



Діагностика транспортних засобів

Курсове проєктування

Електронний навчальний посібник



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Д. В. Борисюк, В. Й. Зелінський

**Діагностика транспортних засобів.
Курсове проєктування**

Електронний навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2026

УДК 629.3
Б82

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 9 від 29.01.2026 р.)

Рецензенти:

В. А. Макаров, доктор технічних наук, професор

В. П. Ковбаса, доктор технічних наук, професор

М. І. Стаднік, доктор технічних наук, доцент

Д. Х. Штофель, кандидат технічних наук, доцент

Борисюк, Д. В.

Б82 Діагностика транспортних засобів. Курсове проектування : навчальний посібник [Електронний ресурс] / Д. В. Борисюк, В. Й. Зелінський. – Вінниця : ВНТУ, 2026. – (PDF, 120 с.)

Навчальний посібник містить пояснення та вимоги до виконання і оформлення курсової роботи з дисципліни «Діагностика транспортних засобів» для підготовки здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Програмне забезпечення та електронні системи транспортних засобів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 171 «Електроніка» (G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка») денної та заочної форм навчання. Мета навчального посібника – надати здобувачам вищої освіти загальні рекомендації до виконання курсової роботи, вимоги до оформлення пояснювальної записки, методичні рекомендації до виконання теоретичної і розрахункової частин, довідковий матеріал.

УДК 629.3

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ВСТУП ДО ДИСЦИПЛІНИ «ДІАГНОСТИКА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ» ТА ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЯ.....	8
1.1 Загальні відомості про діагностику транспортних засобів	8
1.2 Діагностування транспортних засобів.....	10
1.2.1 Основні терміни та поняття в сфері діагностування транспортних засобів.....	11
1.2.2 Види діагностування транспортних засобів	15
1.2.3 Методи діагностування.....	20
1.2.4 Засоби діагностування	24
1.2.5 Системи діагностування	29
1.2.6 Діагностичні моделі	33
1.2.7 Алгоритми діагностування.....	36
1.2.8 Задачі, що вирішуються оператором-діагностом та розробником діагностичних систем.....	40
1.2.9 Вимоги до пристосованості транспортних засобів до діагностування.....	42
1.2.10 Діагностичні нормативи параметрів стану.....	43
1.2.11 Періодичність діагностування транспортних засобів	45
1.2.12 Форми організації діагностування	48
1.3 Комп'ютерне діагностування автомобілів.....	49
1.3.1 Загальні відомості про комп'ютерне діагностування автомобілів	49
1.3.2 Стандарти в автомобільній діагностиці.....	51
1.3.3 Методика проведення комп'ютерного діагностування автомобілів	53
1.3.4 Режими комп'ютерного діагностування автомобілів.....	55
2 ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ	60
2.1 Мета курсової роботи, компетентності та програмні результати навчання	60
2.2 Керівництво курсовою роботою	61
2.3 Індивідуальне завдання та порядок виконання курсової роботи ...	62
2.4 Захист курсових робіт	63
2.5 Тематика курсової роботи	66
3 СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ КУРСОВОЇ РОБОТИ	68
4 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	71

4.1 Загальні вимоги.....	71
4.2 Написання тексту.....	72
4.3 Оформлення структурних елементів тексту.....	74
4.4 Оформлення формул.....	74
4.5 Оформлення ілюстрацій.....	76
4.6 Оформлення таблиць.....	78
4.7 Оформлення посилань.....	78
4.8 Оформлення переліку джерел посилання.....	79
4.9 Оформлення додатків.....	82
 5 АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ ТА ПИТАННЯ ДОКУМЕНТО- ОБІГУ	83
5.1 Загальні положення про академічну доброчесність	83
5.2 Академічна доброчесність при виконанні курсової роботи	84
5.3 Питання документообігу.....	85
 6 ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТ- НОГО ЗАСОБУ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ТА НЕСПРАВНОСТЕЙ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГАТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ»	86
6.1 Виконання підрозділу «1.1 Загальні відомості про транспортний засіб».....	86
6.2 Виконання підрозділу «1.2 Загальна характеристика конструк- тивних та функціональних особливостей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу»	86
6.3 Виконання підрозділу «1.3 Аналіз факторів, що впливають на зміну технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспо- ртного засобу»	87
6.4 Виконання підрозділу «1.4 Розробка моделі взаємозв'язку осно- вних параметрів технічного стану механізму (вузла, агрегату, систе- ми) транспортного засобу».....	88
 7 ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГА- ТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ»	91
7.1 Виконання підрозділу «2.1 Огляд методів діагностування меха- нізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу».....	91
7.2 Виконання підрозділу «2.2 Огляд засобів діагностування меха- нізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу».....	91
7.3 Виконання підрозділу «2.3 Розробка маршрутної технології».....	91
7.4 Виконання підрозділу «2.4 Розробка операційної технології».....	93

7.5 Виконання підрозділу «2.5 Розрахунок ступеня механізації технологічного процесу»	94
8 ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГАТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ».....	97
8.1 Виконання підрозділу «3.1 Математична модель визначення технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу»	97
8.2 Виконання підрозділу «3.2 Автоматизація логічного процесу визначення несправностей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу»	104
9 НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ.....	107
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	109
Перелік джерел посилання для виконання розділу 1.....	109
Перелік джерел посилання для виконання розділу 2.....	110
Перелік джерел посилання для виконання розділу 3.....	112
Додаток А. Орієнтовний перелік тем курсових робіт	114
Додаток Б. Приклад оформлення титульного аркуша курсової роботи..	117
Додаток В. Приклад оформлення індивідуального завдання до виконання курсової роботи	118

ВСТУП

Незважаючи на складну економічну ситуацію у країні: спад рівня виробництва, підвищення цін на енергосистеми, послуги, сировину та ін., транспортн галузь залишається однією із основних галузей народного господарства всіх країн, яка виконує більшу частину вантажних та пасажирських перевезень.

Значення транспорту для нашого суспільства важко переоцінити, і не тільки тому, що без його участі не відбувається жоден вид господарської діяльності, але й тому, що ним перевозиться значний обсяг вантажів.

Ефективність використання транспорту на перевезеннях різного призначення передусім залежить від його технічного стану. Підтримання транспортних засобів у стані високої експлуатаційної надійності є головною задачею служби технічної експлуатації транспортних підприємств.

На утримання транспортних засобів у технічно справному стані, що забезпечує ефективний транспортний процес, галузь здійснює великі ресурсні витрати. Так, ускладнення конструкції транспортних засобів зумовлює, як правило, збільшення обсягу робіт з технічного обслуговування, діагностування і ремонту, зростання витрат на забезпечення роботоздатності. Тому зараз особливо актуальною є задача технічної служби транспортних підприємств – підтримувати рухомий склад у технічно справному стані. Це приводить, зі свого боку, до зниження витрат на експлуатацію транспортних засобів (витрати на паливо-мастильні матеріали, шини, запасні частини та особливо на технічне обслуговування і ремонт рухомого складу). Важливе місце в технологічному процесі технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів займає діагностування, яке дозволяє об'єктивно оцінити технічний стан як самого транспортного засобу загалом, так і окремих його складових частин (механізмів, вузлів та агрегатів).

Основною метою курсової роботи з дисципліни «Діагностика транспортних засобів» відповідно до освітньо-професійної програми «Програмне забезпечення та електронні системи транспортних засобів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 171 «Електроніка» (G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка») є закріплення теоретичних і практичних знань здобувачів вищої освіти, застосування цих знань під час вирішення конкретних наукових, технічних і виробничих завдань, пов'язаних з діагностуванням транспортних засобів.

Здобувач вищої освіти, який виконує курсову роботу з дисципліни «Діагностика транспортних засобів», отримує теоретичні знання та практичні навички в сфері конструкції транспортних засобів та процесів, методів і засобів їх діагностування, що забезпечують йому можливість ефективного використання сучасного рухомого складу. Також він отримує уявлення про сучасний стан і тенденції розвитку конструкції транспортних засобів та засобів діагностування, що дозволить розробляти оптимальні

методи діагностування, технічного обслуговування та ремонту.

Метою навчального посібника є допомога здобувачам вищої освіти виконати такі частини курсової роботи:

1. Характеристика транспортного засобу. Огляд конструкції та несправностей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу;
2. Розробка технологічного процесу діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу;
3. Автоматизація процесу діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу.

Виконання курсової роботи «Діагностика транспортних засобів» згідно з освітньо-професійною програмою «Програмне забезпечення та електронні системи транспортних засобів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 171 «Електроніка» (G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка») дозволяє здобувачам вищої освіти показати на практиці такі компетентності в галузі електроніки та автоматизації, як здатність проводити діагностування, ремонт, технічне обслуговування та моделювання електронних систем транспортних засобів, спираючись на знання їх будови та принципів функціонування, а також здатність контролювати і діагностувати стан обладнання, застосовувати сучасні електронні компоненти та технічні засоби, виконувати ремонт та технічне обслуговування електронних пристроїв та систем транспортних засобів, розробляти програмне забезпечення для мікроконтролерів.

1 ВСТУП ДО ДИСЦИПЛІНИ «ДІАГНОСТИКА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ» ТА ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЯ

1.1 Загальні відомості про діагностику транспортних засобів

Діагностика стану транспортних засобів має порівняно невеликий період наукового розвитку. У спеціальній та навчальній літературі зустрічаються неоднакові терміни тих самих понять.

Діагностика технічного стану транспортних засобів – галузь науки, що вивчає та встановлює ознаки несправного стану систем, вузлів і агрегатів транспортних засобів, методи, принципи та обладнання, за допомогою яких дається висновок про технічний стан систем, вузлів і агрегатів транспортних засобів без розбирання (за прийнятою класифікацією) та прогнозування ресурсу їх справної роботи.

Технічна діагностика вирішує широке коло завдань, багато з яких є суміжними із завданнями інших наукових дисциплін. Основне завдання технічної діагностики є розпізнавання стану технічної системи за умов обмеженої інформації.

Діагностика складних систем транспортних засобів необхідно, щоб мала технічне, інформаційне та математичне забезпечення.

Технічне забезпечення діагностики є сукупністю пристроїв отримання та обробки інформації (діагностичні прилади, давачі, сигналізатори, підсилювачі і т. п.). Важливу частину технічного забезпечення сучасних систем діагностики становлять мікропроцесорні схеми, перетворювачі аналогових сигналів у цифрові бази даних, пристрої для реєстрації та подання діагностичної інформації.

Інформаційне забезпечення діагностики передбачає наявність необхідного масиву технічних відомостей, способи отримання, систематизації та зберігання діагностичної інформації. Сюди можна віднести різні програми – драйвери, які забезпечують проходження інформаційних потоків за окремими блоками системи діагностування.

Математичне забезпечення діагностики є базою алгоритмів розпізнавання станів об'єктів, що діагностуються на основі одержуваних діагностичних параметрів.

Технічна діагностика, як система, містить також спеціалістів, відповідальних за прийняття рішень та здатних розробляти елементи системи діагностування.

Фундаментальною основою розвитку технічної діагностики є дві взаємопов'язані та взаємопроникні теорії: контролепридатності та розпізнавання образів (рис. 1.1).

Контролепридатність – це властивість виробу забезпечувати достовірну оцінку його технічного стану та раннє виявлення несправностей і відмов, яке створюється конструкцією виробу та підтримується прийнятою

системою діагностування. Теорія контролепридатності розглядає питання розробки засобів та методів отримання діагностичної інформації, автоматизованого контролю та пошуку несправностей.

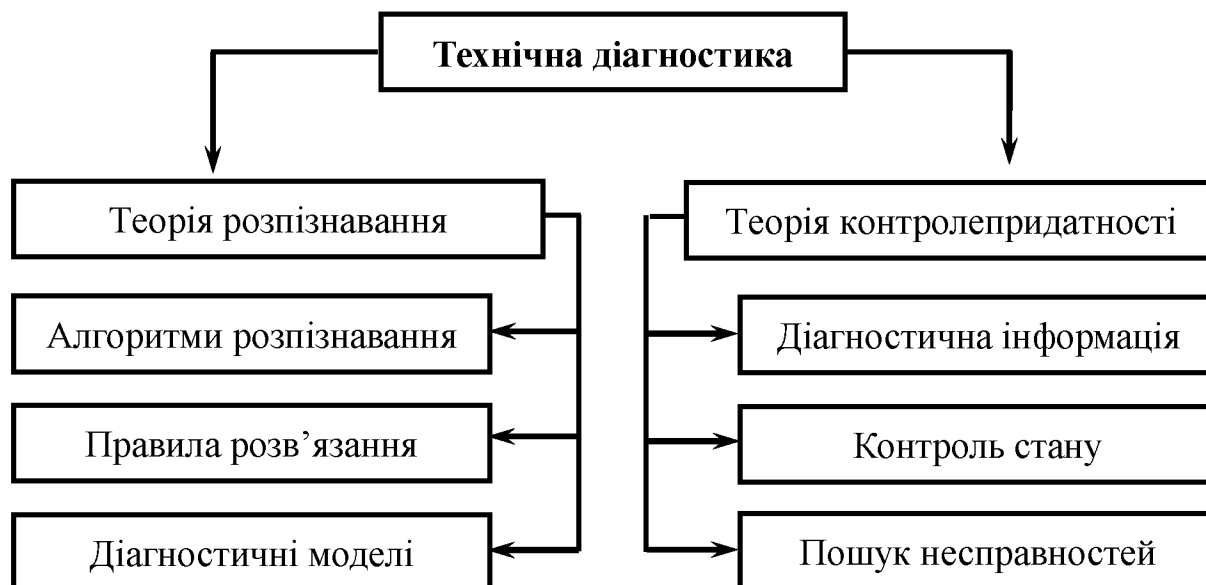


Рисунок 1.1 – Структура технічної діагностики

Методи проєктування автоматизованих систем контролю становлять один із напрямів теорії контролепридатності. Нарешті, дуже важливі завдання теорії контролепридатності пов'язані з розробкою алгоритмів пошуку несправностей, розробкою діагностичних тестів, мінімізацією процесу встановлення діагнозу.

Теорія розпізнавання образів – це розділ технічної кібернетики, де розглядаються питання машинного розпізнавання образів будь-якої природи (геометричних, звукових і т. п.). У технічній діагностиці ця теорія проявляється в алгоритмах розпізнавання, правилах прийняття рішень, розробці діагностичних моделей, що дозволяє віднести стан технічної системи до одного з можливих класів (діагнозів).

Технічна діагностика також вивчає алгоритми розпізнавання стосовно задач діагностики, які зазвичай можуть розглядатися як завдання класифікації.

Алгоритми розпізнавання у технічній діагностиці частково ґрунтуються на діагностичних моделях, що встановлюють зв'язок між станами технічної системи та їх відображеннями у просторі діагностичних сигналів. Важливою частиною проблеми розпізнавання є правила прийняття рішень (вирішальні правила).

Вирішення діагностичної задачі (віднесення виробу до справних або несправних) завжди пов'язане з ризиком «помилкової тривоги». Для прийняття обґрунтованого рішення доцільно залучати методи теорії статистичних рішень.

Вирішення завдань технічної діагностики завжди пов'язане з прогно-

зуванням ресурсу на найближчий період експлуатації (до наступного технічного огляду). Тут рішення мають ґрунтуватися на моделях відмов.

1.2 Діагностування транспортних засобів

Діагностування транспортного засобу – це процес виявлення несправностей систем, вузлів і агрегатів транспортного засобу та визначення причин їх появи без розбирання або з частковим розбиранням. Діагностування дозволяє оцінити технічний стан машини загалом, а також окремих її вузлів та агрегатів.

Для проведення процесу діагностування систем, вузлів і агрегатів допускається зняття їх з транспортного засобу та встановлення на спеціальні стенди або пристрої, які дозволяють певною мірою імітувати (відтворювати) такі ж режими, що мають місце у звичайних умовах експлуатації.

Основними завданнями технічного діагностування є:

- контроль технічного стану для встановлення значень параметрів вимог технічної документації;
- пошук місця та причин відмови (несправності);
- прогнозування технічного стану.

Предметом технічної діагностики є:

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

В основі діагностики лежать вимірювання технічних параметрів та визначення зовнішніх ознак, що відображають зміну робочих процесів та технічного стану транспортного засобу.

Під час діагностування використовують різні методи та засоби, які постійно вдосконалюються. Чим вищий технічний рівень методів та засобів діагностування, тим точніше будуть визначені діючі робочі процеси та технічний стан транспортного засобу загалом. Контроль параметрів робочих процесів дозволяє оптимізувати їх у реальному часі, керувати ними та, відповідно, підвищувати ефективність експлуатації транспортного засобу.

Об'єктом досліджень технічної діагностики є процеси, що протікають в транспортному засобі, його складових частинах, механічних, газо-, гідро-, пневматичних, електричних та електронних системах, параметри робочих процесів, що забезпечують ефективне використання транспортного засобу.

Технічна діагностика розглядає будь-який об'єкт машини як потенційне джерело дефектів та несправностей, які мають бути виявлені та усунені на всіх стадіях життєвого циклу виробу.

Як *суб'єкт* створення, експлуатації, використання та обслуговування машин виступає людина, яка виконує функції прийняття рішень та вироблення керівних впливів. У багатьох системах «людина-машина» людина віддалена від машини і взаємодіє через деякого посередника, що уособлює інформаційну модель об'єкта управління. Цим посередником є «людино-машинний інтерфейс», що втілює інтелектуальну складову системи діагностування. У багатьох випадках достовірність ухвалених рішень діагностики складних несправностей зовнішніми засобами залежить від рівня знань (кваліфікації) діагноста.

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

1.2.1 Основні терміни та поняття в сфері діагностування транспортних засобів

Технічна діагностика – галузь науки, яка вивчає та встановлює ознаки несправностей машин, механізмів та вузлів; розробляє методи та засоби для отримання висновку (діагнозу) про характер та суть несправностей; на основі вивчення динаміки зміни параметрів технічного стану агрегатів та вузлів машини забезпечує прогнозування ресурсу їхньої безвідмовної роботи.

Об'єкт технічного діагностування – це будь-який виріб (агрегат, вузол) або його складова частина, що підлягає контролю стану для визначення несправностей, причин їх появи, умов та строку безпечної експлуатації, а також потреби у ремонті або модернізації.

Автомобіль як матеріальний об'єкт технічного діагностування є складною системою. Загальна кількість діагностичних параметрів досягає кількох сотень, а кількість окремих підсистем та механізмів – кілька десятків. У міру електронізації автомобіля кількість діагностичних параметрів значно зростає. Особливості розв'язання задач діагностування визначаються насамперед особливостями об'єктів.

Вибір конкретних об'єктів діагностування, структурних, ресурсних та функціональних параметрів машин є одним із першочергових завдань, що визначають зміст подальших розробок у технічній діагностиці.

Усі об'єкти в технічній діагностиці прийнято розділяти на три групи: безперервні об'єкти, дискретні та гібридні. До безперервних об'єктів належать об'єкти, параметри яких у процесі функціонування можуть набувати безліч значень. Це механічні системи автомобілів, тракто-

рів, сільськогосподарських машин, двигунів внутрішнього згоряння, електродвигунів, будівельних машин і т. д. До *дискретних об'єктів* належать об'єкти цих машин, параметри яких задаються на кінцевих множинах і час відраховується дискретно. Це система запалювання двигунів, електронно-цифрові мікросхеми систем управління, релейно-контактні схеми та ін. *Гібридні об'єкти* технічної діагностики є комбінацією безперервних і дискретних механізмів, агрегатів, пристроїв. Цикл їхнього функціонування є постійним у часі.

Діагностування – це процес визначення технічного стану машини безрозбірними методами для отримання діагнозу. Висновок про технічний стан машини (вузла, агрегату), що здійснюється на основі аналізу параметрів технічного стану об'єктів діагностування, називається **технічним діагнозом**.

Перевірка – сукупність операцій, що проводяться з об'єктом діагностування з метою отримання результату, за яким можна визначити стан хоча б одного елемента системи. До числа основних операцій, що виконуються під час перевірки, входить контроль ознак, які характеризують стан системи загалом або її елементів.

Діагностичний тест – сукупність перевірок, достатня для виявлення усіх, заданих раніше, розрізнявальних станів системи.

Алгоритм діагностування – послідовність виконання перевірок, що входять в діагностичний тест, та правила обробки результатів перевірок з метою отримання діагнозу.

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

Основним поняттям технічної діагностики є технічний стан. **Технічний стан** – сукупність властивостей об'єкта, схильних до зміни в процесі експлуатації. Вони характеризують його придатність до використання за призначенням та визначаються в заданий момент часу значеннями параметрів і якісними ознаками, склад яких встановлений технічною документацією. Розрізняють такі *види технічного стану*: *справний та несправний, роботоздатний та нероботоздатний*.

Справність – стан об'єкта, за якого він задовольняє всі вимоги нормативно-технічної та конструкторської документації.

Роботоздатність – стан об'єкта, за якого значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної та конструкторської документації. Таким чином, об'єкт може бути роботоздатний, але несправний (наприклад, пом'яте крило у автомобіля не заважає йому виконувати транспортні та інші роботи).

Технічний стан машини (вузла, агрегату) оцінюється *параметрами*, які поділяються на *структурні та діагностичні*.

Структурний параметр – фізична величина, що безпосередньо характеризує технічний стан (роботоздатність) транспортного засобу (напри-

клад, розміри деталей з'єднання та зазори між ними); її визначають прямими вимірами.

Діагностичний параметр – фізична величина, що побічно характеризує стан транспортного засобу (наприклад, кількість газів, що прориваються в картер двигуна, потужність двигуна, витрата масла, стукіт і т. д.); її контролюють за допомогою засобів діагностування. Діагностичні параметри відображають зміну структурних.

Між структурними та відповідними їм діагностичними параметрами існує певний кількісний зв'язок. Наприклад, величина зазорів у з'єднаннях деталей циліндро-поршневих груп двигунів діагностується за кількістю газів, що прориваються в картер, і витратами картерного масла; величина зазорів у підшипниках колінчастого вала двигуна – за тиском у масляній магістралі; ступінь розрядження акумуляторної батареї – за щільністю електроліту.

Діагностичні параметри можуть бути **прямими**, що безпосередньо відображають внутрішні параметри машин (момент, частота і рівномірність обертання, зазори, шорсткість поверхні) і **непрямими**, що відображають зв'язок між внутрішніми та вихідними параметрами (фізичні поля: вібраційні, акустичні, теплові). Під час вирішення завдань діагностування зазвичай перевага надається непрямим параметрам через більшу доступність проведення вимірювань на працюючому обладнанні без розбирання механізму. На стадії вибору діагностичних параметрів визначається можливість вимірювання та підбираються засоби діагностування.

Кількісною мірою параметрів стану (структурних і діагностичних) є їх значення, які можуть бути *номінальними, допустимими, граничними та поточними*.

Номінальне значення параметра – значення, що визначається функціональним значенням параметра та слугує початком відліку відхилень. Номінальне значення спостерігається у нових і капітально відремонтованих складових частин.

Допустиме значення (відхилення) параметра – граничне його значення, за якого складову частину транспортного засобу після контролю допускають до експлуатації без операцій технічного обслуговування або ремонту. Це значення наводять у технічній документації на обслуговування та ремонт транспортних засобів. За допустимого значення параметра складова частина транспортного засобу надійно працює до наступного планового контролю.

Граничне значення параметра – найбільше або найменше значення параметра, яке може мати роботоздатна складова частина. Водночас подальша експлуатація складової частини або транспортного засобу загалом без проведення ремонту неприпустима через різке збільшення інтенсивності зношування з'єднань деталей, надмірного зниження економічності транспортного засобу або порушення вимог безпеки.

Поточне значення параметра – значення параметра у кожний момент часу.

В процесі вибору параметра як діагностичного необхідно враховувати вимоги до діагностичних параметрів, такі як максимальна чутливість, інформативність, стабільність, технологічність вимірювання.

Чутливість діагностичного параметра характеризується величиною відхилення його значення за заданих змін структурного параметра.

Інформативність діагностичного параметра, з одного боку, визначається кількістю виявлених ним відмов об'єкта, що діагностується, з іншого, встановлює відповідність кожному значенню діагностичного параметра тільки одного достатньо визначеного стану об'єкта.

Стабільність діагностичного параметра забезпечує його незмінність під час процесу діагностування.

Технологічність вимірювання діагностичного параметра забезпечується конструкцією об'єкта та засобів діагностування, характеризується зручністю підключення діагностичної апаратури, трудомісткістю та вартістю процесу обробки результатів вимірювань і постановки діагнозу.

Граничні значення параметрів стану залежно від того, на підставі яких критеріїв (ознак) вони встановлюються, діляться на три групи: технічні, техніко-економічні, технологічні (якісні).

Технічні критерії (ознаки) характеризують граничний стан складових частин, коли вони не можуть більше виконувати свої функції з технічних причин (наприклад, граничне збільшення кроку ланцюга (понад 40 % номінального значення) призводить до його прослизання на зірочках і спадання) або коли подальша експлуатація об'єкта призведе до аварійного стану (наприклад, робота за граничного тиску масла в магістралі призводить до виходу з ладу двигуна).

Техніко-економічні критерії, що характеризують граничний стан, вказують на зниження ефективності використання об'єкта внаслідок зміни технічного стану (наприклад, у випадку граничного зносу циліндро-поршневої групи витрата масла збільшується більш ніж на 3,5 %, що вказує на недоцільність роботи на такому двигуні).

Технологічні критерії характеризують різке погіршення якості виконання робіт через граничний стан складових частин транспортного засобу.

Ресурс – обсяг робіт (напрацювання), що виконується транспортним засобом до граничних значень основних параметрів.

Серед структурних параметрів розрізняють ресурсні та функціональні.

Ресурсний параметр – параметр, зміна якого понад граничне значення призводить до втрати роботоздатності вузла (агрегату), транспортного засобу внаслідок вичерпання ресурсу або виникнення критичного дефекту. Відновити роботоздатність можна тільки ремонтом або заміною вузла, що відмовив.

Функціональний параметр – параметр, зміна якого понад допустиме значення призводить до втрати роботоздатності внаслідок зміни показників технічної характеристики об'єкта. Відновити роботоздатність в цьому

випадку можливо регулюванням механізмів і систем під час технічного обслуговування або іншими впливами.

Залишковий ресурс – прогнозований термін безвідмовної роботи об'єкта до переходу в граничний стан, що обчислюється з моменту прогнозування.

Діагностичні параметри бувають узагальнені та локальні.

Узагальнений (комплексний) діагностичний параметр характеризує стан кількох складових частин транспортного засобу чи транспортний засіб загалом.

Локальний діагностичний параметр характеризує стан одного окремого елемента.

Звідси виникають і такі терміни: комплексне діагностування та поелементне діагностування.

Комплексне діагностування автомобілів – це повний огляд усіх систем і вузлів транспортного засобу, що проводиться для виявлення існуючих або потенційних несправностей.

Діагностування поелементне (поглиблене) – діагностування автомобіля, агрегатів, вузлів за діагностичними параметрами, що характеризують їх технічний стан з виявленням місця, причини та характеру несправності або відмови.

Діагностування транспортних засобів проводять:

- відповідно до планів технічного обслуговування або ремонту – планове;
- у разі відмов або заявок водія про незадовільну роботу транспортного засобу – заявочне;
- що передує поточному чи капітальному ремонту – ресурсне.

Для автомобілів встановлено два основні види діагностування: загальне та поелементне. Загальне діагностування «Д-1» виконується з періодичністю «ТО-1», поелементне (поглиблене) діагностування «Д-2» – з періодичністю «ТО-2».

1.2.2 Види діагностування транспортних засобів

Технічне діагностування застосовується в тому чи іншому обсязі під час всіх видів технічного обслуговування і ремонту техніки. Крім традиційних робіт (періодичні технічні обслуговування, поточний і капітальний ремонти, зберігання машин) останнім часом діагностування застосовують в процесі передпродажного обслуговування, під час сертифікації сервісних робіт, технічного огляду, оцінювання вартості у випадку придбання та продажу транспортних засобів і їх агрегатів (таблиця 1.1). У зв'язку з підвищенням конструктивної складності транспортних засобів застосування процесів діагностування стало необхідним під час технологічного регулювання і в процесі впровадження автоматизації як контрольної операції для підтвердження можливості якісного функціонування об'єкта.

Таблиця 1.1 – Види діагностування транспортних засобів

Вид діагностування	Призначення	Основний зміст
Перед продажем	Контроль транспортних засобів з метою визначення їх відповідності технічним вимогам	Перевірка відповідності параметрів стану транспортних засобів технічним вимогам під час продажу
Під час технічного обслуговування	Визначення готовності транспортних засобів до роботи протягом зміни, до чергового технічного обслуговування та сезонних технічних обслуговувань	Контроль справності та роботоздатності механізмів і складових частин, які забезпечують безвідмовність за зміну роботи до чергового технічного обслуговування та в наступному сезоні
Заявочне	Пошук розрегулювань, дефектів або контроль роботоздатності у разі надходження заявки на несправність чи нероботоздатність транспортного засобу	Визначення виду, місця та причини дефекту, розрегулювань або контроль роботоздатності транспортного засобу
Ресурсне	Визначення залишкового ресурсу складових частин транспортного засобу перед ремонтом	Перевірка технічного стану ресурсних агрегатів або ресурсних складових частин транспортного засобу
Перед і під час ремонту	Визначення складових частин і агрегатів транспортного засобу, які підлягають ремонту чи відновленню	Виявлення параметрів, значення яких перевищують допустимі, під час цього виду ремонту
Після ремонту	Оцінення якості ремонту вузлів та агрегатів транспортних засобів	Контроль справності та роботоздатності механізмів і складових частин транспортних засобів на відповідність їх технічним вимогам на ремонт
Під час утилізації транспортних засобів	Визначення складових частин, які придатні для подальшої експлуатації після ремонту чи відновлення транспортних засобів	Контроль стану складових частин транспортних засобів, які можуть бути використані після їх ремонту чи відновлення

Види діагностування залежать від змісту роботи, починаючи від передпродажного технічного обслуговування машини і закінчуючи її утилізацією.

Передпродажне діагностування транспортних засобів здійснюють після їх транспортування і складання перед безпосереднім продажем з метою оцінення якості складання і готовності машини до роботи (стан кріпильних деталей, заправка маслом, іншими робочими рідинами, швидкий пуск двигуна та ін.).

Діагностування під час технічного обслуговування виконують з метою виявлення значень параметрів, що перевищують допустимі.

Заявочне діагностування проводять у разі надходження заявки про появу в процесі роботи несправності у вигляді незвичайного стукоту деталей, перегріву складової частини, зменшення потужності та продуктивності машини, збільшення витрати палива і т. п.

Ресурсне діагностування складових частин і агрегатів транспортних засобів здійснюють перед ремонтом з метою визначення його виду. Водночас контролюють ресурсні параметри, граничні значення яких обумовлюють проведення капітального ремонту агрегату.

Діагностування агрегатів перед і під час ремонту виконують перед ремонтом або в процесі ремонту об'єкта (поточного або капітального). Основний зміст такого діагностування полягає у перевірці стану ресурсних складових частин і складальних одиниць в агрегаті.

Післяремонтне діагностування проводять з метою контролю якості ремонту за параметрами функціонування і параметрами, що характеризують здатність виконувати задані функції до наступного ремонту. Об'єктами діагностування є агрегати повнокомплектних машин.

Діагностування автомобілів є технологічним елементом технічного обслуговування і ремонту автомобіля та дозволяє отримати інформацію про його технічний стан за діагностичними параметрами.

Залежно від призначення, періодичності, переліку та місця виконання діагностування поділяють на два види: *загальне (Д-1)* та *поелементне поглиблене (Д-2)*.

Діагностування «Д-1» призначене для виявлення несправностей механізмів та систем, що визначають безпеку руху автомобіля, а також з'єднань, що мають мале напрацювання на відмову або можливість регулювання. Цю дію здійснюють з метою контролю якості ремонтно-обслуговувальних робіт за вказаними елементами, виконання нетрудомістких регулювальних операцій із застосуванням засобів діагностування та вибіркової перевірки для виявлення автомобілів, технічний стан яких не відповідає вимогам безпеки руху.

Під час планового діагностування «Д-1» перевіряють справність гальм, рульового управління, шин, зовнішніх приладів освітлення та сигналізації, а також встановлення передніх коліс. Якщо за результатами діагностування «Д-1» автомобіль не може бути випущений на лінію і не піддається регулюванню на ділянці «Д-1», він має бути спрямований на станцію технічного обслуговування для усунення несправностей з подальшою перевіркою.

Діагностування «Д-1» можна проводити за допомогою швидкодійних засобів діагностування систем автомобіля, що забезпечують безпеку руху. Їх доцільно застосовувати на автотранспортних підприємствах, базах централізованого технічного обслуговування, станціях технічного обслуговування автомобілів, які мають необхідний обсяг робіт з діагностування «Д-1» для раціонального завантаження обладнання.

