

Міністерство освіти і науки України
ВСП «Ковельський промислово-економічний фаховий коледж
Луцького національного технічного університету»



ДІАГНОСТИКА АВТОМОБІЛІВ
Конспект лекцій

для здобувачів освітньо-професійного ступеня
фаховий молодший бакалавр
галузі знань 27 Транспорт
спеціальностей 274 Автомобільний транспорт
денної та заочної форми здобуття освіти

Ковель, 2025 р.

Затверджено до видання методичною радою ВСП «КПЕФК ЛНТУ»
протокол № _____ від « ____ » _____ 2025 року

Голова методичної ради ВСП «КПЕФК ЛНТУ» _____ Ігор ІЛЮШИК

Обговорено і схвалено на засіданні циклової комісії викладачів
автомобільного транспорту та транспортних технологій

протокол № ____ від « ____ » _____ 2025 року.

Голова циклової комісії _____ Андрій СТРІЛЬЧУК

Електронна копія друкованого видання передана до книжкового
фонду бібліотеки ВСП «КПЕФК ЛНТУ»

Завідувачка бібліотеки _____ Неля ТЕЛЮЧИК

Укладач: _____ Іван ШЕРЕМЕТА, викладач ВСП «КПЕФК ЛНТУ»

Рецензент: _____ Степан БАБАРИКА, к.т.н., викладач ВСП «КПЕФК
ЛНТУ»

Відповідальний за випуск: _____ Леся ПРОКОПЧУК,
методист ВСП «КПЕФК ЛНТУ»

Діагностика автомобілів [Текст]: Конспект лекцій для здобувачів
освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр галузі
знань 27 Транспорт спеціальності 274 Автомобільний транспорт,
денної та заочної форми навчання/уклад. Іван ШЕРЕМЕТА. –
Ковель: ВСП «КПЕФК ЛНТУ», 2025. 34 с.

Видання містить методичні вказівки до конспекту лекцій з дисципліни
«Діагностика автомобілів». Вони направлені на формування у здобувачів
теоретичних навичок та поглиблення знань, розвиток професійної
компетенції.

Призначене для здобувачів освітньо-професійного ступеня фаховий
молодший бакалавр спеціальності 274 Автомобільний транспорт денної та
заочної форми здобуття освіти.

ВСТУП

Зміст освітнього компоненту «Діагностика автомобілів» складається з загальних відомостей про основи діагностичних систем, обладнання для діагностики, основних відомостей про датчики автомобілів, протоколи для автомобільних мультиплексних систем.

Основним завданням загальних відомостей про основи діагностичних систем є формування у здобувачів освіти базових знань в сфері діагностики. При вивченні діагностики автомобілів необхідно урахувати зміни та доповнення до них, прийняті під час вивчання.

Завданням обладнання для діагностики є вивчення здобувачами освіти основ різних діагностичних систем, та нормативних загальних даних про них. Також, поняття діагностичного обслуговування їх видів.

Вивчення розділу основних відомостей про датчики автомобілів повинно допомогти здобувачам освіти розібратися у питаннях основного обладнання, що використовуються в автомобілях.

Протоколи для автомобільних мультиплексних систем передбачає вивчення послідовності роботи основних систем, основи причин виникнення несправностей та загальні норми по способу усунення конкретних несправностей автомобіля.

1. Вступ. Основні поняття технічної діагностики.

Відповідно до Держстандарту 20911-89 технічна діагностика (technical diagnostics) визначається як галузь знань, що охоплює теорію, методи і засоби визначення стану технічних об'єктів. Технічним станом називають множину властивостей технічного об'єкта, які зазнають змін в часі, а перелік і зміст їх регламентується технічною документацією.

Аналіз технічного стану виконують в умовах експлуатації, у яких отримати інформацію непросто. У таких випадках застосовують часткове підрозбирання. Технічний об'єкт, стан якого визначають без його розбирання, або з частковим підрозбиранням, називають **об'єктом діагностування**. Складові частини об'єкта діагностування, з точністю до яких бажано проводити пошук дефектів (defect), називають **змінними блоками**, припускаючи при цьому, що в кожному конкретному випадку змінний блок може складатися як з одного, так і з декількох вузлів.

Технічна діагностика тісно пов'язана з теорією інформації та кодуванням. Основними термінами в цій теорії є дані, повідомлення, інформація (information). Під даними розуміють усі відомості, здобуті від навколишнього світу та подані у нормалізованому вигляді (літерами, цифрами, символами тощо), наприклад, покази цифрових індикаторів температури, частоти обертання, тиску. Дані, які підлягають передачі, називаються **повідомленнями**.

Діагностування дає змогу:

- оцінити технічний стан (справність та роботоздатність) автомобіля (car) в цілому й окремих його агрегатів (aggregate) і вузлів без розбирання;
- виявити дефекти, які порушили справність (good condition) і (або) роботоздатність (caracity) автомобіля;
- прогнозувати залишковий ресурс або ймовірність безвідмовної роботи автомобіля у міжконтрольний період.

Загальною метою технічної діагностики на автомобільному транспорті є підвищення надійності автотранспортних засобів.

Основне завдання діагностування – розпізнати технічний стан в умовах невизначеності з мінімальними матеріальними і енергетичними втратами.

За часом проведення діагностування поділяють на:

- періодичне (здійснюється після певного пробігу автомобіля);
- неперервне.

Залежно від завдань, які вирішуються, розрізняють два види діагностування:

- перше – загальна діагностика (Д-1);
- друге – поглиблена діагностика (Д-2).

Під час Д-1, що, як правило, виконується перед ТО-1 і в процесі його визначають технічний стан агрегатів та вузлів, які забезпечують безпеку руху й придатність автомобіля до експлуатації.

Під час Д-2, що здебільшого здійснюється перед ТО-2, оцінюють технічний стан агрегатів, вузлів і систем автомобіля, уточнюють обсяги робіт з ТО-2 та визначають необхідність ремонту.

Результати кожного діагностування автомобіля заносять до діагностичної і нагромаджувальної карт.

За результатами діагностування приймають рішення про можливість подальшої експлуатації автомобіля з призначеним ресурсом після проведення технічного обслуговування або про потребу ремонту.

Обсяг робіт, що підлягають виконанню при технічному обслуговуванні і ремонті, визначають на основі діагностування.

Діагностична карта (diagnostic card) призначена для реєстрації результатів діагностування в усіх випадках діагностування і прийняття рішення про необхідні роботи при технічному обслуговуванні і ремонті автомобіля.

Нагромаджувальна карта (story card) призначена для нагромадження інформації про зміни діагностичних параметрів у процесі експлуатації автомобіля, збирання вихідних даних для прогнозування залишкового ресурсу і ймовірності безвідказної роботи в межах міжконтрольного періоду.

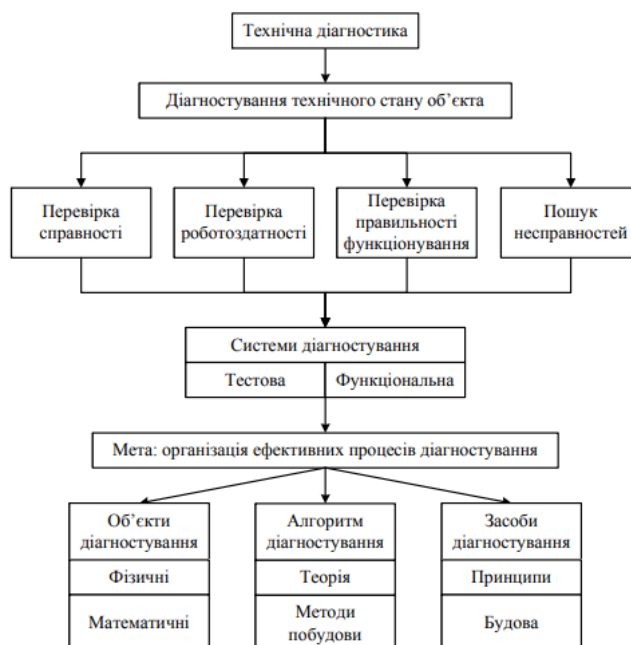
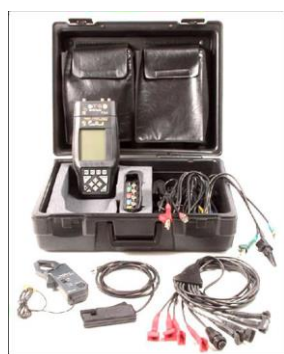


Рисунок 1.1 – Основні задачі технічної діагностики

Пост діагностування призначений для визначення технічного стану автомобіля, або окремих його систем чи вузлів. На відміну від поста прийому, призначеного для експрес-діагностування автомобіля в цілому, на цьому посту проводиться більш глибоке діагностування окремих вузлів, яке може займати від кількох годин до кількох діб.

Мотор-тестер - вимірювальний аналоговий пристрій, що служить для всебічного діагностування двигуна, зокрема системи запалення, з можливістю визначення механічних несправностей. За допомогою мотор-тестера проводиться безпосереднє вимірювання електричних величин із зовнішніх датчиків. Є можливість одночасного вимірювання кількох сигналів (в тому числі швидкозмінних) і представлення їх у графічному вигляді на екрані осцилографа.



