожньої, будівельної й сільськогосподарської техніки. Має програми контролю пробігу, зупинок, витрати пального тощо.

У системі GPS-моніторингу застосовуються сучасні й надійні бортові GPS-трекери українського виробництва. Вони мають такі функціональні особливості:

- вбудований акумулятор (5-24 години залежно від моделі GPS-трекера);

- внутрішню пам'ять (11000-64000 точок залежно від моделі);

- вбудований гіроскопічний датчик курсових і бічних прискорень, входи для цифрових і аналогових датчиків (залежно від завдання й моделі GPS-трекера);

- можливість дистанційного програмування та ін.

Датчики витрати пального мають високу точність і надійність. Використовуються винятково цифрові датчики рівня пального, які не мають рухомих частин. Під час монтажу датчика проводиться тарування паливного бака машини. Система GPS-моніторингу дозволяє контролювати одно- та двобакові машини.

Відображення інформації про транспортні засоби відбувається або за допомогою WEB-сервісу (WEB-інтерфейс), або за допомогою диспетчерського програмного забезпечення, установленого безпосередньо на комп'ютері. WEB-сервіс використовується у разі контролю невеликої кількості машин і, головним чином, оперативного моніторингу місцезнаходження. WEB-сервіс доступний з будь-якого комп'ютера, але працює тільки через Інтернет.

Диспетчерське програмне забезпечення застосовується, якщо крім даних про рух контролюється витрата пального. У цьому разі всі дані, отримані з автомобілів, зберігаються безпосередньо у комп'ютері й доступні в будь-який час, причому Інтернет для цього не потрібний.

Система «GPS/GPRS-Ескорт» використовує пристрій глобальної супутникової навігації GPS, що дозволяє, крім зняття показань рівня пального і пробігу автомобіля, контролювати його місцезнаходження. Крім того, використовується пристрій стільникового зв'язку GPRS, завдяки чому в диспетчерській у будь-який момент часу можна довідатися, де зараз перебуває автомобіль і в якому стані він знаходиться. Це також дає можливість відмовитися від ручного перенесення даних на персональний комп'ютер. Зовнішня пам'ять (флеш-карти SD/MMC) дозволяє зберігати дані навіть за відсутності зв'язку із сервером. Програмне забезпечення, що поставляється із системою, дає можливість в реальному часі контролювати маршрут і графік руху, його відповідність витраченому пальному, швидкісний режим та інші параметри транспортної роботи автомобіля.

Система моніторингу «Ескорт» має два режими роботи: онлайновий та оффлайновий (рис. 8.14, 8.15 [30]).

Незалежно від того, з якого режиму – онлайнового чи оффлайнового – отримані дані, програма диспетчерського пункту відображає й видає на друк такі результати: дату й час початку рейсу; дату й час закінчення рейсу; час у русі; пробіг; максимальну швидкість; інформацію про можливі порушення правил експлуатації; витрату пального; стоянки тощо.

Рис. 8.14. Оффлайновий режим пострейсового контролю

Рис. 8.15. Онлайновий режим дистанційного контролю

Основними функціями диспетчерської програми є такі:

- on-line спостереження, відображення на електронній карті місцезнаходження транспортних засобів у поточний момент часу; актуальність даних від 5 до 20 секунд за умови, що автомобіль перебуває в зоні покриття GSM-оператора;

- побудова маршрутів автомобілів за будь-який період часу. При цьому не обов'язково мати підключення до Інтернету, оскільки всі дані зберігаються в локальній базі даних;

- контроль витрати палива, завантаженості, положення механізмів (для спецтехніки) і т. п.;

- побудова текстових звітів про рух;

- контроль відвідування заздалегідь визначених об'єктів. У звіті відображається інформація про пробіг, середню та максимальну швидкість, час у доро-

зі й простої тощо. Усі звіти можуть бути миттєво переведені у формат EXCEL чи HTML або роздруковані.

Моніторингова система «Teletrack» - це програмно-апаратний комплекс, який складається з бортового обладнання, комп'ютерного обладнання та програмного забезпечення**.** Вона дає можливість інтегруватися у будь-яку систему підприємства, адаптуватися під будь-які вимоги замовника, оптимально вирішувати найнетривіальніші завдання.

