

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра "Експлуатація та ремонт машин"



**МЕХАТРОНІКА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І СИСТЕМ**

Методичні вказівки

до практичних занять для студентів  
другого (магістерського) рівня вищої освіти  
спеціальності 274 "Автомобільний транспорт"

Друкується за рішенням  
кафедри експлуатації та ремонту машин  
Протокол № 9 від 12.01.2022 р.

Кропивницький, 2022

Аулін В.В., Голуб Д.В. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Мехатроніка транспортних засобів і систем" для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 274 "Автомобільний транспорт". – Кропивницький: ЦНТУ, 2022. – 60 с.

Рецензенти: Солових Є.К. – д.т.н., проф. каф. "Експлуатації та ремонту машин";  
Голованов А.П. – голова правління ПАТ "Таксомоторний парк".

Автори: Аулін В.В. – д.т.н., проф. каф. "ЕРМ";  
Голуб Д.В. – к.т.н., доц. каф. "ЕРМ".

Відповідальний за випуск, комп'ютерний набір та верстка: Д.В. Голуб

## ЗМІСТ

<b>Перелік умовних скорочень.....</b>	<b>4</b>
<b>Вступ.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Загальні вказівки до виконання практичних занять.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Практичні заняття.....</b>	<b>8</b>
2.1. Практичне заняття № 1. Техніка безпеки та правила роботи в комп'ютерній лабораторії .....	8
2.2. Практичне заняття № 2. Ознайомлення з системою ущільнення автомобіля з датчиком витоку.....	11
2.3. Практичне заняття № 3. Принцип роботи підшипників з датчиком обертів .....	16
2.4. Практичне заняття № 4. Автомобільна мехатронна система ущільнення з датчиком обертів.....	21
2.5. Практичне заняття № 5. Принцип роботи антиблокувальної системи гальм автомобіля як мехатронної системи .....	24
2.6. Практичне заняття № 6. Побудова стежачої системи управління на прикладі управління дросельною заслінкою автомобіля.....	28
2.7. Практичне заняття № 7. Огляд роботи автоматичної коробки передач як комплексного мехатронного модуля руху .....	36
2.8. Практичне заняття № 8. Аналіз мехатронних систем сучасного автомобіля.....	42
<b>Рекомендована література.....</b>	<b>55</b>

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

ABS – антиблокувальна система гальм

АКПП – автоматична коробка перемикачів передач

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання

ЕБК – електронний блок керування

ЕІТ – електронні інформаційні технології

ЕМГ – електромеханічне гальмо

ЕСУД – електронна система управління двигуном

ПК – персональний комп'ютер

ТЗ – транспортний засіб

## ВСТУП

Розвиток автоматизації керування на транспорті, удосконалення підсистем і ланок транспортних засобів (ТЗ), впровадження нових інформаційних і електронних технологій, гнучких комп'ютерних систем є відмінною рисою сучасного транспортного комплексу.

В даний час ТЗ і транспортна система ґрунтуються на використанні як механічних, так і електронних інформаційних технологій. Тому і вирішення завдань аналізу і синтезу транспортного комплексу в цілому, складових його елементів зокрема повинні ґрунтуватися на науці, що розглядає основні принципи раціонального сполучення цих трьох складових всіх сучасних складних об'єктів і систем - мехатроніці.

Автомобільний парк нашої країни досить різноманітний і вимагає спеціальних заходів щодо удосконаленню його експлуатації. Мехатроніка на автомобільному транспорті є продовженням автоматизації керування, удосконалювання підсистем і ланок транспортних засобів, втілення гнучких комп'ютеризованих систем транспортного комплексу.

А отже саме мехатроніка визначає наукові основи аналізу і синтезу транспортних засобів і систем та спрямована на удосконалювання їх робочих процесів.

## **1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

Метою викладання дисципліни є отримання знань, умінь та навичок, що спрямовані на створення та використання на автомобільному транспорті мехатронних підсистем, ланок та комплексів автотранспортних засобів.

Методичні вказівки для практичних занять з дисципліни " Мехатроніка транспортних засобів і систем" призначені для студентів напряму підготовки 6.070106 - "Автомобільний транспорт".

Предметом вивчення дисципліни є основи інформаційного аналізу та синтезу мехатронних систем на автотранспорті з допомогою комп'ютерних систем різного рівня та призначення. Студенти отримують знання з теоретичних основ трьох її основних частин: механічної, електричної та інформаційної.