а)



б)

Зображення 1 – Мотор-тестер:

а) з власним екраном; б) з підключенням до ПК.

Сканер – цифровий діагностичний прилад, котрий сам нічого не вимірює. Вимірювальну функцію, включаючи обробку результатів, виконує блок керування двигуном, а саме - система самодіагностування. Діючи за закладеною розробником програмою, система самодіагностування здійснює моніторинг систем автомобіля (двигуна, трансмісії, систем безпеки та ін.), контролює їх ключові параметри, порівнює з еталонними, аналізує відхилення і зберігає виявлені помилки.



а)



б)



в)

Зображення 2– Сканер автомобільний:

а) з власним екраном; б) з дротовим підключенням до ПК;

в) з Bluetooth передачею даних.

Питання для самоперевірки:

- 1.Що називають об'єктом діагностування?
- 2.Яке основне завдання діагностування автомобіля?
- 3.Для чого призначена діагностична та нагромаджувальна картки?
- 4.Що таке – «мотор-тестер»?
- 5.Дайте визначення слову «сканер».

2. Датчики новітніх автомобільних електронних систем.

Сучасні електронні системи автоматичного управління (ЕСАУ) різними технічними об'єктами, зокрема і автомобільними бортовими пристроями, мають подібну структуру.

Різні датчики ЕСАУ перетворюють інформацію про значення контрольованих неелектричних параметрів в електричний сигнал — напруга, струм, частоту, фазу тощо. буд. Ці сигнали перетворюються на цифровий код і поступають в мікроконтролер. Мікроконтролер на підставі значень цих сигналів і згідно з закладеним у нього програмним забезпеченням приймає рішення, управляє через виконавчі механізми (реле, соленоїди, електродвигуни) об'єктом.

Можливість вдосконалення автомобільних електронних систем великою мірою залежить від наявності надійних, точних і недорогих датчиків.

У силовому агрегаті (в ДВЗ) датчики використовуються для виміру температури і тиску більшості мінливих середовищ (температура всмоктуваного повітря, абсолютний тиск у впускному колекторі, тиск оливи, температура охолоджувальної рідини, тиск палива в системі впорскування).

Майже до всіх рухомих частин автомобіля підключені датчики швидкості або положення (швидкість автомобіля, становище дросельної заслінки, становище колінчатого валу, становище розподільного валу, положення і швидкість обертання валу в коробці перемикачів передач, становище клапана рециркуляції вихлопних газів).

Інші датчики визначають рівень детонації, навантаження двигуна, пропуски займання, зміст кисню в вихлопних газах.

В системі управління кліматом (в клімат-контролі) використовуються різні датчики в кондиціонері для визначення тиску і температури холодагента, температури повітря в салоні і поза бортом.

Є датчики, які визначають становище сидінь.

Після появи антиблокувальної системи гальмування і активної підвіски знадобилися датчики визначення швидкості обертання коліс, висоти кузова стосовно шасі, тиску в шинах.

Датчики удару й акселерометри потрібні для правильного функціонування фронтальних і бічних повітряних мішків безпеки. Для переднього пасажирського сидіння з допомогою датчиків визначають наявність пасажиря, його вагу. Ця інформація використовується для оптимального надуву мішка безпеки на передньому сидінні. Інші датчики

йдуть для бічних і стельових повітряних мішків безпеки, і навіть спеціальних повітряних мішків для захисту шиї і голови.

На сучасних автомобілях антиблокуючі системи гальмування замінюються складнішими і ефективними системами управління стабільності руху автомобіля. Виникає необхідність у нових датчиках. Розробляються і вже є датчики швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі, датчики для попередження зіткнення (наприклад радарні), датчики для визначення близькості інших автомобілів, датчики становища рульового колеса, бічного прискорення, швидкості обертання кожного колеса, крутного моменту на валу двигуна тощо. Управління гальмівною системою автомобіля стає частиною більш загальної й ефективної системи електронного управління курсовою сталістю і стабільністю руху.

По принципу дії датчики поділяють на електроконтактні, потенціометричні, оптичні, оптоелектронні, електромагнітні, індуктивні, магніторезистивні, магнітострикційні, фото- і п'єзоелектричні, а також датчики на ефектах Холла, Доплера, Кармана, Зеебека, Вігонда.

Залежно від енергетичного перетворення (рисунок 2.1, б) датчики (Д) бувають активними (позиція 2 на рисунку 2.1, б), у яких вихідний електричний сигнал (ЕС) виникає як наслідок вхідного неелектричного впливу (НВ) без докладання сторонньої електричної енергії з допомогою внутрішнього фізичного ефекту (наприклад фото ефекту), і пасивними (позиція 3 на рисунку 2.1, б), у яких електричний сигнал (ЕС) є наслідком модуляції зовнішньої електричної енергії (ЗЕЕ) управляючим неелектричним впливом (НВ). Наприклад, потенціометричний датчик, показаний на рисунку 2.1 б, (позиція 5), є пасивним перетворювачем кута повороту осі потенціометра (чутливого елемента ЧЕ) в електричний сигнал. Електричний сигнал (ЕС) з'явиться на виході потенціометра тільки тоді, коли у резистивну доріжку (Д) надійде зовнішня напруга (ЗН). Слід зазначити, що всередині датчика, у вигляді чутливого елемента (ЧЕ), завжди має місце внутрішнє перетворення зовнішнього неелектричного впливу (НВ) у проміжний неелектричний сигнал (НС), що показано на рисунку 2.1, б (позиція 1). Що стосується датчика кута повороту, кутове становище осі потенціометра є неелектричним сигналом (НС) на виході чутливого елемента (ЧЕ) Цьому Неелектричному сигналу (НС) відповідає електричний сигнал (ЕС) датчика, якщо подане на резистивну доріжку (Д) зовнішнє напруження (ЗН) постійно (рисунок 2.1 б, позиція 4). Лінійна характеристика перетворення (рисунок 2.1 б, позиція 6) може бути легко змінена на квадратичну, ступінчасту та будь-яку нелінійну із заданою крутизною, яка досягається добором конструктивних розмірів (довжини, ширини, товщини) резистивної доріжки.

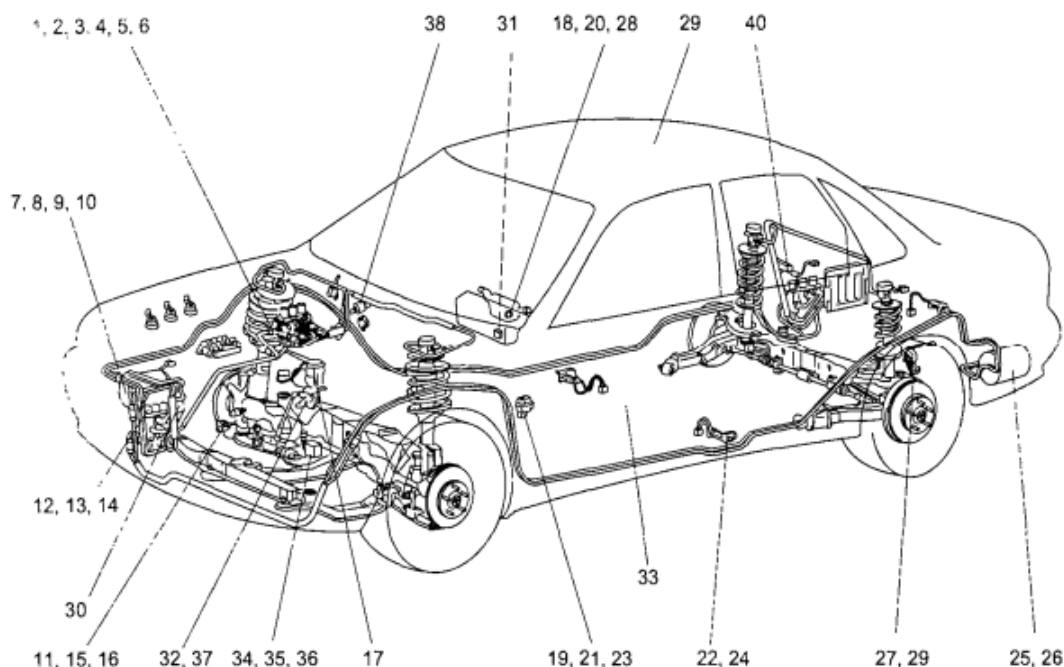


Рисунок 2.1 - Розташування датчиків на автомобілі

- 1 — датчик конфігурації впускного колектора з керованою геометрією,
- 2 — датчик тахометра,
- 3 — датчик становища розподільного валу,
- 4 — датчик навантаження двигуна,
- 5 — датчик становища колінчастого валу,
- 6 — датчик крутного моменту двигуна,
- 7 — датчик кількості оливи,
- 8 — датчик температури охолоджувальної рідини,
- 9 — датчик швидкості автомобіля,
- 10 — датчик тиску оливи,
- 11 — датчик рівня охолоджувальної рідини,
- 12 — радарний датчик системи гальмування,
- 13 — датчик атмосферного тиску,
- 14 — радарний датчик системи запобігання зіткнень,
- 15 — датчик швидкості обертання ведучого валу коробки передач,
- 16 — датчик обраної передачі у коробці передач,
- 17 — датчик тиску палива на рампі форсунок,
- 18 — датчик швидкості обертання керма,
- 19 — датчик положення педалі,
- 20 — датчик швидкості обертання автомобіля щодо вертикальної осі,
- 21 — датчик протикрадіжної системи,
- 22 — датчик положення сидіння,
- 23 — датчик прискорення при фронтальному зіткненні,
- 24 — датчик прискорення при бічному зіткненні,
- 25 — датчик тиску палива в баку,

- 26 — датчик рівня палива в баку,
- 27 — датчик висоти кузова стосовно шасі,
- 28 — датчик кута повороту керма,
- 29 — датчик дощу чи туману,
- 30 — датчик температури забортного повітря,
- 31 — датчик ваги пасажирів,
- 32 — датчик кисню,
- 33 — датчик наявності пасажирів в сидінні,
- 34 — датчик становища дросельної заслінки,
- 35 — датчик пропусків займання,
- 36 — датчик становища клапана рециркуляції вихлопних газів,
- 37 — датчик абсолютного тиску в впускному колекторі,
- 38 — датчик азимута,
- 39 — датчик швидкості обертання коліс,
- 40 — датчик тиску в шинах.