Планове діагностування «Д-1» проводять, зазвичай, з періодичністю технічного обслуговування «ТО-1». Воно має забезпечувати випуск на лінію технічно справного щодо безпеки руху автомобіля. Вибірково діагностування «Д-1» проводять після поточного ремонту систем, що забезпечують безпеку руху автомобіля.

Діагностування «Д-2» призначене для визначення загального технічного стану автомобіля, а також виявлення конкретних несправностей, їх місць, характеру, причин та способів усунення за допомогою різних діагностичних стендів та приладів.

Під час планового діагностування «Д-2» перевіряють ефективність робочих процесів за тяговими показниками, витратою палива, значенням механічних втрат, вібрації, рівня шуму, складу відпрацьованих газів та інших ознак, що визначає роботоздатність, довговічність та безвідмовність автомобілів. Також діагностують двигун та його системи, агрегати трансмісії та ходової частини, перекидальний механізм самоскида, електрообладнання; перевіряють встановлення фар, справність контрольно-вимірювальних приладів та ін.

Діагностування «Д-2» дозволяє здійснювати пошук несправностей, усунення яких потребує виконання ремонтних робіт великої трудомісткості. Відповідно до вимог раціональної технології ці несправності підлягають усуненню на дільниці поточного ремонту до початку технічного обслуговування «ТО-2».

В процесі діагностування «Д-2» проводять також поелементну перевірку елементів, що впливають на безпеку руху, наприклад, підсилювачів рульового управління, шворневих з'єднань, карданних передач.

Перед виконанням та в процесі діагностування «Д-2» проводять необхідні для забезпечення його якості підготовчі роботи, такі як перевірка та підкачування шин, встановлення автомобіля на стенд, приєднання давачів приладів, прогрівання двигуна та інших агрегатів тощо.

Одним з технологічних завдань діагностування «Д-2» є визначення дійсної потреби у виробництві запланованих робіт, що виконуються не під час кожного обслуговування, а з певним коефіцієнтом повторюваності, що дозволяє отримати інформацію для оперативного планування робіт та управління технічним обслуговуванням й поточним ремонтом автомобілів.

У спеціальній літературі зустрічаються терміни *експлуатаційне* та *заводське* діагностування автомобілів. Між ними є суттєва відмінність.

Суть **експлуатаційного діагностування** полягає у вимірі вибраних симптомів, формуванні діагнозу та прогнозуванні ресурсу роботоздатного стану об'єкта.

Якщо ж перевірка обмежується лише вимірюванням числових значень симптомів і порівнянням їх із технічними умовами без подальшого прогнозування ресурсів, це функціональний контроль, званий *заводським діагностуванням*. Застосовується заводське діагностування переважно на автомобілебудівних заводах і рідше – на авторемонтних підприємствах з метою визначення якості продукції, що випускається. На автомобільних заводах пости кожного конвеєра обладнані діагностичними стендами з біговими барабанами. Там виконується об'єктивний контроль основних агрегатів і систем; двигуна, гальм, ходової частини, рульового управління. Вимірюються потужність, що розвивається двигуном, гальмівні моменти, бічні зусилля, що виникають під час обертання керованих коліс і т. д.

Експлуатаційна діагностика має ширше призначення.

Періодичне діагностування з прогнозуванням дозволяє своєчасно виявляти та усувати несправності, тим самим не допускати появи відмов. Вона є основою профілактики та сприяє значному продовженню терміну роботоздатного стану автомобілів.

Експлуатаційне діагностування автомобілів можна класифікувати:

- як комплексне (загальну) та поелементне;
- цільове та суміщене;
- за місцем проведення – виробниче та дорожнє;
- за повнотою охоплення автомобіля контролем – повне та часткове.

Загальне діагностування проводиться задля загального оцінення стану автомобіля. На відміну від нього поелементне діагностування є більш глибоким видом об'єктивного контролю та виконується з метою виявлення причини й місця дислокації несправності.

Якщо загальне діагностування виконується в дуже малий період часу та за обмеженим числом ознак, то його називають *експрес-діагностуванням*.

Цільове діагностування застосовується у тих випадках, коли необхідно встановити перелік профілактичних та ремонтних робіт, необхідних цьому автомобілю, який подано на технічне обслуговування.

Під час збирання врожаю, масових перевезень будівельних матеріалів та в інших випадках, коли рухомий склад тривалий час працює у відриві від автотранспортного підприємства, потреба у контролі зростає. Діагностування, що застосовується тут, отримало назву *дорожнє*. У цьому випадку використовуються легкі переносні засоби.

У технічній літературі зустрічаються поняття повного та часткового діагностування стану автомобілів. *Повне діагностування* виконується на підприємстві із застосуванням стендів та різноманітних приладів.

Часткове діагностування слугує переважно з метою оцінення стану механізмів, які впливають на безпеку руху. Роботи організовуються на спеціалізованих діагностичних стендах.

Великий перелік видів об'єктивного контролю автомобілів можна пояснити різноманітністю умов його застосування та призначень.

1.2.3 Методи діагностування

Методи діагностування класифікують залежно від характеру та фізичної суті ознак, що розпізнаються, і вимірюваних параметрів технічного стану об'єктів.

Методи діагностування поділяють на дві групи: органолептичні (суб'єктивні) та інструментальні (об'єктивні). Інструментальні методи за характером вимірювання параметрів поділяються на прямі (безпосереднє визначення) і непрямі (за діагностичними параметрами) методи.

Органолептичними методами є перевірка на слух і оглядом, дотиком і нюхом.

На слух виявляють місця і характер ненормальних стукотів, шумів, перебоїв в роботі двигуна, місця збільшення зазору між клапанами і коромислами механізму газорозподілу, несправностей трансмісії і ходової системи (по скреготу, шуму і люфту), нещільності (по шуму прориву повітря) і т. п.

Оглядом встановлюють місця підтікання масла, води, палива, колір відпрацьованих газів, диміння з сапуна, биття обертових частин, натяг ланцюгових передач та ін.

Дотиком встановлюють місця і ступінь ненормального нагріву, биття, вібрації деталей, в'язкість і липкість рідини і т. п.

Нюхом визначають за характерним запахом відмову муфт зчеплення і повороту, протікання палива, електроліту, коротке замикання електропроводки та ін.

Як показує практика, досвідчені механіки до 70 % несправностей і відмов двигунів та інших агрегатів оперативно визначають за допомогою органолептичних методів і найпростіших тестів.

Вимірювання параметрів технічного стану інструментальними методами виконують з використанням діагностичних засобів.

За фізичним принципом або процесом інструментальні методи діагностування діляться на енергетичні, пневмогідравлічні, теплові, віброакустичні, кінематичні, оптичні та електромагнітні.

Кожний метод призначений для вимірювання показника певного фізичного процесу. Класифікація за використанням фізичного процесу дозволяє виявити можливості, технічну характеристику відповідного методу діагностування. Процес характеризується зміною фізичної величини у часі; наприклад в основі енергетичного процесу лежать фізичні величини – сила, потужність; пневмогідравлічного – тиск; теплового – температура; віброакустичного – амплітуда коливань на певних частотах і т. д.

За характером вимірювання параметрів інструментальні методи діагностування тракторів поділяються на прямі і непрямі.

Прямі методи ґрунтуються на вимірі структурних параметрів технічного стану безпосередньо прямим вимірюванням: зазорів в підшипниках, прогину пасових і ланцюгових передач, розмірів деталей і т. д.

Непрямі методи ґрунтуються на визначенні параметрів технічного стану агрегатів машин по діагностичних (непрямих) параметрах. Непрямі методи ґрунтуються на вимірі значень безпосередньо фізичних величин, що характеризують технічний стан механізмів, систем і агрегатів машин: тиску, перепаду тиску, температури, перепаду температур в робочому тілі системи, витрати газу, палива, масла, параметрів вібрації складових частин машин, прискорення під час розгону двигуна та ін.

Кінематичний метод діагностування оснований на вимірюванні відносного переміщення деталей, зміни їх відносного положення, макроеометрії деталей. Він містить контроль зазорів у з'єднаннях, сумарних зазорів кінематичного ланцюга, радіальних, торцевих і кутових переміщень валів механізмів, неспіввісності і непаралельності.

Кінематичний метод використовується для контролю зазорів в підшипникових вузлах, в зубчастих передачах і шліцьових з'єднаннях, в механізмі газорозподілу двигуна внутрішнього згорання, в кривошипно-шатунному механізмі, в рульовому управлінні, в механізмах управління муфтою зчеплення і гальмами, для контролю зносу ланцюгових передач і гусениць тракторів і т. д. Цей контроль проводиться за умови непрацюючого об'єкта і, як правило, без розбирання механізмів. Метод досить простий для практичного застосування.

Технічна реалізація кінематичного методу нескладна. Зазвичай використовують відомі засоби лінійних і кутових вимірів (індикатори годинникового типу, кутоміри, щупи). Для забезпечення необхідної точності надійно закріплюють вимірювальний засіб на базовій (нерухомій) деталі, наприклад на корпусі механізму.

Кінематичний метод дозволяє оцінювати такі дефекти деталей, як знос і деформації, порушення посадок і жорсткості їхніх з'єднань. Такі дефекти найчастіше зустрічаються в механічних системах. Тому кінематичний метод є одним з основних методів діагностування механічних систем.

Віброакустичний метод діагностування оснований на реєстрації параметрів пружних коливань, що виникають у механізмах за співудару деталей під час функціонування. Пружні коливання (структурний шум) на відміну від повітряного шуму, поширюються по корпусу механізму. В процесі діагностування вони фіксуються давачами, що перетворюють механічні коливання на електричні сигнали. Це, як правило, п'єзоелектричні перетворювачі прискорень. Давачі встановлюють на корпус механізму.

Енергія удару і, відповідно, амплітуда віброімпульсів, сформованих при співударі, залежать від зазору між деталями. У разі збільшення зазору зростає швидкість в момент зіткнення. За величиною амплітуди сигналу, моменту (фази) його появи і частоти оцінюють величину зазору, тобто в

якості діагностичних параметрів використовуються амплітудно-фазові параметри і несучу частоту сигналів, що генеруються давачем. Електричні сигнали обробляються і аналізуються відповідної підсилювальним, вимірювальним та аналізувальним обладнанням.

Метод є універсальним, може бути використаний для оцінення стану різних механізмів і з'єднань, в яких відбуваються співудари деталей (підшипники кочення і ковзання, зубчасті передачі, шліцьові з'єднання, кривошипно-шатунний механізм, механізм газорозподілу двигунів внутрішнього згоряння, кулачкові механізми і т. д.).

Однак віброперетворювач сприймає результуючі коливання, що надходять практично від усіх з'єднань механізму одночасно. Тому під час віброакустичного діагностування складним завданням є розподіл сигналів і виділення сигналу. Зазвичай застосовують такі методи селекції (поділу) сигналів: частотний, часовий і амплітудний.

Пневматичні методи діагностування основані на оціненні герметичності замкнутих порожнин різних пристроїв: паливних баків, серцевин радіаторів, з'єднань трубопроводів, камери згоряння і циліндропоршневої групи двигунів внутрішнього згоряння, ущільнювальних пристроїв агрегатів трансмісії і ходової системи.

Пневматичні методи прості і доступні, реалізуються на базі нескладних технічних засобів (манометри, вакуумметри, диференціальні манометри, пневматичні та пневмовакуумний калібратори, індикатори герметичності).

Як діагностичні найчастіше використовують такі параметри: час зниження тиску повітря за заданих меж зміни тиску; відносна нещільність; абсолютна нещільність.

Схему складових процесу діагностування подано на рис. 1.2.

З наведеного опису процесу формування системи діагностування транспортних засобів видно випадковий характер стану її основних елементів, об'єднаних в єдиний комплекс. Для вивчення цього комплексу методично зручно розглядати об'єкт і елементи процесу діагностування двояко (таблиця 1.2): по-перше, як систему фізичних характеристик і, по-друге, як математичні моделі опису їх змін в процесі експлуатації.

Перше містить в собі характеристику механізмів, вузлів і агрегатів транспортного засобу за призначенням, будовою та специфічними ознаками, техніко-економічною характеристикою несправностей, характеристикою структурних і діагностичних параметрів та процесів їх зміни, характеристикою нормативних показників процесів, засобів і технологію діагностування, а також пристосованість машини до визначення її стану.

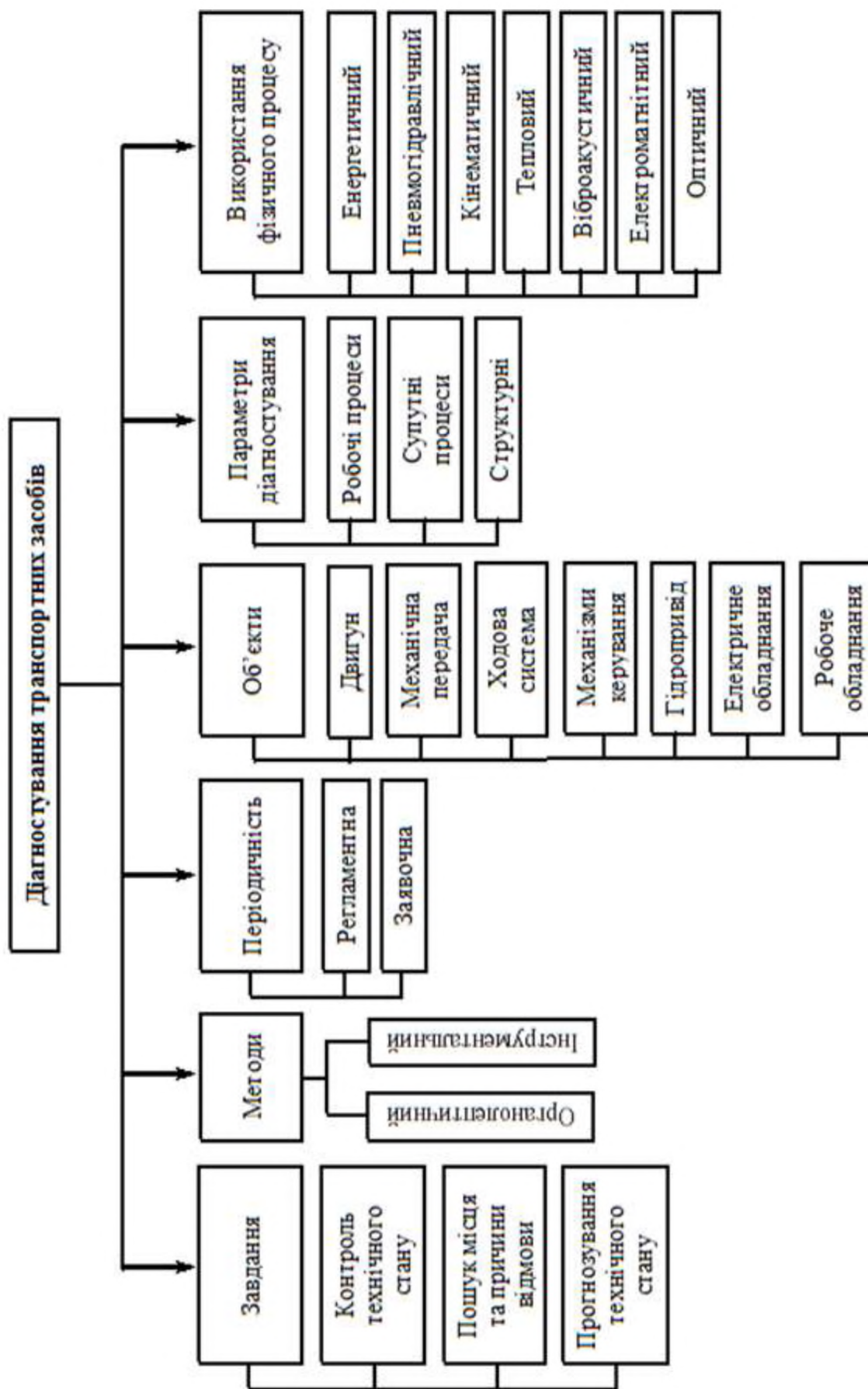


Рисунок 1.2 – Структура процесу діагностування транспортних засобів

Таблиця 1.2 – Фізична та математична характеристики елементів систем діагностування

Фізичні характеристики	Математичні моделі
Об'єкт діагностування	Структура, функціонування, надійність об'єкта
Зміна параметрів технічного стану об'єкта діагностування	Опис дискретних та безперервних змін діагностичних параметрів технічного стану
Нормативні показники	Визначення нормативних величин діагностичних параметрів та прогнозування ресурсу
Засоби діагностування	Оцінення техніко-економічних якостей діагностування
Технологія діагностування	Алгоритми діагностування

Друге відображає формалізований опис об'єкта та його техніко-економічні критерії, математичні моделі закономірностей зміни структурних і діагностичних параметрів об'єкта, опис законів розподілу відмов і несправностей; моделі зав'язків між структурними та діагностичними параметрами об'єкта; критерії кількісного оцінення діагностичних параметрів; моделі визначення нормативних показників та моделі прогнозування; моделі оцінення засобів; алгоритм постановки діагнозу і процедури діагностування.

1.2.4 Засоби діагностування

Засоби діагностування являють собою технічні пристрої, призначені для вимірювання діагностичних параметрів тим чи іншим методом. До їх складу входять:

- пристрої, що задають тестовий режим;
- давачі, що сприймають діагностичні параметри у вигляді, зручному для обробки або безпосереднього використання (як правило, у вигляді електричного сигналу);
- пристрої для обробки сигналу (посилення, аналізу, фільтрації), для постановки діагнозу, індикації результатів, їх зберігання або передачі в органи управління.

Серед засобів діагностування найпоширеніші переносні (рис. 1.3), пересувні (рис. 1.4), бортові (рис. 1.5) та стаціонарні комплекти діагностичних засобів (рис. 1.6). Найбільше діагностичних приладів та їх комплектів є для контролю двигунів внутрішнього згоряння, зокрема дизелів.

Зовнішні засоби діагностування залежно від їх технологічного призначення можуть бути виконані у вигляді переносних приладів і пересувних станцій, укомплектованих необхідними вимірювальними пристроями, та

стаціонарних стендів. На автотранспортному підприємстві застосовують стенди та переносні прилади, а за межами підприємства – рухомі станції діагностування та безстендові діагностичні засоби. Зовнішні засоби діагностування забезпечують отримання та обробку інформації про технічний стан транспортних засобів, необхідний для їх обслуговування та ремонту.



а – мультиметр автомобільний «UNI-T UT107+»; б – тестер акумуляторних батарей «TRISCO R-510D»; в – компресометр бензиновий «TRISCO G-320HD»;

Рисунок 1.3 – Переносні засоби діагностування



а – установка для діагностування та очищення форсунок систем живлення двигунів «G.I.KRAFT GI19114»; б – детектор шуму підвіски автомобілів «Well Kraft W-1043»; в – модульна система аналізу відпрацьованих газів «BOSCH BEA 850»

Рисунок 1.4 – Пересувні засоби діагностування

Вмонтовані (бортові) засоби діагностування – це давачі і прилади (електронно-обчислювальні прилади, блоки живлення, індикацію) для обробки діагностичних сигналів (посилення, порівняння з нормативами) і безперервного або досить частого вимірювання параметрів технічного стану, що входять в конструкцію транспортних засобів. Найпростіші засоби вмонтованого діагностування реалізуються у вигляді традиційного щитка

приладів водія. Більш складні засоби вмонтованого діагностування дозволяють водієві постійно контролювати стан гальм, витрата палива, токсичність відпрацьованих газів, а також вибирати найбільш економічні і безпечні режими роботи транспортного засобу або своєчасно припиняти рух за аварійної ситуації. Крім того, наявність таких засобів дає можливість водієві своєчасно усувати дрібні несправності приладів системи живлення і запалювання двигуна безпосередньо під час експлуатації.



а – автосканер «Thinkcar THINKSCAN 689BT»; б – автосканер «Launch Creader Millennium 30»; в – автосканер «THINKSCAN PLUS S4»

Рисунок 1.5 – Бортові засоби діагностування



а – стенд для перевірки генераторів та стартерів «Banchetto Profi Inverter 02.004.05»; б – стенд для діагностування амортизаторів «MS201»; в – стенд для діагностування паливних насосів високого тиску дизельних двигунів «НТ-3000»

Рисунок 1.6 – Стаціонарні засоби діагностування

Засоби бортового діагностування дозволяють діагностувати машину в процесі експлуатації та поділяються на такі групи:

- граничні автомати, що припиняють роботу автомобіля (агрегату);
- індикатори постійної дії (наприклад, показчик тиску масла в системі мащення двигуна) або періодичної дії (сигналізатори або прилади візуального спостереження, такі як давачі рівня гальмівної рідини);
- накопичувачі інформації з виведенням на сигналізатори або з періо-

дичним зніманням інформації для подальшої її обробки в стаціонарних умовах;

- пристрої централізованого отримання інформації.

Недоліком складних засобів вмонтованого діагностування є необхідність обладнання кожного транспортного засобу окремо високовартісним обладнанням. Застосування таких вмонтованих засобів діагностування, насамперед, доцільно на спеціальних транспортних засобах складної конструкції для забезпечення підвищеної безвідмовності.

Комбінація вбудованих та зовнішніх засобів діагностування дозволяє значно знизити ймовірність пропуску відмов та підвищити достовірність інформації.

Класифікацію засобів діагностування транспортних засобів подано на рис. 1.7.

В технічному завданні на розробку засобів діагностування, спочатку визначають функціональне призначення діагностичного засобу та його категорію, що комплексно характеризує конструкцію або композицію і прив'язку засобу до об'єкта діагностування. Потім уточнюють конструктивні параметри і особливості та функціональне наповнення засобу діагностування. Далі розглядається клас (марки) транспортних засобів або їх складових (систем, агрегатів) для визначення переліку діагностичних параметрів, які підлягають аналізу, діапазонів та умов їх вимірювання (реєстрації). Перелічені ознаки є підставою для складання ідентифікаційних кодів в каталогах продукції, що реалізується. За наведеними ознаками розрізняють такі категорії засобів діагностування:

- **діагностичний прилад** – засіб діагностування, в якому вимірювання та реєстрація (індикація) діагностичного параметра (електричного або неелектричного) реалізується електричним способом;

- **діагностичний пристрій** – засіб діагностування, який входить до складу діагностичного приладу (стенда, комплексу), виконує певні функції перетворення, але не має операторської периферії (органів керування та індикаторів);

- **діагностичне обладнання** – засоби діагностування, які встановлюються на борту транспортного засобу або інтегровані в його агрегати чи системи;

- **діагностичне устаткування** – засоби діагностування, які використовуються за межами борту транспортного засобу (не входить до складу транспортного засобу);

- **діагностична установка** – засіб діагностування, за допомогою якого активізується (стимулюється) об'єкт діагностики з метою проведення перевірок;

- **діагностичний стенд** – стаціонарне конструктивне (в стаціонарному виконанні) та функціональне поєднання діагностичної установки з діагностичними приладами;

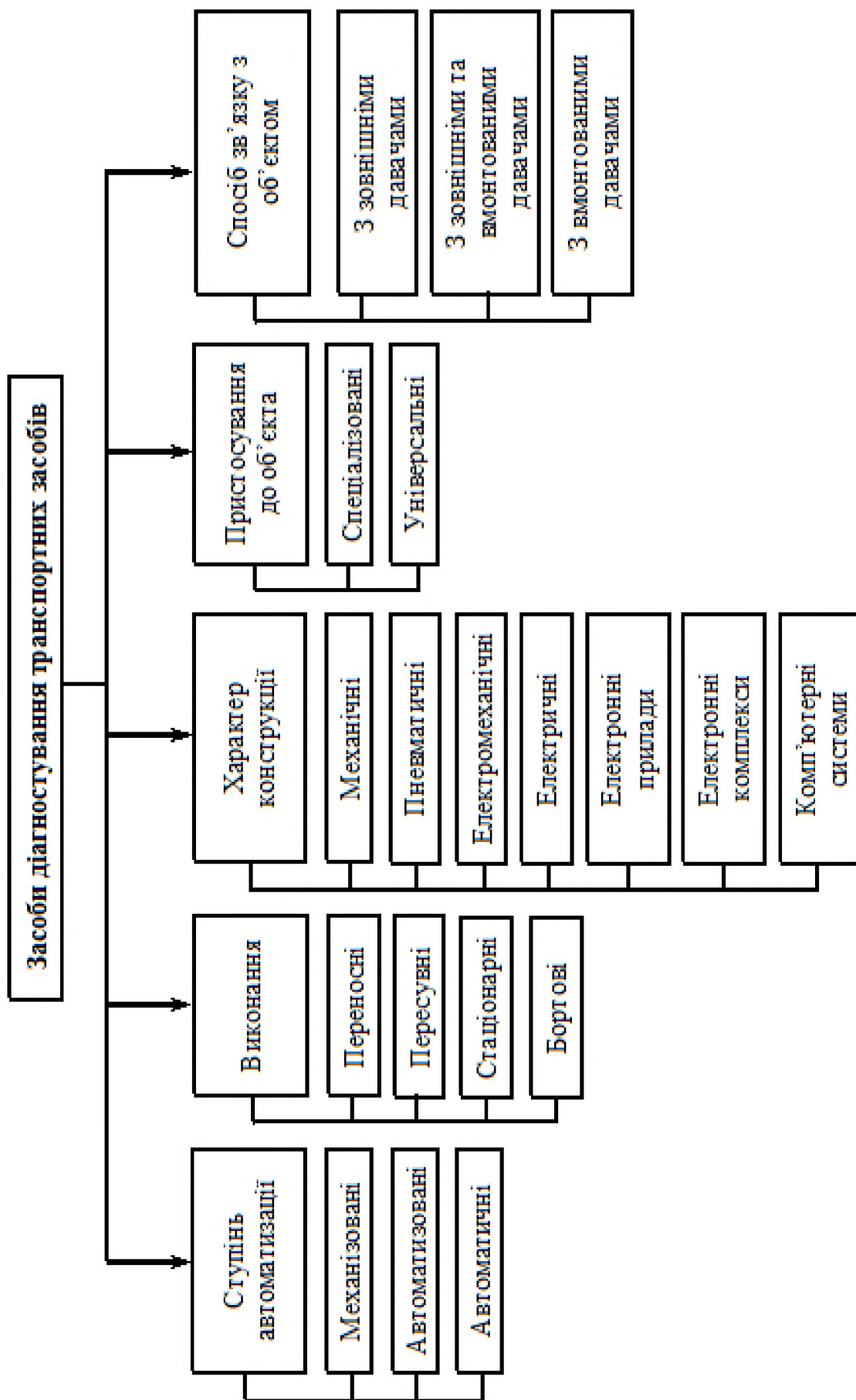


Рисунок 1.7 – Засоби діагностування транспортних засобів

- **діагностична система** – засіб діагностування, в якому реалізовано поєднання діагностичного обладнання та устаткування на функціональному (програмному) та апаратному рівні;

- **діагностичний інструмент** – простий неелектричний засіб діагностування, який призначений для вимірювання (реєстрації) неелектричного діагностичного параметра або налаштування вузлів та агрегатів;

- **діагностичний комплекс** – функціонально пов'язане діагностичне устаткування, до складу якого входять діагностичні стенди та прилади різного призначення (діагностичні пости, лінії).

За структурною ознакою діагностичні прилади можна поділити на вимірювачі, активізатори і тестери.

Вимірювач – діагностичний прилад, в якому інформаційний сигнал про діагностичний параметр формується за рахунок енергії об'єкта діагностування. Під час вимірювання електричних параметрів (напруги, частоти, струму) використовується енергія електричного кола об'єкта діагностування (амперметр, вольтметр, частотомір). У такому разі може здійснюватися контактний (без давача) або безконтактний (з давачем електричної величини) спосіб відбору енергії. Якщо вимірюється неелектричний параметр (температура), використовується енергія його величини (теплота). В цьому випадку інформаційний сигнал формується давачем відповідної неелектричної величини (давачем температури).

Потрібно додати, що прилад зі структурою вимірювача може мати додаткове джерело енергії для живлення давача, перетворювача чи індикатора (цифрові вольтметри, амперметри).

Активізатор – діагностичний прилад, в якому діагностичний параметр формується об'єктом діагностування за рахунок впливу джерела енергії діагностичного приладу, а сприйняття (якісне та кількісне оцінення) діагностичного параметра здійснюється суб'єктивно оператором (без індикатора).

Тестер – діагностичний прилад структура якого поєднує елементи вимірювача та активізатора (індукційний дефектоскоп).

Автоматизація процесів діагностування суттєво покращує основні показники та характеристики систем діагностування. Зокрема, завдяки автоматизації вдається значно скоротити час на видачу діагнозу, знизити вимоги до кваліфікації операторів-діагностів, а в ряді випадків взагалі відмовитися від їхніх послуг, знизити трудомісткість операцій діагностування, покращити форму подання результатів діагнозу та підвищити достовірність його постановки.

1.2.5 Системи діагностування

Технічний стан об'єкта діагностування визначають за допомогою контрольно-діагностичних засобів. Взаємодія між об'єктом діагностування й контрольно-діагностичними засобами є системою діагностування. Ця взаємодія полягає в подаванні на об'єкт діагностування багаторазових дій

(вихідних сигналів) і багаторазовому змінненні й аналізі відповідей (вихідних сигналів) об'єкта на ці дії. Дії на об'єкт можуть надходити від контрольно-діагностичних засобів або зовнішніх (відносно системи діагностування) сигналів, які визначаються робочим алгоритмом функціонування об'єкта.

Залежно від способу подання дії на об'єкт розрізняють системи функціонального і тестового діагностування. Узагальнені функціональні схеми цих систем наведено на рис. 1.8 та 1.9.

У системах функціонального діагностування транспортних засобів дії, що надходять на основні входи об'єкта (називатимемо їх робочими діями), задано його робочим алгоритмом функціонування (рис. 1.8). Ці системи використовують переважно для перевірки правильності функціонування і пошуку несправностей найвідповідальніших агрегатів, вузлів і систем транспортних засобів, які порушують нормальне функціонування. Системи працюють, коли транспортний засіб застосовують за призначенням. Їх можна використовувати і в режимах імітації функціонування об'єкта. У цьому разі має бути забезпечена імітація робочих процесів. Таке використання систем функціонального діагностування доцільне під час налагоджування й ремонту об'єкта.

Найпоширенішими є системи функціонального діагностування, коли транспортний засіб використовують за призначенням. Так, водієві транспортного засобу надходить інформація про тиск масла в головній магістралі двигуна, температуру охолодної рідини, ввімкнення механізму блокування міжосьового диференціала, про готовність до роботи електрофакельного підігрівника, спад тиску нижче від певної межі в балонах контурів пневматичного гальмового приводу гальмівних механізмів передніх і задніх коліс окремо, про рівень палива в баках, частоту обертання колінчастого вала, тиск повітря в контурах пневматичного гальмового приводу механізмів робочої гальмівної системи та інше. Ці сигнали дають змогу негайно реагувати на порушення правильності функціонування об'єкта (замінити вузли і деталі, що відмовили, переходити на інший режим функціонування, робити нескладні регулювання тощо), у багатьох випадках забезпечувати виконання заданого обсягу роботи і тим самим збільшувати ефективність використання транспортних засобів. З другого боку, вони дають змогу найповніше використовувати багатий досвід водіїв під час вирішення завдань оптимального керування технічним станом транспортних засобів для їх найефективнішого застосування.

Подальший розвиток системи функціонального діагностування передбачає надання водієві інформації про основні експлуатаційні характеристики транспортного засобу: паливну економічність, динамічність, гальмівну ефективність, рівень забруднення навколишнього середовища. Найважливішою вимогою, що висувається до систем функціонального діагностування, є можливість керування режимами руху транспортного засобу, щоб досягти максимальної паливної економічності зі збереженням безпеки процесу перевезення.

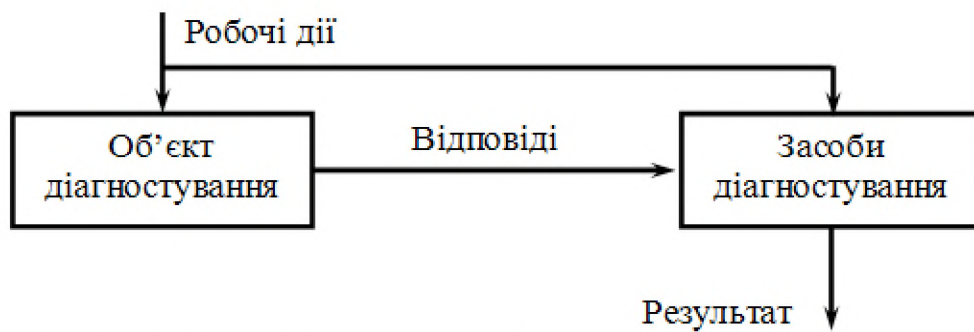


Рисунок 1.8 – Система функціонального діагностування

У системах тестового діагностування дії на об'єкт надходять від контрольно-діагностичних засобів (рис. 1.9). Склад і послідовність подання цих дій вибирають з умов ефективності організації процесу діагностування. Дії в цих системах називають тестовими. Внаслідок тестового діагностування вирішуються завдання перевірки і пошуку несправності, перевірки роботоздатності. Системи тестового діагностування працюють, як правило, коли транспортний засіб не застосовується за прямим призначенням. Ці системи можна використовувати і для працюючого об'єкта, але у цьому випадку тестові дії можуть бути тільки такими, які не перешкоджають нормальному його функціонуванню.