Вивчення дисципліни спрямоване на отримання вмінь працювати з сучасними ПК з використанням пакетів прикладних програм у процесі створення мехатронних комплексів підсистем та ланок автомобільного транспорту.

Сутність дисципліни полягає у вивченні основних принципів аналізу та синтезу мехатронних систем з аналізом теоретичних основ розробки та експлуатації мехатронних систем, вивчення технічного забезпечення мехатронних комплексів, отримання знань з системного аналізу та синтезу мехатронних систем, дослідження операцій.

Студентам пропонується вісім практичних робіт, які за змістом охоплюють програму дисципліни. В кожній роботі наведена тема, мета, короткі теоретичні відомості, основні завдання, перелік контрольних питань та перелік рекомендованої літератури.

У результаті викладання дисципліни виконання комплексу практичних робіт у студентів формується загальна уява по базовим поняттям, майбутні фахівці зможуть вільно використовувати різні інформаційні технології для вирішення завдань проектування, виготовлення та експлуатації електрообладнання автотранспортних засобів, колісних та гусеничних машин та їх складових агрегатів.

При підготовці до виконання практичних занять студенти повинні самостійно опрацювати рекомендовану літературу та дати відповіді на контрольні питання. Викладач контролює підготовленість студентів і проводить допуск до виконання завдань.

Після виконання завдань по кожному практичному заняттю оформлюється звіт. Звіт повинен містити номер, назву і мету заняття, короткі теоретичні дані та висновки.

Кожну виконану практичну роботу студент захищає в індивідуальному порядку за контрольними питаннями. Позитивно захищена студентом практична робота підписується викладачем, що проводить практичні заняття. Збірка захищених робіт є допуском до здачі екзамену з дисципліни "Мехатроніка транспортних засобів і систем".

## **2. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ**

### **2.1 Практичне заняття № 1**

**Тема:** Техніка безпеки та правила роботи в комп'ютерній лабораторії

**Мета заняття:** Ознайомитися з технікою безпеки та правилами роботи в комп'ютерній лабораторії

#### **Короткі теоретичні відомості**

При роботі на комп'ютерній техніці існує кілька факторів ризику:

- проблеми, пов'язані з електромагнітним випромінюванням;
- проблеми зору, слуху;
- проблеми, пов'язані з м'язами і суглобами.

До роботи з комп'ютером допускаються особи, які не мають медичних протипоказань, і мають відповідні знання та навички роботи з даним устаткуванням, що одержали інструктаж з техніки безпеки, пожежної та електробезпеки від викладача, що проводить практичні заняття в комп'ютерному класі.

Робоче місце повинно постійно підтримуватися в чистоті, не дозволяється класти будь-які предмети на пристрій комп'ютера (клавіатура, системний блок, монітор). На робочому місці не допустимо приймати їжу і напої, ставити посуд з рідинами та продуктами харчування.

Одяг, взуття і руки при роботі на комп'ютері повинні бути чистими і сухими.

Роботу з комп'ютером можна починати тільки з дозволу викладача або лаборанта.

Перед початком роботи слід уважно оглянути робоче місце:

- візуально перевірити надійність провідних і кабельних з'єднань, наявність і справність проводів заземлення;
- не включати комп'ютерну техніку, якщо виявлено будь-які дефекти;

- про виявлені неполадки і порушення доповіді посадовій особі (викладачеві, лаборанту);

- самостійний ремонт та обслуговування комп'ютера заборонено.

*Вимоги безпеки під час роботи на ПК:*

- екран монітора повинен знаходитися на відстані не менше 50 см від користувача;

- не можна працювати з комп'ютерною технікою у верхньому одязі і з мокрими руками;

- включати і вимикати комп'ютер необхідно в суворій послідовності, визначеної паспортом даного обладнання;

- переміщати і повертати системний блок і монітор заборонено;

- не класти сторонні предмети на пристрої персонального комп'ютера;

- не торкатися кабелів, що з'єднують пристрій;

- не варто торкатися до екрану руками та іншими предметами;

- під час роботи не відволікатися;

- поруч комп'ютерній техніці не можна підключати до неї інше обладнання;

- тривалість безперервної роботи на комп'ютері не повинна перевищувати 2 годин, після чого необхідна перерва 10-15 хвилин.

*Вимоги безпеки після закінчення роботи на ПК:*

- після закінчення роботи завершити роботу всіх програм користувача;

- операційну систему закрити, обладнання виключати у зворотній послідовності;

- упорядкувати своє робоче місце, поставити стілець під стіл, вирівняти клавіатуру, покласти акуратно мишу на килимок;

Про всі зауваження та неполадки в роботі з комп'ютером повідомляти викладача або адміністратора.