По призначенню датчики класифікуються по типу керуючого неелектричного впливу: датчики крайових положень, датчики кутових і лінійних переміщень, датчики частоти обертання і числа оборотів, датчики тиску, датчики температури, датчики вологості, датчики концентрації кисню, датчик радіації тощо.

2.1. Нові конструкції датчиків. Контактні датчики. Безконтактні датчики.

Мембранні потенціометричні датчики

Чутливим елементом є гнучка діафрагма чи мембрана. При зміні тиску, її переміщення перетворюється в становище движка потенціометра. Для потенціометричних датчиків характерні: підвищений рівень шуму, знос, статичне тертя утрудняє регулювання в діапазоні менш 0,5% від номіналу.

Датчики тиску на основі лінійних диференціальних трансформаторів (ЛДТ)

У цих датчиках зміщення діафрагми перетворюється на переміщення сердечника ЛДТ. Такі датчики раніше на автомобілях не застосовувалися.

Лінійний диференціальний трансформатор — це електромеханічний пристрій, який виробляє вихідний електричний сигнал, пропорційний переміщенню феромагнітного сердечника. ЛДТ складається з первинної і двох вторинних обмоток, симетрично розташованих на циліндричному каркасі. Вільно рухомий всередині обмоток феромагнітний сердечник у вигляді стержня забезпечує зв'язок цих обмоток через магнітний потік.

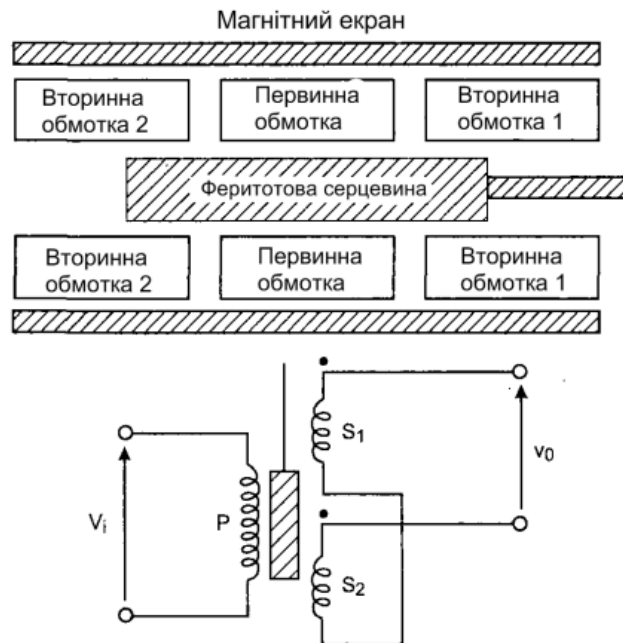


Рисунок 2.2 - Лінійний диференціальний трансформатор та його принципова схема

Корисну інформацію про переміщення несуть амплітуда і фаза вихідного сигналу. Доводиться використовувати фазочутливі демодулятори, вони є у інтегральному виконанні.

На автомобілях ЛДТ можна застосовувати в датчиках абсолютного тиску впускного колектора, де вони перетворюють переміщення мембрани в електричний сигнал.

Ємнісні датчики тиску

У цих датчиках одна з обкладок конденсатора є діафрагмою, яка прогинається при зміні тиску.

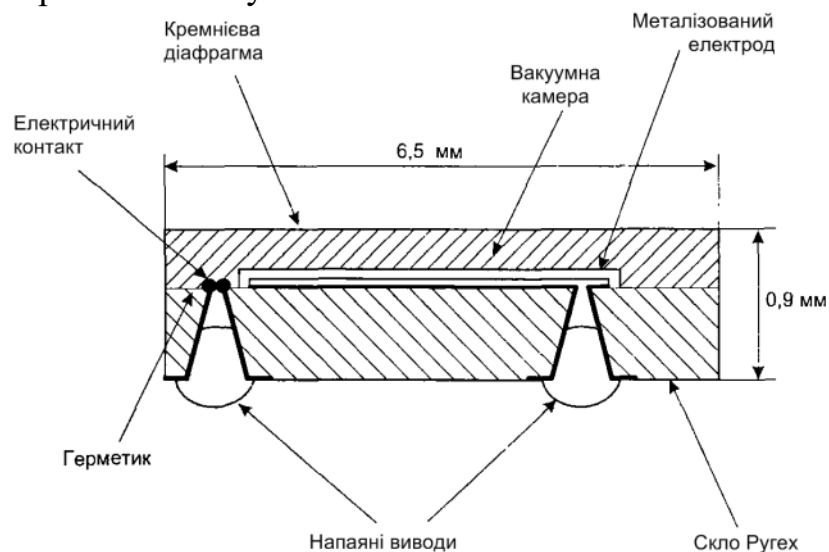


Рисунок 2.3 - Ємнісний датчик з кремнієвим чутливим елементом для виміру розрідження (Ford).

Кремнієва діафрагма закріплена на корпусі зі скла Ругех, поверхня скла металізована до створення обкладки конденсатора методом фотолітографії. Після закріплення кремнієвої діафрагми, на скляній основі спеціальним герметиком в порожнині створюється вакуум, отвори запаюються припоєм, який утворює виводи конденсатора для монтажу на плату або керамічну підкладку. Ємність конденсатора змінюється лінійно приблизно від 32 до 39 пікоФ за зміни тиску від 17 до 105 кПа. Розміри датчика 6,7 x 6,7 мм, коефіцієнт ТКЕ — $(30...80) \cdot 10^{-6}$ (степені) на °С, нелінійність менш 1,4%, час встановлення менш 1 мс. Вихідний сигнал датчика для підключення до ЕБУ зазвичай перетворюють в частоту. Аналогічно влаштовані і керамічні датчики.

Скловолокнистий датчик тиску

Для вимірів великих тисків або за високих температур застосовуються спеціальні методи. Скловолокнистий датчик можливо буде використовуватися для безпосереднього вимірювання тиску в камері згорання на серійних автомобілях. Це потрібно для управління двигуном і контролю процесу запалення робочої суміші. Скловолокнистий, іноді говорять волокняно-оптичний, датчик (рисунок 2.10) витримує температури до 550 °С (більше, ніж п'єзоелектричний), робочий діапазон тисків 0...1000 psi (7000 кПа) з перевантаженнями до 3000 psi. Світлове випромінювання від джерела проходить через оптичні волокна й потрапляє на діафрагму розбіжним пучком. Відбите від діафрагми випромінювання проходить по іншому каналі кабеля. Інтенсивність зворотного світлового випромінювання залежить від зазору D й положення діафрагми. Досвідчені зразки датчиків монтувалися у свічку запалювання і мали похибку менше 5%. В якості датчиків аварійного тиску й для виконання інших нескладних функцій у сучасних автомобільних системах, поруч із вищеописаними, використовуються найпростіші контактні датчики.

Мікровимикачі — це найпростіші контактні датчики для фіксації певного крайового становища механічного об'єкта, наприклад двері, скла в стіклопідіймачі тощо. При спрацьовуванні мікровимикача в ЕБУ подається сигнал, відповідний напрузі живлення або загальній шині.

У деяких автомобільних системах необхідна інформація про кутову швидкість чи кутовому становище обертового валу. Така інформація отримується безконтактними датчиками частоти обертання. Відомий ряд таких безконтактних датчиків, в основу роботи яких покладено різні фізичні явища: магнітоелектричні, на ефекті Холла, високочастотні, оптоелектронні, струмовихрові, на ефекті Виганда, фотоелектричні.