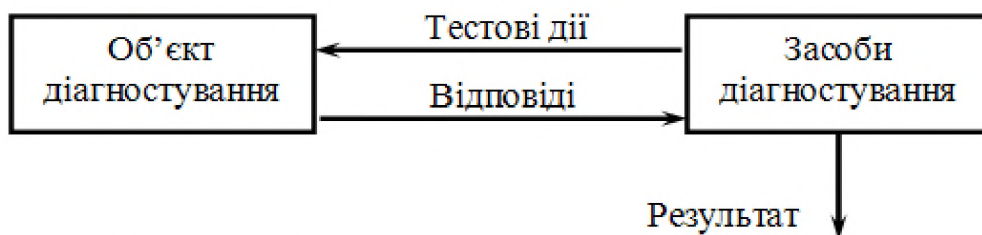


Рисунок 1.9 – Система тестового діагностування

Відповіді об'єкта на тестові та робочі дії надходять на засоби діагностування. Відповіді можуть зніматись як з основних виходів об'єкта, тобто з виходів, потрібних для застосування об'єкта за призначенням, так і з додаткових виходів, організованих спеціально для діагностування. Ці основні й додаткові виходи називають контрольними точками. Від того, наскільки швидко і просто ці точки дають змогу отримати інформацію, здебільшого залежить ефективність діагностування.

Порядок, правила, методи і способи подання дій, вимірювання й аналіз відповідей об'єкта здійснюються контрольно-діагностичними засобами за допомогою алгоритмів діагностування.

Система діагностування, яка охоплює об'єкт діагностування, а також застосовувані для цього контрольно-діагностичні засоби, належить, по суті, до систем контролю. Проте специфіка технічного діагностування полягає у спрямуванні його методів на визначення технічного стану транспортного засобу та окремих його агрегатів як складної системи, що перебуває в

експлуатації, із з'ясуванням потреби відновлення втраченої роботоздатності. Під час контролю зазвичай обмежуються розглядом досліджуваної системи як єдиного цілого. Під час діагностування розглядають систему загалом та її елементи, оскільки стан системи – це функція стану її окремих елементів.

Системи діагностування призначені для перевірки справності, роботоздатності, функціонування і пошуку дефектів. Розрізняють такі **види системи діагностування**:

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

Для реалізації автоматизованого чи автоматичного процесу діагностування зазвичай використовують комп'ютеризовані або комп'ютерні діагностичні системи.

Комп'ютеризована діагностична система передбачає застосування у своєму складі комп'ютерних засобів для отримання інформації про технічний стан об'єкта діагностування. У таких системах програмно-апаратні засоби системи (давачі, активізатори, перетворювачі сигналів, комп'ютери) розташовані за межами автомобіля (не є штатним обладнанням автомобіля). Зазвичай комп'ютеризована система створюється на базі звичайної електромеханічної діагностичної системи.

Комп'ютерні діагностичні системи передбачають обмін інформацією між діагностичним комп'ютером зовнішнього підключення та бортовим комп'ютером, на базі якого інтегрована бортова діагностична система. В таких системах основні діагностичні функції реалізуються на базі елементів штатного обладнання транспортного засобу.

В мікропроцесорному пристрої електронного блока управління транспортного засобу використовується програмне забезпечення інтегрованих діагностичних систем. **Інтегровані діагностичні системи** виконують декілька пасивних (спостереження та інформування) та активних (резервування й адаптація) функцій, реалізація яких базується на використанні програми експертної системи.

Залежно від призначення та режиму функціонування інтегровані діагностичні системи мають різну структуру, яка побудована на базі експертної системи (програмно-апаратні засоби, що призначені для оцінення стану об'єкта дослідження шляхом порівняння еталонних характеристик об'єкта (бібліотеки параметрів справної системи) з його фактичними характеристиками), та поділяються на системи самодіагностування, адаптації та резервування.

Система самодіагностування – інтегрована діагностична система,

побудована на базі експертної системи, яка призначена для діагностування елементів системи керування та виконує пасивні функції діагностики (реєстрація факту та локалізація несправності).

Система адаптації – інтегрована діагностична система, побудована на базі експертної системи, яка призначена для підтримки оптимального керування в разі впливу на мехатронну систему дестабілізуювальних факторів (зовнішніх, структурних) та виконує активні функції діагностики (корекція функцій перетворення у середовищі електронного блока управління). Використовується в гнучких (зі зворотними зв'язками) системах керування.

Система резервування – інтегрована діагностична система, побудована на базі експертної системи, яка призначена для підтримки роботоздатності мехатронної систем в разі виходу з ладу окремих її складових та виконує активні функції діагностики (апаратна заміна елемента або програмне заміщення сигналу).

Для кожної галузі застосування системи діагностування визначають достовірність діагнозу і глибину пошуку дефекту з урахуванням: надійності виробу та його складових частин, особливо тих, відмова яких пов'язана з небезпекою для людини; контролепридатності та здатності відновлюватись; вартості й трудомісткості діагностування.

1.2.6 Діагностичні моделі

Відповідно до класифікації об'єктів діагностування *діагностичні моделі також поділяються на три великі групи: безперервні, дискретні та гібридні (або комбіновані, змішані, спеціальні).*

Класифікацію діагностичних моделей наведено в таблиці 1.3.

Безперервними моделями подають об'єкти машин у тому випадку, коли аналізовані процеси протікають у постійно змінюваному часі, який є аргументом відповідних функцій. Безперервні моделі становлять найбільшу групу, оскільки основні процеси змін якості технічних об'єктів носять безперервний характер.

Безперервні об'єкти під час вирішення завдань діагностування можна подати аналітичною моделлю – адекватним математичним (алгебраїчними та диференціальними рівняннями) описом об'єкта у вигляді сукупності функціональних співвідношень, передавальних функцій. Аналітичні моделі широко використовуються для опису об'єктів будь-яких типів, наприклад, механічних, електричних, електромеханічних або пневмогідрравлічних. Несправності об'єкта моделюються як неприпустимі зміни значень параметрів діагностування. Зі свого боку, алгебраїчні та диференціальні рівняння можуть бути лінійними та нелінійними. Об'єкти машин, що являють собою лінійні динамічні об'єкти, можуть бути подані діагностичною моделлю у вигляді передавальних функцій або характеристичних рівнянь у просторі станів.

Таблиця 1.3 – Класифікація діагностичних моделей

Назва групи діагностичних моделей	Форма подання діагностичної моделі
Безперервні діагностичні моделі	Алгебраїчні рівняння (лінійні, нелінійні)
	Диференціальні рівняння (лінійні (передавальні функції, характеристичні рівняння), нелінійні)
Дискретні діагностичні моделі	Кінцево-різницеві рівняння
	Дискретні рівняння в просторі станів
	Кінцеві автомати
Гібридні (комбіновані) діагностичні моделі	Аналітичні моделі
	Графоаналітичні моделі
	Функціонально-логічні моделі (схеми зв'язків, алгоритми функціонування)
	Інформаційні моделі (інформаційні потоки, інформаційне оцінення зміни стану)

Дискретні діагностичні моделі визначають стан об'єкта лише для послідовності дискретних значень незалежної змінної, наприклад, часу, але не враховуючи характеру перебігу процесу у проміжках часу. Ці моделі можна подати кінцево-різницеvими рівняннями, дискретними рівняннями в просторі станів або кінцевими автоматами.

Дискретні діагностичні моделі переважно використовують під час опису імпульсних і цифрових пристроїв, оскільки в них переривчаста структура імпульсних сигналів слугує принциповою основою їх корисних функцій. Однак дискретні діагностичні моделі можна застосовувати і під час розробки діагностичного забезпечення в процесі проєктування безперервних об'єктів.

Гібридні (комбіновані) моделі описують реальні об'єкти, що містять пристрої як безперервної, так і дискретної дії.

У спеціальних моделей побудова визначається специфікою об'єктів і особливостями діагностичного забезпечення (функціональні моделі, моделі інформаційних потоків та ін).

Діагностичне забезпечення проєктованої машини розробляють в ході аналізу діагностичної моделі, який виконують різними методами з використанням різноманітного математичного апарату.

За методами подання взаємозв'язків між станом об'єкта, його елементами та параметрами вихідних сигналів методи побудови та аналізу моделей можна розділити на аналітичні, графоаналітичні, функціонально-логічні та інформаційні.

Інформаційні моделі є інформаційними описами систем і процесів ко-

нтролю та діагностування, які циркулюють в об'єктах машини. У цьому випадку діагностування розглядають як перетворювач інформації. До інформаційних діагностичних моделей також відносять і описи, що являють собою інформаційну оцінку зміни стану. Інформаційні діагностичні моделі найбільш універсальні, оскільки не залежать від принципу побудови та дії об'єкта діагностування.

Основою для побудови моделей слугують функціональна, структурна і принципова схеми об'єкта, які дозволяють отримати залежності і набір діагностичних параметрів, якщо відомі алгоритм функціонування об'єкта і фізичні процеси в ньому.

Під час побудови та дослідження діагностичної моделі необхідно враховувати таке: існуючі теоретичні розробки для аналогічних об'єктів; можливість та рівень їх використання; інформативність і достовірність моделі; особливості прояву відмов у системі, що має функціональні та конструктивні відмінності; необхідність та достатність глибини пошуку дефекту; можливість практичної реалізації процедур контролю роботоздатності та пошуку дефектів; рівень контролепридатності об'єкта.

Імітаційні моделі дають можливість експериментально досліджувати складні внутрішні взаємодії з великою розмірністю за кількістю змінюваних зв'язків між елементами моделі, вивчати дії на функціональні системи інформаційних та організаційних змін, які мають випадковий характер, нелінійність, обмеження різних типів. За імітаційними моделями можна оцінити поведінку системи в нових ситуаціях, перевіряти нові стратегії та правила прийняття рішень.

Ймовірнісні моделі поділяються на інформаційні, пізнавальні образи і кореляційні. В інформаційних моделях реальний об'єкт становить сукупність вихідних процесів, які несуть визначальну кількість інформації про стан об'єкта. Під ймовірнісними моделями розпізнавальних образів розуміють сукупність вихідних процесів, які належать одному класу сукупності значень структурних параметрів.

Кореляційні моделі визначають ступінь взаємозв'язку вихідних процесів та структурних параметрів.

Адаптивні моделі синтезують у процес ідентифікації реального об'єкта та вихідної моделі, ідентичної реальному об'єкту за номінальних значень його структурних параметрів.

Екстремальні моделі використовуються у разі, коли стан реального об'єкта характеризують не значеннями структурних параметрів за фіксованого режиму його роботи, а залежностями узагальненого параметра реального об'єкта від узагальнених параметрів його частин за відповідних режимів його роботи. У цьому випадку під моделлю розуміють залежності, які отримують під час оптимізації узагальненого параметра реального об'єкта за результатами налаштування узагальнених параметрів його частин за умови, що ці налаштування можна здійснити на реальному об'єкті.

Інтуїтивна модель характеризує уявлення людини про зв'язки вихід-

них процесів реального об'єкта та його структурних параметрів. Подання реального об'єкта тією чи іншою моделлю визначається ступенем наших знань про нього. Модель будується, виходячи з узагальнення даних експерименту чи спостереження, які відображають властивості реального об'єкта як об'єкта діагностування.

За глибиною опису моделі об'єкта діагностування поділяються на лінійні та нелінійні, детерміновані та стохастичні.

За способом формування моделі об'єкта діагностування можна виділити три групи: аналітичні, емпіричні (експериментальні) та напівемпіричні (експериментально-аналітичні). Перевагою аналітичних моделей є їх спільність для опису процесів у широкому колі об'єктів, а недоліком – невисока точність у ряді випадків через відсутність адекватних моделей для складних процесів. Перевага емпіричних моделей – їх точність, а до недоліків відносяться необхідність великого обсягу експериментів і адекватність моделей для обмеженого кола об'єктів і умов. Найбільшого поширення отримали напівемпіричні моделі, під час формування яких використовуються як загальні фізичні закономірності, так і дані експериментів, які дозволяють врахувати багато особливостей процесу, що не враховуються аналітичними моделями. Для вибору найбільш зручної форми рівнянь для емпіричних і напівемпіричних моделей використовуються методи теорії ідентифікації.

У ряді практичних випадків як діагностичні моделі можна використовувати характеристики машини – як статичні, так і динамічні.

Вибір моделі залежить від умов експлуатації, можливих конструктивних виконань, ступеня вивченості цього об'єкта або його окремої системи, ступеня абстрагування від реальної системи тощо.

У процесі моделювання насамперед вирішують питання про можливість отримати детерміновану модель. Вона проста і вказує конкретний шлях до вибору методу діагностування та засобів його реалізації без попередніх статистичних досліджень реального об'єкта або збору статистичної інформації про його функціонування в процесі експлуатації.

Діагностична модель визначає також методи діагностування, найпоширеніші з яких – методи діагностування дискретних об'єктів та їх функціонування. Ця модель описується апаратом математичної логіки. Розробку методу діагностування та його оптимізацію зводять до складання логічних функцій та їх оптимізації, тобто ця задача є суто математичною. Зазвичай, завдання розробки методів діагностування безперервних об'єктів можна звести до математичної задачі у тому разі, коли функціонування об'єктів описується математичними залежностями.

1.2.7 Алгоритми діагностування

Алгоритм технічного діагностування встановлює склад та порядок проведення елементарних перевірок об'єкта діагностування та правила аналізу їх результатів.

Під час побудови алгоритмів діагностування керуються базовими алгоритмами розв'язання основних задач діагностування. Базові алгоритми являють собою узагальнену послідовність дій, характерну для вирішення конкретної задачі діагностування. Базові алгоритми будують на основі аналізу можливих варіантів вирішення основних завдань діагностування та описують алгоритмічними мовами у вигляді логічних, матричних та графічних схем.

За значного розмаїття способів формування алгоритмів діагностування можна назвати два основних напрями їх розробки:

- алгоритми контролю технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу, зокрема прогнозування розвитку подій;
- алгоритми пошуку несправностей та їх причин. Можливі також комбінації обох напрямків.

Для побудови алгоритму діагностування технічного стану деякого об'єкта необхідно мати опис об'єкта, принципи його функціонування та поведінки у справному та несправному станах (математична модель).

Для правильної організації діагностування такі основні вихідні дані, як склад дефектів і глибина їх пошуку, мають бути задані у вигляді конкретних переліків несправностей.

Одне з головних завдань, розв'язуваних з урахуванням діагностування – передбачення стану машини у майбутній час (прогнозування). Найважливішими аспектами прогнозування є визначення терміну служби машини або періодичності профілактичних перевірок та ремонтів. Вирішення завдань прогнозування дуже важливе, зокрема, для організації технічного обслуговування машини за станом (замість обслуговування за пробігом).

Побудова алгоритмів функціонального діагностування полягає у визначенні умов роботи засобів, які реалізують ці алгоритми. Засоби функціонального діагностування в багатьох випадках є вбудованими. Зазвичай, прагнучи до того, щоб за нормального функціонування машини в умовах застосування її за призначенням, засоби вбудованого контролю на виходах видавали відомі постійні значення сигналів і змінювали ці значення у разі порушення правильності функціонування машини.

Ефективність процесів діагностування, що оцінюється, наприклад, часом діагностування або витратами апаратури на зберігання та реалізацію алгоритмів діагностування, у деяких випадках істотно залежить від якості останніх.

Необхідність збільшення продуктивності праці на операціях діагностування, скорочення часу виявлення, пошуку та усунення несправностей, зменшення складності засобів діагностування викликає інтерес до розробки методів побудови оптимальних алгоритмів, що потребують мінімальних витрат на їх реалізацію. Побудова оптимальних алгоритмів у багатьох випадках пов'язана з великим обсягом обчислень і тому часто задовольняється оптимізованими алгоритмами діагностування, витрати на реалізацію яких хоча і зменшені, але не обов'язково мінімальні.

Ефективність процесів діагностування визначається не лише якістю алгоритмів діагностування, але і в не меншій мірі якістю засобів діагностування. Останні можуть бути апаратними або програмними, зовнішніми або вбудованими, ручними, автоматизованими або автоматичними, спеціалізованими або універсальними.

В автоматизованих засобах технічного діагностування за допомогою спеціального логічного пристрою, що функціонує на базі мікропроцесора, виконується автоматична постановка діагнозу та видаються рекомендації щодо можливості подальшої експлуатації або необхідності ремонтно-регулювальних операцій та заміни несправних елементів.

Локальний діагноз, коли проводиться пошук несправності у складного механізму і використовується вже кілька діагностичних параметрів, виявити складно. Для вирішення завдання постановки діагнозу в цьому випадку необхідно на основі даних про надійність об'єкта виявити зв'язки між його найбільш ймовірними несправностями та діагностичними параметрами, що використовуються. Для цієї мети у практиці діагностування автомобілів найчастіше застосовують діагностичні матриці.

Діагностичні матриці (таблиці) являють собою логічну модель, що описує зв'язки між діагностичними параметрами і можливими несправностями об'єкта (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Матриця діагностування

Діагностичний параметр	Назва несправності		
	X_1	X_2	X_3
P_1	+	+	-
P_2	+	-	+
P_3	-	+	+

Розглянемо принцип складання алгоритму виявлення однієї з можливих несправностей складної системи (вузла, механізму тощо). Нехай відомо, що механізм має три типові несправності X_1 , X_2 , X_3 і три породжені ними діагностичні параметри P_1 , P_2 , P_3 . Взаємозв'язок між несправностями і параметрами можна подати у вигляді таблиці станів (тесту пошуку несправності (таблиця 1.4), в якій стовпці відповідають всім можливим перевіркам (параметрам), а рядки – всім можливим станам. Кожна перевірка має два результати: «-» або «+» і передбачається, що всі стани, які утворюють групу подій, рівноймовірні. Позначка «+» у місці перетину рядка та стовпця означає можливість існування несправності, а позначка «-» – відсутність такої можливості. За допомогою діагностичної матриці вирішується завдання локалізації однієї з трьох можливих несправностей об'єкта за допомогою трьох діагностичних параметрів. Фізичний сенс розв'язання задачі полягає у визначенні відповідності отриманої комбінації діагностичних параметрів, що вийшли за норму, існуванню однієї з несправностей.

Аналізуючи таблицю станів, неважко помітити, що наявність у механізмі першої несправності супроводжується першим і другим діагностичними параметрами, наявність другої – першим і третім, наявність третьої – другим і третім. З цього випливає, що у разі появи діагностичних параметрів P_1 і P_2 механізм має несправність X_1 , за наявності параметрів P_1 і P_3 – несправність X_2 , а параметрів P_2 і P_3 – несправність X_3 . Подібні тести пошуку несправностей складають на основі вивчення та логічного аналізу структурних зв'язків між елементами системи, параметрами її технічного стану та діагностичними параметрами. Реальні завдання контролю технічного стану та пошуку несправності значно складніші через велику кількість діагностичних параметрів і несправностей, а також через множинні зв'язки між ними, що часто робить необхідним застосування спеціальних програм.

Діагностичні матриці є основою автоматизованих логічних пристроїв, які застосовують у сучасних засобах технічного діагностування.

Побудова алгоритмів діагностування полягає у виборі такої сукупності елементарних перевірок, за результатами яких у задачі виявлення несправностей можна відрізнити справний, роботоздатний стан або стан правильного функціонування об'єкта від його несправних станів, а також в задачах пошуку несправностей розрізняти різні види несправних станів (або групи несправних станів).

Під час побудови алгоритмів діагностування за явними моделями об'єктів елементарні перевірки вибирають шляхом попарного порівняння тих описів, технічні стани яких потрібно розрізняти. У задачі тестового діагностування контрольні точки об'єкта часто визначені заздалегідь і вони однакові для всіх елементарних перевірок. У такому разі вибирають лише входні дії елементарних перевірок – це задача побудови тестів. У завданнях функціонального діагностування, навпаки, входні дії елементарних перевірок визначені заздалегідь робочим алгоритмом функціонування об'єкта та виборю підлягають лише контрольні точки.

Оптимізація алгоритмів діагностування можлива тоді, коли кількість елементарних перевірок, достатніх для вирішення конкретної задачі діагностування, менша від числа всіх допустимих (тобто фізично можливих і реалізованих) елементарних перевірок цього об'єкта. Для різних елементарних перевірок можуть бути необхідні різні витрати на їх реалізацію, ці перевірки можуть давати різну інформацію про технічний стан об'єкта. Крім того, ті самі елементарні перевірки можуть бути реалізовані в різній послідовності.

Тому для вирішення одного і того ж завдання діагностування можна побудувати кілька алгоритмів, які відрізняються складом елементарних перевірок або послідовністю їх реалізації або, нарешті, потребують різних витрат на їх реалізацію. Побудова оптимальних алгоритмів у багатьох випадках пов'язана з труднощами обчислень і тому часто задовольняються оптимізованими алгоритмами діагностування, витрати на реалізацію яких

дещо менші, але не обов'язково мінімальні.

Завдання побудови оптимальних алгоритмів діагностування за невисокої розмірності може успішно вирішуватися методами обробки таблиць покриттів (для безумовних алгоритмів) та методами теорії опитувань (для умовних алгоритмів).

Алгоритм діагностування має бути побудований таким чином, щоб за вибраним переліком параметрів можна було визначити роботоздатність системи, порівняти її з нормою, прийняти рішення про локалізації наявної несправності і прогнозувати залишковий ресурс.

Особливість методів локалізації у тому, що пошук несправностей ведеться не після настання відмови, а її припущення. Тому алгоритмізація пошуку має базуватися на логіці та імовірнісній основі з урахуванням функціональних зв'язків між параметрами.

Логічна алгоритмізація пошуку основана на використанні структурно-наслідкових зв'язків з жорстко заданими параметрами діагностування. Глибина локалізації несправностей визначається експлуатаційними та економічними факторами й встановлюється до знімного в умовах експлуатації блока або елемента. Крім того, під час діагностування мають виявлятися транспортні засоби, несправності яких можуть бути усунені шляхом регулювань в процесі технічного обслуговування.

1.2.8 Задачі, що вирішуються оператором-діагностом та розробником діагностичних систем

Життєвий цикл продукції – сукупність взаємопов'язаних процесів створення та послідовної зміни стану продукції від формування вихідних вимог до закінчення її експлуатації або споживання. Розглядають такі стадії життєвого циклу: дослідження та проектування, виготовлення, реалізації, експлуатація або споживання. Діагностика охоплює всі етапи життєвого циклу автомобіля, починаючи з його розробки (рис. 1.10).

Під час проектування автомобіля, силової установки, системи керування або окремих агрегатів, в конструкції пристроїв передбачають засоби, що полегшують проведення діагностичних операцій (діагностичні роз'єми, контрольні точки). В мікропроцесорних системах їх адаптація до діагностування виконується на програмному рівні, шляхом інтегрування системи моніторингу на основний робочий алгоритм.

На етапі виробництва продукції діагностика полягає у постійному контролі якості виготовлення окремих деталей, вузлів, агрегатів, системи та автомобіля загалом. Після заключного складання автомобіль проходить комплексні стендові та дорожні випробування з метою оцінення роботоздатності всіх його складових частин.

Етап реалізації містить транспортування, зберігання та продаж автомобіля. На цьому етапі проводиться комплекс передпродажних та продажних перевірок, перелік яких призначається заводом-виробником.



Рисунок 1.10 – Структура системи діагностування в життєвому циклі транспортного засобу

В сфері експлуатації розглядають три стани, в яких може перебувати транспортний засіб: в транспортному процесі, проходження технічного обслуговування, проведення ремонтних операцій на борту автомобіля. Під час виконання транспортної роботи відбувається моніторинг вихідних та структурних параметрів електричних та неелектричних систем автомобіля за допомогою вмонтованих засобів діагностування. Поточна інформація використовується як для оптимізації робочих процесів агрегатів автомобіля, так і для контролю технічного стану елементів об'єкта та системи керування.

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

Проведення ремонтних робіт неможливе без перевірки структурних параметрів, значення яких не мають виходити за межі допустимих. Після проведення ремонту також необхідно проводити діагностування стану відновленого агрегату (пристрою) з метою оцінення якості ремонту.

Останній етап життєвого циклу автомобіля – це утилізація його окре-

мих частин або автомобіля загалом. Причиною утилізації автомобіля може стати вичерпаний ресурс його основних агрегатів або кузова. Другою причиною утилізації може стати аварія. В будь-якому випадку необхідно оцінити ступінь зносу та глибину пошкоджень агрегатів, систем і кузова транспортного засобу.

1.2.9 Вимоги до пристосованості транспортних засобів до діагностування

Пристосованість транспортних засобів до діагностування є комплексною властивістю конструкції і характеризується контролепридатністю, доступністю, легкоз'ємністю, уніфікацією та стандартизацією інструментів, приладів та обладнання, оснащеністю вбудованими засобами контролю, складністю виконання операцій.

Вимоги до пристосованості транспортних засобів до діагностування містять вимоги до контролепридатності, конструктивного виконання транспортних засобів, методів і засобів діагностування, пристроїв з'єднання з засобами діагностування.

Періодичність операцій діагностування має дорівнювати періодичності відповідного виду технічного обслуговування транспортного засобу.

На стадії розробки для кожного транспортного засобу встановлюють вид, періодичність та обсяг контрольних робіт залежно від умов його експлуатації, правила та номенклатуру засобів діагностування й режими роботи транспортного засобу під час діагностування. Визначають номенклатуру діагностичних параметрів, що характеризують технічний стан транспортного засобу та забезпечують виявлення можливих відмов. Встановлюють номінальні, допустимі і граничні значення діагностичних параметрів, а також вимоги до точності вимірювання параметрів.

Для зменшення потреби транспортних засобів в діагностуванні необхідно використовувати механізми та агрегати, що не потребують або потребують мінімального числа операцій контролю технічного стану. Це дозволяє зменшити номенклатуру контрольованих параметрів, кількість операцій і точок контролю, а також застосовуваних засобів діагностування.

Конструкція транспортних засобів має забезпечувати:

- доступність до місць, які потребують контролю технічного стану;
- легкість і простоту діагностування шляхом застосування стандартизованих та уніфікованих штуцерів, роз'ємів та інших сполучних елементів;
- пристосованість конструкції до серійних засобів контролю;
- раціональне компонування агрегатів та контроль параметрів без попереднього розбирання;
- безпеку виконання операцій контролю технічного стану.

Місця перевірки мають дозволяти приєднання засобів контролю без демонтажу інших вузлів.

Засоби діагностування мають бути універсальними, що дозволяють

проводити одночасний контроль кількох параметрів, забезпечувати можливість швидкого і надійного з'єднання з об'єктами діагностування за допомогою швидкодійних штуцерів, штекерних роз'ємів та інших пристроїв.

Отримувана інформація про технічний стан об'єктів діагностування має подаватися в доступному для зчитування вигляді без додаткових перетворень.

Засоби діагностування мають забезпечувати контроль технічного стану механізмів і агрегатів за оптимальним переліком параметрів, що дозволяють отримати необхідну інформацію для об'єктивного оцінення технічного стану транспортного засобу.

У конструкції транспортного засобу мають бути передбачені стандартизовані та уніфіковані приєднувальні місця для установлення серійних засобів діагностування, а також вбудовані засоби з урахуванням переліку діагностичних операцій під час технічного обслуговування. Вимоги до ергономічних характеристик транспортного засобу стосовно діагностування зводяться до виключення операцій контролю, пов'язаних з неприпустимою фізичною напругою і знаходженням виконавців тривалий час у незручному положенні.

Оптимальні допустимі відхилення параметрів технічного стану та періодичність діагностування встановлюються з умови забезпечення мінімуму питомих витрат, пов'язаних з експлуатацією, технічним обслуговуванням та ремонтом транспортного засобу.

1.2.10 Діагностичні нормативи параметрів стану

Для забезпечення технічної та екологічної безпеки транспортного засобу необхідний його постійний або періодичний контроль на відповідність вимогам норм та проведення керівних впливів. Діагностичні параметри, що вимірюються, завжди визначаються тими чи іншими змінами фізичних параметрів об'єктів діагностування або їх комбінацій.

Діагностичні нормативи – це кількісна міра діагностичного параметра.

Параметри технічного стану вузла, агрегату, деталі (елемента) поділяють за важливістю на дві групи. До першої групи належать параметри, пов'язані з безпекою експлуатації автомобіля, а також параметри, від яких залежать екологічні та ергономічні показники – шум, вібрація, токсичність відпрацьованих газів, електромагнітні поля. Як правило, діагностичні параметри цих механізмів добре відображають вихідні (робочі) показники (наприклад, гальмівний шлях, час спрацьовування гальм, вміст шкідливих речовин у газах, що відпрацьовали і т. д.) і можуть бути безпосередньо вимірювані. *До другої групи* відносяться параметри, пов'язані з техніко-економічними показниками – це, наприклад, витрата палива, кути сходження коліс і т. п.

Найважливіший етап розробки системи технічної діагностики – ви-

значення нормативних значень структурних та діагностичних параметрів технічного стану елементів автомобіля, що забезпечують встановлення діагнозу технічного стану.

До нормативних значень параметрів оцінення технічного стану двигуна, окремих вузлів та систем транспортного засобу відносяться номінальні, граничні та допустимі значення. Значення діагностичних нормативів встановлюються:

а) стандартами – такі значення, що визначають безпечну експлуатацію автомобіля (рульовий механізм, гальмівна система, рівні вібрації, світлотехнічні прилади тощо);

б) нормативно-технічною документацією (інструкціями, технічними умовами і т. п.) – решта всіх діагностичних нормативів (наприклад, щільність електроліту акумуляторної батареї, тепловий зазор в клапанах двигуна і т. д.).

Нормативи структурних параметрів встановлюють на стадії проектування та коригують у період доведення автомобіля. Це стосується, наприклад, зазорів у клапанах, контактах переривника-розподільника, кривошипно-шатунному механізмі двигуна, шворневому з'єднанні; кутів установлення коліс автомобіля та ін. Діагностичні нормативи параметрів визначають на основі їх причинно-наслідкових зв'язків з діагностичними параметрами за результатами лабораторно-стендових досліджень. Щоб проконтролювати технічний стан, також використовують структурні параметри.

Серед нормативних показників першої та другої груп виділяють проміжні. Параметри цієї групи пов'язані з підвищенням витрати палива, зниженням потужності двигуна, довговічності деталей і вузлів та под. Особливість нормативів проміжної групи – більша залежність від умов експлуатації та віку автомобілів. Тому розмір нормативу потрібно коригувати залежно від конкретних умов експлуатації.

Методика вибору діагностичних параметрів передбачає такі етапи:

- аналіз статистичних даних з експлуатаційних відмов і несправностей з метою виявити найменш надійні складові частини та встановити несправності, що найчастіше повторюються;

- встановлення схеми структурно-наслідкових зв'язків;

- вибір методики пошуку несправностей та алгоритму діагностування.

Якщо несправність або структурний параметр можна оцінити декількома діагностичними параметрами, то перевагу віддають тому, який більш точно оцінює визначальну величину, вимірювання якого пов'язане меншими витратами і за допомогою якого можна оцінити кілька структурних або функціональних параметрів транспортного засобу.

Коли поняття несправності задається експлуатаційною технічною документацією (наприклад, у вигляді обмежень на вихідні показники), умовне граничне значення діагностичного параметра можна визначити шляхом перерахунку на основі аналітичної або регресійної моделі. Однак у більшості випадків поняття несправності кількісно не задається, а визначається

з досвіду експлуатації. Тому далі описано три *методи визначення нормативних значень діагностичних параметрів*:

1. Метод призначення граничного значення з урахуванням толерантних меж.

2. Метод визначення допустимого значення за матрицею перехідних ймовірностей.

3. Метод визначення допустимого значення діагностичного параметра щодо його зв'язку зі структурним параметром.

Застосування кожного з цих методів обумовлюється інформацією про реалізацію діагностичного параметра і про характер його зв'язку з показником роботоздатності агрегату транспортного засобу.

Перший метод дозволяє знаходити граничне значення діагностичного параметра за малої статистичної інформації, а також у випадках, коли неможливо встановити економічні залежності, наприклад, для параметрів, пов'язаних з безпекою руху. Як статистичні дані використовується разова вибірка значень діагностичних параметрів для об'єктів контрольної групи.

У другому методі оптимізація проводиться за критерієм сумарних витрат на ремонт та регулювання (повне та часткове відновлення автомобіля) у припущенні, що поведінка діагностичного параметра в міру напруження описується так званою «марківською моделлю» – стохастичною моделлю, що може бути використана для моделювання випадкової системи, яка змінює стан відповідно до правила переходу, що залежить від поточного стану. Для таких параметрів реалізації окремих об'єктів характеризуються різкими змінами швидкості наростання на сусідніх ділянках напруження (циклах контролю), причому спостерігається сильне «переплетення» реалізацій параметра для різних об'єктів.