### **Основні завдання:**

- 1.1. Ознайомитись з теоретичною частиною та здійснити запис у лабораторному журналі з техніки безпеки.
- 1.2. Перейти на робоче місце та уважно оглянути його перед початком роботи на персональному комп'ютері.
- 1.3. Налаштувати робоче місце відповідно до вищевказаних вимог.
- 1.4. Запустити персональний комп'ютер та перевірити роботу програм.
- 1.5. Після закінчення роботи завершити роботу всіх програм користувача та вимкнути комп'ютер.
- 1.6. Самостійно відповісти на контрольні питання.

### **Контрольні питання**

1. Назвіть фактори ризику при роботі на комп'ютерній техніці.
2. Які особи допускаються до роботи з комп'ютером ?
3. Які заходи потрібно зробити перед початком роботи на персональному комп'ютері ?
4. Назвіть вимоги безпеки під час роботи на персональному комп'ютері ?
5. Перерахуйте вимоги безпеки після закінчення роботи на персональному комп'ютері ?

**Рекомендована література:** [2, 4, 15, 20]

## 2.2 Практичне заняття № 2

**Тема:** Ознайомлення з системою ущільнення автомобіля з датчиком витоку

**Мета заняття:** Ознайомитися з ущільнюючими пристроями автомобіля на основі датчика витоку.

### Короткі теоретичні відомості

У більшості сучасних машин використовуються пристрої ущільнювачів. Їх завдання — запобігти витіканню мастильного матеріалу з порожнин з мастилом і вберегти їх від забруднень ззовні. Вихід з ладу ущільнення може нести за собою тяжкі наслідки: витікання мастила — масляне голодування механізму — заклинювання або передчасний знос. Проконтролювати ж стан класичного ущільнення можливо тільки при розбиранні, що не завжди рентабельно.

Розв'язати цю проблему дозволяють ущільнення з вбудованими датчиками. На рис. 2.1 представлено модульне ущільнення для валу з датчиком витоку фірми Simrit (Німеччина).

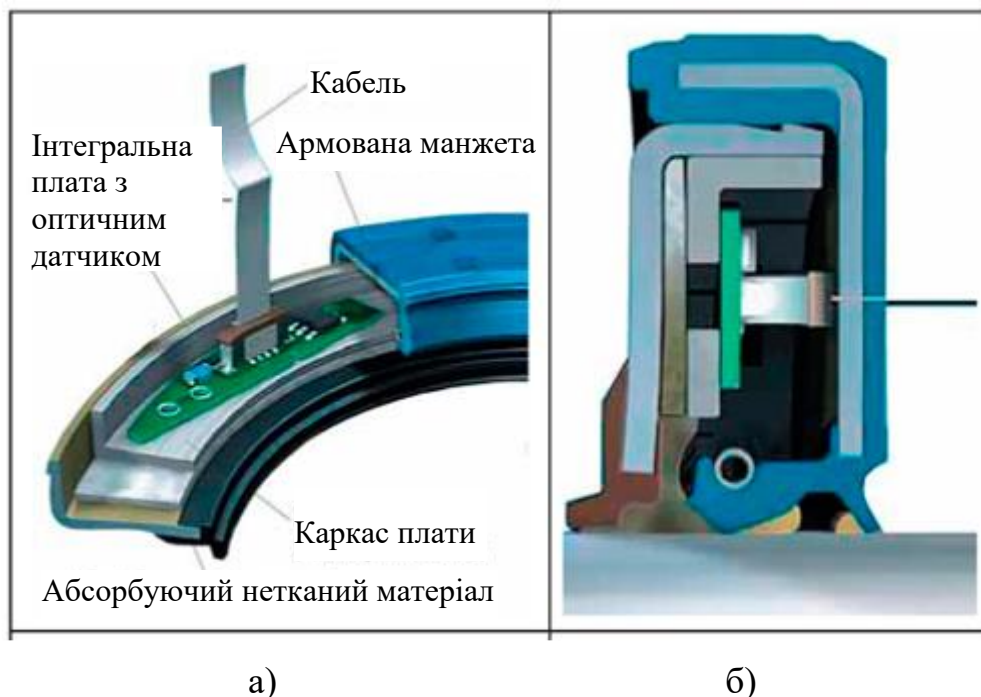


Рисунок 2.1 - Ущільнення з датчиком витоку: а) конструкція ущільнення, б) встановлення на вал