Система працює наступним чином. На транспортний засіб установлюється бортове обладнання, яке за сигналами супутників системи GPS визначає місцезнаходження, швидкість і напрям руху об'єкта, а також контролює стан датчиків і записує все у незалежну пам'ять; зібрані дані кодуються і через канали передачі даних мережі GSM, Інтернет (варіант «on-line») надходять на диспетчерське місце (рис. 8.16).

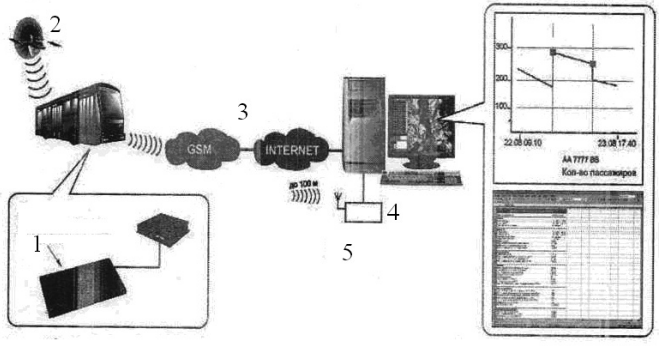


Рис. 8.16. Принцип роботи системи «Teletrack»:
1 – датчик обліку пасажиропотоку на транспортному засобі; 2 – GPS; 3 – варіант «on-line»; 4 – модем; 5 – варіант «off-line»

У режимі реального часу в диспетчерському програмному забезпеченні відображається маршрут руху, швидкість, прискорення і гальмування, зупинки, в'їзд і виїзд з контрольних зон, стан датчиків. Уся інформація відображається у зручному для сприйняття вигляді: у формі графіків, таблиць, треків. Дані зберігаються необмежений час і в будь-який момент можна сформувати звіт про пробіг, час роботи, простої, відвідування заданих районів, швидкісні режими, заправки та зливання, споживання пального, спрацьовування датчиків відкривання дверей.

Аналогічно працюють моніторингові системи «Пульсан», «Навігатор-С», «КGK моніторинг», «Sattrans monitoring», «MicroGIS» та ін.

Система Dynafleet забезпечує установку телематичних блоків навігаторів-приймачів абсолютно на весь рухомий склад, де є точка під'єднання (шлюз) типу FMS, що дозволяє отримати з CAN BUS/FMS інтерфейсу: круїз-контроль, положення дросельної заслінки; вмикання гальмівної системи; сповільнення (ретардер); оберти колінчастого вала двигуна; швидкість; пробіг; витрати пального; сервісні інтервали (пробіг до ТО) тощо.

Найбільш типові галузеві рішення: контроль температурного режиму для

рефрижераторних перевезень; за трейлерами і вантажами для перевезень без супроводу і транспортна безпека; технічне обслуговування великих автомобілів і керування термінами постачання вантажів у системі логістики.

8.3.5. Компоненти комплексних систем моніторингу та оптимізації роботи транспорту автопарку

Моніторинг транспорту розглянемо на прикладі системи **Omnicomm ГЛОНАСС/GPS** Це комплексний продукт, розроблений компанією Omnicomm (США, рис. 8.17, 8.18), який дає можливість будь-якому підприємству, в структурі якого є автомобільна та інша рухома техніка, на найвищому рівні вирішувати завдання організації роботи транспорту, комплексного обліку й оптимізації витрат, пов'язаних з цим процесом.

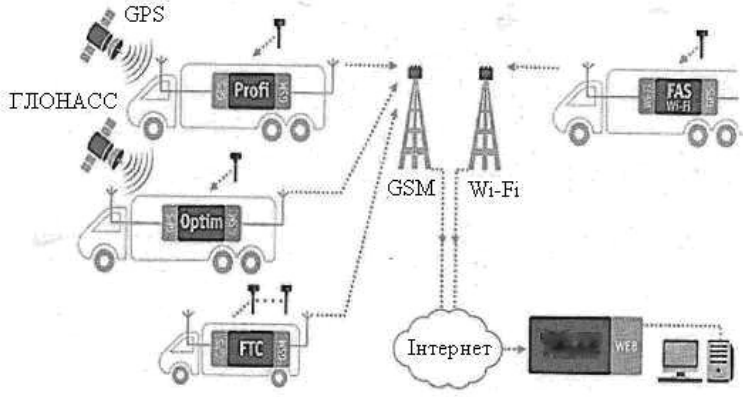


Рис. 8.17. Структура мережі Omnicomm

Рис. 8.18. Блок управління системи Omnicomm:
1 – рознімач підключення антени мобільного зв'язку; 2 – рознімач підключення супутникової навігації; 3 – слот для SIM-карти мобільного оператора; 4 – світлодіод; 5 – контакти для підключення датчиків «Борт 1»; 6 – контакти для підключення датчиків «Борт 2»; 7 – рознімач мікро-USB для зв'язку з комп'ютером