Третій метод передбачає визначення допустимого значення діагностичного параметра за відомим зв'язком його зі структурним за мінімізації питомих витрат на експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт з урахуванням точності вимірювання параметра.

Для обґрунтування номенклатури діагностичних ознак та параметрів встановлюють сукупність усіх діагностичних параметрів, що супроводжують зміну структурних параметрів, досліджують діагностичні параметри та визначають їх зв'язок із структурними. Вибирають діагностичні параметри, які мають максимальну інформативність, що забезпечують допустиму похибку непрямого виміру структурних допустимих параметрів.

1.2.11 Періодичність діагностування транспортних засобів

Надійність автомобіля під час експлуатації змінюється, що зумовлено втратою роботоздатності автомобіля та зниженням ефективності його використання. Починаючи з якогось певного рівня, закладеного конструкцією та технологією виготовлення чи відновлення, машина послідовно переходить від роботоздатного стану до нероботоздатного. Час, витрачений на

перехід від одного стану до іншого, визначає ресурс машини. Всю сукупність можливих станів, в яких знаходиться машина під час експлуатації, умовно поділяють на три зони: вихідна, роботоздатна та нероботоздатна. У зв'язку з цим значну частину амортизаційного часу вона простоє у ремонтах. Для підтримки автомобілів у роботоздатному стані потрібне проведення діагностування, регулювальних та ремонтних робіт, тобто технічного обслуговування.

Час простою впливає на витрати і технічну готовність, але технічна готовність залежить від періодичності обслуговування. Звідси випливає, що час простою в ремонтах обов'язково має враховуватися під час визначення періодичності обслуговування.

Діагностування автомобіля є основою технічного обслуговування та профілактичних впливів. Під профілактикою маємо на увазі комплекс запланованих заходів, спрямованих на запобігання виникненню відмов, збереження роботоздатності та забезпечення довговічності. Заходи охоплюють, крім діагностування, регулювальні роботи та усунення виявлених під час діагностування несправностей.

Тому після вибору діагностичних параметрів необхідно вирішити два важливі питання: призначити періодичність діагностування та вибрати допустиме значення діагностичного параметра, за досягнення якого потрібно проводити профілактичні роботи щодо відновлення стану об'єкта діагностування. Періодичне діагностування доцільно поєднувати з плановим технічним обслуговуванням автомобіля. У випадку вбудованої автоматичної діагностики періодичність діагностування може бути пов'язана з пробігом автомобіля, наприклад, проводиться після якоїсь кількості запусків двигуна, в реальному часі за результатами накопичених реалізацій в заданому режимі діагностування і т. п.

Розрахунок раціональної періодичності діагностування залежить від видів технічного обслуговування та ремонту автомобіля, пробігу між ремонтами, а також від простою під час обслуговування. Щоб мати повну та достовірну інформацію про технічний стан автомобіля, необхідно якнайчастіше проводити його контроль, враховуючи, що режими діагностування потребують значних витрат часу, коштів та певної кваліфікації обслуговуючого персоналу. З іншого боку, що менше перевірок, то менше витрат. І зменшення витрат може призвести до позапланових ремонтів, а в гіршому випадку – до аварійних ситуацій. Тому час між операціями діагностування транспортних засобів має бути оптимальною величиною. Досягти оптимальної періодичності діагностування транспортних засобів можна у разі регулярної зміни діагностичних параметрів за допомогою бортових систем контролю.

Основними вихідними даними для визначення періодичності діагностування є:

- призначення автомобіля;
- умови експлуатації (дорожні, кліматичні, навантажувальні тощо);

- умови вихідної надійності та якості (технічний рівень проектування та виготовлення);

- організаційно-технічні обмеження (наявність необхідного обладнання тощо).

Основними методами визначення періодичності діагностування є:

- аналогій та уточнень;

- візуальний;

- за допустимим рівнем безвідмовності;

- техніко-економічний.

Метод аналогій та уточнень – застосування нормативів технічного обслуговування з автомобілів-прототипів (аналогів). Цей метод базується на аксіомі про корисність навчання на інших помилках, але в багатьох випадках цей метод може давати суттєві помилки. Наприклад, у схожих за конструкцією двигунах можуть використовуватися масла, виготовлені з різної нафти; періодичність заміни масла у такому випадку не обов'язково має бути однаковою. Крім того, не завжди є впевненість у тому, що режими обслуговування автомобіля-прототипу є оптимальними.

Візуальний метод – періодичність технічного обслуговування визначається на основі зовнішнього огляду або діагностування (доливання масла, мийні операції, кріпильні операції тощо). Цей метод прийнятний тільки для об'єктів, що легко і постійно спостерігаються.

Метод визначення періодичності технічного обслуговування за допустимим рівнем безвідмовності може бути застосований у разі відомих законів розподілу ймовірностей напрацювання до відмови системи, що обслуговується. Наприклад, при зменшенні зазору до нульового значення виникає необхідність регулювання теплового зазору в газорозподільному механізмі двигуна. Напрацювання до цього моменту залежить від інтенсивності зміни зазору в процесі експлуатації і є випадковою величиною, розподіленою за певним законом.

Вибір величини безвідмовності багато в чому суб'єктивний, і метод не враховує багатьох істотних інших умов експлуатації автомобіля.

Техніко-економічний метод оснований на мінімізації сумарних витрат на технічне обслуговування та ремонт автомобіля.

Для регламентації періодичності діагностування у разі характерних випадків проведення потрібно враховувати:

- під час планового технічного обслуговування з метою виявлення потреби у регулювальних роботах окремих агрегатів та елементів транспортного засобу;

- з метою виявлення потреби у ремонтних роботах, коли діагностування може поєднуватися чи передувати технічному обслуговуванню (або ремонту);

- як самостійний технічний вплив з метою визначення технічного стану або прогнозування залишкового ресурсу агрегатів і елементів транспортного засобу.

1.2.12 Форми організації діагностування

Одним з основних недоліків діагностування вантажних транспортних машин є велика різнотипність, а також недостатня пристосованість машин до бортового та стаціонарного діагностування. Більшість транспортних машин ранніх випусків не мають універсальних пристроїв сполучення із засобами технічного діагностування. У зв'язку з цим підприємства визначають під свої машини різні виробничі структури стаціонарних діагностичних ліній та комплексів діагностування транспортних засобів.

Класифікацію видів діагностування транспортних засобів за організаційними ознаками подано в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Класифікація видів діагностування транспортних засобів за організаційними ознаками

Класифікаційна ознака	Вид діагностичних робіт
За формою організації виробництва	Централізована
	Децентралізована
	Розподілена
За організаційною структурою комплексів діагностування	Спеціалізовані
	Комплексні
	Суміщені
За послідовністю виконання робіт	Попереднє
	Заключне
	Супутнє
За періодичністю проведення діагностування	Планове
	Безперервне
	Вибіркове
За типом засобів діагностування	Стаціонарне
	Бортове
	Мобільне

За формою організації виробництва діагностичні роботи поділяють на:

- *централізована* – роботи одного чи кількох видів діагностування централізовані у масштабі регіону, транспортного об'єднання, комбінату чи виконуються централізованим технічним обслуговуванням;
- *децентралізована* – всі роботи виконуються на підприємствах базування транспортних машин;
- *розподілена* – одна частина робіт централізована, інша виконується децентралізованим методом.

Організаційна структура комплексів діагностування характеризується спеціалізацією постів та ступенем поєднання діагностування з технічним обслуговуванням, що дозволяє розділити методи діагностування на:

- *спеціалізовані*, за яких роботи з окремих впливів технічного діагностування транспортних машин проводяться на окремих спеціалізованих ділянках;

- *комплексні*, у яких всі діагностичні роботи для підприємства виконуються на універсальному діагностичному посту з комплексним (комбінованим) стендом;

- *суміщені*, за яких всі діагностичні роботи виконуються на постах технічного обслуговування та поточного ремонту за допомогою пересувних засобів діагностування.

За послідовністю виконання робіт (відносно інших робіт технічного обслуговування та поточного ремонту) діагностування можна поділити на:

- *попереднє*, яке виконується перед проведенням інших робіт технічного обслуговування та поточного ремонту;

- *заключне*, яке виконується після проведення названих робіт;

- *супутнє*, операції якого супроводжують виконання регулювальних робіт у процесах технічного обслуговування та поточного ремонту.

За періодичністю проведення діагностування може бути:

- *плановим* – проводиться в обов'язковому порядку всім транспортним засобам, запланованим постановкою на технічне обслуговування;

- *безперервним* – здійснюється безперервно в процесі руху машини або роботи окремого її агрегату (наприклад під час обкатки);

- *вибірковим* – проводиться додатково до планового діагностування та реалізується шляхом вибіркового перевірок об'єктів транспортних машин на ділянках (постах) діагностування, а в дорожніх умовах – на постах експрес-діагностування.

За типом основних засобів діагностування може класифікуватися як:

- *стаціонарне* – здійснюється зовнішніми засобами діагностування транспортних машин у стаціонарних умовах;

- *бортове* – здійснюється вбудованими або встановленими на машині засобами діагностування;

- *мобільне* – виконується за допомогою пересувних станцій та засобів діагностування транспортних машин.

1.3 Комп'ютерне діагностування автомобілів

1.3.1 Загальні відомості про комп'ютерне діагностування автомобілів

Комп'ютерне діагностування автомобіля – це комплексна перевірка електронних систем автомобіля на наявність проблем і несправностей. Діагностування дозволяє оцінити реальний стан вузлів, деталей та блоків ке-

рування автомобіля, а також дати оцінку його технічного стану.

У процесі діагностування вимірюються різні характеристики, які впливають на роботу автомобіля. Комп'ютерне діагностування автомобіля є непростим завданням і має проводитися висококваліфікованими фахівцями з використанням найновішого діагностичного обладнання. Відповідно, для встановлення точного діагнозу потрібен фахівець із високою інженерною кваліфікацією та досить багато часу.

Сучасні електронні системи, призначені для керування вузлами та агрегатами автомобіля, оснащені так званими системами самодіагностики, які інформують водія про появу деяких несправностей. Так, наприклад, на приладовому щитку багатьох автомобілів є багатофункціональний індикатор – «Check Engine» (у старих моделях цю роль могли виконувати спеціальні світлодіоди, розташовані безпосередньо на пристроях керування), який зазвичай «спалахує» у разі ввімкнення запалювання і «гасне» через деякий час після запуску двигуна. Якщо під час самодіагностування виявляться несправні компоненти, то індикатор не «згасне». У разі виникнення несправностей під час руху індикатор також «загоряється»; за одноразової дрібної несправності він може «згаснути», зберігши помилку в пам'яті для подальшого зчитування, але якщо він продовжує «горіти», то необхідна негайна зупинка, поглиблене діагностування та ремонт.

Комп'ютерне діагностування містить послідовну перевірку більшості систем управління: двигуном, автоматичною трансмісією, «ABS», подушками безпеки, круїз-контролем, пневмопідвіскою, іммобілайзером і т. д. Діагностування кожної системи багатоступінчасте (наприклад, під час діагностування двигуна проводиться перевірка системи, що управляє двигуном; паливної системи; наповнюваності циліндрів; аналіз оборотів та ін.). За результатами діагностування подається звіт про виявлені помилки та пропозиції щодо ремонту несправностей або заміну будь-яких агрегатів та вузлів.

Системи діагностування на різних автомобілях можуть відрізнятися, але принцип дії всіх систем схожий: блоком управління зчитуються показання датчиків на різних режимах роботи в процесі експлуатації автомобіля (запуск, прогрів, холостий хід, розгін та гальмування тощо). Показання датчиків бувають статичними (дискретними) або динамічними (що змінюються у часі). Статичні показання датчиків зазвичай визначаються якимось граничним значенням – імпульсом певного рівня або «перемикачем» (тобто наявністю або відсутністю сигналу), а динамічні, як правило, передають зміни параметра і перевіряються на допустимі діапазони (верхні та/або нижні межі). Усі діагностичні системи зберігають та відображають статичні дані – «коди помилок» і динамічні характеристики.

На дискретні показання датчиків система самодіагностування реагує зазвичай лише за відсутності електричного контакту (повертає сигнал про несправність датчика), а зміна динамічних показників відстежується таблицями, які є у пам'яті пристрою управління. Втім, той самий датчик може пе-

ревірятися як на електричний контакт, так і на допустимі межі зміни. І тоді для одного пристрою можуть виявлятися дві помилки: відсутність сигналу чи вихід за межі граничних параметрів.

Пристрій управління може складатися з кількох блоків:

- для двигуна – «ECU» (Engine Control Unit) або «ECM» (Engine Control Module);
- антиблокувальні системи гальм – «ABS»;
- подушок безпеки – «SRS» (Air Bag Supplemental Restraint System);
- автоматична коробка передач – «A/T» (Electronic Automatic Transaxles) і т.д.

Але у випадку отримання сигналу про помилку сучасна система діагностування має відповісти уніфіковано:

1) класифікувати несправність за номером (кодом помилки) і запам'ятати цей код у довгостроковій пам'яті;

2) вжити коригувальних дій, передбачених для цього випадку управління програмою.

Після цього збережені в пам'яті коди помилок зчитуються спеціальним приладом (сканером) або вручну за допомогою певної процедури, яка вводить електронний блок управління в режим індикації кодів самодіагностування. Після їх вивчення та аналізу додаткових даних приймається рішення про те, що робити далі.

Однак потрібно зазначити, що частина параметрів, які визначають стан двигуна, залишається поза зоною контролю. І навіть після зчитування кодів важливо не лише їх ідентифікувати, а й визначити правильну причину несправності.

Необхідно пам'ятати, що автомобіль – це набір складних пристроїв та агрегатів і що його стан залежить від великої кількості параметрів. Таким чином, навіть незначна, на перший погляд, несправність може спричинити цілу комбінацію кодів, але водночас жоден з них не дасть відповіді на запитання, що насправді зламалося. Після прочитання коду помилки потрібно виконати додаткові перевірні операції, щоб переконатися в правильній інтерпретації коду. Так, наприклад, дуже часто коди несправностей виникають через те, що в ході тих чи інших ремонтних операцій на автомобілі просто забули приєднати роз'єм або пошкодили електропроводку.

1.3.2 Стандарти в автомобільній діагностиці

До 1994 р. у світовій автомобільній промисловості застосовувалися різні системи, стандарти та протоколи для діагностування, які умовно можна назвати системами сімейства «OBD-I» (On Board Diagnostic). Процедура зчитування кодів систем «OBD-I» нагадувала абетку Морзе: короткі імпульси (тривалістю 0,2 с) позначали одиниці, а довгі (1,2 с) – десятки; паузи між імпульсами всередині одного коду становили приблизно 0,3 с, а коди (якщо їх кілька) розділялися паузами 1,8...2 с. Коди діагностування «OBD-

І» були двозначними (їх також називають «короткими» – на відміну від «довгих» п'ятизначних кодів розширеної діагностики пізніших систем). Для зчитування даних у цій системі застосовувалися спеціальні дилерські сканери або незручна процедура активізації модуля, що є унікальною для кожної марки.

Разом з розвитком екологічного руху з 1996 р. за вимогами Агентства захисту навколишнього середовища Сполучених Штатів Америки (US Environmental Protection Agency, US EPA) і завдяки зусиллям Асоціації інженерів автомобілебудування (Society of Automotive Engineers, SAE) в США були впроваджені єдині стандарти самодіагностування, протоколів обміну даними, уніфіковані вимоги до діагностичних засобів та структури кодів – «OBD-II».

Початкова «екологічна спрямованість» «OBD-II», з одного боку, обмежила можливості щодо його використання в діагностуванні всього спектра несправностей, з іншого боку, зумовила його широке поширення як у США, так і в інших країнах. У США застосування системи «OBD-II» та встановлення відповідної колодки діагностування обов'язкові з 1996 р. (вимога поширюється як на автомобілі, що виробляються в США, так і на автомобілі неамериканських марок, що продаються в США). На автомобілях Європи та Азії протоколи «OBD-II» також почали застосовуватися у 1996 р. (на невеликій кількості марок/моделей), але особливо широко почали застосовуватися з 2001 р. – для автомобілів з бензиновими двигунами (з прийняттям відповідного європейського стандарту – «EOBD») та з 2004 р. – для автомобілів з дизельними двигунами. Стандарт «OBD-II» частково або повністю підтримують деякі автомобілі, випущені раніше («pre-OBD» автомобілі).

Ознакою системи «OBD-II» є обов'язкова наявність у салоні автомобіля характерного 16-контактного діагностичного роз'єму. На жаль, сучасні системи, незважаючи на загальну стандартизацію, продовжують використовувати різні протоколи зв'язку з модулем управління.

«OBD-II-сумісний автомобіль» може використовувати будь-який з таких протоколів: «J1850 VPW», «J1850 PWM», ISO 9141-2, ISO 14230-4, «Keyword Protocol (KWP) 2000». У всіх протоколах застосовується імпульсно-кодова модуляція змінної або постійної довжини.

З введенням стандарту «OBD-II» з'явилася можливість користуватися універсальними «OBD-II»-сканерами.

Призначення всіх діагностичних систем – уніфіковане визначення несправностей у різних вузлах та агрегатах автомобіля для ухвалення рішення щодо подальшого ремонту. Але якщо в системах сімейства «OBD-I» було передбачено визначення несправностей обмеженого спектру (двигуна, подушок безпеки, гальмівної системи «ABS» і автоматичної коробки передач), то в «OBD-II» перелік вузлів, що діагностуються, розширений (до перерахованого вище додалися також кліматична установка, іммобілайзер і різне додаткове обладнання). Крім того, значно збільшилася кількість діаг-

ностичних кодів (їх наразі понад 3000). До речі, для діагностування навіть такого «механічного» пристрою, як термостат, на сучасних автомобілях також використовуються відповідні алгоритми та коди помилок.

Ускладнення систем та їх перенасиченість електронікою, зі свого боку, призвели до ускладнення власне методів діагностування несправностей, а вимоги до технічного персоналу та якості застосовуваного діагностичного обладнання значно зросли.

1.3.3 Методика проведення комп'ютерного діагностування автомобілів

Послідовність етапів комп'ютерного діагностування автомобілів така:

- 1) контроль поточних властивостей всіх систем;
- 2) читання та стирання кодів неполадок;
- 3) перевірка роботоздатності механізмів;
- 4) стирання сервісних періодів;
- 5) кодування блоків керування;
- 6) синхронізація імобілайзера та електронного блока управління двигуна;
- 7) налаштування пневматичної підвіски;
- 8) виставлення робочих оборотів двигуна та ін.

Спочатку використовуються всі доступні засоби комп'ютерного діагностування і зчитуються не тільки коди помилок, але і всі цифрові дані, які прямо або опосередковано відносяться до проблеми, що виникла. Потім усі дані додатково піддаються електричній (аналоговій) перевірці. Насамперед необхідно ретельно перевірити електричну систему автомобіля (акумулятор, генератор, дроти та контакти), щоб переконатися в її повній справності.

Далі необхідно, щоб сканер визначив машину, яка перевіряється, тобто дозволив перегляд даних у режимі реального часу. Ця функція (вона зазвичай називається «Data Stream» – відображення потоку даних) може використовуватися для перевірки сигналів давачів та інших елементів керування в режимі реального часу. Таким чином, на дисплеї сканера виводяться сигнали давачів автомобіля та параметри системи упорскування палива протягом деякого часу в режимах холостого ходу, збільшення та скидання швидкості обертання колінчастого вала двигуна. Після цього проводиться аналіз отриманих результатів і робляться висновки про правильність роботи системи, наявність та характер несправностей. Однією з основних переваг сканера є можливість роботи у режимі багатоканального осцилографа, тобто отримання графіків залежності параметрів не тільки від часу, а й від інших параметрів, а також дослідження впливу зміни певного параметра на той, що вибрано для аналізу. І ще більше полегшує знаходження причин несправностей можливість порівняння осцилограм, отриманих під час тестування, зі стандартними осцилограмами для подібних автомобілів.

І на завершення потрібно стерти з пам'яті контролера коди помилок та

провести повторну ініціалізацію системи. За першої активації системи після стирання пам'яті контролера управління (це може статися також після вимкнення акумулятора в процесі ремонту або заміни будь-яких вузлів або деталей) буде потрібна процедура повторної ініціалізації.

Більшість автомобільних комп'ютерів (керівних пристроїв) запам'ятовують та зберігають дані про функціонування систем автомобіля (40 і більше параметрів) для оптимізації експлуатаційних характеристик та покращення роботоздатності. Після стирання пам'яті пристрій керування буде використовувати значення, задані за замовчуванням, до тих пір, поки не буде записана нова інформація про кожен компонент системи. Протягом кількох робочих циклів комп'ютер відновлює оптимальні значення та запам'ятовує їх знову. У цей час може спостерігатися деяке погіршення поведінки автомобіля: різке або нечітке перемикавання передач, низькі або нестабільні оберти колінчастого вала двигуна на холостому ході; перебої у роботі двигуна, пов'язані з перебагаченням чи, навпаки, з переобідненням горючої суміші, і навіть зростання витрати палива. Однак ці симптоми мають швидко зникнути після запам'ятовування комп'ютером низки циклів водіння (тобто через 30...40 км).

Кваліфікована діагностика та пошук несправності займають часом значно більше часу, ніж ремонт.

Як пристрої для комп'ютерного діагностування застосовуються:

1) стаціонарні мотор-тестери – багатофункціональні пристрої всебічного автомобільного діагностування, в яких «OBD-II»-сканер присутній як мала частина універсальної системи газоаналізу, вимірювання компресії, тиску палива, розрідження у впускному колекторі та ін. Звичайно, такі системи дуже дорогі;

2) спеціалізовані дилерські сканери (так звані універсальні дилерські прилади) – багатофункціональні цифрові пристрої, що є комбінацією мультиметра, осцилографа і мікрокомп'ютера зі спеціалізованою базою (іноді на змінному картриджі для конкретної моделі автомобіля). Вони мають вузьку спеціалізацію за маркою, моделлю та модифікацією автомобіля, що діагностується;

3) комп'ютерні тестові системи – являють собою звичайний персональний комп'ютер, ноутбук або кишеньковий комп'ютер довільної конфігурації з відповідним програмним забезпеченням та діагностичним інтерфейсом, що є «посередником» між автомобілем та комп'ютером. У такому з'єднувальному інтерфейсі стоїть програмований мікроконтролер із «зашитими» протоколами обміну, тому безпосередньо з'єднати систему «OBD-II» з комп'ютером неможливо.

Комп'ютерна тестова система є найгнучкішою з усіх перерахованих. Вона дозволяє зчитувати коди «OBD-II» і потоки даних у реальному часі та подавати їх в інтуїтивно зрозумілому вигляді, тобто у вигляді текстового опису можливих несправностей, таблиць, і навіть багатопараметричних графіків. За допомогою такої системи можна проводити і віртуальні тести:

змінювати вручну один із параметрів і дивитися, що відбуватиметься з іншими. Водночас у реальному часі ведеться протокол, необхідний для детального аналізу перехідних процесів. Такі протоколи зручно зберігати в «log-файлах» за датами, що може стати в нагоді для проведення планового діагностування: можна поступово накопичувати «історію мотора» і своєчасно виявляти ймовірні проблеми. Всі дані можна роздрукувати у зручній для читання формі, зберегти у програмному середовищі «MS Excel» та залишити резервну копію на зовнішньому носії.

1.3.4 Режими комп'ютерного діагностування автомобілів

Протоколи «OBD-II» надають оператору-діагносту ряд стандартизованих функціональних можливостей (режимів діагностування – modes).

Режими комп'ютерного діагностування автомобілів охоплюють: читання та інтерпретацію кодів помилок з електронних блоків управління для виявлення проблем; аналіз даних у реальному часі з датчиків та систем автомобіля; тестування роботи окремих вузлів та виконавчих механізмів для оцінювання їх роботоздатності; та оцінку й інтерпретацію отриманих даних фахівцем для видачі рекомендацій.

Режим 1 – зчитування поточних параметрів системи керування (Mode 1 PID Status & Live PID Information). Усього стандартом підтримується близько 20 параметрів. Однак, кожен конкретний блок управління підтримує обмежену кількість з них (наприклад, залежно від встановлених датчиків кисню). З іншого боку, деякі автовиробники підтримують розширені набори параметрів (наприклад, деякі автомобілі концерну «GM» підтримують більше 100 параметрів). Через систему діагностування «OBD-II» зчитуються такі основні параметри:

- режим роботи системи паливної корекції (PID 03 Fuel system status). У режимі «Closed Loop» система працює в режимі зворотного зв'язку (замкненої петлі), у цьому випадку дані з датчика кисню використовуються для коригування паливоподачі; в режимі «Open Loop» дані з датчика кисню не використовуються;

- розрахункове навантаження на двигун (PID 04 Calculated Load);
- температура охолоджувальної рідини (PID 05 Coolant temperature);
- короткострокова корекція подачі палива по банку «1/2» (PID 06/08 Short Term Fuel Trim Bank 1/2);

- довгострокова корекція подачі палива по банку «1/2» (PID 07/09 Long Term Fuel Trim Bank 1/2);

- тиск палива (PID 0A Fuel pressure);
- тиск у впускному колекторі (PID 0B Manifold pressure);
- обороти колінчастого вала двигуна (PID 0C Engine speed – RPM);
- швидкість автомобіля (PID 0D Vehicle speed);
- кут випередження запалення (PID 0E Ignition Timing Advance);
- температура повітря, що всмоктується (PID 0F Intake Air Temperature);

Temperature);

- витрата повітря (PID 10 Air Flow);
- положення дросельної заслінки (PID 11 Throttle position);
- режим роботи системи подачі додаткового повітря (PID 12 Secondary Air Status);
- розташування датчиків кисню (PID 12 Location of O₂ sensors);
- дані з датчиків кисню № 1/2/3/4 по банку «1/2» (PID 13-1B O₂ Sensor 1/2/3/4 Bank 1/2 Volts).

Як правило, для аналізу роботи конкретної підсистеми системи управління двигуном достатньо одночасно контролювати два-три параметри. Однак іноді потрібно одночасно переглядати більшу їх кількість. Число одночасно контрольованих параметрів, а також формат їх виведення (текстовий та/або графічний) залежать як від можливостей конкретної програми-сканера, так і від швидкості обміну інформацією з блоком управління двигуном автомобіля (швидкість залежить від протоколу, що підтримується). На жаль, найпоширеніший протокол ISO 9141 є найповільнішим — під час роботи з ним неможливо переглядати з прийнятною частотою дискретизації більше двох-чотирьох параметрів.

Режим 2 – отримання збереженої фотографії поточних параметрів роботи системи управління на момент виникнення кодів несправностей (Mode 2 Freeze Frame).

Режим 3 – зчитування та перегляд кодів несправностей (Mode 3 Read Diagnostic Trouble Codes (DTCs)).

Режим 4 – очищення діагностичної пам'яті (Mode 4 Reset DTC and Freeze Frame data) – стирання кодів несправностей, фотографій поточних параметрів, результатів тестів датчиків кисню, результатів тестових моніторів.

Режим 5 – зчитування та перегляд результатів тесту датчиків кисню (Mode 5 O₂ Sensor Monitoring Test Result).

Режим 6 – запит останніх результатів діагностування одноразових тестових моніторів (тестів, що проводяться один раз протягом поїздки) (Mode 6 Test results, non-continuously monitored). Ці випробування контролюють роботу каталізатора, системи рециркуляції вихлопних газів (EGR), системи вентиляції паливного бака.

Режим 7 – запит результатів діагностування безперервно діючих тестових моніторів (тестів, що проводяться безперервно, поки виконуються умови для проведення тесту) (Mode 7 Test results, continuously monitored). Ці тести контролюють склад паливоповітряної суміші, пропуски запалювання (misfire), решту компонентів, що впливають на вихлоп.

Режим 8 – управління виконавчими механізмами.

Режим 9 – запит інформації про автомобіль, що діагностується (Mode 9 Request vehicle information). У цьому режимі перевіряються VIN-код та калібрувальні дані автомобіля.

Режим ручного введення команди запиту на діагностичну інформацію.

Потрібно враховувати, що далеко не на кожному автомобілі блок управління підтримує всі ці функції, та й не кожен діагностичний сканер для «OBD-II» може дати діагносту можливість використовувати всі перелічені режими.

У рамках стандарту «OBD-II» застосовуються п'ять протоколів обміну даними: ISO 9141, ISO 14230 (також називається «KWP2000»), «PWM», «VPW» і «CAN». Кожен із протоколів має кілька різновидів, які відрізняються, наприклад, швидкістю обміну інформацією. В Інтернет-мережі зустрічаються так звані «таблиці застосування», де вказуються переліки марок і моделей автомобілів та підтримувані ними «OBD-II»-протоколи. Однак потрібно враховувати, що та сама модель з одним і тим самим двигуном одного року випуску може бути випущена для різних ринків з підтримкою різних протоколів діагностування. Так само протоколи можуть відрізнятися і за моделями двигунів, і за роками випуску. Таким чином, відсутність автомобіля в списках не означає, що він не підтримує «OBD-II», так само як його присутність не означає, що підтримує і тим більше повністю підтримує (можливі неточності в списку, різні модифікації автомобіля тощо). Ще складніше судити про підтримку конкретного різновиду «OBD-II»-стандарту.

Загальною передумовою для припущення, що автомобіль підтримує «OBD-II» діагностування, є наявність 16-контактного діагностичного роз'єму трапецієподібної форми (DLC-Diagnostic Link Connector) (рис. 1.11).

На переважній більшості «OBD-II»-сумісних автомобілів він знаходиться під панеллю приладів з боку водія; роз'єм може бути відкритий або закритий кришкою, що легко знімається, з написом «OBD-II», «Diagnose» і т. п. Однак ця умова не є достатньою. Роз'єм «OBD-II» іноді встановлюється на автомобілі, які взагалі не підтримують жоден з «OBD-II»-протоколів. У таких випадках необхідно використовувати сканер, розрахований на роботу із заводськими протоколами конкретної марки автомобіля (наприклад, це стосується автомобілів «Opel Vectra» для європейського ринку 1996-1997 рр.).

Для оцінення застосування того чи іншого сканера під час діагностування конкретного автомобіля необхідно визначити, який із «OBD-II»-протоколів використовується на конкретному автомобілі. Для цього можна зробити такі дії:

1. Подивитися в технічній документації безпосередньо до цього автомобіля (але не в загальному посібнику з такої марки/моделі). Також корисно оглянути всі ідентифікаційні таблички на автомобілі (рис. 1.12) — можлива наявність таблички «OBD-II compliant» (підтримує «OBD-II») або «OBD-II certified» (сертифіковано на підтримку «OBD-II»).

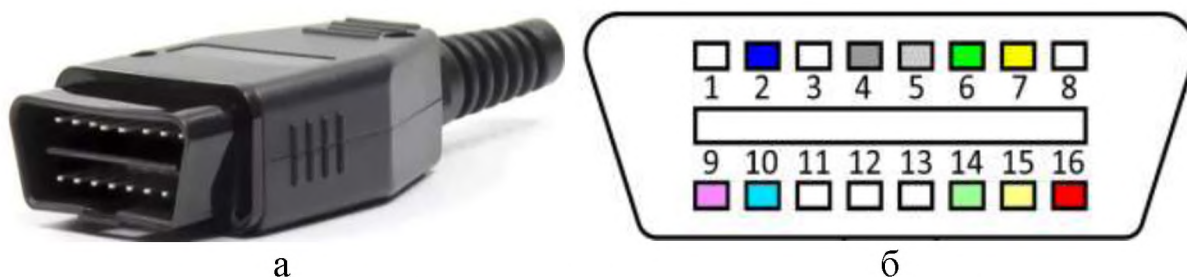
2. Подивитися в інформаційній базі даних (наприклад, Mitchell-on-Demand). Однак це також не абсолютний спосіб, оскільки база може містити неточності; інформацію по автомобілях, випущених для іншого ринку

тощо. Звичайно, використання спеціалізованих дилерських баз щодо окремої марки підвищує ступінь достовірності інформації.

3. Використовувати сканер, який дозволяє визначити, який із «OBD-II»-протоколів використовується на автомобілі. Протокол можна спробувати визначити вручну шляхом послідовної зміни використовуваних адаптерів та перевірки наявності зв'язку з електронним блоком управління автомобіля. Якщо ніяких припущень по протоколу немає, то починати перебір варто з протоколу ISO як найбільш поширеного (або з протоколу, вказаного для автомобілів в інформаційній базі даних).

4. Оглянути діагностичний роз'єм та визначити наявність виводів. Як правило, у роз'ємі є лише частина задіяних виводів, а кожен протокол використовує свої виводи роз'єму.

Пропущені виводи можуть використовуватись конкретним виробником для своїх потреб.