2.2. Радарні та інші спеціальні датчики. Інтеграція датчиків

Автомобільні радарні датчики працюють на надвисоких радіочастотах в діапазоні 20...100 ГГц. Для визначення швидкості зближення автомобіля з фронтальною перешкодою на дорозі використовується ефект Доплера. Акселерометри використовують у системах безпеки, ABS, навігаційних системах, активній підвісці. Ще у 1969 року фірма Lukas встановлювала експериментальний доплеровський радіорадар з несучою частотою 24 ГГц на автомобілі Ford Zodiac щоб одержати інформацію про швидкість зближення і відстань до об'єкта перед автомобілем. На поворотах такий радар часто давав хибні сигнали тривоги, коли дерева і дорожні знаки відбивали сигнал випромінювача. У середовищі сучасних радірадарних систем ця проблема вирішується з допомогою складної цифрової обробки сигналу значного підвищення частоти випромінювання (в Європі— це 77 ГГц), що дає більш високий дозвіл підвищує стійкість перед перешкодами. У радіовипромінювачі використовується скануюча антена і три нерухомих антени, змонтовані під переднім пластиковим бампером. Такі антени посилають вперед радіовипромінювання з розміром раstra 3x9.

Радіосигнали відбиваються з інших автомобілів, нерухомих перешкод й обробляються в ЕБУ приблизно 20 разів у секунду з урахуванням власної швидкості автомобіля й положення керма. Радар дає інформацію про фронтальні перешкоди перед автомобілем, об'єкти обіччі (дерева і дорожні знаки) не викликають хибних спрацювань. Сучасні радарні системи виявляють перешкоди з відривом до 150 метрів, визначають відстань до об'єкта з точністю до 1 метра й швидкість зближення з точністю до 1 км/год. Інформація про перепони вступає у ЕБУ, який через виконавчий механізм управляє спеціальною дросельною заслінкою, не зв'язаною з педаллю водія, підтримується безпечна швидкість зближення. Що стосується можливого зіткнення ЕБУ використовує средства звукового і візуального попередження.

Крім радіорадарних датчиків вже застосовуються ультразвукові датчики зближення. Ультразвукові датчики випромінюють цілеспрямовані звукові хвилі на частоті 40 кГц. Для визначення швидкості зближення і відстані до виявлених по відбитому сигналу об'єктів тут, як й у радіорадарі, використовується ефект Доплера. Швидкість поширення звуковий хвилі (340 м/с при 15 °С) залежить від властивостей атмосфери.

Інтеграція датчиків

Є тенденція інтеграції автомобільних датчиків і збільшення їх можливостей переробці інформації. За рівнем інтеграції (рисунку 2.3)

датчики умовно поділяються на такі рівні • Звичайний нульовий рівень. Аналоговий сигнал з датчика передається лінією зв'язку (дротах) в ЕБУ, де й виробляється уся необхідна обробка. Такий метод найменш перешкодозахищений.

- Рівень інтеграції 1. У датчик включені ланцюги попередньої аналогової обробки сигналу, поліпшено перешкодозахищеність.

- Рівень інтеграції 2. У датчик крім аналогової обробки сигналу вмонтований аналого-цифровий перетворювач.

Датчик може бути підключений до цифрової комунікаційної шини, наприклад CAN, поліпшена перешкодозахищеність, сигнал датчика стає доступним локальній мережі контролерів.

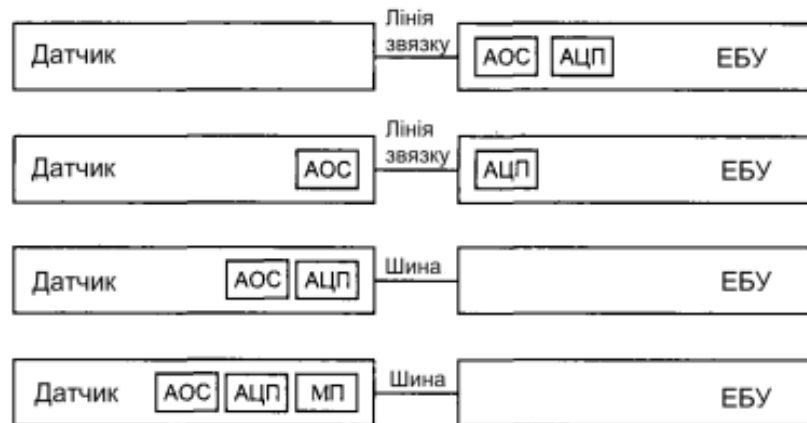


Рисунок 2.4 - Інтеграція датчиків.

Питання для самоперевірки:

1. Які датчики в автомобілі ви знаєте?
2. Про які нові конструкції датчиків ви дізнались?
3. Для чого необхідні радарні датчики?
4. Що таке «інтеграція датчиків»?

3. Автомобільні мультиплексні системи передачі інформації.

За останні 20 років значно зросла складність автомобільної електропроводки. Сьогодні розробка і виготовлення автомобільного джгута дротів є проблемою за його розмірів та ваги. У сучасному автомобілі може бути більш 1200 окремих дротів. Наприклад, джгут, що йде до дверей водія, містить 50 дротів; джгут, підходящий до приладового щитка — близько 100 дротів. Крім збільшення розмірів та ваги, велика кількість дротів і з'єднувачів погіршує надійність. По вартості автомобільний джгут дротів займає четверте місце після кузова, двигуна і трансмісії. Зростає кількість систем автомобіля, які мають автотронне управління, як-от:

- автотронне управління двигуном;
- автотронні антиблокувальні системи;
- автотронне управління коробкою передач;
- автотронне управління клапанами;
- активна підвіска.

Ці системи пов'язані одне з одним. Вихідні сигнали деяких датчиків можна використовувати кількома електронними системами. Можна також використовувати один комп'ютер для керування усіма автомобільними системами. Але сьогодні й у майбутньому це економічно недоцільно. Починає втілюватися у життя інше технічне рішення, коли контролери окремих електронних блоків управління (ЕБУ) зв'язуються друг з одним комунікаційною шиною для обміну даними. Датчики і виконавчі механізми, підключені до цієї шини через спеціальні узгоджувальні пристрої, стають доступними для всіх ЕБУ. Це не що інше, як локальна обчислювальна мережа (ЛОМ) на борту автомобіля. Термін «мультиплексний» широко використовують у автомобільній промисловості. Зазвичай його відносять до послідовних каналів передачі між різними електронними пристроями автомобіля. Кілька дротів, якими передаються управляючі сигнали, замінюються шиною для обміну даними. Зменшення кількості дротів в електропроводці автомобіля — одна причина розробки мультиплексних систем. Інша причина — необхідність об'єднання ЛОМ контролерів різних ЕБУ для ефективнішої роботи і діагностики.

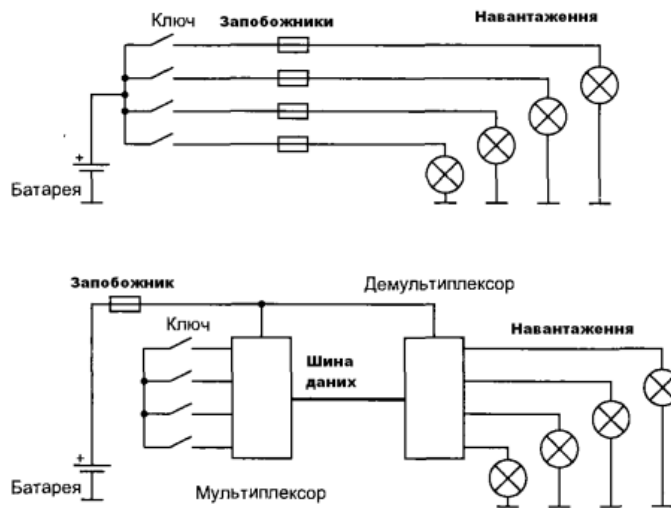


Рисунок 3.1 - Звичайне і мультиплексне підключення навантажень

1. У звичайних системах електропроводки інформація, і живлення передаються по одним і тим самим дротам. У мультиплексних системах сигнали і електроживлення розділені.
2. У мультиплексних системах управляючі ключі безпосередньо не включають і вимикають електроживлення навантажень.
3. У окремих випадках електронна схема вузла повинна постійно зчитувати стан управляючого ключа, коли більшість електроустаткування обезструмлена. Наприклад, становище ключа центрального замку дверей має визначатися і при паркуванні, коли багато системи відімкнено із міркувань енергозбереження. По схемою рисунку 3.1 може бути реалізовано електроживлення корпусних споживачів: висвітлення, склопідйомники, омивачі тощо. Електропроводка спрощується з допомогою приймання та передачі різних сигналів між вузлами за однією й тією самою шиною (дротом). При звичайній схемі проводки для реалізації кожної функції потрібний окремий провідник. Через вузли здійснюється доступ до мережі. Вузол, зазвичай, містить мікропроцесор, підключений до комутаційної шини і електронного ланцюга, які управляють роботою датчиків і виконавчих механізмів, підключених до вузлу. Комунікаційна шина на сучасному автомобілі найчастіше являє собою кручену пару дротів, хоча можливі й інші виходи. На рисунку 3.2 загалом показана мультиплексна система:

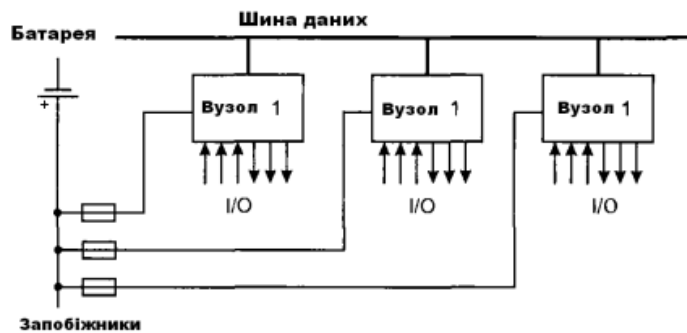


Рисунок 3.2 - Структура мультиплексної системи

До входів вузлів можуть підключатися будь-які датчики, до виходів виконавчі пристрої. Приклади вхідної інформації: температура, струм, напруга, становище перемикачів тощо. Приклади виконавчих пристроїв та правових механізмів: дисплеї, електроклапани, електродвигуни тощо.