Принцип роботи системи. На початковому етапі впровадження системи моніторингу Omnicomm на кожний автомобіль установлюються спеціальні термінали (Omnicomm Profi, Omnicomm Optim або Omnicomm Light), які з допомогою вбудованих у них навігаційних приймачів через супутникові системи

ГЛОНАСС і GPS отримують географічні координати автомобіля і в режимі реального часу передають їх у диспетчерський автоматизований комп'ютерний центр (рис. 8.19).

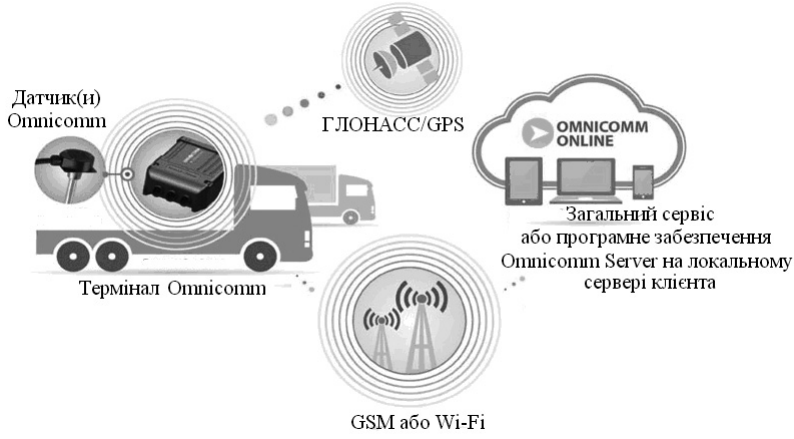


Рис. 8.19. Схема роботи системи Omnicomm

Компанія, яка володіє цим продуктом, отримує можливість тримати під оперативним контролем усі виробничі процеси транспортного підрозділу, максимально оперативно реагувати на ситуації, не передбачені графіком роботи, звести до мінімуму вплив людського фактора у роботі транспортного парку.

Результати, які вона отримає від впровадження таких систем моніторингу транспорту, кардинальним чином змінює колишнє уявлення про виробничі та транспортні процеси.

Крім координат, система передає показання зовнішніх датчиків і датчиків рівня пального Omnicomm LLS, якими обладнані автомобілі компанії або транспортного підприємства. Для зв'язку використовуються мережі GSM, але можлива і передача протоколів бездротовими мережами Wi-Fi (рис. 8.20) [42].

Основним пристроєм, що здійснює збір даних, є реєстратор FAS, який випускають у різних модифікаціях: FAS Standard, FAS ГЛОНАСС і FAS AERO. Він зберігає дані у власній енергонезалежній пам'яті й передає їх одним з каналів передачі в аналітичне програмне забезпечення. Підключається до CAN Bus згідно зі стандартом SAE J1939.

Компоненти моніторингової системи приведені на рис. 8.21.

Система FMS GPS/ГЛОНАСС – це програмно-апаратний комплекс з програмним забезпеченням Autocheck SE й обладнанням, що встановлюється на транспортний засіб (автомобіль) для збору різної інформації з автопарку транспортних засобів, у тому числі для відслідковування їх місцезнаходження, даних про витрату пального й надання цієї інформації у зручному для аналізу вигляді в диспетчерські пункти.