а – загальний вигляд вилки штекера; б – контакти штекера;

1, 3, 8, 11, 12, 13 – «OEM» (протоколи виробника); 2 – шина «+» (Bus positive Line) («SAE J1850 PWM/VPW») – позитивна лінія живлення, зазвичай являє собою провід, по якому подається постійна напруга (наприклад, 12 В від акумуляторної батареї автомобіля) для живлення підключених пристроїв або для забезпечення опорної напруги в сигнальних лініях; 4 – заземлення кузова (Chassis Ground); 5 – сигнальне заземлення (Signal Ground); 6 – лінія «CAN-High» високошвидкісної шини «CAN Highspeed» (ISO 15765-4, SAE-J2284) (забезпечує передачу даних між електронними модулями автомобіля з високою швидкістю до 1 Мбіт/с та надійною стійкістю до електромагнітних перешкод); 7 – K-Line (ISO 9141-2/14230-4) – однопровідна двонаправлена послідовна шина, що використовується в автомобілях для зв'язку між блоками управління; 9 – лінія «CAN-Low» низькошвидкісної шини «CAN Lowspeed» (передає сигнали низької напруги (2,5 В) в рамках диференціального протоколу «CAN» (Controller Area Network), який забезпечує надійний обмін інформацією в реальному часі) або «OEM» (протоколи виробника); 10 – шина «-» (Bus negative Line) («SAE-J1850 PWM/VPW») – однопровідна двонаправлена шина, що використовується в автомобільній діагностиці для зв'язку між електронними блоками управління автомобіля та діагностичним обладнанням; 14 – лінія «CAN-Low» високошвидкісної шини «CAN Highspeed» (ISO 15765-4, «SAE-J2284») (один із двох диференціальних проводів у «CAN»-шині (Controller Area Network), що передає інформацію між різними електронними системами автомобіля або іншими мережами); 15 – L-Line (ISO 9141-2/14230-4) – лінія передачі даних, яка використовується в автомобільній діагностиці для зв'язку діагностичного сканера з електронними блоками управління автомобіля; 16 – напруга акумуляторної батареї

Рисунок 1.11 – Діагностичний 16-контактний роз'єм «OBD-II»

Таким чином, використовуються такі протоколи:

- ISO 9141-2 – ідентифікується наявністю контакту «7» (K-Line) та відсутністю «2» та/або «10» контактів; використовуються виводи – «4», «5», «7», «15» (може бути), «16»;
- SAE J1850 VPW (Variable Pulse Width Modulation) – виводи «2», «4», «5», «16» (без «10»);
- SAE J1850 PWM (Pulse Width Modulation) – використовуються виводи «2», «4», «5», «10», «16».

Протоколи «PWM», «VPW» ідентифікуються відсутністю контакту «7» (K-Line) діагностичного роз'єму.



Рисунок 1.12 – Ідентифікаційна табличка

Переважна більшість автомобілів використовують протоколи ISO. Проте більшість легкових автомобілів і легких вантажівок концерну «GM» використовують протокол «SAE J1850 VPW», а більшість автомобілів «Ford» – протокол «J1850 PWM».

Комп'ютерне діагностування допомагає швидко виявити технічні проблеми на ранніх стадіях, що дозволяє уникнути серйозніших поломок вузлів і агрегатів автомобілів та заощадити на дороговартісному ремонті.

2 ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

2.1 Мета курсової роботи, компетентності та програмні результати навчання

Курсова робота – форма індивідуальної письмової навчальної роботи здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни, яка передбачає творче, розрахункове або аналітичне розв’язання конкретної задачі, як правило, дослідного характеру щодо об’єкта діяльності фахівця певної спеціальності відповідно до стандарту вищої освіти. Виконується здобувачем освіти самостійно під керівництвом викладача протягом одного семестру відповідно до індивідуального завдання на основі знань та умінь, набутих під час вивчення цієї та суміжних навчальних дисциплін.

Мета курсової роботи з дисципліни «Діагностика транспортних засобів»:

- систематизація, закріплення та розширення теоретичних і практичних знань, застосування цих знань в процесі вирішення конкретних наукових, технічних і виробничих завдань, пов’язаних з діагностуванням транспортних засобів;

- розвиток навичок ведення самостійної роботи й оволодіння методиками дослідження та експериментування під час вирішення завдань, що розробляються в роботі і відповідають сучасним підходам до діагностування транспортних засобів.

Компетентності, яких набувають здобувачі вищої освіти внаслідок виконання курсової роботи «Діагностика транспортних засобів» згідно з освітньо-професійною програмою «Програмне забезпечення та електронні системи транспортних засобів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 171 «Електроніка» (G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка»):

- **ІК.** Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі електроніки, або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів електроніки;

- **ЗК1.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

- **ЗК2.** Знання та розуміння предметної галузі та розуміння професійної діяльності;

- **ЗК11.** Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;

- **ЗК12.** Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків;

- **СК2.** Здатність виконувати аналіз предметної та нормативної документації, необхідної для проєктування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки;

- **СК11.** Здатність контролювати і діагностувати стан обладнання, за-

стосовувати сучасні електронні компоненти та технічні засоби, виконувати профілактику, ремонт і технічне обслуговування електронних пристроїв та систем, монтувати, налагоджувати й ремонтувати аналогові, цифрові та оптичні модулі, розробляти та виготовляти друковані плати, розробляти програмне забезпечення для мікроконтролерів;

- **СК12.** Здатність проводити діагностику, ремонт, технічне обслуговування та моделювання електронних систем транспортних засобів, спираючись на знання їх будови та принципів функціонування.

Програмні результати навчання здобувачі вищої освіти внаслідок виконання курсової роботи відповідно до освітньо-професійної програми «Програмне забезпечення та електронні системи транспортних засобів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 171 «Електроніка» (G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка»):

- **ПРН05.** Використовувати інформаційні та комунікаційні технології, прикладні та спеціалізовані програмні продукти для вирішення задач проектування та налагодження електронних систем, демонструвати навички програмування, аналізу та відображення результатів вимірювання й контролю;

- **ПРН06.** Застосовувати експериментальні навички (знання експериментальних методів та порядку проведення експериментів) для перевірки гіпотез і дослідження явищ електроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, планувати, складати схеми; аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати;

- **ПРН17.** Демонструвати навички проведення експериментальних досліджень, пов'язаних з професійною діяльністю; вдосконалювати методики вимірювання контролювати достовірність отриманих результатів; систематизувати та аналізувати дані, отримані експериментальним шляхом;

- **ПРН20.** Проводити технічну діагностику, ремонт та обслуговування електронних систем транспортних засобів.

2.2 Керівництво курсовою роботою

Керівниками курсової роботи з дисципліни «Діагностика транспортних засобів» є викладачі кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент». Керівник курсової роботи розробляє, погоджує з гарантом освітньої програми «Програмне забезпечення та електронні системи транспортних засобів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 171 «Електроніка» (G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка») і видає здобувачу вищої освіти завдання на курсову роботу, яке розглядається на засіданні кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент».

Керівник роботи коригує, уточнює і погоджує зі здобувачами вищої освіти календарний план виконання роботи, рекомендує необхідну літера-

туру та інформаційні ресурси, довідкові матеріали, типові проекти й інші джерела відповідно до теми курсової роботи. Проводить систематичні передбачені розкладом консультації, перевіряє роботу у процесі її виконання, контролює виконання календарного плану.

Керівник повідомляє кафедру про стан виконання курсової роботи, про дотримання графіків виконання чи відхилення від запланованих термінів. Завідувач кафедри може періодично проводити вибіркові перевірки стану виконання курсових робіт.

У випадку невідповідності вимогам керівник робить необхідні зауваження і повертає курсову роботу на доопрацювання. За ухвалені в роботі рішення і правильність всіх даних відповідає здобувач вищої освіти – автор курсової роботи. Закінчена курсова робота, підписана здобувачем вищої освіти і керівником, подається до захисту.

2.3 Індивідуальне завдання та порядок виконання курсової роботи

Індивідуальне завдання видається керівником курсової роботи протягом перших двох тижнів навчального семестру. Заповнений бланк завдання підписується здобувачем вищої освіти, який виконуватиме курсову роботу, керівником курсової роботи та затверджується завідувачем кафедри.

На бланку індивідуального завдання вказується тема роботи, вихідні дані до виконання роботи, зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).

Порядок виконання здобувачем вищої освіти курсової роботи передбачає ряд послідовних етапів. Дотримання цього порядку допоможе здобувачу вищої освіти правильно організувати роботу, визначити предмет, об'єкт і основні напрямки дослідження, сформувати інформаційну базу, тощо. Процес виконання курсової роботи умовно можна поділити на такі етапи: *підготовчий, основний та кінцевий*.

Підготовчий етап починається з вибору об'єкта й предмета дослідження, вибору, обґрунтування та закріплення теми, розробки календарного графіка виконання курсової роботи і формування інформаційної бази. Під час вибору і закріплення певної теми за здобувачем вищої освіти втраховуються специфіка об'єкта дослідження, а також інтереси та здібності здобувача.

Основний етап – найбільш складний і відповідальний етап курсової роботи. Його суть полягає в розробці основних розділів курсової роботи – виконанні пояснювальної записки.

Кінцевий етап полягає в оформленні курсової роботи, отриманні підписів про допуск до захисту, проведенні попереднього й основного захисту. У встановлені терміни здобувач вищої освіти звітує перед керівником, а за необхідності і перед комісією, які фіксують ступінь готовності курсової роботи та відповідність календарному плану виконання роботи. Здобувачі вищої освіти, що мають значні відставання від календарного плану, можуть бути не допущені до захисту курсової роботи.

2.4 Захист курсових робіт

Захист курсової роботи є своєрідною перевіркою знань, умінь та навичок здобувача вищої освіти у певній галузі, а також здатністю подати отримані результати перед комісією.

Для захисту курсових робіт фаховою кафедрою створюється комісія. Графік роботи комісії розглядається на засіданні кафедри і доводиться до загалу не пізніше як за місяць до початку захисту курсових робіт.

До захисту допускаються курсові роботи, що виконані в повному обсязі згідно із затвердженим індивідуальним завданням, перевірені та підписані керівником роботи.

Захист роботи проводиться публічно за встановленим графіком перед комісією. Тривалість захисту однієї роботи, як правило, не має перевищувати 20 хвилин. Для розкриття змісту курсової роботи здобувачу вищої освіти надається 5...10 хвилин. В процесі підготовки до захисту здобувач вищої освіти готує доповідь, зміст якої має містити:

- подання теми курсової роботи, її мети та завдання;
- короткий аналіз об'єкта дослідження;
- короткий зміст основних розділів курсової роботи;
- аналіз повноти вирішення завдань;
- висновки і пропозиції щодо можливості впровадження виконаної роботи у виробництво.

Таблиця 2.1 – Орієнтовні критерії оцінювання курсової роботи

Складові оцінювання курсової роботи	Кількість балів
Рівень виконання та відповідність курсової роботи індивідуальному завданню: - дотримання вимог та параметрів, сформульованих в завданні; - повнота обґрунтування аналізу предметної області; - рівень використання джерел інформації; - глибина обґрунтування застосування методів та засобів, які використовуються під час виконання курсової роботи; - точність та технічний рівень розрахункових матеріалів; - якість та технічний рівень прийнятих рішень, поданих у роботі; - обґрунтування прийнятих рішень, формулювання висновків та рекомендацій.	0...45
Відповідність оформлення курсової роботи встановленим вимогам.	0...15
Рівень подання результатів курсової роботи на захисті: - якість доповіді; - якість відповідей на запитання.	0...40
Максимальна сума балів	100

Таблиця 2.2 – Шкала оцінювання знань

Сума балів за 100-бальною шкалою	Оцінка ECTS	Критерії оцінювання	Рівень компетентності
1	2	3	4
90...100	A	Оцінка «А» (відмінно) ставиться, якщо здобувач: 1. Показав глибокі теоретичні знання з вивченої дисципліни, з якої виконана курсова робота; 2. Оволодів первинними навиками дослідницької роботи: збирати дані, аналізувати, творчо осмислювати їх, формулювати висновки; 3. Дає свої пропозиції і рекомендації з предмета дослідження; 4. Виконав роботу грамотно літературною українською мовою; 5. Оформив роботу відповідно до вимог і подав її до захисту у визначений кафедрою термін; 6. На захисті продемонстрував глибокі знання з теми дослідження, твердо і впевнено відповів на запитання членів комісії.	Високий
82...89	B	Оцінка «В» (добре) ставиться, якщо здобувач: 1. Показав досить високі теоретичні знання з дисципліни, з якої виконана курсова робота; 2. Оволодів первинними навичками дослідницької роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, але не завжди критично ставиться до використаних джерел та літератури; 3. Дає свої пропозиції і рекомендації з предмета дослідження, однак відчуває труднощі щодо їх обґрунтування; 4. Виконав роботу грамотно літературною українською мовою, але допустив нечисленні граматичні та стилістичні помилки; 5. Оформив роботу відповідно до вимог і подав її до захисту у визначений кафедрою термін; 6. На захисті продемонстрував добрі знання з теми дослідження, відповів на запитання членів комісії.	Достатній
75...81	C	Оцінка «С» (добре) ставиться, якщо здобувач: 1. Показав досить високі теоретичні знання з дисципліни, з якої виконана курсова робота; 2. Оволодів первинними навиками дослідницької роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, але не завжди критично ставиться до використаних джерел та літератури; мають місце окремі неточності; 3. Дає свої пропозиції і рекомендації з предмета дослідження, однак відчуває труднощі щодо їх обґрунтування; 4. Виконав роботу грамотно літературною українською мовою, але допустив граматичні та стилістичні помилки; 5. Оформив роботу відповідно до вимог і подав її до захисту у визначений кафедрою термін;	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
		6. На захисті продемонстрував добрі знання з теми дослідження, відповів на більшість запитань членів комісії.	
64...74	D	Оцінка «D» (задовільно) ставиться, якщо здобувач: 1. Показав достатні теоретичні знання з дисципліни, з якої виконано курсову роботу; 2. Переважно оволодів первинними навичками дослідницької роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, однак допускає в роботі порушення принципів логічного і послідовного викладу матеріалу; мають місце окремі фактичні помилки і неточності; 3. Не може сформулювати пропозиції і рекомендації з теми дослідження або обґрунтувати їх; 4. Допускає помилки в оформленні роботи та її наукового апарату; 5. Допускає численні граматичні та стилістичні помилки; 6. Подав роботу до захисту у визначений кафедрою термін; на захисті продемонстрував задовільні знання з теми дослідження, але не зумів упевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії.	Середній
60...63	E	Оцінка «E» (задовільно) ставиться, якщо здобувач: 1. Показав достатні теоретичні знання з тієї дисципліни, з якої виконано кваліфікаційну роботу; 2. Переважно оволодів первинними навичками дослідницької роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, однак допускає в роботі порушення принципів логічного і послідовного викладу матеріалу; мають місце окремі фактичні помилки і неточності; 3. Не сформулював пропозиції і рекомендації з теми дослідження; 4. Допускає помилки в оформленні роботи та її наукового апарату; 5. Допускає численні граматичні та стилістичні помилки; 6. Подав роботу до захисту пізніше визначеного кафедрою терміну; на захисті продемонстрував задовільні знання з теми дослідження, але не зумів упевнено відповісти на додаткові запитання членів комісії.	
35...59	FX	Оцінка «FX» (незадовільно) ставиться, якщо здобувач: 1. Пропонує незадовільні теоретичні знання з тієї дисципліни, з якої виконано кваліфікаційну роботу; 2. Зовсім не оволодів первинними навичками дослідницької роботи; 3. Допускає чимало помилок в оформленні роботи та її наукового апарату; 4. Допускає численні граматичні та стилістичні помилки; 5. Подав роботу до захисту пізніше визначеного кафедрою терміну; на захисті продемонстрував незадовільні знання з теми дослідження, не зумів відповісти на додаткові запитання членів комісії.	Низький
0...34	F	Оцінка «F» (незадовільно) ставиться в тому разі, коли	

Закінчення таблиці 2.2

1	2	3	4
		на захисті здобувач проявив повне незнання досліджуваної проблеми, не зумів задовільно відповісти на поставлені питання, що свідчить про несамотійне виконання курсової роботи, або коли роботу до захисту не подано.	

За необхідності доповідь здобувача може супроводжуватись додатковими наочно-ілюстративними матеріалами (слайд-презентаціями тощо).

Результати захисту курсових робіт оцінюються комісією згідно із розподілом балів (таблиця 2.1) та шкалою оцінювання (таблиця 2.2). У випадку незадовільної оцінки курсова робота повертається здобувачу вищої освіти на доопрацювання з умовою повторного захисту у встановлений комісією термін.

Якщо здобувач вищої освіти не з'явився на захист курсової роботи у зв'язку з поважною причиною (перешкода стихійного характеру, хвороба, воєнні дії на території перебування здобувача або інші обставини, які позбавили його можливості особисто і своєчасно прибути на захист), такому здобувачу вищої освіти надається можливість захистити курсову роботу в інший день за узгодженням з керівником, але не пізніше останнього дня заліково-екзаменаційної сесії. Про поважну причину неявки на захист здобувач вищої освіти має повідомити керівника і деканат відповідного факультету протягом доби від призначеного часу захисту.

Якщо здобувач вищої освіти не з'явився на захист курсової роботи без поважної причини, такий здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку (від 0 до 59 балів за стобальною шкалою) з виставленням її у відомість успішності. Якщо оцінка за стобальною шкалою становить від 35 до 59 балів включно, то здобувач вищої освіти має право на доопрацювання і захист курсової роботи з виставленням оцінки у другу відомість. Якщо оцінка за стобальною шкалою склала від 0 до 34 балів включно, то здобувач вищої освіти вважається таким, що має академічну заборгованість. Для її ліквідації здобувач має виконати курсову роботу за новою темою (або зміненним індивідуальним завданням) відповідно до «Положення про порядок ліквідації академічної заборгованості, академічної різниці та надання платної послуги з проведення занять з вивчення окремої навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом».

2.5 Тематика курсової роботи

Тематика курсових робіт розробляється і затверджується фаховою кафедрою щорічно відповідно до навчального плану спеціальності та програми навчальної дисципліни «Діагностика транспортних засобів». Враховується зміст суміжних спеціальних навчальних дисциплін, таких як «Будова транспортних засобів», «Експлуатаційні матеріали», «Технічна експлуатація транспортних засобів».

плуатація транспортних засобів», «Відкрита архітектура автомобільних систем (AUTOSAR)» та ін.

Тематика курсових робіт відповідає актуальним питанням експлуатації транспортних засобів з урахуванням досягнень науково-технічного прогресу, практичного досвіду і конструктивних особливостей сучасних транспортних засобів.

В основі тематики курсових робіт лежать основні напрямки удосконалення виробничих процесів діагностування транспортних засобів.

Об'єктом дослідження вважається певна система, в якій взаємодіють технічний об'єкт (система, агрегат, механізм, вузол транспортного засобу), та роботи з діагностування, що виконуються з технічним об'єктом. Технічний об'єкт може розглядатись як об'єкт діагностики.

Потрібно, щоб теми курсових робіт мали практичну і науково-теоретичну цінність, відповідали проблематиці об'єкта дослідження, носили комплексний характер і передбачали одночасне вирішення технічних і технологічних завдань, пов'язаних з розвитком і вдосконаленням технічної експлуатації транспортних засобів.

Теми курсових робіт поновлюються і розглядаються щорічно. В більшості теми носять суто навчальний характер.

Здобувач вищої освіти може запропонувати для курсової роботи свою тему з необхідним обґрунтуванням доцільності її розробки. Така робота за своїм змістом і обсягом має відповідати встановленим вимогам.

Приклади тем курсових робіт наведено в додатку А.

3 СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Структура курсової роботи базується на послідовності впровадження нових або удосконалення існуючих технологічних процесів діагностування транспортних засобів (механізмів, вузлів, агрегатів, систем).

Курсова робота складається з пояснювальної записки, обсяг якої становить 35...40 аркушів формату А4.

Рекомендовану структуру пояснювальної записки наведено в таблиці 3.1.

Титульний аркуш і завдання на курсову роботу оформляються на стандартних бланках, які видаються керівником роботи.

Титульний аркуш є першою сторінкою курсової роботи, яка не нумується, але враховується в загальну кількість сторінок. На титульному аркуші зазначається:

- повна назва міністерства та організації (Міністерство освіти і науки України; Вінницький національний технічний університет);
- структурні підрозділи, в яких виконано курсову роботу (факультет машинобудування та транспорту; кафедра автомобілів та транспортного менеджменту);
- вид роботи (курсова робота);
- навчальна дисципліна, за якою виконується курсова робота («Діагностика транспортних засобів»);
- тема курсової роботи;
- ім'я та прізвище автора курсової роботи із зазначенням шифру академічної групи, коду та найменування спеціальності, за якою навчається здобувач вищої освіти;
- ім'я та прізвище керівника курсової роботи із зазначенням посади, наукового ступеня і вченого звання;
- оцінка за національною, 100-бальною та шкалою ECTS;
- прізвища та ініціали членів комісії із захисту курсової роботи;
- місце та рік виконання курсової роботи.

Приклад оформлення титульного аркуша наведено в додатку Б.

Завдання на курсову роботу – це основний документ, що визначає зміст і структуру курсової роботи, встановлює кінцевий термін подання виконаної курсової роботи. Воно має містити достатній обсяг вхідних даних для виконання роботи. В остаточному варіанті курсової роботи індивідуальне завдання розміщують одразу після титульного аркуша, однак воно не нумується і не входить до загальної кількості сторінок.

Приклад оформлення завдання на курсову роботу наведено в додатку В.

Анотація являє собою короткий опис основного змісту і висновків роботи. Анотація оформляється на окремому аркуші, який не нумується і не враховується до загальної кількості сторінок. Анотація має містити прізвище та ініціали автора, відомості про обсяг і зміст основної частини курсової роботи та ключові слова.

Обсяг анотації – не більше однієї сторінки.

Таблиця 3.1 – Рекомендована структура курсової роботи

Елементи курсової роботи	Обсяг, с.
Титульний аркуш	1
Завдання на курсову роботу	2
Анотація	1
Зміст	1
ВСТУП	1...2
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ТА НЕСПРАВНОСТЕЙ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГАТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ 1.1 Загальні відомості про транспортний засіб 1.2 Загальна характеристика конструктивних та функціональних особливостей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу 1.3 Аналіз факторів, що впливають на зміну технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу 1.4 Розробка моделі взаємозв'язку основних параметрів технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу	8...12
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГАТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ 2.1 Огляд методів діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу 2.2 Огляд засобів діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу 2.3 Розробка маршрутної технології 2.4 Розробка операційної технології 2.5 Розрахунок ступеня механізації технологічного процесу	8...12
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГАТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ 3.1 Математична модель визначення технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу 3.2 Автоматизація логічного процесу визначення несправностей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу	8...12
ВИСНОВКИ	1...2
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	1...2
ДОДАТКИ (за наявності)	не обмеж.

Зміст містить назви всіх елементів курсової роботи, назви розділів і підрозділів з їх нумерацією. Зміст роботи розташовується після анотації на третій сторінці (якщо анотація не займає більше однієї сторінки), яка нумерується. Всі наступні сторінки курсової роботи нумеруються послідовно і наскрізно від початкової сторінки змісту до останньої сторінки переліку джерел посилання.

До змісту вносять усі подальші структурні елементи курсової роботи, які мають назву: вступ; назви всіх розділів та підрозділів основної частини курсової роботи; висновки; перелік джерел посилання; за наявності – назви всіх додатків. Навпроти назв розташовують номери сторінок, які містять початок відповідного матеріалу.

Назви заголовків змісту мають однозначно відповідати назвам заголовків пояснювальної записки за текстом. Нумерація сторінок має бути наскрізною. У змісті не рекомендується розривати слова знаками переносу.

Вступ призначений для ознайомлення з предметною областю, в якій виконано курсову роботу та обґрунтування теми роботи. Кількість сторінок вступу не має перевищувати трьох. У вступі необхідно стисло, але аргументовано висвітлити:

- актуальність теми роботи;
- основні завдання і мету цієї роботи;
- короткі дані про структуру і обсяг курсової роботи.

Основна частина пояснювальної записки складається з трьох розділів, детальний опис яких наведено в наступних розділах.

Висновки є підсумковим етапом роботи. Вони мають характеризувати ступінь виконання поставлених завдань.

Перелік джерел посилання містить перелік літературних джерел, інтернет-ресурсів, на які мають бути обов'язкові посилання в тексті пояснювальної записки. Список використаних джерел оформляється згідно з вимогами ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» і наводиться з нової сторінки після висновків.

Бібліографічні посилання подають мовою оригіналу джерела. У переліку кожне джерело записують з абзацу та нумерують арабськими цифрами, починаючи з «одиниці». Порядкові номери бібліографічних посилань в переліку мають відповідати посиланням на них у тексті основної частини, де вони наводяться в квадратних дужках «[]» безпосередньо після згадки відповідної інформації.

Додатки призначені для розміщення додаткових текстових, нетекстових та інших обов'язкових або допоміжних (довідкових) документів, які доповнюють зміст курсової роботи. Додатки розташовують після основної частини курсової роботи. Обсяг додатків не нормується.

4 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

4.1 Загальні вимоги

Курсова робота з дисципліни «Діагностика транспортних засобів» оформляється згідно з чинними стандартами та нормативно-технічними документами.

Курсова робота належить до текстових документів і подається технічною мовою до якої висуваються наступні загальні вимоги:

1. Курсові роботи оформлюють у вигляді електронного документа (текстового файлу) відповідно до вимог ДСТУ 3008:2015 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення»;

2. Вступну та основну частину курсової роботи викладають на білих аркушах формату А4 (210 × 297 мм);

3. Береги аркушів курсової роботи встановлюють такої ширини: верхній та нижній – по 20 мм, лівий – 25 мм, правий – 10 мм;

4. Абзацний відступ має бути однаковий по всьому тексту курсової роботи і дорівнювати 0,75... 1,25 см;

5. Текст курсової роботи виконується шрифтом «Times New Roman» чорного кольору, прямого накреслення через півтора міжрядкові інтервали. Кегль шрифту (розмір шрифту) – 14. Кегль шрифту та міжрядкові інтервали можуть бути зменшені в таблицях, у написах на рисунка, у додатках, але не у їх назвах;

6. Необхідно дотримуватись рівномірної насиченості (рекомендується встановити функцію «Автоматичний перенос слів»), контрастності й чіткості тексту, рисунків, таблиць, символів, формул та інших друкованих елементів;

7. Прізвища та імена авторів, назви установ, організацій, фірм та інші власні назви наводять мовою оригіналу;

8. Курсова робота належить до текстових документів, які подаються технічною мовою. Графічна інформація має подаватись у вигляді ілюстрацій (схеми, рисунки, графіки, діаграми тощо). Цифрова інформація – у вигляді таблиць;

9. Нумерацію сторінок проставляють арабськими цифрами, шрифтом «Times New Roman» чорного кольору прямого накреслення, кегль шрифту – 14. Нумери сторінок курсової роботи розміщують у правому верхньому кутку сторінки;

10. Якщо під час оформлення курсової роботи виникають питання, які не регламентовані цим посібником, тоді потрібно користуватись нормами ДСТУ 3008:2015 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення» та ДСТУ 1.5:2015 «Національна стандартизація. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів».

4.2 Написання тексту

Текст курсової роботи викладають лаконічно українською мовою в логічній послідовності, користуючись науковим стилем мовлення.

У тексті курсової роботи не бажано використовувати іншомовні слова або терміни за наявності рівнозначних слів і термінів українською мовою.

Текст курсової роботи поділяється на розділи та підрозділи, які є структурними елементами роботи. Кожний розділ рекомендується починати з нової сторінки, а підрозділ записувати на тій самій сторінці. Розділи нумеруються в межах всього документа і позначаються арабськими цифрами (1, 2, і т. д.). Після номера крапку не ставлять, а пропускають один знак. Підрозділи нумерують в межах кожного розділу за формою (3.1; 3.2; 3.3 і т. д.).

Найменування розділів записується великими літерами, а підрозділів – малими літерами (крім першої великої) з абзацу без підкреслювання. Крапка після назви розділу і підрозділу не ставиться. Переноси слів у заголовках не допускаються. Якщо заголовок складається з двох речень, то їх розділяють крапкою.

Допускається розміщувати текст між заголовками розділу і підрозділу.

Однотипні дані можуть подаватись у вигляді переліків. Переліки починають з абзацного відступу, а попередній рядок завершують двокрапкою (крім пояснювальних переліків на рисунках і схемах). Перед кожною позицією переліку ставлять тире, а в кінці – крапку з комою або крапку після останньої позиції переліку, наприклад:

- перша позиція переліку;
- друга позиція переліку;
- ...
- остання позиція переліку.

Якщо у тексті необхідно зробити посилання на позиції переліку, їх позначають замість знаку «тире» малими літерами української абетки з круглою дужкою, а для подальшої деталізації використовують арабські цифри з круглою дужкою, наприклад:

- а) перша позиція переліку;
 - 1) елемент першої позиції переліку;
 - 2) елемент першої позиції переліку;
- б) друга позиція переліку;
 - 1) елемент другої позиції переліку;
 - 2) елемент другої позиції переліку;
- в) остання позиція переліку.

Умовні літерні позначення фізичних величин та умовні графічні позначення компонентів мають відповідати встановленим стандартам. Перед буквеним позначенням має бути пояснення (резистор R , напруга U).

В тексті потрібно застосовувати стандартизовані одиниці вимірюван-

ня фізичних величин, їх найменування та позначення у відповідності до чинних стандартів (зокрема серії стандартів ДСТУ ISO 80000:2016).

Числові значення з розмірністю записують цифрами, а без розмірності – словами (об'єм бака 2 л, вимірювання повторювати три рази). Позначення одиниць вимірювання подають в тому ж рядку, що й цифрове значення, без перенесення в наступний рядок. Між останньою цифрою числа та позначенням одиниці вимірювання ставлять пробіл (10 кВт, 2 А), крім позначень одиниць плоских кутів (кутових градусів, мінут і секунд), які ставлять безпосередньо після числа вгорі.

Якщо наводиться ряд числових значень однієї фізичної величини, то одиницю вимірювання вказують після кожного числового значення: «0,5 В; 1,75 В; 2,5 В» (крім таблиць). У разі позначення двох або більше вимірів одиниці вимірювання подають після кожного:

«20 мм × 30 мм × 50 мм».

Позначення величин з граничними відхиленнями або допусками позначають так: «500 мм ± 5 мм» або «(500 ± 5) мм», для відсотків можливий лише другий варіант: «(50 ± 2) %».

Діапазон значень фізичних величин записують таким чином «0,1 Ом ... 2,5 Ом» або наводять, використовуючи прикметники «від» і «до», зазначаючи одиницю вимірювання після кожного числового значення величини, наприклад: «від 0,1 Ом до 2,5 Ом».

В одиницях вимірювання, які містять математичні знаки множення або ділення, використовують знаки крапки на середній лінії (·) та похилої риски (/), відповідно, наприклад: 110 кВт·год; 60 км/год.

Порядкові числівники записують словами (другий день, п'ята лінія); кількісні числівники подають цифрами (на 5 аркушах, 25 резисторів).

У тексті курсової роботи (крім заголовків, анотації, вступу і висновків) можна вживати скорочення слів та словосполучень згідно з нормами ДСТУ 3582:2013 «Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові в бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила», а також скорочення, встановлені автором і розшифровані при першому згадуванні.

У тексті курсової роботи не дозволяється:

- замінювати знак множення («×» або «·») зірочкою «*»;
- використовувати маловідомі слова і вирази (техніцизми, жаргонізми), крім випадків, коли така лексика є предметом дослідження;
- використовувати позначення одиниць вимірювання фізичних величин без числових значень, наприклад, «кілька кілограмів», а не «кілька кг» (за винятком оформлення таблиць і формул);
- з'єднувати текст з умовним позначенням фізичних величин за допомогою математичних знаків (не «швидкість = 5 км/год», а «швидкість дорівнює 5 км/год»);
- використовувати математичні знаки «<, >, 0, №, %, sin, cos, tg, log» та інші без цифрових або літерних позначок. В тексті потрібно писати словами «нуль», «номер», «логарифм», «синус» тощо;

– використовувати аббревіатуру стандартів без відповідних реєстраційних номерів.

По всьому тексту, а також у формулах і рівняннях курсової роботи верхні та нижні індекси й показники степеня мають бути однакового розміру, але меншими за символ чи літеру, до яких вони приставлені.

4.3 Оформлення структурних елементів тексту

Структурні елементи курсової роботи такі як «Анотація», «Зміст», «Вступ», «Висновки», «Перелік джерел посилання» не нумеруються, а їхні назви вважаються заголовками структурних елементів.

Текст курсової роботи розбивається на розділи – структурно і логічно відокремлені блоки. Розділи можуть містити підрозділи.

Розділи нумерують порядковими номерами в межах всього документа (1, 2, 3). Між номером і заголовком ставлять пробіл без крапки.

Підрозділи нумерують в межах кожного розділу. Усі вони нумеруються арабськими цифрами за принципом багаторівневої нумерації (1.1, 1.2, 1.3 і т. д.). Нумерацію ставлять з абзацного відступу без крапки в кінці.