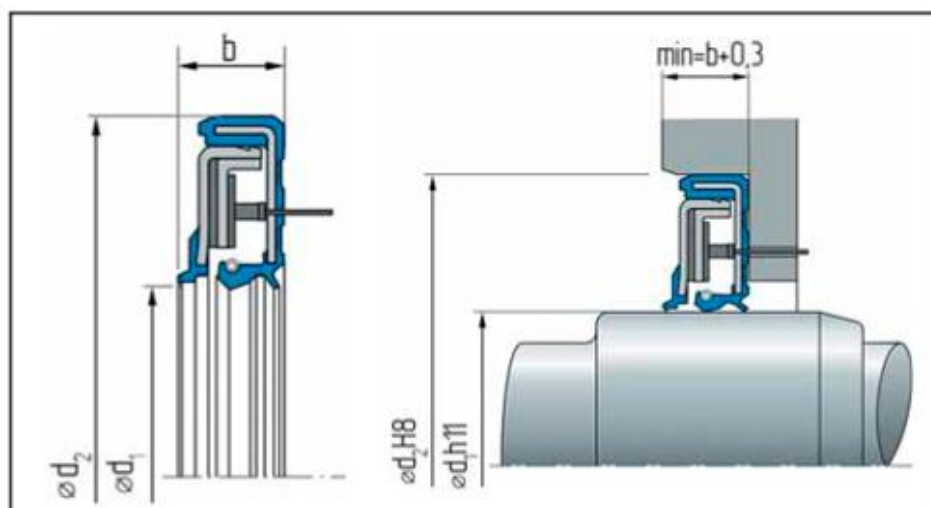
До складу такого ущільнення входять (рис. 1.1, а): армована манжета з пильовиком; інтегральна плата з оптичним датчиком; алюмінієвий або сталевий каркас плати; кільце, що адсорбує мастило, з нетканого матеріалу; кабель для передачі сигналу. Місце виведення кабелю не вимагає додаткової герметизації.

Працює ущільнення таким чином. При зносі ущільнюючої кромки надмірне мастило поступає всередину манжети і адсорбується кільцем з нетканого матеріалу. Насичений мастилом матеріал міняє свої оптичні властивості. Міра забрудненості контролюється оптичним датчиком. Коли забрудненість досягає заданого конструктором рівня, генерується сигнал про необхідність заміни ущільнення. Він може бути переданий обслуговуючому персоналу по телефону або Інтернету. При заміні ущільнення електронна частина може бути встановлена в нову армовану манжету, що зменшує вартість ремонту.

Застосовуються такі ущільнення, передусім, у великогабаритних і важкодоступних машинах: вітроенергетичних агрегатах, ескалаторах, промислових редукторах. Вбудовування в конструкцію агрегатів мехатронного ущільнення дозволяє перейти від системи планово-запобіжного ремонту до системи ремонту по стану, а також попереджати відмови. Тільки цей комплекс заходів дає сумарний економічний ефект, оскільки вартість мехатронного ущільнення істотно вища, ніж звичайного.

Ущільнення зі вбудованим датчиком витoku входять в стандартну програму виробництва фірми Simrit (Німеччина). У таблиці 2.1 представлені геометричні розміри ущільнень MSS1+CM і вимоги до посадочних місць. Матеріал манжети — бутадієнитрильний каучук (NBR) або фтор каучук (FKM). Умови застосування: окружна швидкість до 6 м/с; робоча температура 25...100°C; надмірний тиск до 0,5 бар.

Таблиця 2.1 - Геометричні розміри манжет MSS1+CM



$d_1$ , мм	$d_2$ , мм	$b$ , мм	$d_1$ , мм	$d_2$ , мм	$b$ , мм
40	80	10	80	125	12
45	85	10	80	170	13
47	90	10	82	120	13
50	80	10	82	160	13
50	90	10	85	140	12
52	100	10	95	125	13
55	90	10	95	145	13
55	100	10	95	170	13
60	110	12	108	140	15
62	120	12	108	170	15
65	100	12	120	150	15
65	120	12	120	180	15
65	140	12	125	160	15
70	110	12	125	200	15
72	140	12	145	190	17
75	130	12	145	230	17

Ущільнення з датчиком витoku контролюють стан манжети і попереджають про її знос. Проте, в ущільнення можна вбудовувати і інші датчики, контролюючі параметри ущільнюваного середовища. Саме ця концепція покладена в основу сімейства гнучких друкованих плат з ущільнюючими функціями фірми Simrit.