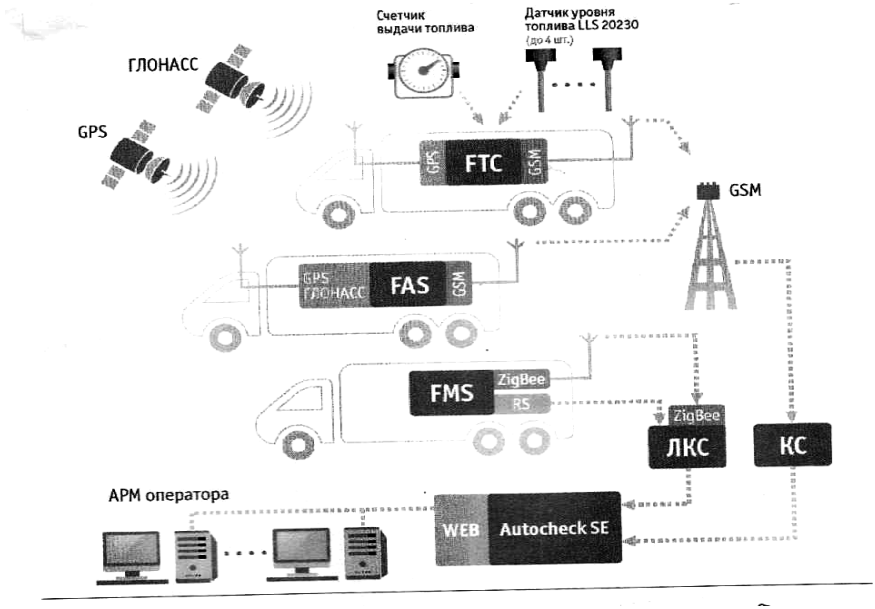
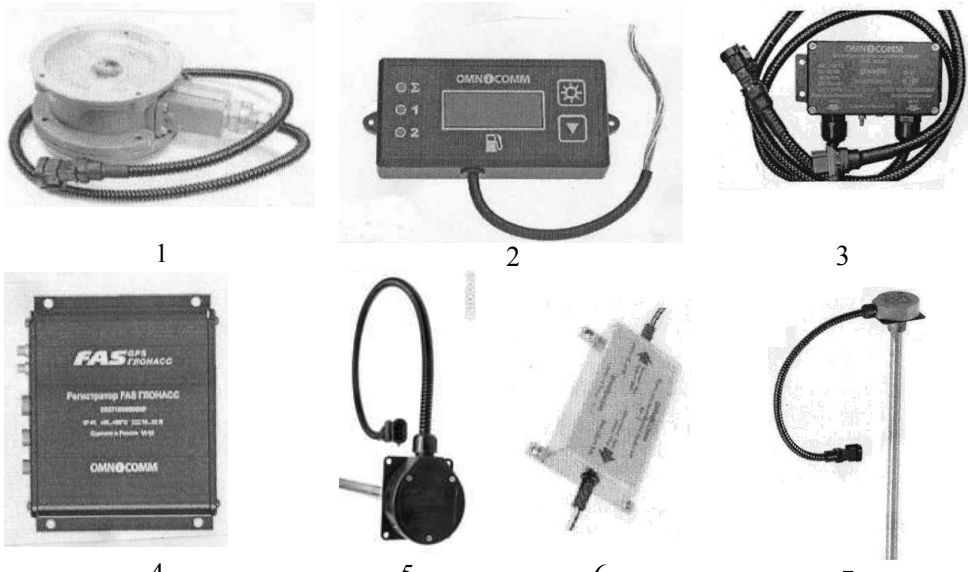


Рис. 8.20. Схема взаємодії систем FTC, FAS та FMS



1 2 3

4 5 6 7

Рис. 8.21. Компоненти моніторингової системи Omnicomm:
1 – пристрій знімання сигналів (УСС); 2 – індикатор об'єму пального (LLD); 3 – блок іскрозахисту (БИС 20240); 4 – реєстратор FAS Standard; 5 – датчик рівня пального LLS 700 мм; 6 – блок розв'язки; 7 – датчик рівня пального LLS 1000 мм

Схема пристроїв системи реєстратора FMS представлена на рис. 8.22.