SAE (Society of Automotive Engineers — міжнародне суспільство автомобільних інженерів) ділить мультиплексні автомобільні системи на 3 класи:

1. Клас А. Мультиплексні системи, у яких автомобільна електропроводка спрощується з допомогою використання комунікаційної шини. З цієї шини між вузлами передаються сигнали, які проходять по роздільних дротах в автомобілі зі звичайною електропроводкою. Вузли, які є частиною мультиплексної системи, при звичайній електропроводці відсутні.

2. Клас В. У мультиплексній системі між вузлами передаються інформаційні дані (зазвичай значення параметрів), чим досягається усунення надмірності датчиків та інших елементів в порівнянні з звичайною схемою електропроводки. В цьому випадку вузли є і у звичайній системі, у виді незв'язаних елементів.

3. Клас С. Мультиплексна система дуже швидко обмінюється даними, що здійснює управління в реальному часі, наприклад, двигуном, антиблокувальною системою тощо. Системи класу А йдуть на включення/виключення різних навантажень (наприклад, для керування елементами дверей салону), швидкість передачі по шині трохи більше 10 Кбит/сек.

3.1. Локальні обчислювальні мережі. Еталонні моделі взаємодії систем.

Для визначення завдань, поставлених перед складною технічною системою, а також для виділення головних характеристик і параметрів, які вона повинна мати, створюються загальні моделі таких систем. Загальна модель обчислювальної мережі визначає характеристики мережі

загалом і характеристики і функції які входять до її основних компонентів. Розмаїття варіантів обчислювальних мереж, і мережевих програмних продуктів поставило проблему об'єднання мереж різних архітектур. Для її рішення була розроблена еталонна модель архітектури відкритих систем.

Відкрита Система - це система ,яка взаємодіє з іншими системами в відношенні з прийнятими стандартами

7-й рівень — прикладний — забезпечує підтримку прикладних процесів кінцевих користувачів. Цей рівень визначає коло прикладних завдань, що реалізуються в даній обчислювальній мережі.

6-й рівень — представницький — визначає синтаксис даних в моделі. Він гарантує надання інформації в кодах і форматах, які прийняті в даній системі. У деяких системах цей рівень може бути об'єднаний із прикладним.

5-й рівень — сеансовий — реалізує встановлення та підтримку сеансу зв'язку між двома абонентами через комунікаційну мережу. Він дає змогу виробляти обмін інформацією в режимі , який визначений прикладною програмою, чи дає можливість вибору режиму обміну. Сеансовий рівень підтримує і завершує сеанс зв'язку. Три верхніх рівня об'єднуються під спільною назвою — процес чи прикладний процес. Ці рівні визначають функціональні особливості обчислювальної мережі як прикладної системи.

4-й рівень — транспортний — забезпечує інтерфейс між процесами і мережею.

Він устанавлює логічні канали між процесами і забезпечує передачу за цими каналам інформаційних пакетів, якими обмінюються процеси. Пакет — група байтів, переданих абонентами мережі одна одній. Логічні канали, встановлювані транспортним рівнем, називаються транспортними каналами.

3-й рівень — мережевий — визначає інтерфейс кінцевого устаткування користувача з мережею комутації пакетів. Він також відповідає за маршрутизацію пакетів в комунікаційній мережі й за зв'язок між мережами — реалізує міжсіткова взаємодія.

2-й рівень — каналний — реалізує процес передачі по інформаційному каналу. Інформаційний канал — логічний канал, він встановлюється між двома ЕОМ, з'єднаними фізичним каналом. Канальний рівень забезпечує управління потоком даних і кадрів, у яких упаковуються інформаційні пакети, виявляє помилки передачі й реалізує алгоритм відновлення інформації у разі виявлення збоїв чи втрат даних. Кадр має структуру: інформація про джерело даних, інформацію про приймач, тип кадру, дані, контрольна інформація.

1-й рівень — фізичний — виконує всі необхідні процедури в каналі зв'язку. Його основне завдання — управління апаратурою передачі і підключеним до неї каналом зв'язку. При передачі інформації від прикладного процесу у мережу відбувається її обробка рівнями моделі ВВС. Сенс цієї обробки у тому, що кожен рівень додає до інформації процесу свій заголовок — службову інформацію, що необхідна для адресації повідомлень й для деяких контрольних функцій. Канальний рівень крім заголовка додає ще і кінцевик — контрольну послідовність, яку використовують для перевірки вмотивованості прийому повідомлення з комунікаційної мережі.

3.2. Протоколи комп'ютерних мереж.

При обміні інформацією у комп'ютерній мережі кожен рівень моделі ВВС реагує на свій заголовок. Інакше кажучи, відбувається взаємодія між однойменними рівнями моделі у різних абонентських ЕОМ. Така взаємодія має виконуватися за правилами — протоколам. Протокол — це програма. Правила і послідовність виконання дій під час обміну інформацією, встановлені протоколом, мають бути реалізовані у програмі. Зазвичай функції протоколів різних рівнів реалізуються в драйверах щодо різноманітних обчислювальних мереж. Відповідно до семирівневої структури моделі ВВС можна говорити про необхідність існування протоколів для кожного рівня. Концепція відкритих систем передбачає розробку стандартів для протоколів різних рівнів. Найлегше піддаються стандартизації протоколи трьох нижніх рівнів моделі архітектури відкритих систем, оскільки вони на сьогодні визначають дії і складні процедури, характерні для обчислювальних мереж будь-якого класу. Найважче стандартизуються протоколи верхніх рівнів, особливо прикладного, через множинності прикладних завдань та низці випадків їх унікальності. Якщо по типам структур, методам доступу до фізичного передавального середовища, що використовуються мережним технологіями й деяким іншим особливостям можна нарахувати приблизно десяток різних моделей обчислювальних мереж, то по їх функціональному призначенню меж немає. Найпростіше уявити особливості мережних протоколів з прикладу протоколів канального рівня, які діляться на дві основні групи: байторієнтування і біт-орієнтування. Байт - орієнтований протокол забезпечує передачу повідомлення по інформаційному каналу у виді послідовності байтів. Крім інформаційних байтів в канал передаються також керуючі системи й службові байти. Такий тип протоколу зручний ЕОМ, оскільки він орієнтований на обробку даних, які у вигляді двійкових байтів. Для

комунікаційного середовища байт-орієнтований протокол менш зручний, оскільки поділ інформаційного потоку в каналі на байти потребує додаткових сигналів, що в рахунок знижує пропускну спроможність каната зв'язку. Біт-орієнтований протокол передбачає передачу інформацією у вигляді потоку бітів, не поділюваних на байти. Тож для поділу кадрів використовуються спеціальні послідовності — прапори. На початку кадру ставиться прапор який відкриває, а в кінці — прапор який закриває.

3.3. Методи доступу до передавальної середовищі.

Передавальне середовище є спільним ресурсом для всіх вузлів ЛОМ. Щоб отримати можливість доступу до цього ресурсу з вузла мережі, необхідні спеціальні механізми — методи доступу. Метод доступу до передавального середовищі — це метод, який забезпечує виконання сукупності правил, за якими вузли мережі отримують доступ до ресурсу. Існують два основних класи методів доступу: детерміновані, недетерміновані.

3.4. Приклади автомобільних мультиплексних систем.

Клас А

Системи класу А застосовуються переважно для спрощення і здешевлення електричних зв'язків між пристроями корпусної електроніки. Розглянемо приміром антивикрадальну систему зі структурою, показаною на рисунку 3.3. Антивикрадальна система приводиться в черговий режим контактом 11, а вимикається — контактами замків дверей пасажира чи шофера або багажника. У робочому стані система включає клаксон 10 при спрацьовуванні одного з контактів: 1, 3, 4, 5, 7, 8. Датчики і виконавчі механізми у такому варіанті підключені безпосередньо до блоку управління через мультиплексори одним дротом. Поліпшені діагностичні можливості системи. Легше змінювати

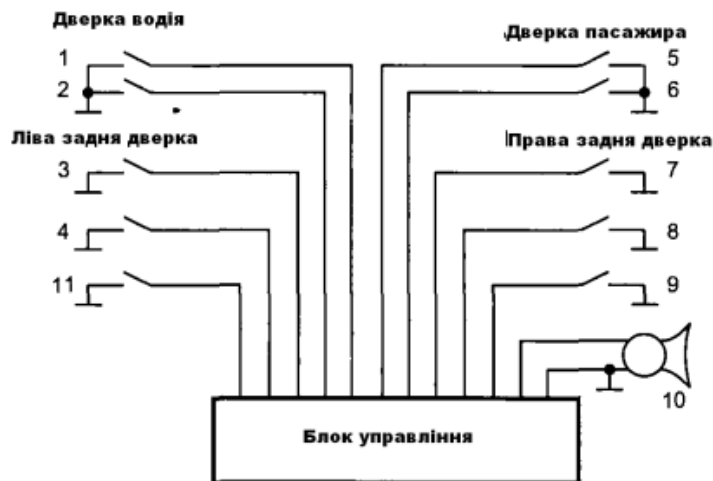


Рисунок 3.3 - Блок-схема антивикрадацької системи

- 1 — контакт дверки водія,
- 2 — контакт замку дверей водія,
- 3 — контакт лівої задньої дверки,
- 4 — контакт на капоті,
- 5 — контакт дверки пасажир,
- 6 — контакт замку дверки пасажир,
- 7 — контакт правої задньої дверки,
- 8 — контакт на кришці багажника,
- 9 — контакт замку багажника,
- 10 — клаксон,
- 11 — контакт на приладовій панелі

3.5. Протоколи низького рівня (шинні).