Для розділів та підрозділів наявність заголовків обов'язкова.

Всі заголовки структурних елементів курсової роботи, а також заголовки розділів набирають великими літерами напівжирним шрифтом без крапки в кінці та розташовують у першому рядку нової сторінки посередині. Заголовки не мають містити переносів слів і скорочень, крім загальноприйнятих.

Заголовки підрозділів набирають малими літерами з першої великої без крапки в кінці та розташовують з абзацного відступу.

Заголовок може складатись з кількох речень. У такому разі їх розділяють крапкою.

Між заголовком і попереднім текстом залишають один порожній рядок.

Відстань між двома заголовками, які розміщені один за одним, не відрізняється від міжрядкової відстані у тексті та становить півтора інтервали.

Не допускається розташування заголовка на останньому нижньому рядку сторінки.

4.4 Оформлення формул

Формули та рівняння, як правило, розміщують в окремому рядку посередині сторінки симетрично до тексту безпосередньо після згадки про них у тексті. Перед та після формули не залишають порожніх рядків.

Нумерують лише ті формули, на які є посилання в тексті основної частини курсової роботи або додатків.

Формули та рівняння в основній частині курсової роботи нумерують-

ся арабськими цифрами дворівневою нумерацією в межах кожного розділу. Номер розташовують в круглих дужках в крайньому правому положенні того самого рядка, в якому подано формулу, *наприклад*:

$$U = IR. \quad (1.1)$$

Числові розрахунки подають у вигляді окремого рівняння, яке не має нумерації. Підсумкову одиницю вимірювання у цьому випадку подають у круглих дужках, *наприклад*:

$$I = 220 / 100 = 2,2 \text{ (A)}.$$

Пояснення позначень і символів, які містяться у формулі, якщо це не зроблено раніше, подають безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі або рівнянні. Після формули ставлять кому, а пояснення починають з наступного рядка зі слова «де» без абзацного відступу і без двокрапки. В кінці рядка ставлять крапку з комою, а після останнього пояснення – крапку. Кожне наступне позначення або символ подають з нового рядка з абзацу. При цьому дозволяється групувати однотипні позначення. Якщо символ позначає фізичну величину, наприкінці пояснення подають відповідну одиницю вимірювання.

Приклад подання формули наведено нижче.

Перетворення нескінченної кількості значень параметрів вихідних процесів в кінцеву кількість значень діагностичних параметрів може бути записано у вигляді

$$\{C_j\}_k = F_s\{C_j\}, \quad (3.5)$$

де $\{C_j\}$ – кількість ознак вихідних процесів, кожна з яких може приймати в загальному випадку нескінченну кількість значень в певному інтервалі;

$\{C_j\}_k$ – кінцева кількість діагностичних ознак, кожна з яких може набувати тільки два умовних значення: «-» або «+»;

$j = 1, 2 \dots, n$;

F_s – оператор, що перетворює кількість $\{C_j\}$ в кількість $\{C_j\}_k$ таким чином: будь-якій j -ій ознаці C_j присвоюється умовне значення «-», якщо величина лежить в області значень, що відповідають справному стану об'єкта діагностування, в іншому випадку присвоюється значення «+».

Переносити формули чи рівняння на наступний рядок дозволяється лише на знаках виконуваних операцій («+», «-», «×», «=» тощо), але не «» або «:». У випадку перенесення знак операції повторюють на початку наступного рядка.

Кілька формул, що йдуть поспіль, подають одну під одною без порожніх рядків між ними, розділяючи комами.

Формула є частиною речення, чим і визначається розділовий знак, який потрібно ставити після неї. Якщо формула розміщена в кінці речення і не передбачає пояснень, то після неї ставлять крапку.

Посилання на формули в тексті курсової роботи подають у круглих дужках за формою: «...за формулою (1.1)»; «... у формулах (5.7–5.9)», «... див. формулу (2.1)».

4.5 Оформлення ілюстрацій

Потрібно, щоб усі графічні та ілюстративні матеріали, внесені до тексту курсової роботи, мали підпис «Рисунок». Крапку в кінці підпису не ставлять, знак переносу не використовують.

Рисунок розміщують одразу після завершення абзацу, в якому було перше посилання на нього, або якнайближче до нього на наступній сторінці, а за потреби дозволяється виносити рисунок в додатки.

Якщо рисунок створений не автором, у підписі має бути посилання на першоджерело.

Рисунки мають бути якісними та чіткими, виконаними в програмних графічних редакторах або містити світлини достатньої роздільної здатності.

Рисунки нумерують арабськими цифрами в межах кожного розділу. Номер рисунка складається з номера розділу та порядкового номера рисунка у цьому розділі (*наприклад*: «Рисунок 1.1 – ...», «Рисунок 3.4 – ...»).

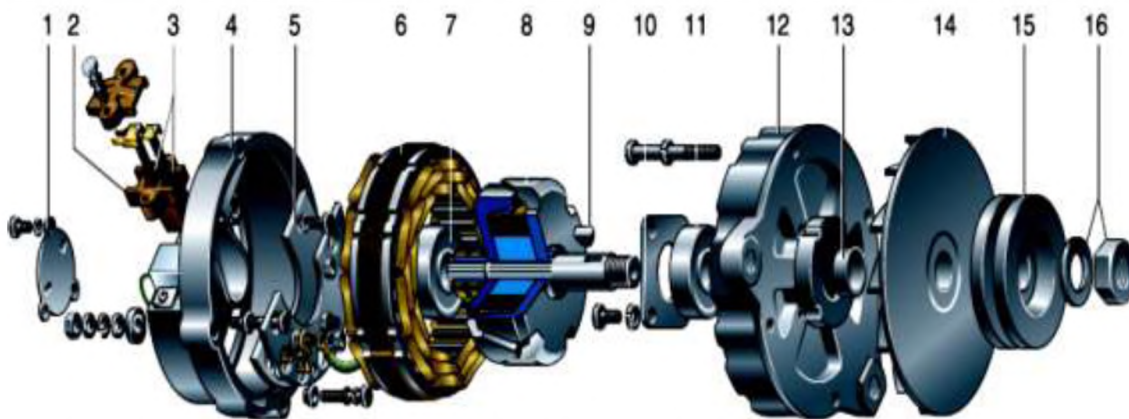
Назву рисунка друкують після номера і тире з великої літери. Підпис до рисунка розміщують безпосередньо під рисунком посередині рядка, *наприклад*:

Рисунок 2.1 – Схема пристрою

Перед рисунком і після його назви залишають по одному порожньому рядку.

За потреби пояснювальну інформацію до рисунка подають безпосередньо після графічного матеріалу перед назвою рисунка (міжрядкові інтервали – 1,0; кегль шрифту (розмір шрифту) – 12).

Приклад подання рисунка наведено нижче.



1 - кришка підшипника; 2 - щіткотримач; 3 - щітки; 4 - кришка задня;
5 - випрямний блок; 6 - статор; 7 - підшипник задній; 8 - ротор; 9 - шпонка; 10 - кришка переднього підшипника; 11 - підшипник передній; 12 - кришка передня; 13 - втулка упорна; 14 - крильчатка; 15 - шків; 16 - гайка з шайбою

Рисунок 1.3 – Деталі генераторної установки 1601.3701 [2]

Якщо рисунок складається з кількох частин, їх позначають малими літерами української абетки з круглою дужкою під відповідними частинами. В такому випадку після загальної назви рисунка ставлять двокрапку та дають назви кожної частини за формою: «Рисунок 1.2 – Назва рисунка: а) назва першої частини; б) назва другої частини» або за ходом назви рисунка, подаючи літери в круглих дужках: «Рисунок 3.2 – Структурна схема (а) і часові діаграми (б) роботи фазометра».

Приклад подання рисунка наведено нижче.



Якщо рисунок занадто великий, що ускладнює його сприйняття, рекомендується виносити його в додатки.

На всі ілюстрації в тексті курсової роботи мають бути посилання. *Посилання виконують за формою:* «...показано на рис. 3.1» або в дужках за текстом «(рис. 3.1)», на частину ілюстрації: «... показані на рис. 3.2, б». Посилання на раніше наведені ілюстрації дають зі скороченим словом «дивись» відповідно в дужках (див. рис. 1.3).

4.6 Оформлення таблиць

Зведені цифрові дані подають у вигляді таблиць. Таблицю розміщують симетрично до тексту безпосередньо після першого посилання на неї або якнайближче на наступній сторінці. На кожну таблицю має бути посилання у тексті курсової роботи.

За великих розмірів дозволяється розміщувати таблицю з поворотом на кут 90° проти годинникової стрілки або виносити у додатки.

Потрібно, щоб кожна таблиця мала номер і назву. Таблиці нумерують в межах розділів дворівневою нумерацією: «Таблиця 1.1», «Таблиця 2.3».

Таблиці, розміщені у додатках, мають дворівневу нумерацію в межах кожного додатка, *наприклад*, «Таблиця В.2» – друга таблиця додатка В.

Номер і назву таблиці зазначаються над таблицею з абзацного відступу, розділяючи їх тире, крапку в кінці назви не ставлять, *наприклад*: «Таблиця 3.1 – Назва таблиці». Якщо назва містить більше одного речення, їх розділяють крапкою.

Перед таблицею та після назви самої таблиці залишають по одному порожньому рядку.

На всі таблиці мають бути посилання за формою: «*наведено в таблиці 3.1*»; «*... в таблицях 3.1 – 3.5*» або в дужках по тексту (*таблиця 3.6*). Посилання на раніше наведену таблицю дають зі скороченим словом «*дивись*» (*див. таблицю 2.4*) за ходом чи в кінці речення.

Таблицю розділяють на графи (колонки) і рядки. У верхній частині розміщують головку таблиці, в якій вказують найменування граф. Діагональне ділення головки таблиці не допускається. Ліву графу часто використовують для найменування рядків. Мінімальний розмір між основами рядків – 8 мм. Допускається не розділяти рядки горизонтальними лініями.

Ставити лапки замість цифр чи математичних символів, які повторюються, не можна. Якщо цифрові чи інші дані в таблиці не наводяться, то ставиться прочерк.

Якщо частину таблиці перенесено на іншу сторінку, назву подають тільки над першою частиною таблиці, над іншими її частинами подають тільки номер таблиці з таким написом по правому краю аркуша: «Продовження таблиці 1.1» – на тій самій сторінці чи на подальших сторінках; «Кінець таблиці 1.1» – на тій самій сторінці чи на останній сторінці, де розміщено таблицю.

4.7 Оформлення посилань

На усі джерела інформації, які були використані при виконанні курсової роботи, мають бути посилання після використання відповідної інформації. Джерело вноситься у «Перелік джерел посилання».

Посилання на джерело інформації, внесені у «Перелік джерел посилання», подається із зазначенням порядкового номера посилання у квадратних дужках, *наприклад*: «...ефективність сягає 98 % [2]», «в роботі [15]», «...автори статей [7], [8]» або «...показано в [9–12]».

В тексті курсової роботи можна робити посилання на структурні елементи тексту курсової роботи, які виконують за формою: «наведено в розділі 3», «показано в підрозділі 2.1».

В тексті курсової роботи можна робити посилання на інші елементи документа: позиції переліків, рисунки, таблиці, формули, рівняння, додатки. Дозволяється використовувати загальноприйняті та стандартизовані скорочення згідно з ДСТУ 3582:2013 «Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові в бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила». *Наприклад*: «на рис. 1.2», «(див. таблицю 3.1)».

4.8 Оформлення переліку джерел посилання

Перелік джерел посилання містить перелік літературних джерел, інтернет-ресурсів на які мають бути обов'язкові посилання в тексті пояснювальної записки. Перелік джерел посилання оформляється згідно з вимогами ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання».

Приклад оформлення переліку джерел посилання наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Приклад оформлення переліку джерел посилання відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання»

Характеристика джерела	Приклади оформлення
1	2
Книги: один автор	1. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів. Київ : Каравела, 2009. 400 с. 2. Бойко М. Ф. Трактори та автомобілі. Частина 2. Електрообладнання. Київ : Вища освіта, 2001. 243 с. 3. Захарчук В. І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів : навчальний посібник, друге видання. Луцьк: ЛНТУ, 2011. 233 с.
Книги: два автори	1. Кисликов В. Ф., Луцьк В. В. Будова й експлуатація автомобілів. Київ : Либідь, 2018. 400 с. 2. Білоконь Я. Ю., Окоча А. В. Трактори і автомобілі. Київ : Урожай, 2002. 318 с.

Продовження таблиці 4.1

1	2
	3. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.
Книги: три автори	1. Бучок В. С., Ясюк В. Ф., Ковальчук В. О. Трактори і автомобілі. Київ : Аграрна освіта, 2008. 330 с. 2. Олло В. П., Сакно О. П., Колеснікова Т. М. Автомобілі та МЛПК. Одеса : Олді+, 2021. 514 с. 3. Кукурудзяк Ю. Ю., Рудь О. В., Кукурудзяк Л. В. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту. Вінниця : ПП «Едельвейс і К», 2010. 336 с.
Книги: чотири і більше авторів	1. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко Ф. Ф. Автомобільні двигуни. Київ : Арістей, 2004. 476 с. 2. Транспортні енергетичні установки (традиційні, нетрадиційні та альтернативні), принцип роботи та особливості будови / Ю. Ф. Гутаревич та ін. Київ : НТУ, 2015. 244 с. 3. Транспортні енергетичні установки / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 264 с.
Автор(и) та редактор(и)/упорядники	1. Трактори та автомобілі. Частина 1. Автотракторні двигуни / М. Г. Сандомирський, М. Ф. Бойко, А. Т. Лебедев та ін.; за ред. А. Т. Лебедева. Київ : Вища школа, 2000. 357 с. 2. Трактори та автомобілі. Частина 3. Шасі / А. Т. Лебедев, В. М. Антощенков, М. Ф. Бойко та ін.; за ред. А. Т. Лебедева. Київ : Вища освіта, 2004. 336 с. 3. Ремонт автомобілів / упор. В. Я. Чабанний. Кіровоград : Кіровоградська районна друкарня, 2007. 720 с.
Патенти	1. Спосіб діагностування керованих мостів колісних сільськогосподарських тракторів : пат. 108394 Україна: МПК G01M 17/00, G01P 15/00, G01D 21/02. № u2016 01065; заявл. 08.02.2016; опубл. 11.07.2016, Бюл. № 13. 5 с. 2. Система діагностування керованих мостів колісних сільськогосподарських тракторів : пат. 108395 Україна: МПК G01M, G06F 15/00, G06F 5/16, G01M 17/00. № u2016 01067; заявл. 08.02.2016; опубл. 11.07.2016, Бюл. № 13. 2 с. 3. Система вібродіагностування ходової частини тривісних колісних транспортних засобів : пат. 150264 Україна: МПК G01M 17/06, G06F 15/00, G06F 5/16. № u2021 04979; заявл. 03.09.2021; опубл. 19.01.2022, Бюл. № 3. 5 с.

Продовження таблиці 4.1

1	2
Стандарти	1. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування і контроль технічного стану. Терміни і визначення. [Чинний від 1995-07-01]. Вид. офіц. Київ, 1995. 24 с. (Інформація та документація). 2. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. [Чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2011. 56 с. (Інформація та документація). 3. ДСТУ ISO 2416:2014 Колісні транспортні засоби. Автомобілі легкові. Розподіл маси. [Чинний від 2014-10-01]. Вид. офіц. Київ, 2014. 8 с. (Інформація та документація).
Електронні ресурси	1. Технічні характеристики та таблиці даних двигунів «Toyota». URL: https://www.lectura-specs.com.ua/ua/tekhnichni-kharakterystyky/komponenti/dviguni-toyota (дата звернення: 20.05.2025). 2. Технічні характеристики та таблиці даних двигунів «Cummins». URL: https://www.lectura-specs.com.ua/ua/tekhnichni-kharakterystyky/komponenti/dviguni-cummins (дата звернення: 20.05.2025). 3. Борисюк Д. В. Математична модель процесу діагностування турбокомпресора ЯМЗ-650.1118011. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. 2021. Вип. 2 (13). URL: https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/634/596 (дата звернення: 20.05.2025).
Частина періодичного видання (журналу)	1. Кравченко О. П. Аналіз експлуатаційної надійності електро- та електронного обладнання автомобілів-тягачів. <i>Вісник ЖДТУ</i>. 2016. № 2 (77). С. 127-134. 2. Борисюк Д. В. Математична модель коробки перемикачів передач типу ЯМЗ-239 як об'єкта діагностування. <i>Вісник Вінницького політехнічного інституту</i>. 2021. Вип. 3 (156). С. 93-104. 3. Борисюк Д. В. Математична модель зчеплення автомобіля Volkswagen Polo Sedan як об'єкта діагностування. <i>Вісник машинобудування та транспорту</i>. 2021. Вип. 1 (13). С. 23-32
Частина видання матеріалів конференцій (тези доповіді)	1. Борисюк Д. В. Перспективи розвитку методів і засобів діагностування сільськогосподарських тракторів. <i>Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : Х-а Міжн. наук.-практ. конф., м. Вінниця, 23-25 жовтня 2017 р.: тези доповіді</i>. Вінниця, 2017. С. 138-142.

Закінчення таблиці 4.1

1	2
	2. Барановський В. М. Методи діагностування підшипників маточин коліс автомобілів. <i>Мат. VI-ої міжн. наук.-практ. інтернет-конф. «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту»</i>, 12-13 квітня 2018 року: зб. наук. праць. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 14-15. 3. Біліченко В. В., Борисюк Д. В. Методи віброакустичного діагностування технічного стану вузлів і агрегатів машин. <i>Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій</i> : VI-а Міжн. конф., м. Вінниця, 13-15 вересня 2018 р.: тези доповіді. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 34-36.

4.9 Оформлення додатків

Додатки розміщують після основної частини курсової роботи, починаючи з наступної сторінки після переліку джерел посилання.

Якщо курсова робота містить більше одного додатка, перед першим з них розміщується чистий нумерований аркуш із зазначенням слова «ДОДАТКИ» посередині аркуша.

Додатки розміщують у порядку посилань на них у тексті основної частини курсової роботи. Кожен наступний додаток розміщують з нової сторінки. Кожний додаток повинен мати заголовок, який друкують вгорі великими літерами посередині сторінки. Над заголовком, посередині рядка ставлять слово «ДОДАТОК» та відповідну велику літеру української абетки (крім літер Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь), яка позначає додаток (наприклад: ДОДАТОК А, ДОДАТОК Д).

Під заголовком для обов'язкового додатка пишуть в дужках слово (обов'язковий), а для інформативного або допоміжного – (довідковий). Перелік обов'язкових додатків визначає керівник курсової роботи в індивідуальному завданні.

Якщо додаток містить в собі більше одного елемента, то ілюстрації, таблиці, формули нумерують в межах кожного додатка, вказуючи його позначення, *наприклад*: «Рисунок А.2 – Найменування»; «Таблиця Д.4 – Найменування».

Всі додатки вносять у зміст, вказуючи позначення, заголовок і сторінки з яких вони починаються.

5 АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ ТА ПИТАННЯ ДОКУМЕНТООБІГУ

5.1 Загальні положення про академічну доброчесність

Академічна доброчесність – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень.

Академічна етика – сукупність морально-етичних норм, правил і принципів, у тому числі правил педагогічної етики, академічної доброчесності й ділового етикету, які регулюють міжособистісні відносини учасників освітнього процесу.

Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

Порушенням академічної доброчесності вважається:

- академічний плагіат – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства;
- самоплагіат – оприлюднення (частково або повністю) власних раніше опублікованих наукових результатів як нових наукових результатів;
- фабрикація – вигадкування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі або наукових дослідженнях;
- фальсифікація – свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються освітнього процесу чи наукових досліджень;
- списування – виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання, зокрема під час оцінювання результатів навчання;
- обман – надання завідомо неправдивої інформації щодо власної освітньої (наукової, творчої) діяльності чи організації освітнього процесу; формами обману є, зокрема, академічний плагіат, самоплагіат, фабрикація,

фальсифікація та списування;

- хабарництво – надання (отримання) учасником освітнього процесу чи пропозиція щодо надання (отримання) коштів, майна, послуг, пільг чи будь-яких інших благ матеріального або нематеріального характеру з метою отримання неправомірної переваги в освітньому процесі;

- необ'єктивне оцінювання – свідоме завищення або заниження оцінки результатів навчання здобувачів освіти;

- надання здобувачам освіти під час проходження ними оцінювання результатів навчання допомоги чи створення перешкод, не передбачених умовами та/або процедурами проходження такого оцінювання;

- вплив у будь-якій формі (прохання, умовляння, вказівка, погроза, примушування тощо) на педагогічного (науково-педагогічного) працівника з метою здійснення ним необ'єктивного оцінювання результатів навчання.

Наведений перелік не є остаточно вичерпним і не охоплює всіх діянь, що можуть містити ознаки порушення академічної доброчесності та етики академічних взаємовідносин

За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнені до такої академічної відповідальності:

- повторне проходження оцінювання (контрольна робота, іспит, залік тощо);

- повторне проходження відповідного освітнього компонента освітньої програми;

- відрахування із закладу освіти (крім осіб, які здобувають загальну середню освіту);

- позбавлення академічної стипендії;

- позбавлення наданих закладом освіти пільг з оплати навчання.

Кожна особа, стосовно якої порушено питання про порушення нею академічної доброчесності, має такі права:

- ознайомлюватися з усіма матеріалами перевірки щодо встановлення факту порушення академічної доброчесності, подавати до них зауваження;

- особисто або через представника надавати усні та письмові пояснення чи відмовитися від надання будь-яких пояснень, брати участь у дослідженні доказів порушення академічної доброчесності;

- знати про дату, час і місце та бути присутньою під час розгляду питання про встановлення факту порушення академічної доброчесності та притягнення її до академічної відповідальності;

- оскаржити рішення про притягнення до академічної відповідальності до органу, уповноваженого розглядати апеляції, або до суду.

5.2 Академічна доброчесність під час виконання курсової роботи

Індивідуальне завдання на курсову роботу має бути виконано самостійно та одноосібно здобувачем вищої освіти, який це завдання отримав.

Курсові роботи не мають містити списування, академічного плагіату, фальсифікації, фабрикації, елементів, створених за допомогою систем генеративного штучного інтелекту, або інших ознак академічної доброчесності відповідно до «Положення про академічну доброчесність у Вінницькому національному технічному університеті».

Контроль за дотриманням вимог академічної доброчесності під час виконання курсової роботи здійснює керівник. Підтвердженням того, що керівник не виявив ознак порушення академічної доброчесності здобувачем вищої освіти, вважається факт прийняття курсової роботи до захисту.

Консультавання здобувачів вищої освіти з питань академічної доброчесності під час виконання курсової роботи здійснює керівник, а в разі його тимчасової відсутності – інший науково-педагогічний працівник відповідної кафедри, визначений розпорядженням завідувача кафедри.

5.3 Питання документообігу

Електронний документообіг – це процес створення, обробки, обміну, зберігання та знищення електронних документів за допомогою програмного забезпечення та захищених каналів зв'язку, з обов'язковим використанням електронних підписів, що надає їм юридичної сили, такої ж, як і у паперових документів.

Обмін файлами курсової роботи між здобувачами вищої освіти та керівником у Вінницькому національному технічному університеті здійснюється виключно через інструмент «Файл-Експрес» системи «JetIQ».

Готові курсові роботи подаються здобувачами вищої освіти через інструмент «Файл-Експрес» системи «JetIQ» у вигляді одного файлу у форматі «Portable Document Format» (*.pdf).

У процесі формування керівником курсових робіт електронної відомості успішності в системі «JetIQ» файли захищених курсових робіт вивантажуються в електронний архів Вінницького національного технічного університету.

Завантажені файли курсових робіт зберігаються в електронному архіві Вінницького національного технічного університету протягом одного року.

Доступ до електронного архіву Вінницького національного технічного університету, де зберігаються файли захищених курсових робіт, має відповідальний за моніторинг якості та удосконалення курсового проєктування Ради з якості освіти Вінницького національного технічного університету.

6 ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ТА НЕСПРАВНОСТЕЙ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГАТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ»

Розділ «1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ТА НЕСПРАВНОСТЕЙ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГАТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ» містить такі підрозділи:

- 1.1 Загальні відомості про транспортний засіб;
- 1.2 Загальна характеристика конструктивних та функціональних особливостей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу;
- 1.3 Аналіз факторів, що впливають на зміну технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу;
- 1.4 Розробка моделі взаємозв'язку основних параметрів технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу.

6.1 Виконання підрозділу «1.1 Загальні відомості про транспортний засіб»

До транспортних засобів належать вози, велосипеди, механічні транспортні засоби (мотоцикли, автомобілі, вантажівки, автобуси, тролейбуси, трактори), причеи, рейковий транспорт (поїзди, трамваї), плавзасоби (судна, човни), амфібії, повітряні судна (літаки, вертольоти) та космічні апарати.

В цьому підрозділі курсової роботи необхідно надати коротку інформацію про транспортний засіб, його технічну характеристику (в табличній формі) та загальний вигляд (в ілюстративній формі).

6.2 Виконання підрозділу «1.2 Загальна характеристика конструктивних та функціональних особливостей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу»

Кожна окремо взята модель транспортних засобів характеризується особливістю будови і функціонування її систем. Аналіз конструктивних, функціональних та експлуатаційних особливостей, робочих процесів та умов роботи заданої системи (механізму, вузла, агрегату) транспортного засобу дає можливість визначення підходів, вибору більш досконалих сучасних і доцільних методів та способів її діагностування.

Більшу увагу необхідно звернути на особливості конструкції, функціонування та експлуатації заданої системи (механізму, вузла, агрегату) транспортного засобу порівняно з аналогічними системами інших транспортних засобів.

В цьому підрозділі курсової роботи необхідно подати об'єкт діагностування – механізм (вузол, агрегат, систему) транспортного засобу. Навести його призначення, конструктивні особливості, принцип роботи та характеристики.

6.3 Виконання підрозділу «1.3 Аналіз факторів, що впливають на зміну технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу»

Фактори, що впливають на зміну технічного стану об'єкта діагностування, можуть бути конструктивними, технологічними та експлуатаційними. Експлуатаційні фактори найбільше впливають на зміну технічного стану автомобілів.

Аналіз особливостей експлуатації транспортного засобу загалом (чи його системи, вузла, агрегату) ставить своєю метою визначити умови експлуатації та основні фактори, які дають можливість зменшити ймовірність та інтенсивність, а в багатьох випадках і попередити появу відмов та несправностей. Експлуатаційні фактори доцільно поділити на кілька груп: термін експлуатації, якість та своєчасність обслуговування, якість експлуатаційних матеріалів, технічний стан інших систем транспортного засобу, якість водіння, зовнішні фактори.

В цьому підрозділі курсової роботи необхідно подати фактори, що впливають на зміну технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу у табличній формі за такими параметрами: група факторів; експлуатаційний фактор; на що впливає.

Приклад подання наведено нижче.

Таблиця 1. ... – Фактори, що впливають на зміну технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу

Група факторів	Експлуатаційний фактор	На що впливає
1	2	3
Термін експлуатації	...	...
Якість та своєчасність обслуговування	...	...
Якість експлуатаційних матеріалів	...	...
Технічний стан інших систем транспортного засобу	...	...
Якість водіння	...	...
Зовнішні фактори	...	...

6.4 Виконання підрозділу «1.4 Розробка моделі взаємозв'язку основних параметрів технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу»

Розробка моделі взаємозв'язку основних параметрів для заданої системи (механізма, вузла, агрегату) транспортного засобу дає можливість визначення причинно-наслідкового зв'язку між діагностичними і структурними параметрами та несправностями і їх ознаками, а також виду технічного стану залежно від значень вхідних параметрів.

Розробка моделі взаємозв'язку основних параметрів із причинами несправностей у цьому підрозділі здійснюється в певній послідовності, яку можна умовно поділити на кілька етапів.

Етап 1. Визначення типових несправностей:

- визначити можливі типові несправності B системи (механізма, вузла, агрегату) транспортного засобу, користуючись технічною документацією;
- вказати ознаки несправностей C системи (механізма, вузла, агрегату) транспортного засобу.

Цей етап оформлюється табличною формою.

Приклад подання наведено нижче.

Таблиця 1. ... – Основні несправності (B_m) та ознаки несправностей (C_n) механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу

Ознака несправності	Несправність
1	2
C_1 . Ознака несправності «1»	B_1 . Несправність «1» B_2 . Несправність «2» ...
C_2 . Ознака несправності «2»	...
...	...
C_n . Ознака несправності «n»	 B_m . Несправність «m»

Етап 2. Визначення параметрів діагностування:

- для ідентифікації технічного стану окремого елемента системи (механізма, вузла, агрегату) транспортного засобу необхідно вибрати певні діагностичні (конструктивні) параметри, які можливо виміряти (визначити) в цій системі (механізмі, вузлі, агрегаті) транспортного засобу;
- вибрати можливі способи визначення кожного параметра та вказати їх номінальні значення.

Цей етап оформлюється табличною формою, де вказуються діагностичні параметри та можливі їх значення (номінальне, допустиме, граничне).

Приклад подання наведено нижче.

Таблиця 1. ... – Перелік діагностичних параметрів механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу

Позн.	Діагностичний параметр	Можливі значення		
		Номінальне значення	Допустиме значення	Граничне значення
1	2	3	4	5
X_1	...	...	...	...
X_2	...	...	...	...
...	...	...	...	...
X_m	...	...	...	...

Етап 3. Взаємозв'язок параметрів і несправностей (модель)

Вхідними параметрами моделі є перелік діагностичних параметрів X , які можуть бути визначені у процесі експлуатації різними способами. Вихідними параметрами моделі є типові несправності механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу C , які необхідно ідентифікувати на основі визначення діагностичних параметрів (рис. 6.1).



$X_1, X_2, \dots, X_m$ – діагностичні параметри; $C_1, C_2, \dots, C_n$ – типові несправності

Рисунок 6.1 – Модель причинно-наслідкових зв'язків об'єкта діагностування

Далі необхідно подати цю модель у вигляді матриці взаємозалежності між величинами X і C , де:

- «-» – параметр X не залежить від параметра C ;
- «↑», «↑↑» – збільшення або значне збільшення параметра X ;
- «↓», «↓↓» – зменшення або значне зменшення параметра X .

Приклад подання матриці взаємозалежності між величинами X і C наведено нижче.

Таблиця 1. ... – Матриця взаємозв'язку між величинами X та C об'єкта діагностування

Позн.	Ознака несправності	Діагностичні параметри				
		X_1	X_2	X_3	...	X_m
1	2	3	4	5	...	n
C_1	Ознака несправності «1»	...	...	...	...	...
C_2	Ознака несправності «2»	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
C_n	Ознака несправності « n »	...	...	...	...	...

В графах «3, 4, 5,..., n » наводяться позначення взаємозалежності між величинами X і C : «-», «↑», «↑↑», «↓» та «↓↓».

7 ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГАТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ»

Розділ «2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГАТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ» містить такі підрозділи:

- 2.1 Огляд методів діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу;
- 2.2 Огляд засобів діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу;
- 2.3 Розробка маршрутної технології;
- 2.4 Розробка операційної технології;
- 2.5 Розрахунок ступеня механізації технологічного процесу.

7.1 Виконання підрозділу «2.1 Огляд методів діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу»

Для оцінення технічного стану механізмів, вузлів, агрегатів та систем транспортних засобів розроблено велику кількість методів діагностування, що відрізняються за параметрами вимірювання, принципом вимірювання, способом визначення, засобами діагностування і т. д.

В цьому підрозділі курсової роботи необхідно надати коротку інформацію про методи діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу. Навести їх характеристику, переваги та недоліки.

7.2 Виконання підрозділу «2.2 Огляд засобів діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу»

Засоби діагностування – це прилади, обладнання та програмне забезпечення, що використовуються для визначення стану об'єкта, виявлення несправностей та оцінення його роботи. Вони можуть бути як фізичними (наприклад, вимірювальні прилади, апаратура), так і програмними (наприклад, програми для аналізу даних або управління обладнанням).

В цьому підрозділі курсової роботи необхідно подати огляд обладнання, яке використовується для діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу. Надати коротку інформацію про вибрані засоби діагностування, навести їх характеристику, переваги та недоліки.

7.3 Виконання підрозділу «2.3 Розробка маршрутної технології»

Технологічний процес діагностування являє собою сукупність окремих операцій, що виконуються планомірно та послідовно в часі і являють

собою послідовність технологічних дій. Кожна операція є закінченою частиною технологічного процесу, що виконується одним або декількома виконавцями на одному робочому місці. Перелік операцій подається у вигляді маршрутної технологічної карти.

Під час розробки маршрутної технології рекомендується розробити одну маршрутну технологічну карту на весь технологічний процес. Мета розроблення маршрутної технологічної карти полягає в тому, щоб визначити:

- повний перелік і послідовність операцій (без визначення переліку переходів у межах кожної операції);
- місце виконання кожної операції;
- технологічне обладнання, пристрої та інструмент, які будуть застосовуватись в процесі виконання кожної операції.