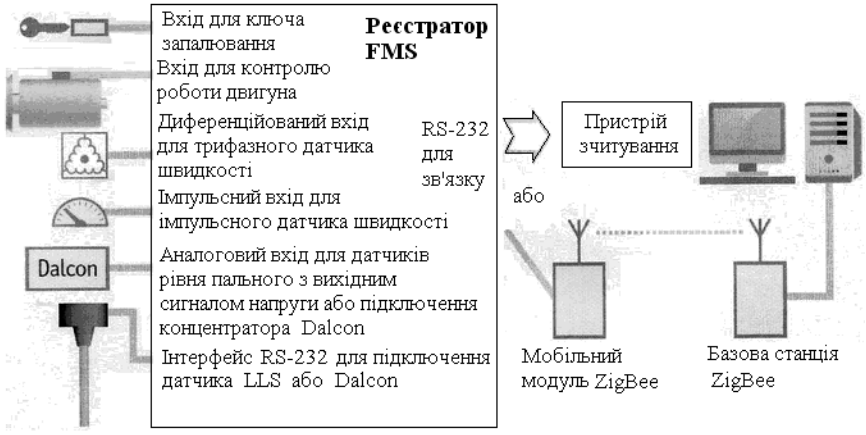


Рис. 8.22. Схема пристроїв реєстратора FMS

Основні функції системи FMS GPS/ГЛОНАСС. Система забезпечує збір і аналіз таких даних з автомобілів:

- швидкість (км/год),
- частота обертів колінчастого вала двигуна (об/хв.);
- вмикання/вимикання запалювання;
- рівень пального у паливному баку (л);
- напруга бортової мережі (В);
- географічні координати (широта, довгота);
- висота над рівнем моря (м);
- напрямок руху;
- сигнал про роботу додаткового обладнання або сигнал з аналогового датчика (температури, тиску і т. д.).

Передача даних у програмне забезпечення Autocheck SE. Як основний канал передачі даних з автомобіля використовується мережа GSM. По каналу GPRS дані передаються комунікаційному серверу. Комунікаційний сервер установлений на майданчику Omnicomm. Як додатковий канал передачі даних може бути використане дротове з'єднання у разі роботи автомобіля поза зоною покриття GSM. При передачі по дротовому каналу дані передаються локальному комунікаційному серверу, встановленому в локальній мережі користувача. Додатково локальний комунікаційний сервер має можливість зчитування даних з реєстраторів FMS, тим самим забезпечуючи спільну експлуатацію транспорту, обладнаного системами FMS і FAS (рис. 8.23) [42].

Комунікаційний сервер або локальний комунікаційний сервер передає дані через Інтернет або локальну мережу в програмне забезпечення Autocheck SE, встановлене на комп'ютері в локальній мережі користувача. Робоче місце диспетчера через локальну мережу або Інтернет підключається до Autocheck SE і забезпечує доступ до звітів. Робочим місцем диспетчера може бути будь-який комп'ютер з установленим на ньому браузером.

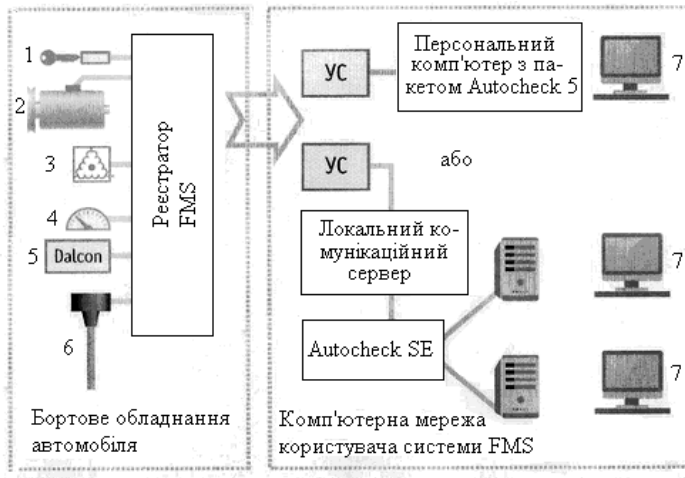


Рис. 8.23. Структурна схема системи FMS та взаємодія її елементів:

1 – ключ запалювання; 2 – сигнал роботи двигуна; 3 – трифазний датчик швидкості; 4 – імпульсний датчик швидкості; 5 – аналоговий сигнал; 6 – датчик рівня пального LLS; 7 – робоче місце диспетчера; УС – пристрій зв'язку

Потім уся передана інформація збирається на спеціальних серверах Omnicomm Online, призначених для зберігання й обробки отриманих даних. Диспетчер підприємства, яке має таку систему моніторингу транспорту, здійснює свою роботу безпосередньо з комп'ютера, що має підключення до мережі Інтернет з допомогою будь-якого веб-браузера. Для цього достатньо лише увійти в систему під певним логіном і паролем.

Система FAS підтримує одночасну роботу до 10 робочих місць з одним Autocheck SE.