Ці протоколи ставляться до двох нижніх рівнів моделі ВОС: каналного й фізичного.

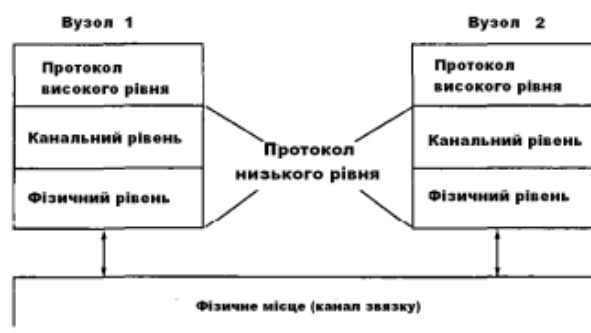


Рисунок 3.4 - Протокол низького рівня

На каналному рівні визначаються функції, необхідні для надійної й ефективної передачі між вузлами в одній й тій самій мережі. Це адресація, організація кадрів, виявлення помилок під час обміну даними у мережі. На фізичному рівні визначають електричні, механічні й інші фізичні характеристики інтерфейсу для підключення вузла у мережі.

Розглядаються питання специфікації шинних з'єднувачів, мережових адаптерів, кодування, синхронізації тощо. Різні додатки пред'являють різні вимоги на фізичному рівні, при цьому основними параметрами під час проектування є:

- швидкість і відстань від передачі даних по шині;
- надійність;
- електромагнітна сумісність;
- відповідність стандартам і рекомендованій практиці;
- шинна топологія.

Канал зв'язку (електричні дроти чи оптичні кабелі) перебуває нижче фізичного рівня життя і в модель ВОС не входить (рисунок 3.4). Прикладами протоколів низького рівня, розроблених спеціально для автомобільної промисловості, є: CAN (controller area network — Bosch, Intel), VAN (vehicle area network — Renault, Peugeot), VNP (vehicle network protocol -- Ford).

Питання для самоперевірки:

1. Які мультиплексні системи передачі інформації ви знаєте?
2. Про які нові автомобільні мультиплексні системи передачі інформації ви дізнались?
3. Для чого необхідні рівні та класи в мультиплексних системах передачі даних?

4. Протокол CAN для автомобільних мультиплексних систем.

Протокол CAN розроблений інженерами фірми R.Bosch GmbH для застосування автомобілями. Протокол відповідає міжнародним стандартам ISO 11898 і ISO11519, практично використовується кількома виробниками електронних приладів. Протокол CAN визнаний автомобільними виробниками Європи, використовується на сучасних легкових автомобілях, вантажівках, автобусах, сільськогосподарському транспорті, в морському обладнанні, для автоматизації виробництва.

Протокол CAN підтримує метод доступу CSMA/CD-A до мережі із рівноранговими вузлами. Пакет даних має розмір не більше 8 байт і передається по послідовній шині. 15-бітовий циклічний контроль надмірності забезпечує високий рівень цілісності даних.

Нині виробляються декілька типів CAN-контролерів, які можна розділити на три групи залежно від підтримки ними розширеного формату кадру:

- контролери v2.0A. Підтримують лише стандартний формат, що неспроможні працювати у мережі, де передаються кадри розширеного формату;
- контролери v2.0B, пасивні. Підтримують лише стандартний формат, але можуть працювати у мережі, де передаються кадри розширеного формату;
- контролери v2.0B, активні. Підтримують операції з кадрами стандартного і розширеного форматів.

Контролери CAN класифікуються як і повні або базові залежно від організації буферизації даних.

Повний CAN-контролер має певну кількість (зазвичай 14) спеціалізованих буферів для тимчасового зберігання повідомлень. При ініціалізації CAN-контролера можна сконфігурувати його, вказавши, який кадр буде надходити до якого буфера.

4.1. Архітектура протоколу CAN.

У стандартах Міжнародної організації стандартизації для протоколів CAN ISO 11898 (висока швидкість обміну) і ISO 11519 (низька швидкість обміну) регламентується рівнева структура відповідно з стандартами LAN (локальні мережі) ISO8802-2 і 8802-3. Протокол CAN належить до двох нижніх рівнів моделі ВОС, як показано на рисунку 4.1.

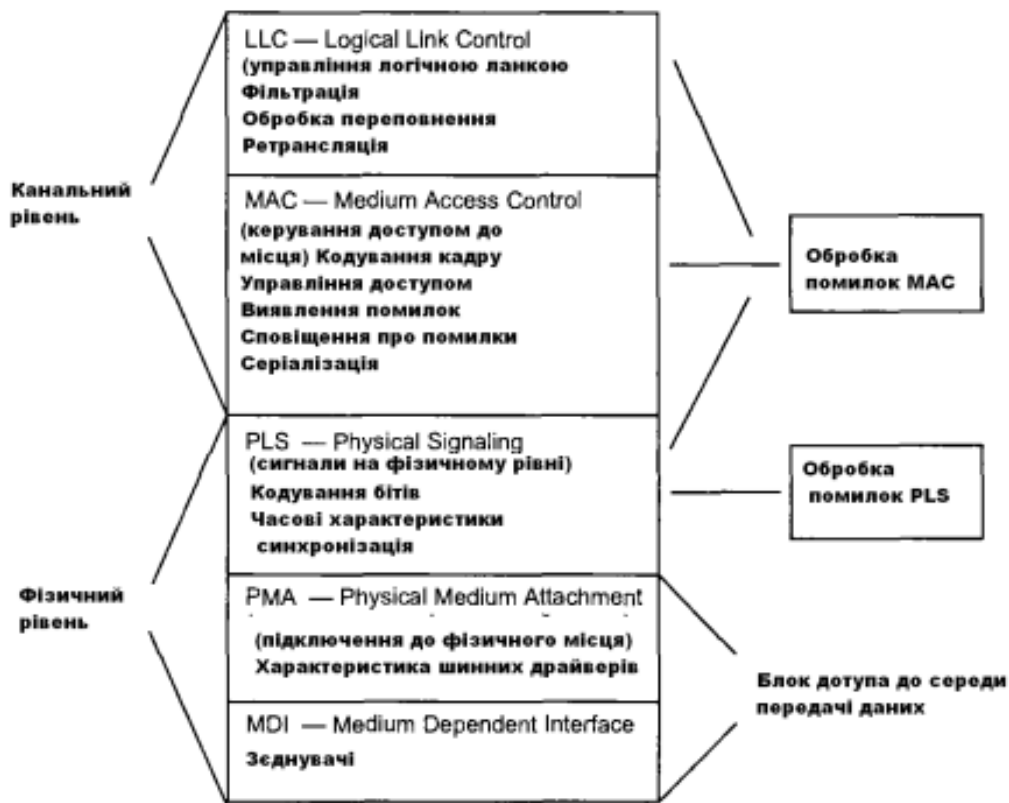


Рисунок 3.4 - Рівнева архітектура CAN

На фізичному рівні визначаються електричні характеристики з'єднувачів, шинних адаптерів, двійкове кодування, синхронізація. Фізичний рівень розділений на три підрівні:

- MDI (medium dependent interface) — підрівень інтерфейсу, що залежить від фізичного носія (передає середовище);
- PMA (physical medium attachment) — підрівень під'єднання до фізичного середовища;
- PLS (physical signaling) — сигнали на фізичному рівні.

На канальному рівні визначається формат кадру, виявлення і передача помилок під час трансляції, автоматична ретрансляція даних, фільтрація. Канальний рівень розділений на два підрівні:

- MAC (medium access control) — управління доступом до середовища;
- LLC (logic link control) — управління логічним каналом.

4.2. Передає середовище і нижні підрівні протоколу CAN.

Протокол CAN переважно призначений для мереж з шинної топологією і електричними проводами як каналу зв'язку (передавальної середовища). Можуть застосовуватися і інші передавачі середовища, здатні підтримувати стан високого/низького рівнів, що необхідне для здійснення побітового арбітражу.