Цей вид продукції є гнучкою друкованою платою, що проходить крізь гумову частину ущільнення будь-якого типу. Місце стику є герметичним. Основною проблемою для виробництва стала температура вулканізації гуми, яка вище за температуру плавлення друкованої плати. Фірма Simrit (Німеччина) розробила відповідну технологію і пропонує новий вид ущільнень.

На рис. 2.2 представлено ущільнююча прокладка з приєднаною гнучкою друкованою платою.

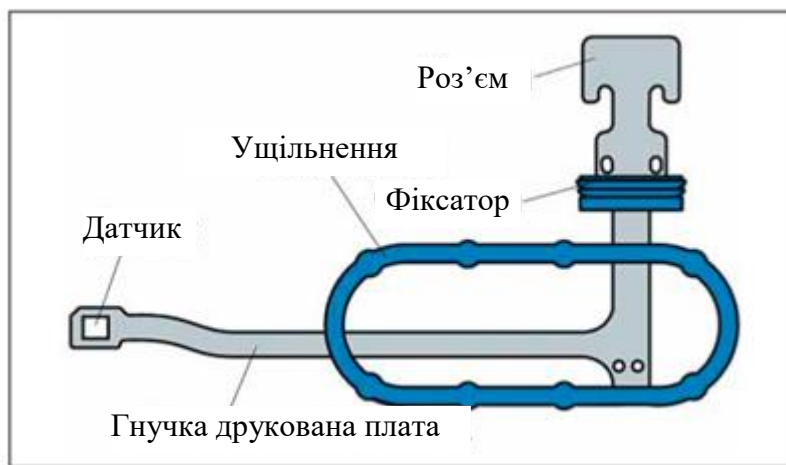


Рисунок 2.2 – Сенсорне ущільнення

До складу такого ущільнення входить ущільнюючий елемент, датчик, гнучка друкована плата із струмопровідними доріжками, сполучний роз'єм, фіксатор. Усі елементи об'єднані в єдиний вузол і не вимагають додаткового ущільнення для доріжок, що проходять крізь ущільнення. До гнучкої друкованої плати можуть бути приєднані датчики для виміру різних параметрів внутрішнього середовища: тиску, температури, інших фізичних або навіть хімічних параметрів.

Сьогодні сенсорні ущільнення застосовуються: в системах впорскування палива і управління двигунів внутрішнього згорання; елементах трансмісії; вимірниках витрати рідин. Для виготовлення гнучких друкованих плат застосовують матеріали на основі поліаміду і поліетиленового нафталіну, що мають стійкість до моторного і трансмісійного мастила, дизельного палива, бензину. Температурна стійкість до 150°C.

### Основні завдання:

2.1. Ознайомитися з автомобільним модульним ущільненням для валу з датчиком витoku фірми Simrit (Німеччина).

2.2. Ознайомитися з ущільнюючою прокладкою з приєднаною гнучкою друкованою платою.

2.3. Засвоїти конструкцію, можливі геометричні розміри, умови застосування, принцип роботи вказаних вище приладів.

2.4. Проаналізувати перспективу подальшого застосування та удосконалення даних приладів у сучасних автомобілях.

2.5. Самостійно відповісти на контрольні питання.

### **Контрольні питання**

1. Які основні завдання пристроїв ущільнювачів та наслідки виходу їх з ладу?

2. Назвіть складові модульного ущільнення для валу з датчиком витоку фірми Simrit (Німеччина) ви занєте.

3. Розкрийте принцип роботи та умови застосування модульного ущільнення для валу з датчиком витоку фірми Simrit (Німеччина).

4. Де застосовується ущільнююча прокладка з приєднаною гнучкою друкованою платою?

5. Що входить до складу ущільнюючої прокладки з приєднаною гнучкою друкованою платою?

**Рекомендована література:** [1-4, 8, 13, 20, 21]

### 2.3 Практичне заняття № 3

**Тема:** Принцип роботи підшипників з датчиком обертів

**Мета заняття:** Ознайомитися з принципом роботи підшипників з датчиком обертання.

#### Короткі теоретичні відомості

У мехатронних системах блокам управління необхідно отримувати точну інформацію про переміщення деталей, що обертаються, і вузлів. Для цього використовуються датчики обертання різних конструкцій, що встановлюються на валах.

На рис. 3.1, а представлений інкрементальний енкодер, що дозволяє контролювати положення валу.