Структурна схема системи FAS та взаємодія її елементів приведена на рис. 8.24. Особливістю системи FAS є модульний принцип побудови, комбінований спосіб зв'язку бортового реєстратора зі стаціонарною частиною системи.

Система моніторингу Omnicomm ГЛОНАСС/GPS дає можливість вирішувати такі завдання:

- урахування параметрів роботи автомобілів, виявлення фактів некоректного керування транспортом таких, як робота двигуна на підвищених навантаженнях, перевищення швидкості тощо;
- аналіз витрати пального автомобілями, виявлення фактів підвищеної або пониженої витрати, фіксування відхилень від норм витрати;
- виявлення фактів крадіжки пального або махінацій з ним;
- контроль пробігу, місцезнаходження та маршрутів руху автомобілів, що дає можливість виявляти несанкціоновані рейси та махінації з пробігом;
- контроль роботи додаткового обладнання та контроль аналогових величин (температури, тиску, навантаження тощо);
- аналіз часу роботи транспортних засобів автопарку, виявлення простоїв і нераціонального їх використання;

- аналіз за групами транспортних засобів, порівняння параметрів роботи окремих транспортних засобів у групі.

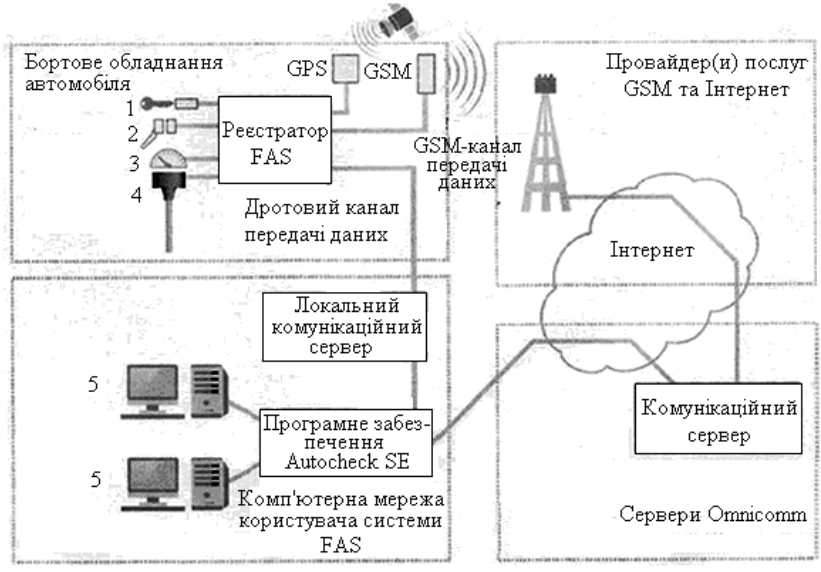


Рис. 8.24. Побудова системи FAS та взаємодія її елементів:
1 – ключ запалювання; 2 – ідентифікація водія IButton; 3 – спідометр, тахометр; 4 – датчик рівня пального LLS

ВИСНОВКИ

Автомобільний транспорт з наземних видів транспорту залишається найбільш ресурсоємним і небезпечним для населення та навколишнього середовища. Ефективність його функціонування залежить від його технічного стану, умов експлуатації та багатьох інших чинників ТЕА.

Встановлено, що телематичні та інтелектуальні транспортні системи є потужним засобом для вирішення найактуальніших проблем підвищення ефективності використання автомобільного транспорту.

Основним комплексним завданням щодо підвищення продуктивності, собівартості перевезень, ефективності ТЕА, зниження технічної та екологічної небезпеки автомобілів є впровадження інформаційно-керуючих технологій, взаємодії транспортних підприємств і транспортних систем.

Розроблені за останні роки телематичні та інтелектуальні системи моніторингу дають можливість визначати місцезнаходження автомобіля, контролювати пройдений шлях та параметри руху автомобіля, контролювати транспортний процес і транспортні послуги, витрати пального і технічний стан автомобіля, надавати водію і диспетчерським службам дані про технічний стан доріг і кліматичні умови. У цих комплексних інтелектуальних системах широко використовуютьсянавігаційні супутникові, радіочастотні, телекомунікаційні та внутрішні й зовнішні бортові, мехатронні, телематичні системи автомобіля.