Під час виконання курсової роботи маршрутну технологічну карту рекомендується оформлювати у вигляді таблиці.

Приклад подання маршрутної технологічної карти наведено нижче.

Маршрутна технологічна карта				
Зміст робіт: <u>Вказати назву роботи, що виконується</u>				
Зона (дільниця, пост): <u>Вказати місце проведення робіт</u>				
Число виконавців, спеціальність, розряд: <u>Вказати кількість виконавців, їх спеціальність та розряд</u>				
Номер і назва операції	Назва робочого місця	Технологічне обладнання	Організаційна оснастка	Пристрої та інструменти
1	2	3	4	5
1. ...	...	...	...	...
2.	...	...	...	...
...	...	...	...	...

В «графу 1» маршрутної технологічної карти вноситься номер і назва операції технологічного процесу діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу.

У «графу 2» вноситься назва робочого місця, на якому виконується поточна операція (у випадку, коли операція виконується на постах технічного обслуговування чи поточного ремонту може вказуватись номер поста).

У «графу 3» вноситься підйомно-оглядове і підйомно-транспортне обладнання (кран-балки, електротельфери, талі, монорейки, конвеєри, підйомники, перекидачі, оглядові канами, естакади та ін.), основне технологічне обладнання (стаціонарні, пересувні та переносні стенди, вер-

стати і прилади (загальновиробничі і спеціалізовані), діагностичне обладнання, ремонтне обладнання, мийні установки та ін.) та прилади.

У «графу 4» вноситься організаційна оснастка і допоміжне обладнання (верстаки, столи, шафи, стелажі, ящики, підставки, цистерни, посудини, пожежні щити, вогнегасники, електророзподільні щити, майданчики та ін).

У «графу 5» – пристрої та інструменти (універсальні та спеціалізовані пристрої для виконання окремих операцій (різноманітні знімачі, оправки і т. д.), універсальні та спеціалізовані комплекти інструментів (комплект для ремонту карбюраторів, комплект слюсаря-моториста і т. д.), різноманітні інструменти (ключі гайкові, молотки, кувалди, кліщі, плоскогубці, викрутки, напилки, зубила і т. д.).

7.4 Виконання підрозділу «2.4 Розробка операційної технології»

На основі маршрутної карти розробляються технологічні карти на виконання окремих операцій. До таких карт відносять операційні технологічні карти, які являють собою послідовність переходів окремої операції технологічного процесу і є детальною розробкою операції діагностування. Для кожної операції, наведеної в маршрутній карті, може бути розроблена окрема операційна карта. Також можливе об'єднання в одній операційній карті більшої кількості операцій (наприклад, коли вони схожі за технологією виконання або виконуються на одному робочому місці).

Операції, на які мають бути складені операційні карти, узгоджуються з викладачем. Операційна технологічна карта виконується у вигляді таблиці.

Приклад подання операційної технологічної карти наведено нижче.

Операційна технологічна карта			
Зміст роботи (операція № <u>Вказати номер операції</u>) <u>Вказати назву операції, що виконується</u>			
Зона (дільниця, пост): <u>Вказати місця проведення робіт</u>			
Число виконавців, спеціальність, розряд: <u>Вказати кількість виконавців, їх спеціальність та розряд</u>			
Номер і назва переходу	Технологічне обладнання, оснастка	Пристрої та інструменти	Технічні умови та вказівки
1	2	3	4
1. ...	...	...	...
2. ...	...	...	...
...	...	...	...

В «графу 1» операційної технологічної карти вноситься номер і назва переходу технологічного процесу діагностування механізму (вузла, агрега-

ту, системи) транспортного засобу.

У «графу 2» вноситься підйомно-оглядове і підйомно-транспортне обладнання (кран-балки, електротельфери, талі, монорейки, конвеєри, підйомники, перекидачі, оглядові канами, естакади та ін.), основне технологічне обладнання (стаціонарні, пересувні та переносні стенди, верстати і прилади (загальновиробничі і спеціалізовані), діагностичне обладнання, ремонтне обладнання, мийні установки та ін.) та прилади.

У «графу 3» – пристрої та інструменти (універсальні та спеціалізовані пристрої для виконання окремих операцій (різноманітні знімачі, оправки і т. д.), універсальні та спеціалізовані комплекти інструментів (комплект для ремонту карбюраторів, комплект слюсаря-моториста і т. д.), різноманітні інструменти (ключі гайкові, молотки, кувалди, кліщі, плоскогубці, викрутки, напилки, зубила і т. д.)).

У «графі 4» вказуються технічні умови та вказівки на виконання переходу операції. Допускається подання ескізів та ілюстративних матеріалів, які наочно пояснюють послідовність і технологію виконання окремих переходів операції.

7.5 Виконання підрозділу «2.5 Розрахунок ступеня механізації технологічного процесу»

Ступінь механізації визначає заміну робочих функцій людини реально застосованим обладнанням порівняно з повністю автоматизованими технологічними процесами. Кількість робочих функцій людини, що замінюються обладнанням, визначається «ланковістю» обладнання, яка характеризує його досконалість (таблиця 7.1).

Таблиця 7.1 – Класифікація обладнання за кількістю ланок, що в ньому містяться

Робочі функції, що замінюються машинами	Характеристика безпосередньої участі робітника у виробничому процесі	Групи технічних засобів
1	2	3
Ручний інструмент. Кількість ланок $Z = 0$		
-	Виконання всіх робочих функцій	Ручні пристосування, мултиметри, гайкові ключі, викрутки, лінійки
Машина ручної дії. Кількість ланок $Z = 1$		
Передавальний механізм передає зусилля людини знаряддю праці	Безперервно: передача знаряддю праці необхідних зусиль; просторова орієнтація знаряддя і предмету праці, управління процесом	Механічні пристрої з ручним приводом (прес, таль, дріль, транспортний візок, домкрат, мийні щітки, підйомники з ручним приводом, контрольно-діагностичні прилади без підведення зовнішньої енергії)

Закінчення таблиці 7.1

1	2	3
Механізовано-ручна машина. Кількість ланок $Z = 2$		
Машина-двигун є джерелом руху знаряддя праці, який перетворюється за допомогою передавального механізму	Безперервно: просторова орієнтація і взаємне переміщення машини, знаряддя і предмету праці, управління процесом	Механізми з електро- і гідроприводом (електроточило, електродриль, пневмогайковерти, газові пальники, електропаяльники, підйомники, стенди для поточного ремонту з приводом обертання, масло-роздавальне устаткування, діагностичні прилади з підведенням зовнішньої енергії)
Механізована машина. Кількість ланок $Z = 3$		
Машина-двигун є джерелом руху знаряддя праці і предмету праці. Передавальний механізм передає рух знаряддю праці або предмету праці, а також зусилля взаємного переміщення машини-знаряддя і предмету праці	Безперервно: поєднання зусилля взаємного переміщення машини-знаряддя і предмету праці, управління процесом. Періодична заміна на предмету праці	Обладнання без системи автоматичного керування, універсальні верстати, преси, авто- та електрокари, навантажувачі, кран-балки, контрольно-діагностичні стенди, балансувальні стенди, металообробні верстати, автомобілі
Машина-напівавтомат. Кількість ланок $Z = 3,5$		
Додатково до функції механізованої машини ($Z = 3,0$) машина-двигун передавальним механізмом взаємно переміщує машину-знаряддя і предмет праці. Контрольно-керівний пристрій забезпечує роботу машини в автоматичному режимі протягом основного часу операції	Робочий вільний протягом основного часу операції. Періодична заміна предмету праці і часткове керування процесом. Контроль і заміна знаряддя праці, налагодження машини	Машини з пристроєм автоматичного управління технологічним циклом. Автоматичні повітророздавальні колонки, автоматичні установки миття автомобілів без конвеєрів, автоматизоване діагностичне обладнання, електровулканізатори
Машина-автомат. Кількість ланок $Z = 4$		
Додатково до функцій машини-напівавтомата контрольно-керівний пристрій забезпечує автоматичне повторення робочого циклу у разі зміни однотипних предметів праці	Робочий вільний протягом виконання операції над партією однотипних предметів праці. Часткове управління процесом, контроль і заміна знарядь праці, періодичне налагодження машини	Металообробні верстати-автомати, гальванічні ванни, сушильні і фарбувальні комплекси, які налагоджені автоматично. Автоматичні лінії миття автомобілів із конвеєром. Роботи-маніпулятори. Штабелери з автоматичною адресацією

Розрахунок і аналіз ступеня механізації робіт у такому технологічному процесі є одним із чинників, який дає можливість зробити висновки про вдосконалення технології виконання заданих робіт, зменшення їх трудомісткості, покращення умов праці робітників.

Ступінь механізації виробничих процесів визначається за формулою:

$$C_{Mi} = \frac{Z_1 \cdot M_1 + Z_2 \cdot M_2 + Z_3 \cdot M_3 + Z_{3,5} \cdot M_{3,5} + Z_4 \cdot M_4}{4 \cdot n} \cdot 100\%, \quad (7.1)$$

де i – номер операції;

$Z_1, Z_2, Z_3, Z_{3,5}, Z_4$ – «ланковість» обладнання відповідно дорівнює 1; 2; 3; 3,5; 4 (див. таблицю 7.1);

$M_1, M_2, M_3, M_{3,5}, M_4$ – кількість механізованих переходів (операцій), що виконуються з використанням обладнання відповідно із «ланковістю» $Z_1, Z_2, Z_3, Z_{3,5}, Z_4$;

n – загальна кількість операцій.

Розрахунок ступеня механізації виконується окремо для кожної операції технологічного процесу, які перелічені в маршрутній технологічній карті.

Послідовність виконання розрахунку може бути такою:

1. Визначити загальну кількість переходів (операцій) n : для розроблених операційних технологічних карт визначається загальна кількість переходів у межах цієї карти. Якщо технологічна карта містить опис більш ніж однієї операції і в ній присутні операції, які не містять в собі окремих переходів, а виконуються з одним обладнанням (пристроєм, інструментом), то такі операції вносяться в загальний перелік;

2. Визначити перелік і кількість одиниць різного технологічного обладнання, яке застосовується під час виконання робіт;

3. Для кожної одиниці технологічного обладнання визначити його ланковість $Z_1, Z_2, Z_3, Z_{3,5}, Z_4$ згідно з таблицею 7.1;

4. Для кожної одиниці технологічного обладнання визначити кількість переходів (операцій) $M_1, M_2, M_3, M_{3,5}, M_4$, які виконуються із застосуванням цього обладнання. У разі застосування обладнання, яке приводиться в дію періодично (наприклад, підйомники, стенди для ремонту агрегатів із приводом для їх обертання та ін.), необхідно враховувати тільки ту кількість переходів (операцій), в яких це обладнання приводиться в дію (наприклад, опускання чи піднімання транспортного засобу підйомачем, провертання і фіксування у певному положенні агрегату під час виконання поточного ремонту та ін.);

5. За формулою (7.1) обчислити ступінь механізації робіт.

8 ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГАТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ»

Розділ «3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ (ВУЗЛА, АГРЕГАТУ, СИСТЕМИ) ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ» містить такі підрозділи:

- 3.1 Математична модель визначення технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу;
- 3.2 Автоматизація логічного процесу визначення несправностей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу.

8.1 Виконання підрозділу «3.1 Математична модель визначення технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу»

Транспортні засоби є динамічною системою з великою кількістю деталей, вузлів, систем і агрегатів, які потребують контролю технічного стану. Існуючі методи та засоби діагностування можна охарактеризувати низькою ефективністю. З різних причин як декларативні, так і реально існуючі (підтримувані обладнанням) методи, зазвичай, мають низьку точність і нездатність локалізувати несправності. Наразі в більшості випадків несправності деталей, вузлів, систем і агрегатів виявляються за зовнішніми ознаками. Підвищити якість процесу деталей, вузлів, систем і агрегатів можна, зокрема, і створенням нових математичних моделей їх функціонування.

В цьому підрозділі курсової роботи необхідно подати в загальному вигляді математичну модель, яка являє собою систему функціональних залежностей між кожним діагностичним сигналом і структурними параметрами. Для цього необхідно скласти матрицю діагностування, яка містить перелік несправностей та ознак несправностей. За допомогою розробленої математичної моделі можна ефективно проводити діагностування деталей, вузлів, систем і агрегатів транспортних засобів. Під час розробки математичної моделі необхідно врахувати, щоб зворотне перетворення кількості ознак несправностей у кількість структурних параметрів (несправностей) об'єкта діагностування було однозначним.

За рахунок автоматизації логічного процесу постановки діагнозу можна попередити несправності об'єкта діагностування.

Вирішення задачі автоматизації логічного процесу постановки діагнозу потребує розробки моделей елементів механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу як об'єктів діагностування, що описують на одному математичному рівні взаємозв'язки між безліччю можливих несправностей та безліччю значень діагностичних параметрів.

Заміна об'єкта діагностування моделлю пов'язана з виділенням осно-

вних, істотних для постановки діагнозу елементів і властивостей, пов'язаних із завданням визначення дійсного технічного стану об'єктів. Водночас деяка кількість елементів і зав'язків об'єкта, виключно важливих з погляду його функціонування як пристрою, призначеного для виконання певної роботи, стають другорядними і під час розробки моделі технічного пристрою, як об'єкта діагностування, можуть бути виключені.

Заміна реальних технічних пристроїв їх ідеалізованими моделями дозволяє широко використовувати різні математичні методи. Під математичною моделлю об'єкта діагностування розуміють безліч аналітичних, логічних, статистичних, графічних і взагалі будь-яких якісних співвідношень, які пов'язують вихідні параметри об'єкта з його вхідними і внутрішніми параметрами.

Найбільш універсальною моделлю об'єкта діагностування є подання його у вигляді «чорного ящика» (рис. 8.1), вхідні і вихідні параметри якого мають кінцеву множину значень. Передбачається, що всі можливі стани об'єкта утворюють кінцеву множину станів. В такому випадку об'єкт є «чорним ящиком» не тому, що його внутрішня структура і параметри повністю невідомі, а тому, що накладається заборона на доступ до них і стан об'єкта можна визначати, тільки досліджуючи його вихідні параметри (без розбирання).

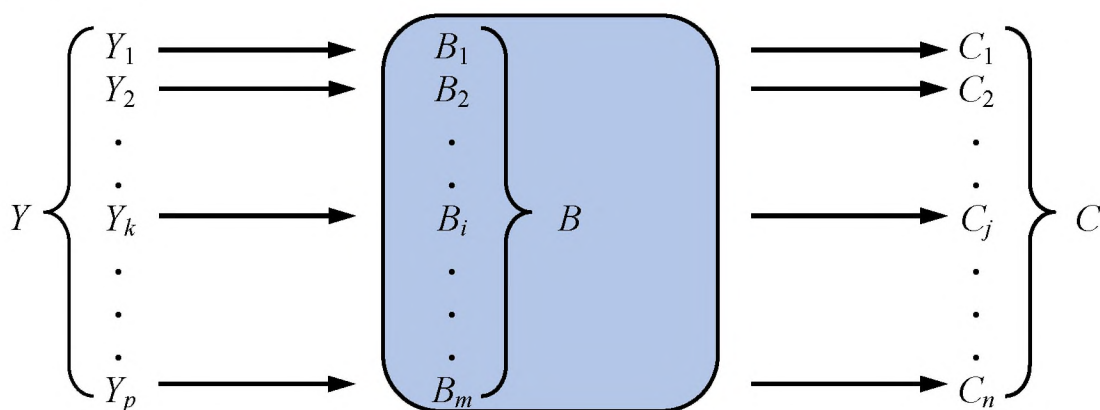


Рисунок 8.1 – Подання об'єкта діагностування у вигляді «чорного ящика»

Для подання об'єкта діагностування у вигляді «чорного ящика» необхідно задати (рис. 8.1):

- кількість всіх вхідних дій Y від стимулювальних пристроїв і зовнішнього середовища;
- кількість всіх вихідних ознак несправності C ;
- кількість всіх несправностей об'єкта діагностування B ;
- оператор A , який перетворює кількості B та Y в кількість C :

$$C = A\{Y, B\}. \quad (8.1)$$

Враховуючи те, що під час проведення діагностування елементи кількості Y стабілізуються (або змінюються за заданим законом), вираз (8.1) набуває вигляду:

$$C = A\{B\}. \quad (8.2)$$

Іншими словами, будь-який вихідний параметр об'єкта діагностування є функцією його технічного стану за такого стану входів.

Якщо несправність об'єкта діагностування $\{B_i\}$ віднести до вихідних параметрів автоматизованої системи, то діагностична задача формулюється таким чином: за відомими ознаками несправності $\{C_j\}$ визначити невідомі несправності об'єкта діагностування $\{B_i\}$.

Для успішного вирішення цього завдання необхідно знати вид оператора A , іншими словами, необхідний вичерпний опис зв'язків між усіма вихідними параметрами і всіма можливими станами (несправностями) об'єкта.

Нижче описується ряд моделей об'єктів діагностування, в яких різні форми опису зазначених взаємозв'язків відрізняються одна від одної.

За наявності аналітичної моделі об'єкта діагностування завдання постановки діагнозу в загальному вигляді формулюється таким чином: за ознаками несправності $C_1, C_2, \dots, C_n$, отриманими внаслідок відповідних вимірювань, визначити технічний стан (несправності) об'єкта діагностування $B_1, B_2, \dots, B_m$, якщо відомі функціональні залежності між кожним діагностичним сигналом і структурними параметрами:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_1 = \phi_1(B_1, B_2, \dots, B_m); \\ C_2 = \phi_2(B_1, B_2, \dots, B_m); \\ \dots\dots\dots \\ C_j = \phi_j(B_1, B_2, \dots, B_m); \\ \dots\dots\dots \\ C_n = \phi_n(B_1, B_2, \dots, B_m). \end{array} \right. \quad (8.3)$$

Система рівнянь (8.3) є математичною моделлю об'єкта діагностування, що має m структурних параметрів і n діагностичних сигналів.

Очевидною перевагою постановки діагнозу з використанням аналітичної моделі є можливість отримання конкретної несправності об'єкта діагностування, що дозволяє визначити технічний стан об'єкта не тільки в момент діагностування, але і, накопичуючи інформацію, отриману за кілька діагностичних обстежень об'єкта, аналізувати зміну структурних параметрів з метою прогнозування його технічного стану.

Однак практичне використання такої аналітичної моделі поки обмежено в силу таких обставин:

- вид функцій φ_j для більшості вузлів і механізмів поки не встановлений;
- якщо функція φ_j не задовольняє умови безперервності і диференціювання за кожним з своїх аргументів, що зазвичай має місце в реальних моделях, то рішення системи рівнянь (8.3) пов'язано з великими математичними труднощами;

- більшість діагностичних параметрів, в принципі, не можуть бути виражені у вигляді аналітичних функцій структурних параметрів.

У ряді робіт з технічного діагностування машин і механізмів, можливі технічні стани (несправності) агрегатів і систем та ознаками цих несправностей описуються у вигляді так званих діагностичних матриць (таблиця 8.1).

В матриці діагностування позначають несправності об'єкта діагностування $B_1, B_2, \dots, B_m$ та ознаки цих несправностей $C_1, C_2, \dots, C_n$, які подано в підрозділі «1.4 Розробка моделі взаємозв'язку основних параметрів технічного стану механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу».

Приклад подання матриці діагностування (таблиця 8.1) наведено нижче.

Таблиця 8.1 – Матриця діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу							
Несправність об'єкта діагностування	Ознака несправності об'єкта діагностування						
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	...	C_n
B_1	...	...	...	...	...	...	...
B_2	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
B_m	...	...	...	...	...	...	...

В таблиці 8.1 кожна несправність характеризується певною комбінацією значень її ознак, які можуть приймати два умовних значення: «-» або «+».

На перетині i -го рядка і j -го стовпця ставиться «+», якщо за наявності i -ої несправності спостерігається вихід j -ої ознаки з області її допустимих значень, в іншому випадку ставиться «-».

Для синтезу такої матриці необхідно нескінченну кількість технічних станів об'єкта замінити кінцевою множиною технічних станів, кожний з яких пов'язано з певною несправністю (або їх комбінацією) або з працездатним станом (рис. 8.2).

Таке перетворення може бути записано у вигляді

$$\{B_i\}_\kappa = F_x\{B_i\}, \quad (8.4)$$

де $\{B_i\}$ – множина ознак технічних станів об'єкта діагностування, кожна з яких може набувати в загальному випадку нескінченної кількості значень;

$\{B_i\}_\kappa$ – кінцева множина ознак технічних станів об'єкта діагностування, кожна з яких може набувати лише двох умовних значень: «-» і «+», які відповідають відсутності та наявності i -ої несправності;

$i = 1, 2, \dots, m$;

F_x – оператор, який перетворює кількість $\{B_i\}$ в кількість $\{B_i\}_\kappa$ таким чином: для будь-якого i -го параметра B_i присвоюється значення «-», якщо

величина лежить в області допустимих значень, в іншому випадку присвоюється значення «+».

Перетворення нескінченної кількості значень параметрів вихідних процесів в кінцеву кількість значень діагностичних параметрів може бути записано у вигляді

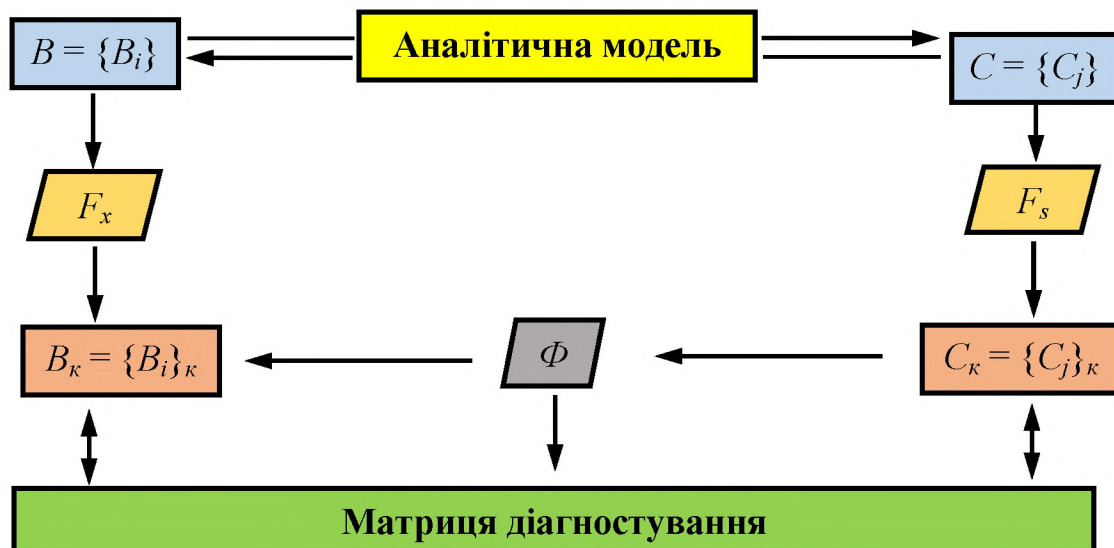
$$\{C_j\}_\kappa = F_s\{C_j\}, \quad (8.5)$$

де $\{C_j\}$ – кількість ознак вихідних процесів, кожна з яких може набувати в загальному випадку нескінченної кількості значень в певному інтервалі;

$\{C_j\}_\kappa$ – кінцева кількість діагностичних ознак, кожна з яких може набувати лише двох умовних значень: «-» або «+»;

$j = 1, 2 \dots, n$;

F_s – оператор, що перетворює кількість $\{C_j\}$ в кількість $\{C_j\}_\kappa$ таким чином: будь-якій j -ій ознаці C_j присвоюється умовне значення «-», якщо величина лежить в області значень, що відповідають справному стану об'єкта діагностування, в іншому випадку присвоюється значення «+».



$B = \{B_i\}$ – нескінченна кількість технічних станів об'єкта; $B_\kappa = \{B_i\}_\kappa$ – кінцева кількість технічних станів; $C = \{C_j\}$ – нескінченна множина ознак технічних станів об'єкта; $C_\kappa = \{C_j\}_\kappa$ – кінцева множина ознак технічних станів об'єкта F_x – оператор, що перетворює кількість $\{B_i\}$ в кількість $\{B_i\}_\kappa$; F_s – оператор, який перетворює кількість $\{C_j\}$ в кількість $\{C_j\}_\kappa$; Φ – оператор, що перетворює кількість технічних станів об'єкта в кількість діагностичних параметрів

Рисунок 8.2 – Блок-схема синтезу матриці діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу

Внаслідок проведених перетворень отримано два кінцевих значення $\{B_i\}_\kappa$ і $\{C_j\}_\kappa$, елементи яких певним чином пов'язані один з одним.

У загальному вигляді цей зв'язок може бути виражений у вигляді

$$\{C_j\}_\kappa = \Phi \{B_i\}_\kappa, \quad (8.6)$$

де Φ – оператор, що перетворює кількість технічних станів об'єкта в кількість діагностичних параметрів.

Перетворення (8.6) відображає функціонування будь-якого технічного об'єкта як перетворювача кількості структурних параметрів у кількість діагностичних параметрів і є модифікацією моделі (8.1).

Перетворення (8.6) можна розгорнути за допомогою системи (8.3).

Система рівнянь (8.3) пов'язує кожну ознаку несправності C_j з усіма структурними параметрами об'єкта діагностування, що відображає зв'язки між структурними параметрами і діагностичними сигналами.

Матриця діагностування, як модель об'єкта діагностування, показує, що вона є по суті справи табличною формою запису системи рівнянь (8.1).

Параметр C в матриці діагностування можна розглядати як двозначну булеву функцію, яка залежить від аргументів $B_1, B_2, \dots, B_m$. Булева функція залежить від аргументів $B_1, B_2, \dots, B_m$, якщо має місце співвідношення

$$\phi(B_1, B_2, \dots, B_{i-1}, 0, B_{i+1}, \dots, B_m) \neq \phi(B_1, B_2, \dots, B_{i-1}, 1, B_{i+1}, \dots, B_m).$$

Далі записується математична модель об'єкта діагностування у вигляді системи рівнянь.

Приклад подання системи рівнянь для семи ознак несправностей об'єкта діагностування (8.7) наведено нижче.

Як випливає з цього визначення та таблиці 8.1, C_1 істотно залежить лише від $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7, B_8$.

Залежність $C_1 = \varphi_1(B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7, B_8)$ виражається в такому випадку в вигляді функції логічного додавання (диз'юнкція):

$$C_1 = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 + B_7 + B_8.$$

Відповідний аналіз інших ознак несправностей дозволяє записати систему рівнянь (8.3) для цієї матриці діагностування механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу у вигляді:

$$\begin{cases} C_1 = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 + B_7 + B_8; \\ C_2 = B_3 + B_9 + B_{10} + B_{11} + B_{12} + B_{13} + B_{14}; \\ C_3 = B_1 + B_3 + B_{15} + B_{16} + B_{17}; \\ C_4 = B_{18} + B_{19} + B_{20}; \end{cases} \quad \begin{cases} C_5 = B_{11} + B_{21} + B_{22} + B_{23}; \\ C_6 = B_{11}; \\ C_7 = B_{24} + B_{25}. \end{cases} \quad (8.7)$$

Всі послідовні перетворення, що приводять до синтезу моделі об'єкта діагностування у вигляді діагностичної матриці, наочно подані на блок-схемі (див. рис. 8.2). У тому випадку, коли модель об'єкта діагностування подано у вигляді діагностичної матриці, діагностична задача формулюється таким чином: за ознаками несправностей $C_1, C_2, \dots, C_n$, отриманими під час діагностування, потрібно визначити несправності $B_1, B_2, \dots, B_m$ в момент перевірки, якщо відомі функціональні залежності між діагностичними параметрами і всіма структурними параметрами, заданими у вигляді діагностичної матриці. Кожен структурний параметр і кожен діагностич-

ний параметр набуває тільки одного значення: «-» або «+».

Очевидно що для вирішення діагностичної задачі необхідно обернене перетворення кількості діагностичних параметрів в кількість структурних параметрів, тому що під час установлення діагнозу відомими є саме значення діагностичних параметрів.

У загальному вигляді обернене перетворення можна подати виразом

$$\{B_i\}_k = \Phi^{-1} \{B_j\}_k,$$

або в розгорнутому вигляді

$$\begin{cases} B_1 = f_1(C_1, C_2, \dots, C_n); \\ B_2 = f_2(C_1, C_2, \dots, C_n); \\ B_m = f_m(C_1, C_2, \dots, C_n). \end{cases} \quad (8.8)$$

Вид функцій f_m неважко встановити в кожному конкретному випадку на основі таких міркувань.

Аналіз всіх стовпців матриці дозволяє обернене перетворення (8.3) записати у вигляді системи булевих функцій (кон'юнкцій).

Приклад подання системи булевих функцій (8.9) для 25 несправностей об'єкта діагностування наведено нижче.

У діагностичній матриці розглянемо окремо один із рядків, наприклад, десятий. З матриці видно, що наявність несправності B_1 викликає одночасно вихід ознак C_1 та C_3 з області їх допустимих значень. Значення інших діагностичних параметрів за наявності тільки несправності B_1 залишаються в межах норми. Значить B_1 є булевою функцією, в цьому випадку кон'юнкція (або функцією логічного множення):

$$B_1 = C_1 \cdot C_3.$$

Відповідний аналіз всіх інших стовпців розглянутої матриці дозволяє обернене перетворення (8.3) записати у вигляді системи булевих функцій (кон'юнкцій):

$$\begin{cases} B_1 = C_1 \cdot C_3; & B_6 = C_1; & B_{11} = C_2 \cdot C_5 \cdot C_6; & B_{16} = C_3; & B_{21} = C_5; \\ B_2 = C_1; & B_7 = C_1; & B_{12} = C_2; & B_{17} = C_3; & B_{22} = C_5; \\ B_3 = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3; & B_8 = C_1; & B_{13} = C_2; & B_{18} = C_4; & B_{23} = C_5; \\ B_4 = C_1; & B_9 = C_2; & B_{14} = C_2; & B_{19} = C_4; & B_{24} = C_7; \\ B_5 = C_1; & B_{10} = C_2; & B_{15} = C_3; & B_{20} = C_4; & B_{25} = C_7. \end{cases} \quad (8.9)$$

Аналіз всіх стовпців матриці діагностування дозволяє обернене перетворення (8.3) записати у вигляді системи булевих функцій (кон'юнкцій).

Процес постановки діагнозу на основі моделі об'єкта діагностування, вираженої у вигляді діагностичної матриці, складається з таких етапів:

- шляхом відповідних вимірювань і перетворень (8.5) встановлюються ознаки всіх несправностей $C_1, C_2, \dots, C_n$;

- значення діагностичних параметрів підставляються в систему булевих функцій (8.8);

- обчислюються значення всіх булевих функцій несправностей B_i ($i = 1, 2, \dots, m$) причому якщо $B_i = 1$, то в об'єкті є i -та несправність.

Виходячи з того, що об'єкт діагностування є роботоздатним лише у випадку відсутності всіх несправностей, то функція його роботоздатності F_P набуде вигляду:

$$F_P = \bar{B}_1 + \bar{B}_2 + \bar{B}_3 + \dots + \bar{B}_m. \quad (8.10)$$

Повертаючись до блок-схеми синтезу матриці діагностування (див. рис. 8.2), можна сформулювати в загальному вигляді умову здійснення діагностування таким чином: для виконання діагностування достатньо, щоб обернене перетворення кількості ознак несправностей у кількість структурних параметрів (несправностей) об'єкта було однозначним.

8.2 Виконання підрозділу «3.2 Автоматизація логічного процесу визначення несправностей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу»

Усі існуючі засоби автоматизації процесу постановки діагнозу можна умовно розділити на дві групи: пристрої, що основані на використанні діагностичних матриць як моделей об'єкта діагностування, та пристрої, що основані на використанні методів теорії розпізнавання образів.