Міжнародна організація стандартизації визначила стандарт ISO 11519-2 для шин CAN зі швидкістю обміну до 125 Кбіт/сек і ISO 11898 для швидкості обміну вище 125 Кбіт/сек. Ці стандарти різняться лише специфікаціями нижніх підрівнів MDI і PMA фізичного рівня протоколу CAN у питаннях підключення до передавального середовища (шини).

Підрівні MDI і PMA іноді називають блоком MAU — medium access unit (блоком доступу до середовища передачі даних).

Підрівень PMA (підключення до фізичного середовища) визначає характеристики шинних драйверів і приймачів.

У цьому, лінії шини CAN можуть міститися у одному з цих двох станів: домінуючого рівня (dominant) і домінуючого рівня (recessive). Якщо один із вузлів встановлює шину в стан домінуючого рівня, вона буде встановлена, незалежно від станів інших вузлів. Ці стани визначаються диференційною напругою між провідниками шини, званими CAN_H і CAN_L.

4.3. Підрівень PLS.

На підрівні PLS реалізуються двійкове кодування і синхронізація, визначається час передачі біта.

► Протокол CAN використовує двійкове кодування (NRZ-код), тобто в час передачі біта не може бути ніяких переключень рівнів, які б використовувалися для синхронізації. Це пред'являє високі вимоги до стабільності частоти генераторів (використовуються кварцові). Доводиться вводити розділювальні сигнали в послідовності однойменних бітів для полегшення синхронізації.

► Час передачі одного біта. Протягом цього часу виконуються функції по управлінню шиною, такі як синхронізація ЕБУ, компенсація запізнювання в лінії, позиціонування моменту опитування (стробіювання). Тривалість окремих сегментів в квантах програмується часо-задавальною логікою адаптерів CAN. Тривалість кванта пов'язана з роздільною здатністю підрівня PLS.

Сегмент SYNC_SEG використовується для синхронізації різних ЕБУ, підключених до шини. Зміна рівня сигналу (наприклад, з «0» на «1») передбачається у цьому сегменті. Його тривалість завжди дорівнює одному кванту.

Сегмент PROP_SEG служить для компенсації тимчасових затримок при розповсюдженні сигналу в лінії і проходженні його через адаптери.

Сегменти PHASE_SEG1 і PHASE_SEG2 компенсують помилки фази, вони можуть бути подовжені або вкорочені при ресинхронізації.

Момент опитування — точка часу, коли стан шини інтерпретується як значення відповідного біта.

► Синхронізація проходить у момент переходу шини зі стану недомінуючого рівня у стан домінуючого рівня.

Цей перехід завжди повинен відбуватися протягом сегмента SYNC_SEG. Для компенсації різних збоїв або затримок в лінії використовується скорочення тривалості сегмента PHASE_SEG2 по відношенню до номінального значення або збільшення тривалості сегмента PHASE_SEG1. Зміна тривалості сегментів програмується в межах 1...4 кванта, але не більш ніж значення PHASE_SEG1.

4.4. Управління доступом до середовища в CAN.

На підрівні MAC здійснюється упаковка даних в кадри формату CAN з різними управляючими бітами, серіалізація, додавання розділювальних бітів, арбітраж, виявлення помилок, і перевантаження, перевірка підтверджень.

Передача інформації в мережі CAN здійснюється кадрами чотирьох форматів:

- кадри даних, служать передачі інформації від вузла до вузла;
- кадри запиту, для запиту даних одним вузлом в іншого;
- кадри помилки, передаються вузлом, які виявили якусь помилку;
- кадри перевантаження (переповнення), використовуються передавачем для припинення передачі кадрів до мережі.

Між кадрами вводиться міжкадровий простір і при передачі кадрів використовуються п'ять процедур управління:

- вставка додаткових бітів для синхронізації;
- побітовий арбітраж;
- виявлення помилок;
- контроль циклічності надлишковим кодом;
- сигналізація помилок.

У протоколі CAN використовується NRZ-код (non-return-to-zero). При цьому ефективно використовується частотна смуга лінії зв'язку, але якщо в послідовності багато бітів одного значення, то можливі порушення синхронізації. Щоб запобігти цього, у послідовність, що складається з 5 і більше однакових бітів, вставляються додаткові синхронізуючі біти. У приймальному ці допоміжні біти автоматично видаляються.

Кадр завжди передається починаючи з стартового біта (SOF). У межах поля першими йдуть біти, які мають найважливішу інформацію.

► Побітовий арбітраж є особливістю протоколу CAN.

Мультиплексна система, підпорядковується CAN-протоколу, і є рівноранговою. Будь-який вузол має право на доступ до шини, коли він вільний. Ознакою цього є виявлення вузлом між кадрового простору

Нерозв'язні конфлікти можуть виникати на шині, якщо в кадрах запиту збігаються ідентифікатори, але зазначено різну кількість бітів в необхідних даних. Для запобігання конфліктів у межах системи ці числа повинні бути однаковими.

► Протокол CAN на відміну інших не використовує квітування повідомлень. Натомість CAN сигналізує про виявлення помилок. У протоколі є п'ять способів виявлення помилок:

- контроль циклічно-надлишковим кодом (CRC). Передавач додає в кадр додаткові біти на полі CRC, використовуючи утворювач поліном і вміст кадру. На приймаючому боці визначається код CRC і порівнюється зі переданим. Відсутність збігів визначається як помилка CRC;

- перевірка кадру. Перевіряються формати полів кадру. Виявлені помилки називаються помилками кадру;

- визначення помилки АСК. Приймач, який одержав інформацію, встановлює біт АСК в доміантний стан. Передавач, який не одержав підтвердження у такій формі, повідомляється про помилку у кадрі або відсутності приймачів.

У протоколі CAN є дві процедури виявлення помилок на бітовому рівні:

- моніторинг шини. Вузол може контролювати власним повідомленням під час передачі і може знайти невідповідність між тим, що він передає, і тим, що передає до приймача. Винятком є посилка недоміантних бітів при арбітражі чи біта АСК. Це дозволяє відрізнити глобальні помилки від локальних помилок передавача;

- визначення помилки при введенні додаткових бітів синхронізації. Помилка визначається і при отриманні приймачем шести однакових послідовних бітів. Перші із трьох перелічених способів реалізуються лише на рівні повідомлення (кадру), два останніх — на бітовому рівні.

► Протокол CAN передбачає сигналізацію помилок. Якщо вузол виявляє помилку, використовуючи одне із наведених вище способів, поточна передача повідомлень припиняється, на шині видається прапорець помилки. Інші вузли не приймають перерване повідомлення.

При виявленні помилки CRC, кадр помилки починає передаватися після роздільника CRC. Для інших видів помилок кадр помилки починає передаватися з наступного біта після виявленої помилки.

Після переривання помилкового повідомлення передавач намагається його повторити, щойно шина звільниться.

4.5. Можливості підрівня. Обмеження поширення помилок.

Можливості підрівня Підрівень LLC відповідає верхній частину каналного рівня моделі ВОС. Тут вирішуються питання незалежно від способів доступу до середовища, такі як: рішення про ухвалення повідомлення вузлом, визначення стану перевантаження, повторення передачі і т.д.

► Підрівень LLC забезпечує користувача інтерфейсом CAN можливістю виконувати такі завдання:

- передавати дані без квітування;
- передавати кадр запиту без квітування.

Взаємодія між підрівнем LLC і користувачем здійснюється з застосуванням двох типів кадрів: кадру даних LLC і кадру запиту LLC.

Поле ідентифікатора містить 11 біт. Сім найвагоміших бітів неможуть бути одночасно у стані «1».

Кадр запиту ідентичний кадру даних, але не містить поля даних. Поле DLC повинна утримувати число байтів даних відповідно до ідентифікатора.

► Рішення про ухвалення повідомлення вузлом реалізується наступним способом. За необхідності послати повідомлення вузол передає дані і ідентифікатор своєму шинному драйверу CAN. Тут повідомлення форматується в кадри і передається на шину драйвером, коли шина вільна чи відповідно з пріоритетом інформації. Всі інші вузли шини стають приймачами цих повідомлень. Кожен вузол визначає — йому призначена ця інформація чи ні. Якщо «так», інформація приймається, якщо «ні» — ігнорується. Процедуру такої фільтрації може виконати і ЕБУ, але для розвантаження ЕБУ у сучасних протоколах CAN для мультиплексних систем визначення призначення повідомлення покладено адаптери CAN.

► Оповідження про перевантаження передається в шину CAN, коли внутрішні умови приймача вимагають затримки перед прийняттям наступного кадру. Кадр перевантаження ініціюється підрівнем LLC.

Обмеження поширення помилок

Найважливішими завданнями при обмеження поширення помилок є:

- розрізнення тимчасових і постійних відмов;

- відключення несправних вузлів від шини.

Для цього використовуються лічильники відмов вузла, один для режиму передачі, інший прийому. При виявленні помилки вміст відповідного лічильника збільшується на число в діапазоні 1...8 залежно від типу помилки. Після успішної передачі чи прийому значення у відповідному лічильнику зменшується на одиницю.

Вміст лічильників відповідає відносній частоті появи відмов в передісторії. Вважається, що вузол вийшов з ладу, якщо загалом одне з восьми повідомлень передається (приймається) з помилкою.