Подальший розвиток інтелектуальних систем керування технічною експлуатацією автомобілів вимагає удосконалення методів комплексного врахування дорожніх і транспортних умов, інфраструктури доріг та їх синергетичного поєднання для ефективного врахування умов експлуатації конкретного автомобіля у системі ТЕА. Вирішення цих завдань вимагає розробки моделей автомобільних доріг та об’єктів інфраструктури, комплексного алгоритмічного і програмного забезпечення врахування умов експлуатації автомобіля в системах ТО та Р.

Література

1. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; За заг. ред. А. М. Редзюка. – К.: ДП «Державтотранс НДІпроект», 2005. – 400 с.

2. Российская автотранспортная энциклопедия. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств. Т. 3, 2001. – 455 с.

3. Говорущенко Н. Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – Х.: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. – 312 с.

4. Кузнецов Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е. С. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.

5. Говорущенко Н. Я. Техническая кибернетика транспорта: учебное пособие / Н. Я. Говорущенко, В. Н. Варфоломеев. – Х.: ХГАДТУ, 2001. – 271 с.

6. Говорущенко Н. Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). Ч. 1 / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко. – Х.: РИО ХГАДТУ, 1998. – 255 с.

7. Лудченко А. А. Основы технического обслуживания автомобилей / А. А. Лудченко. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1987. – 399 с.

8. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий): учебное пособие / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров. – Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.

9. Інформаційні технології в технічній експлуатації автомобілів / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов та ін. За ред. Волкова В. П. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 388 с.

10. Мигаль В.Д. Средства информационных систем автомобиля: справочное пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 414 с.

11. Мигаль В.Д. Мехатронні та телематичні системи автомобіля: навчальний посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид-во Майдан, 2017. – 313 с.

12. Интеллектуальные транспортные системы: учебное пособие / сост. Н. С. Сембаев, Н. Д. Ставрова. – Павлодар: Кереку, 2016. – 99 с.

13. Кір'янов О. Ф. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник / О. Ф. Кір'янов, М. М. Мороз, Ю. О. Бойко. – Х.: «Друкарня Мадрид», 2015. – 272 с.

14. Техническое обеспечение телематических систем. Системы определения местоположения и идентификации транспортных средств: методическое пособие / Н. Ю. Лахтина, К. Г. Манушакян. – М.: МАДИ, 2017. – 68 с.

15. Кубата В. Г. Спеціалізовані електронні системи АТЗ: навчальний посібник / В. Г. Кубата, С. В. Лубенець, В. Я. Фролов. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 272 с.

16. Власов В. М. Информационные технологии на автомобильном транспорте: учебник для вузов / В. М. Власов, Д. Б. Ефименко, В. Н. Богумил. – М.: Академия, 2014. – 256 с.

17. Жанказиев С. В. Интеллектуальные транспортные системы: учебное пособие / С. В. Жанказиев. – М.: МАДИ, 2016. – 120 с.

18. Малкин В. С. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей / В. С. Малкин, Ю. С. Бугаков. – Ростов на/Д: Феникс, 2007. – 431 с.

19. Малкин В. С. Техническая эксплуатация автомобилей: Теоретические и практические аспекты: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Академия, 2007. – 288 с.

20. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей. Теоретические основы: учебное пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 516 с.

21. Туренко А. Н. Проектирование диагностического обеспечения транспортных машин: учебное пособие / А. Н. Туренко, В. Д. Мигаль. Л. А. Рыжих. – Х.: Майдан, 2016. – 392 с

22. Мигаль В. Д. Техническая безопасность автомобиля: справочное пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2011. – 202 с.

23. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справочное пособие в 6 томах. Том 6. Диагностическое обеспечение технической и єкологической безопасности / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 538 с.

24. Хасанов Р. Х. Основы технической эксплуатации автомобилей: учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 193 с.

25. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. М. Власов, С. В. Жанказиев, С. М. Круглов и др. Под ред. В. М. Власова. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 480 с.

26. Мигаль В. Д. Основы технической диагностики автомобилей: учебное пособие. 2- изд., переработанное и дополненное / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2016. – 371 с.

27. Говорущенко Н. Я. Обеспечение безопасности движения на автомобильном транспорте / Н. Я. Говорущенко, В. П. Волков, И. К. Шаша. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 361 с.