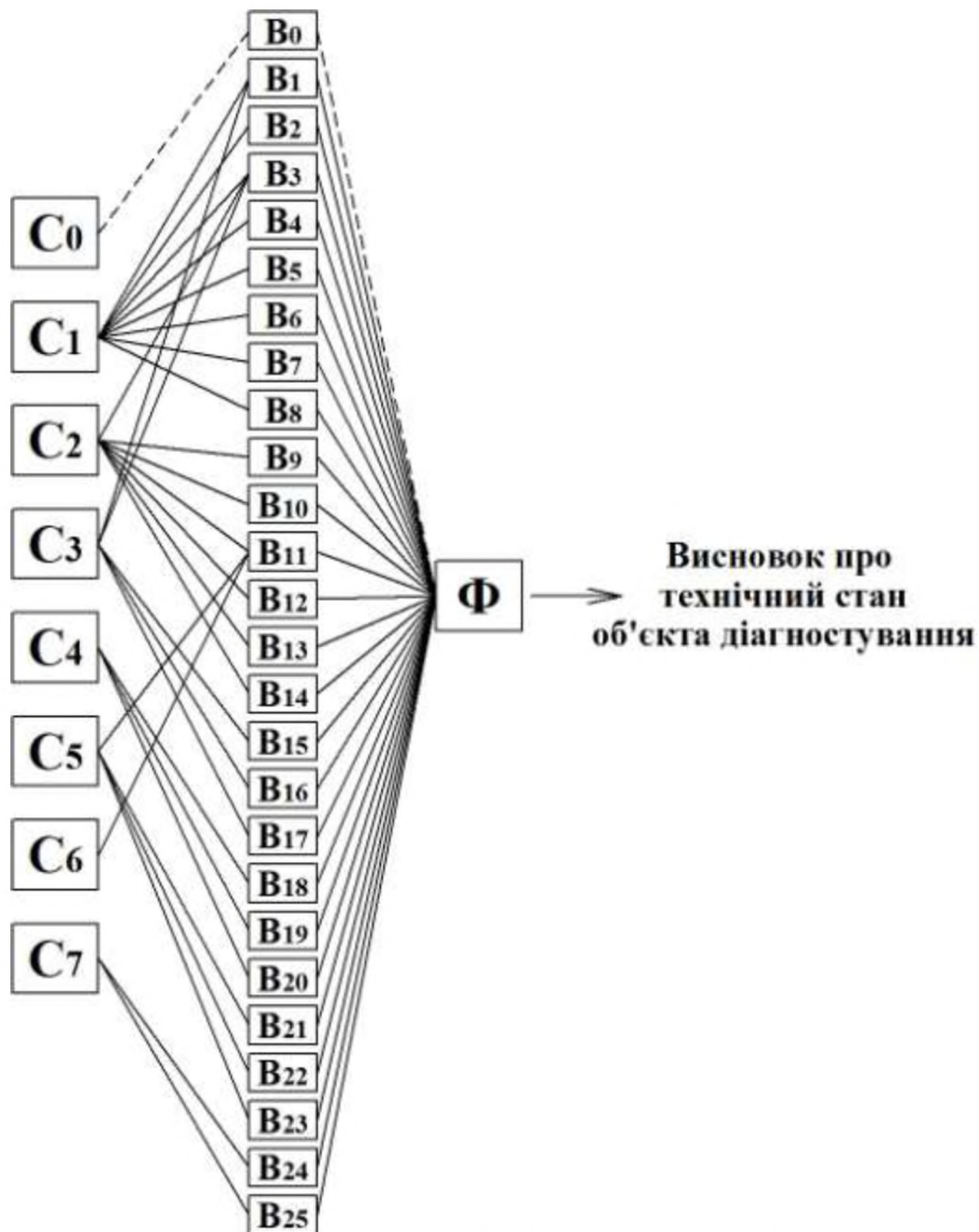
Аналіз сучасних діагностичних систем транспортних засобів свідчить про те, що існує об'єктивна науково-технічна проблема створення комплексних систем діагностування, побудованих на універсальних принципах, що забезпечують високий рівень достовірності постановки діагнозу та перспективних щодо масової реалізації як у стаціонарних стендах, так і у системах бортового діагностування. Проектування систем діагностування потребує створення алгоритму діагнозу та визначення нормативів.

Традиційні підходи реалізують ці два етапи окремо, що є їх суттєвим недоліком. Проте, досить успішно застосовують діагностичні та експертні системи на основі інтелектуальних методів, таких як нечітка логіка та нейронні мережі.

У задачах діагностування та прогнозування нечітка нейронна мережа відіграє роль універсального апроксиматора функції від декількох змінних.

В цьому підрозділі курсової роботи необхідно подати штучну нейронну мережу для визначення несправностей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу функціонування якої визначається діагностичною матрицею (див. табл. 8.1).

Приклад штучної нейронної системи (рис. 8.3) визначення 25 несправностей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу та їх семи ознак наведено нижче.



$C_1 \dots C_7$ – ознаки несправності механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу; C_0 – відсутність ознак несправності механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу; $B_1 \dots B_{25}$ – несправності механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу; B_0 – роботоздатний стан механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу; Φ – оператор, що перетворює кількість технічних станів об'єкта в кількість діагностичних параметрів

Рисунок 8.3 – Штучна нейронна система

Згідно з поданою штучною нейронною мережею несправності об'єкта діагностування B_i можна записати у вигляді булевої функції вхідних сигналів.

Приклад подання булевих функцій вхідних сигналів для визначення 25 несправностей механізму (вузла, агрегату, системи) транспортного засобу та їх семи ознак наведено нижче.

$B_0 = C_0 = \bar{C}_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7$	
$B_1 = (C_1 + C_3) \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$	$B_{18} = C_4 \cdot \bar{C}_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$
$B_2 = C_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$	$B_{19} = C_4 \cdot \bar{C}_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$
$B_3 = (C_1 + C_2 + C_3) \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$	$B_{20} = C_4 \cdot \bar{C}_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$
$B_4 = C_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$	$B_{21} = C_5 \cdot \bar{C}_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$
$B_5 = C_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$	$B_{22} = C_5 \cdot \bar{C}_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$
$B_6 = C_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$	$B_{23} = C_5 \cdot \bar{C}_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$
$B_7 = C_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$	$B_{24} = C_7 \cdot \bar{C}_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6;$
$B_8 = C_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6 \cdot \bar{C}_7;$	$B_{25} = C_7 \cdot \bar{C}_1 \cdot \bar{C}_2 \cdot \bar{C}_3 \cdot \bar{C}_4 \cdot \bar{C}_5 \cdot \bar{C}_6.$

В основі функціонування штучної нейронної мережі лежить таке припущення: за наявності в об'єкті діагностування несправності B_i в процесі діагностування завжди спостерігається хоча б одна із ознак, що мають «+» в i -му рядку матриці, і ніколи не з'являється жодна із ознак, що набуває значення «-» у i -му рядку.

Загалом локалізація несправностей за допомогою діагностичної матриці подібна до роботи системи нейронів.

9 НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ

1. Про освіту : Закон України від 16.07.2019 р. № 2145-VIII. Дата оновлення: 01.06.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 25.06.2025).

2. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII. Дата оновлення: 01.06.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 25.06.2025).

3. Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти : Постанова Кабінету Міністрів України від 29.04.15 р. № 266. Дата оновлення: 25.02.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-%D0%BF#Text> (дата звернення: 25.06.2025).

4. Про затвердження стандарту вищої освіти першого (бакалаврського) рівня галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 171 «Електроніка» : Наказ Міністерства освіти і науки України від 13.11.2018 р. № 1246. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/171-elektronika-bakalavr-VOzatv.stand.01.11.pdf> (дата звернення: 25.06.2025).

5. Про внесення змін до стандарту вищої освіти першого (бакалаврського) рівня галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 171 «Електроніка» : Наказ Міністерства освіти і науки України від 15.11.2021 р. № 1220. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/171-elektronika-bakalavr-VOzatv.stand.01.11.pdf> (дата звернення: 25.06.2025).

6. Програмне забезпечення та електронні системи транспортних засобів (рівень вищої освіти перший (бакалаврський), спеціальність 171 «Електроніка») : Освітньо-професійна програма від 22.06.2023 р. № 11. URL: https://iq.vntu.edu.ua/edu_progs/v.php?id=482 (дата звернення: 25.06.2025).

7. ДСТУ 3008:2015. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. [Чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2015. 32 с. (Інформація та документація).

8. ДСТУ 1.5:2015. Національна стандартизація. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 65 с. (Інформація та документація).

9. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-06-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 65 с. (Інформація та документація).

10. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила (ISO 4:1984, NEQ; ISO 832:1994, NEQ). [На заміну ДСТУ3582-97; чинний від 2013-08-22]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 15 с. (Інформація

та документація).

11. Система управління якістю. Настанова з якості ВНТУ (НЯ-2020). URL: <https://vntu.edu.ua/uploads/2020/nastya.pdf> (дата звернення: 26.06.2025).

12. Положення про організацію освітнього процесу у ВНТУ. URL: https://vntu.edu.ua/uploads/2024/Pol_study_process.pdf (дата звернення: 26.06.2025).

13. Положення про академічну доброчесність у ВНТУ. URL: <https://vntu.edu.ua/uploads/2022/acad.pdf> (дата звернення: 26.06.2025).

14. Положення про запобігання академічному плагіату та порядку його виявлення у навчальних, наукових, кваліфікаційних та науково-методичних роботах у ВНТУ. URL: <https://vntu.edu.ua/uploads/2024/Stateofplag.pdf> (дата звернення: 26.06.2025).

15. Положення про рейтингову систему оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти у ВНТУ. URL: <https://vntu.edu.ua/uploads/n/nr/6.pdf> (дата звернення: 26.06.2025).

16. Порядок організації та проведення заліків, диференційованих заліків, екзаменів у ВНТУ. URL: <https://vntu.edu.ua/uploads/n/nr/7.pdf> (дата звернення: 26.06.2025).

17. Положення про навчальний план фахової підготовки бакалаврів та магістрів ВНТУ. URL: https://vntu.edu.ua/uploads/2024/P_Navh_plan_2024_08_29.pdf (дата звернення: 26.06.2025).

18. Положення про порядок ліквідації академічної заборгованості, академічної різниці та надання платної послуги з проведення занять з вивчення окремої навчальної дисципліни понад обсяги. URL: https://vntu.edu.ua/uploads/2024/P_povt_kurs.pdf (дата звернення: 26.06.2025).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

Перелік джерел посилання для виконання розділу 1

Основні джерела

1. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів. Київ : Либідь, 2018. 400 с.
2. Омелічев О. В. Підручник з будови автомобіля. Посібник для автомобілістів-початківців. Харків : Моноліт, 2023. 288 с.
3. Бучок В. С., Ясюк В. Ф., Ковальчук В. О. Трактори і автомобілі. Київ : Аграрна освіта, 2008. 330 с.
4. Білоконь Я. Ю., Окоча А. В. Трактори і автомобілі. Київ : Урожай, 2002. 318 с.
5. Будова автомобіля / А. І. Панченко та ін. Мелітополь : ВПЦ «Люкс», 2021. 247 с.
6. James E. Duffy. Modern Automotive Technology. Tinley Park : Goodheart-Willcox Company, 2013. 1920 p.
7. Awari G. K., Kumbhar V. S., Tirpude R. B. Automotive Systems. Principles and Practice. Boca Raton : CRC Press, 2023. 302 p.
8. Gupta S. K. Textbook of Automobile Engineering. Noida : S Chand & Co Ltd, 2014. 833 p.
9. Білоконь Я. Ю., Тимовський О. А. Дорожні транспортні засоби категорій «М1» і «О1». Київ : УВЦ «Школяр», 2013, 200 с.

Додаткові джерела

1. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів. Київ : Каравела, 2009. 400 с.
2. Трактори та автомобілі. Частина 1. Автотракторні двигуни / М. Г. Сандомирський та ін.; за ред. А. Т. Лебедева. Київ : Вища школа, 2000. 357 с.
3. Бойко М. Ф. Трактори та автомобілі. Частина 2. Електрообладнання. Київ : Вища освіта, 2001. 243 с.
4. Трактори та автомобілі. Частина 3. Шасі / А. Т. Лебедев та ін.; за ред. А. Т. Лебедева. Київ : Вища освіта, 2004. 336 с.
5. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко Ф. Ф. Автомобільні двигуни. Київ : Арістей, 2004. 476 с.
6. Захарчук В. І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів : навчальний посібник, друге видання. Луцьк : ЛНТУ, 2011. 233 с.
7. Транспортні енергетичні установки (традиційні, нетрадиційні та альтернативні), принцип роботи та особливості будови / Ю. Ф. Гутаревич та ін. Київ : НТУ, 2015. 244 с.
8. Транспортні енергетичні установки / О. М. Артюх та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 264 с.
9. Jianda Wu. An automotive generator fault diagnosis system using dis-

crete wavelet transform and artificial neural network. *Expert Systems with Applications: An International Journal*. 2009. Vol. 36, Issue 6. P. 9776-9783.

10. Кравченко О. П. Аналіз експлуатаційної надійності електро- та електронного обладнання автомобілів-тягачів. *Вісник ЖДТУ*. 2016. № 2 (77). С. 127-134.

11. Строков О. П., Макаренко М. Г., Орлов В. Ф., Павленко В.О. Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Частина 1. Основи будови та експлуатації автопоїздів. Київ : Грамота, 2005. 352 с.

12. Олло В. П., Сакно О. П., Колеснікова Т. М. Автомобілі та МЛПК. Одеса : Олді+, 2021. 514 с.

13. Вікович І. А. Транспортні навантажувально-розвантажувальні засоби. Львів : Львівська політехніка, 2018. 680 с.

14. Костів Б. І. Експлуатація автомобільного транспорту. Львів : Світ, 2004. 495 с.

Перелік джерел посилання для виконання розділу 2

Основні джерела

1. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування і контроль технічного стану. Терміни і визначення. [Чинний від 1995-07-01]. Вид. офіц. Київ, 1995. 24 с. (Інформація та документація).

2. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. [Чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2011. 56 с. (Інформація та документація).

3. ДСТУ 4973:2008. Трактори. Технічне діагностування. Параметри та якісні ознаки технічного стану. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2009. 10 с. (Інформація та документація).

4. Люлька В. С., Коньок М. М., Перинський Ю. Є., Клімов О. М. Основи діагностики автомобіля. Чернігів : ЧНПУ імені Т.Г. Шевченка, 2013. 188 с.

5. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: технологія. Київ : Вища школа, 2007. 527 с.

6. Борисюк Д. В., Яцковський В. І. Методи та засоби діагностування тракторів. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія : Технічні науки*. 2015. № 1 (89). т. 2. С. 16-20.

7. Анісімов В. Ф., Борисюк Д. В., Черкевич О. В. Системи діагностування сільськогосподарських тракторів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2016. № 2 (94). С. 34-36.

8. Борисюк Д. В. Перспективи розвитку методів і засобів діагностування сільськогосподарських тракторів. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : Х-а Міжн. наук.-практ. конф., м. Вінниця, 23-25 жовтня 2017 р.: тези доповіді*. Вінниця, 2017. С. 138-142.

9. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транс-

портних засобів. Львів : Львівська політехніка, 2017. 324 с.

10. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.

Додаткові джерела

1. Борисюк Д. В. Формування словника діагностичних ознак при віброакустичному діагностуванні тракторів і автомобілів. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту* : VI-а Міжн. наук.-практ. інтернет-конф., м. Вінниця, 12-13 квітня 2018 р.: тези доповіді. Вінниця, 2018. С. 28–30.

2. Борисюк Д. В., Заїчко В. О. Класифікація методів діагностування автомобільних генераторів. *Матеріали X-ої міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту»*, м. Вінниця, 14-15 квітня 2022 р.: тези доповіді. Вінниця, 2022. С. 27–29.

3. Барановський В. М. Методи діагностування підшипників маточин коліс автомобілів. *Мат. VI-ої міжн. наук.-практ. інтернет-конф. «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту»*, 12-13 квітня 2018 року: зб. наук. праць. Вінниця : ВНТУ, 2018. С. 14–15.

4. Біліченко В. В., Борисюк Д. В. Методи віброакустичного діагностування технічного стану вузлів і агрегатів машин. *Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій* : VI-а Міжн. конф., м. Вінниця, 13-15 вересня 2018 р.: тези доповіді. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 34–36.

5. Борисюк Д. В., Зелінський В. Й., Лисенко В. О. Основні причини виникнення несправностей двигунів внутрішнього згорання автомобілів. *Науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ «LI Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту (2022)»*. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/15691/13168>

6. Кукурудзяк Ю. Ю., Рудь О. В., Кукурудзяк Л. В. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту. Вінниця : ПП «Едельвейс і К», 2010. 336 с.

7. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. В 3 кн. Кн. 1. Теоретичні основи. Технологія / Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигринець А. Д. Київ : Вища школа, 1994. 384 с.

8. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. В 3 кн. Кн. 2. Організація, планування і управління / Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигринець А. Д. Київ : Вища школа, 1994. 383 с.

9. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. В 3 кн. Кн. 3. Ремонт автотранспортних засобів / Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигринець А. Д. Київ : Вища школа, 1994. 495 с.

10. Кукурудзяк Ю. Ю., Біліченко В. В. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР. Вінниця : ВНТУ, 2010. 198 с.

11. Ремонт автомобілів / упор. В. Я. Чабанний. Кіровоград : Кіровоград-ська районна друкарня, 2007. 720 с.

12. Спосіб діагностування керованих мостів колісних сільськогосподарських тракторів : пат. 108394 Україна: МПК G01M 17/00, G01P 15/00, G01D 21/02. № u2016 01065; заявл. 08.02.2016; опубл. 11.07.2016, Бюл. № 13. 5 с.

13. Система діагностування керованих мостів колісних сільськогосподарських тракторів : пат. 108395 Україна: МПК G01M, G06F 15/00, G06F 5/16, G01M 17/00. № u2016 01067; заявл. 08.02.2016; опубл. 11.07.2016, Бюл. № 13. 2 с.

14. Система вібродіагностування ходової частини тривісних колісних транспортних засобів : пат. 150264 Україна: МПК G01M 17/06, G06F 15/00, G06F 5/16. № u2021 04979; заявл. 03.09.2021; опубл. 19.01.2022, Бюл. № 3. 5 с.

Перелік джерел посилання для виконання розділу 3

Основні джерела

1. Vasik U. J., Karimov I. T., Otakuziyev D. I. Automotive generator diagnostic matrix. *Modern Scientific Research International Scientific Journal*. 2023. Vol. 1, Issue 3. P. 145-151.

2. Borysiuk D., Spirin A., Trukhanska O., Shvets L., Zelinsky V. Mathematical model of a wheeled tractor steering axle as an object of diagnostics. *TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2017. Vol. 17, №1. P. 41-47.

3. Барановський В. М., Спирін А. В., Зелінський В. Й., Наляжний В. С. Математична модель діагностування системи уприскування палива «Моно-Jetronic». *Вісник машинобудування та транспорту*. 2018. Вип. 1 (7). С. 10-17.

4. Борисюк Д. В. Математична модель зчеплення автомобіля Volkswagen Polo Sedan як об'єкта діагностування. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2021. Вип. 1 (13). С. 23-32.

5. Борисюк Д. В. Математична модель коробки перемикач передаточного типу ЯМЗ-239 як об'єкта діагностування. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2021. Вип. 3 (156). С. 93-104.

6. Horst Czichos. Handbook of Technical Diagnostics: Fundamentals and Application to Structures and Systems. Berlin : Springer, 2013. 575 p.

Додаткові джерела

1. Борисюк Д. В. Математична модель процесу діагностування турбокомпресора ЯМЗ-650.1118011. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2021. Вип. 2 (13). URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/634/596>

2. Борисюк Д. В., Зелінський В. Й., Твердохліб І. В., Полєвода Ю. А.

Математична модель автоматизації процесу діагностування двигунів внутрішнього згорання сімейства ЯМЗ-238. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. №4 (115). С. 12-23.

3. Борисюк Д. В., Зелінський В. Й., Твердохліб І. В., Полєвода Ю. А. Математична модель автоматизації процесу діагностування ведучих мостів автомобілів «КамАЗ». *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. №2 (117). С. 15-24.

4. Baranovsky V. M., Spirin A. V. Mathematical model of diagnostication of fuel Apparatus of automotive diesels. *Innovative solutions in modern science*. 2018. № 2 (21). P. 33-46.

5. Борисюк Д. В., Прокопович А. О. Математична модель автоматизації процесу діагностування системи «Common Rail» дизельних двигунів. *Матеріали XVII-ї міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»*, 21-23 жовтня 2024 р. ДУ «Житомирська політехніка» (м. Житомир). С. 31-36.

6. Борисюк Д. В., Фросталь В. Є. Аналіз несправностей систем живлення дизельних двигунів. *Матеріали XVII-ї міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»*, 21-23 жовтня 2024 р. ДУ «Житомирська політехніка» (м. Житомир). С. 37-38.

7. Борисюк Д. В., Зелінський В. Й., Огневий В. О. Математична модель визначення технічного стану автомобільних генераторних установок. *Наукові праці ВНТУ*. 2024, №3. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/749/719>

8. Бурлака С. А., Митко М. В., Борисюк Д. В. Аналіз моделей діагностики для визначення технічного стану транспортних засобів. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2024. №6 (337), Т.1. С. 39-42.

9. Рибіцький О., Голян В. Інтелектуальна діагностика автомобілів з використанням штучного інтелекту. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2025. Issue 3 (351), part 1. С. 448-454.

10. Клименко Л. П., Прищепов О. Ф., Андреев В. И., Голдун В. Ю. Элементы электронных систем управления автомобильными двигателями. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. П. Могили, 2013. 132 с.

11. Барановський В. М. Методи діагностування підшипників маточин коліс автомобілів. *Мат. VI-ої міжн. наук.-практ. інтернет-конф. «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту»*, 12-13 квітня 2018 року: зб. наук. праць. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 14-15.

Додаток А

Орієнтовний перелік тем курсових робіт

1. Діагностування передньої підвіски автомобіля «BMW Z3».
2. Діагностування передньої підвіски автомобіля «BMW M5».
3. Діагностування передньої підвіски автомобіля «BMW X3».
4. Діагностування антиблокувальної системи гальм автомобіля «BMW X6».
5. Діагностування ходової частини автомобіля «Daewoo Lanos».
6. Діагностування гальмівної системи автомобіля «Toyota Camry».
7. Діагностування рульового керування автомобіля «Toyota Camry».
8. Діагностування гальмівної системи автомобіля «Toyota Corolla».
9. Діагностування рульового керування автомобіля «Toyota Corolla».
10. Діагностування газорозподільного механізму бензинового двигуна автомобіля «Toyota Corolla».
11. Діагностування системи рециркуляції відпрацьованих газів двигуна автомобіля «Toyota Toyoace G15».
12. Діагностування системи рециркуляції відпрацьованих газів двигуна автомобіля «Toyota Dyna 150».
13. Діагностування робочої гальмівної системи автомобіля «Toyota Prius».
14. Діагностування привода передніх коліс автомобіля «Peugeot 308».
15. Діагностування передньої підвіски автомобіля «Peugeot 308».
16. Діагностування задньої підвіски автомобіля «Peugeot 308».
17. Діагностування гальмівної системи автомобіля «Peugeot 308».
18. Діагностування гальмівної системи автомобіля «Peugeot 408».
19. Діагностування рульового керування автомобіля «Peugeot 408».
20. Діагностування передньої підвіски автомобіля «Peugeot 408».
21. Діагностування привода передніх коліс автомобіля «Peugeot 408».
22. Діагностування автоматичної коробки передач автомобіля «Peugeot 408».
23. Діагностування задньої підвіски автомобіля «Peugeot 408».
24. Діагностування гальмівної системи автомобіля «Mazda 3».
25. Діагностування рульового керування автомобіля «Mazda 3».
26. Діагностування системи живлення двигуна автомобіля «Mazda 6».
27. Діагностування гальмівної системи автомобіля «Kia Cee'd».
28. Діагностування рульового керування автомобіля «Kia Cee'd».
29. Діагностування стартера двигуна автомобіля «Volkswagen Polo».
30. Діагностування системи мащення двигуна автомобіля «Volkswagen Polo».
31. Діагностування коробки передач автомобіля «Volkswagen Caddy».
32. Діагностування газорозподільного механізму бензинового двигуна автомобіля «Audi A6 Allroad Quattro».

33. Діагностування газорозподільного механізму дизельного двигуна автомобіля «Audi A4 Quattro».
34. Діагностування ходової частини автомобіля «Audi A4».
35. Діагностування передньої підвіски автомобіля «Hyundai Getz».
36. Діагностування гальмівної системи автомобіля «Hyundai Elantra».
37. Діагностування задньої підвіски автомобіля «Hyundai ix35».
38. Діагностування гальмівної системи автомобіля «Ford Transit».
39. Діагностування передньої підвіски автомобіля «Ford Focus».
40. Діагностування передньої підвіски автомобіля «Citroen Berlingo».
41. Діагностування системи живлення двигуна автомобіля «Skoda Octavia».
42. Діагностування системи мащення двигуна автомобіля «Skoda Octavia».
43. Діагностування безступінчастої коробки передач автомобіля «Lexus RX».
44. Діагностування системи динамічної стабілізації автомобіля «Subaru BRZ».
45. Діагностування передньої підвіски автомобіля «Opel Astra J».
46. Діагностування системи охолодження двигуна автомобіля «DAF XF95».
47. Діагностування автоматичної коробки передач автомобіля «DAF XF105».
48. Діагностування ходової частини автомобіля «Renault Logan».
49. Діагностування трансмісії автомобіля «Renault Logan».
50. Діагностування передньої підвіски автомобіля «Renault Megane 3».
51. Діагностування системи охолодження дизельного двигуна мікро-автобуса «Mercedes-Benz Sprinter».
52. Діагностування стартера двигуна автомобіля «Mercedes-Benz Vito».
53. Діагностування коробки передач автомобіля «Mercedes-Benz Vito».
54. Діагностування трансмісії автомобіля «Mercedes-Benz Actros».
55. Діагностування трансмісії автомобіля «Mercedes-Benz Atego».
56. Діагностування трансмісії автомобіля «Mercedes-Benz Axor».
57. Діагностування двигуна автомобіля «Mercedes-Benz Actros».
58. Діагностування двигуна автомобіля «Mercedes-Benz Atego».
59. Діагностування двигуна автомобіля «Mercedes-Benz Axor».
60. Діагностування системи живлення двигуна автомобіля «Mitsubishi Pajero».
61. Діагностування генераторної установки автомобіля «ГАЗ-2705».
62. Діагностування генераторної установки автомобіля «ГАЗ-3221».
63. Діагностування рульового управління автомобіля «ГАЗ-310221».
64. Діагностування рульового управління автомобіля «ГАЗ-3110».
65. Діагностування коробки передач автомобіля «ГАЗ-3110».
66. Діагностування гальмівної системи автомобіля «ГАЗ-3309».

67. Діагностування кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля «ГАЗ-3307».
68. Діагностування системи живлення двигуна з газобалонним устаткуванням автомобіля «ГАЗ-3307».
69. Діагностування газорозподільного механізму дизельного двигуна автомобіля «КрАЗ-5401».
70. Діагностування гальмівної системи автобуса «Рута-22».
71. Діагностування підвіски автобуса «ПАЗ-3205».
72. Діагностування підвіски автобуса «БАЗ-А079».
73. Діагностування коробки відбору потужності піднімального механізму автомобіля-самоскида «МАЗ-5516».
74. Діагностування заднього моста автомобіля «ЗиЛ-431410».
75. Діагностування системи живлення двигуна автомобіля «КамАЗ-65117».
76. Діагностування системи живлення двигуна автомобіля «ВАЗ-2190».
77. Діагностування ходової частини автомобіля «Богдан-2111».
78. Діагностування зчеплення автомобіля «ЗАЗ-11055».
79. Діагностування трансмісії «PowrQard Plus» трактора «John Deere».
80. Діагностування трансмісії «AutoQuad Plus» трактора «John Deere».
81. Діагностування трансмісії «Automatic PowerShift» трактора «John Deere».
82. Діагностування трансмісії «AutoPowr» трактора «John Deere».
83. Діагностування елематичної системи «JDLink» трактора «John Deere».
84. Діагностування трансмісії «Full Power Shift» трактора «Case».
85. Діагностування трансмісії «PowerDrive» трактора «Case».
86. Діагностування системи охолодження двигуна трактора «Case».
87. Діагностування системи мащення двигуна трактора «Case».
88. Діагностування системи подачі палива «Common Rail» трактора «John Deere».
89. Діагностування системи рециркуляції відпрацьованих газів двигуна автомобіля «Audi Q7».
90. Діагностування системи управління двигуном автомобіля «Audi Q7».
91. Діагностування системи подачі палива «Common Rail» автомобіля «Hino Dutro».
92. Діагностування антиблокувальної системи гальм автомобіля «Volkswagen LT».
93. Діагностування системи пасивної безпеки автомобіля «Volkswagen Polo».
94. Діагностування системи управління двигуном автомобіля «Volkswagen Golf VI».
95. Діагностування антиблокувальної системи гальм автомобіля «Volkswagen Golf VI».

Додаток Б
Приклад оформлення титульного аркуша курсової роботи

Міністерство освіти і науки України Вінницький національний технічний університет Факультет машинобудування та транспорту Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту									
Шрифт «Times New Roman» (звичайний), розмір шрифту – 14, міжрядковий інтервал – 1, вирівнювання – по центру									
Шрифт «Times New Roman» (напівжирний), розмір шрифту – 16, міжрядковий інтервал – 1, вирівнювання – по центру	4,0 ... 4,2 см								
Курсова робота з дисципліни «Діагностика транспортних засобів» на тему:									
ДІАГНОСТУВАННЯ ГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ АВТОМОБІЛЯ «ГАЗ-33023»									
1,5 ... 1,8 см	Шрифт «Times New Roman» (напівжирний), розмір шрифту – 18, міжрядковий інтервал – 1, вирівнювання – по центру								
Шрифт «Times New Roman» (звичайний), розмір шрифту – 14, міжрядковий інтервал – 1, вирівнювання – по центру	Виконав: здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, академічної групи ЕЛ-23б спеціальності 171 – Електроніка Андрій МЕЛЬНИК _____ (підпис) Керівник: к.т.н., доцент, доцент каф. АТМ Дмитро БОРИСЮК _____ (підпис) Оцінка: за національною шкалою _____ кількість балів _____ за шкалою ECTS _____ Члени комісії: <table style="width: 100%;"><tr><td style="width: 50%; text-align: center;">_____</td><td style="width: 50%; text-align: center;">_____</td></tr><tr><td style="text-align: center;">(підпис)</td><td style="text-align: center;">(прізвище та ініціали)</td></tr><tr><td style="text-align: center;">_____</td><td style="text-align: center;">_____</td></tr><tr><td style="text-align: center;">(підпис)</td><td style="text-align: center;">(прізвище та ініціали)</td></tr></table>	_____	_____	(підпис)	(прізвище та ініціали)	_____	_____	(підпис)	(прізвище та ініціали)
_____	_____								
(підпис)	(прізвище та ініціали)								
_____	_____								
(підпис)	(прізвище та ініціали)								
Шрифт «Times New Roman» (напівжирний і звичайний), розмір шрифту – 9 і 14, міжрядковий інтервал – 1, вирівнювання – по ширині	10,5 ... 11,0 см								
1,2 ... 1,8 см									
Вінниця ВНТУ – 2025 р.									

Додаток В
Приклад оформлення індивідуального завдання
до виконання курсової роботи

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»
Спеціальність 171 «Електроніка»
Освітньо-професійна програма «Програмне забезпечення та електронні системи транспортних засобів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Сергій ЦИМБАЛ

(підпис)

8 вересня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на курсову роботу
з дисципліни «Діагностика транспортних засобів»

здобувачу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, академічної групи ЕЛ-236
Мельнику Андрію Сергійовичу

Тема роботи «Діагностування генераторної установки автомобіля «ГАЗ-33023»

Вихідні дані до курсової роботи:

1. Вид та марка транспортного засобу – *автомобіль «ГАЗ-33023»*.
2. Об'єкт діагностування – *генераторна установка*.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Характеристика автомобіля «ГАЗ-33023». Огляд конструкції та несправностей генераторної установки автомобіля «ГАЗ-33023».
2. Розробка технологічного процесу діагностування генераторної установки автомобіля «ГАЗ-33023».
3. Автоматизація процесу діагностування генераторної установки автомобіля «ГАЗ-33023».

Дата видачі завдання на курсову роботу – 10 вересня 2025 р.

Календарний план-графік виконання курсової роботи

Назва етапів курсової роботи	Термін виконання	Примітка
Ознайомлення з методичною, нормативною та довідковою літературою. Уточнення завдання	17.09.25 - 20.09.25	<i>виконано</i>
Характеристика автомобіля «ГАЗ-33023». Огляд конструкції та несправностей генераторної установки автомобіля «ГАЗ-33023».	21.09.25 - 16.10.25	<i>виконано</i>
Розробка технологічного процесу діагностування генераторної установки автомобіля «ГАЗ-33023».	17.10.25 - 07.11.25	<i>виконано</i>
Автоматизація процесу діагностування генераторної установки автомобіля «ГАЗ-33023».	08.11.25 - 03.12.25	<i>виконано</i>
Оформлення пояснювальної записки	04.12.25 - 08.12.25	<i>виконано</i>
Захист роботи	згідно графіку	<i>виконано</i>

Здобувач _____ Андрій МЕЛЬНИК
(підпис)

Керівник _____ Дмитро БОРИСЮК
(підпис)

Електронне навчальне видання

**Дмитро Вікторович Борисюк
Вячеслав Йосипович Зелінський**

Діагностика транспортних засобів. Курсове проєктування

Навчальний посібник

Рукопис оформив *Д. Борисюк*

Редактор *Т. Старічек*

Оригінал-макет виготовила *Т. Старічек*

Підписано до видання 09.07.2026 р.

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2026-085

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,

Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

E-mail: rvv.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.