Функціонування вузлів модифікується залежно від вмісту лічильників. Вузли можуть міститися у одному із трьох станів:

- стан активного відпрацювання помилок (error active). Це нормальний режим роботи вузла. При виявленні відхилень вузол видає на шипу кадр активної помилки;

- стан пасивного відпрацювання помилок (error passive). Вузол переключается до цього стану, коли вміст одного з лічильників перевищить 127. При виявленні відхилень вузол посилає по шині кадр пасивної помилки;

- відключення від шини (bus off). У цей режим вузол потрапляє, якщо вміст лічильника перевищив 255. Після відключення вузол на роботу шини не впливає. Вузлу може бути дозволено повернутися до активного стану після ініціалізації від протоколу вищого рівня (Normal_Mode_Request) і проході по шині 128 послідовностей з 11 недомінантних бітів.

► У мультиплексних системах з дуже високою швидкістю обміну даними топологія шини мусить бути максимально наближено до лінійної для зменшення відображень в кабелі. Відгалуження від шини до вузлів повинні бути максимально короткими.

Для зменшення стоячих хвиль точки підключення вузлів до шини не повинні розташовуватися на рівній відстані один від одного, відводи повинні мати різну довжину. Наприклад, відповідно до стандарту SAE J1939/11, для швидкості обміну 250 Кбіт/сек максимальна довжина відводу може бути 1 метр, мінімальна відстань між точками підключення вузлів до шини — 0,1 метра.

► Під час експлуатації можуть з'явитися різні несправності шини. Тут наведено опис цих несправностей та їх наслідків.

1. Обрив лінії CAN_H. Мережа розбивається на дві, які не пов'язані одна з одною підмережі. Обмін даними між вузлами різних підмереж неможливий. У межах одної підмережі обмін зберігається, але з гіршим співвідношенням сигнал/шум.

2. Обрив лінії CAN_L. Аналогічно випадку 1

3. Замикання лінії CAN_H на напругу джерела живлення (акумулятор). Обмін даними зазвичай неможливий.

4. Замикання лінії CAN_L на масу. Обмін даними зберігається, оскільки напруга у лінії залишається у припустимих межах, але з гіршим співвідношенням сигнал/шум і великим паразитним випромінюванням.

5. Замикання лінії на масу. Обмін даними рисунок неможливий

6. Замикання лінії CAN_L на напруга джерела живлення (акумулятор). Обмін даними зазвичай неможливий.

7. Замикання ліній CAN_H і CAN_L між собою. Обмін даними неможливий.

8. Розрив обох ліній в одному місці. Аналогічно випадку 1.

9. Відключення кінцевого резистора. Обмін даними може бути, але з гіршим співвідношенням сигнал/шум за рахунок збільшення стоячих хвиль.

10. Обрив з'єднувача від вузла до лінії CAN_H. Цей вузол неспроможний брати участь у роботі мережі.

11. Обрив з'єднувача від вузла до CAN_L лінії. Цей вузол неспроможний брати участь у роботі мережі.

З сказаного ясно, що після появи одної з несправностей процес обміну даними по шині стає неможливим, після появи інших — обміну може бути, але з гіршим співвідношенням сигнал/шум.

Загальні вимоги такі:

- електричне полі з напругою 200 В/м в безпосередній близькості від автомобіля на повинен викликати збоїв у роботі автомобільних автотронних систем;

- напруга на передавальній автомобільній антені має бути менш 1 мкВ в діапазоні частот 20... 1000 МГц.

Основною проблемою під час використання мультиплексних систем з великою швидкістю обміну даними є випромінювання електромагнітних

перешкод завдяки чому, шинні драйвери вузлів працюють у ключовому режимі на високій частоті. Для зменшення паразитного випромінювання використовують екранування кабелю, кручені пари, включають послідовно дроселі у відводи до вузлів. Має значення і маршрут прокладки кабелю шини, вона мусить проходити подалі від устаткування, чутливого до електромагнітних перешкод, ближче до заземлених об'єктів.

Іноді в мультиплексних системах зменшують швидкість наростання фронтів сигналів. Це спричиняє деяке зменшення паразитного електромагнітного випромінювання. З іншого боку, зменшення крутизни фронтів викликає втрату швидкості передачі, рівень сигналу на шині більш тривало перебуватиме у невизначеному стані між 0 і 1, що може дати, навпаки, підвищення рівня випромінюваних шумів. Для швидкісних мультиплексних систем зменшення крутизни фронтів навряд чи доцільно.

► До надійності мультиплексних систем в автомобілі пред'являються високі вимоги, автомобіль є джерелом підвищеної небезпеки, і повинен працювати надійно протягом усього терміну експлуатації.

Сучасні мультиплексні системи таким вимогам відповідають. Наприклад, шина CAN, працююча зі швидкістю передачі 1 Мбіт/сек при середньому завантаженні шини 50%, середньої довжині повідомлення 80 біт, повним термін експлуатації 4000 годин пропустить 9×10^{10} повідомлень. Статистична оцінка для числа невпізнаних неправильних повідомлень під час експлуатації складе менше 10^{-2} .

Питання для самоперевірки:

1. Які протоколи CAN для автомобільних мультиплексних систем ви знаєте?
2. Що таке нижні підрівні протоколу CAN?
3. Для чого необхідний Підрівень PLS?
4. Який код використовується у протоколі CAN?
5. Як обмежити поширення помилок?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК з дисципліни «ЕЛЕКТРОННЕ ТА МІКРОПРОЦЕСОРНЕ ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ» для студентів усіх форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха. , Тернопіль 2016 – 209 ст.
URL:

http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/18167/1/ЕМОА_Lect_FullText.pdf

2. В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін Діагностика і технологія ремонту автомобілів ПІДРУЧНИК Рекомендовано Міністерством освіти науки України, Літера ЛТД 2017 – 223 ст.
URL:

[diagnost_kovalenko \(2\).pdf](#)

3. Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України Вінницький національний технічний університет ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ Навчальний посібник, В. В. Біліченко, В. Л. Крещенецький, Ю. Ю. Кукурудзяк, С. В. Цимбал, Вінниця ВНТУ 2012, - 119 ст. URL:

[posOTD.pdf](#)

4. Міністерство освіти і науки України Чорноморський державний університет імені Петра Могили Л. П. Клименко, О. Ф. Прищепов, В. І. Андрєєв, В. Ю. Голдун ЕЛЕМЕНТИ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМИ ДВИГУНАМИ Навчальний посібник, Миколаїв – 2013 – 133 ст. URL:

[Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами.pdf](#)

5. В. Дембіцький, В. Павлюк, В. Придюк МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ АВТОМОБІЛІВ НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК ЛУЦЬК 2018 - 467с.
URL:

[file:///H:/%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0/%D0%B1%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0/%D0%A2%D0%95%D0%90%20\(%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97\).pdf](file:///H:/%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0/%D0%B1%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0/%D0%A2%D0%95%D0%90%20(%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97).pdf)

6. Омелічев О.В., ПІДРУЧНИК З БУДОВИ АВТОМОБІЛЯ Посібник для автомобілістів-початківців ВИДАННЯ ЧЕТВЕРТЕ, Харків «Моноліт» 2023 р. - 281с.
URL:

<https://xn--h1afceeb4a.xn--j1amh/structure-avto/istorija-avto/>

7. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ Навчальний посібник Черкаси 2021р. -184 ст. URL:

https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/2205/1/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%B1_%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf

Зміст

ВСТУП.....	3
1. Вступ. Основні поняття технічної діагностики.....	4
2. Датчики новітніх автомобільних електронних систем.....	8
2.1. Нові конструкції датчиків. Контактні датчики. Безконтактні датчики.	
2.2. Радарні та інші спеціальні датчики. Інтеграція датчиків	
3. Автомобільні мультиплексні системи передачі інформації.....	16
3.1. Локальні обчислювальні мережі. Еталонні моделі взаємодії систем.	
3.2. Протоколи комп'ютерних мереж.	
3.3. Методи доступу до передавальної середовищі.	
3.4. Приклади автомобільних мультиплексних систем.	
3.5. Протоколи низького рівня (шинні).	
4. Протокол CAN для автомобільних мультиплексних систем.....	24
4.1. Архітектура протоколу CAN.	
4.2. Передає середовище і нижні підрівні протоколу CAN.	
4.3. Підрівень PLS.	
4.4. Управління доступом до середовища в CAN.	
4.5. Можливості підрівня. Обмеження поширення помилок.	
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	33

Діагностика автомобілів [Текст]: конспект лекцій для здобувачів освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр галузі знань 27

Транспорт спеціальності 274 Автомобільний транспорт денної та заочної форми навчання/уклад. Іван ШЕРЕМЕТА. – Ковель: ВСП «КПЕФК ЛНТУ», 2025. 34 с.

Комп'ютерний набір і верстка:

Іван ШЕРЕМЕТА

Редактор:

Іван ШЕРЕМЕТА

Підп. до друку «___» _____ 2025. Формат 60x84/16. папірофіс.

Гарн.Таймс. Ум.друк. арк. ____ Обл.-вид. арк. ____ Зам. ____

Тираж ____ прим.

ВСП «КПЕФК ЛНТУ»

45000 м. Ковель, вул. Заводська, 23

Друк – ВСП «КПЕФК ЛНТУ»