28. Алексієв В. О. Інтерактивний моніторинг доріг: монографія / В. О. Алексієв, О. П. Алексієв, А. А. Видмиш, В. О. Хабаров. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 144 с.

29. Алексієв В. О. Мехатроніка, телематика, синергетика у транспортних додатках: навч.-метод. посібник / В. О. Алексієв, О. П. Алексієв, О. Я. Ніконов. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 212 с.

30. Павленко В. М. Вдосконалення процесу моніторингу транспортних засобів із використанням телематичних систем / В. М. Павленко // Вестник ХНАДУ. Сб. науч. трудов, 2016. Вып. 75. С. 139-144.

31. Иванов А. М. Перспективы развития интеллектуальных бортовых систем автотранспортных средств в Российской федерации / А. М. Иванов, А. Н. Солнцев // Журнал автомобильных инженеров, 2010. - № 6 (65). – С. 14-20.

32. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля: навч. посібник / О. Ф. Дащенко, В. Г. Максимов, О. Д. Ніцкевич та ін. За ред. М. Б. Копитчука. – Одеса: Наука і техніка, 2012. – 392 с.

33. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учебное пособие в 3-х томах. Т. 3. Практические основы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 444 с.

34. Бороденко Ю. М. Діагностика мехатронних систем автомобіля: підручник / Ю. М. Бороденко, О. А. Дзюбенко, О. М. Биков. – Х.: ХНАДУ, 2016. – 320 с.

35. Мигаль В. Д. Системы контроля и диагностики автомобиля: учебное пособие / В. Д. Мигаль – Х: Изд-во «Майдан», 2017. – 606 с.

36. Основы технической диагностики автомобилей: учебное пособие / Н. В. Нечипорук, Ю. А. Воробьев, А. М. Григорович и др.; Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Х.: ХАИ, 2015. – 167 с.

37. Мигаль В. Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления: учебное пособие / В.Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2016. – 320 с.

38. Форнальчик Є. Ю. Основи технічного сервісу транспортних засобів: навчальний посібник / Є. Ю.Форнальчик, Р. Я. Качмар. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 324 с.

39. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В. П. Матейчик, В. П. Волков, П. Б. Комов та ін. // Науковий журнал: Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ, 2014. – Вип. 13. – С. 126-138.

40. Онищук В. П. Інтелектуальні транспортні системи / В. П. Онищук, Р. М. Кузнецов, І. С. Козачук // Науковий журнал: Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. - № 2 (6). – С. 110-114.

41. Инновационное развитие технической експлуатации автомобилей в условиях интеллектуальных транспортных систем / В. П. Волков, Смешек М., Комов П. Б. и др. // Науковий журнал: Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ, 2013. Випуск 12. – С. 15-23.

42. Пойда А. Н. Мониторинг эффективности эксплуатации автомобилей. Лабораторная работа № 4. Система контроля расхода топлива / Н. А. Пойда. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 14 с.

43. Особливості структури систем моніторингу транспортних засобів на основі бортового комплексу ITS / В. П. Матейчик, В. П. Волков, І. В. Грицук та ін. // Науково-технічний журнал: Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті. – К.: НТУ, 2014. Випуск 2. – С. 180-188.

44. Грицук І. В. Особливості моніторингу, діагностування і прогнозування параметрів технічного стану транспортних засобів в процесі експлуатаціх в умовах ITS / І. В. Грицук // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування: Міжнародна технічна конференція 24-25 вересня 2015 року. Зб. матеріалів. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2015. – С. 54-55.

45. Мигаль В. Д. Технічна кібернетика транспорту / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид. дім «ІНЖЕК», 2007. – 328 с.

46. Мигаль В. Д. Мехатронні та телематичні системи автомобіля / В. Д. Мигаль, В. О. Сильченко // Автомобіль і електроніка.Сучасні технології [Електронний ресурс]. – 2017, № 11. – С. 29-32.

Наукове видання

Мигаль Василь Дмитрович

Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів

Монографія

В авторській редакції

Технічний редактор Жадан О. І.

Комп'ютерна верстка Жадан О. І.

Дизайн обложки Жадан О. І.

Підписано до друку 20.04.18. Формат 70x100/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 16,38. Наклад 300 прим. Зам. № 18-29.

Видання і друк ТОВ «Майдан»
61002, Харків, вул. Чернишевська, 59.
Тел.: (057) 700-37-30
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.