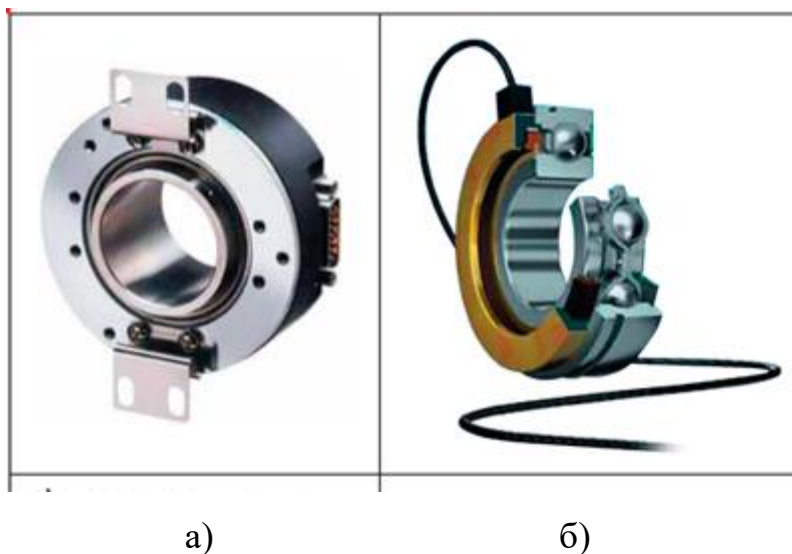


Рисунок 3.1 - Датчики обертів: а) зірочка з індуктивним датчиком;  
б) мехатронний підшипник SKF

Альтернативою такої конструкції є мехатронні підшипники (рис. 3.1, б), отримані шляхом вбудовування датчиків обертання в підшипник. Як правило, такі підшипники дозволяють реєструвати: кількість обертів за хвилину; швидкість обертання; напрям обертання; відносне положення; прискорення або уповільнення.

Підшипник з вбудованими датчиками обертання (рис. 3.2), виробником якого є фірма SKF (Швеція), складається з: радіального шарикопідшипника зі вбудованим ущільненням і канавкою під стопорне кільце; магнітного імпульсного кільця; корпуси датчиків; сполучного кабелю.

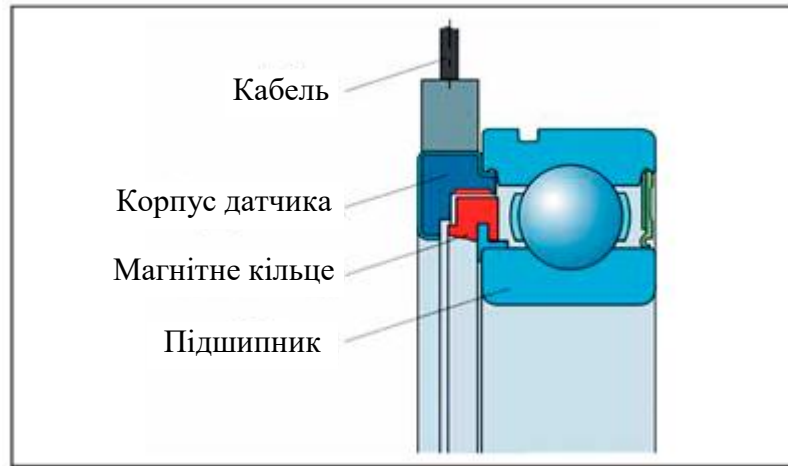


Рисунок 3.2 - Підшипник з датчиками обертання

Зображений підшипник призначений для роботи з внутрішнім кільцем, що обертається, і нерухомим корпусом датчиків. За основу узятий радіальний кульковий підшипник кочення, який відповідає стандарту ISO 15:1998, за винятком ширини, збільшеної із-за вбудованих датчиків. З одного боку елементи підшипника захищені вбудованим ущільненням. З протилежного боку корпус датчиків і імпульсне кільце утворюють лабіринтове ущільнення.

Композитне магнітне імпульсне кільце розділене на певну кількість північних і південних полюсів, залежну від розмірів підшипника. Магнітне кільце кріпиться до внутрішнього кільця підшипника. Корпус датчиків кріпиться до зовнішнього кільця підшипника. У нього вбудовано два датчики, зміщені один відносно одного. Датчики складаються з чутливих елементів, заснованих на ефекті Холу, і електронних блоків посилення і перетворення сигналу.

Принцип роботи вбудованих датчиків обертів наступний. При обертанні валу, на який встановлений підшипник, у згоді з ним обертається магнітне імпульсне кільце. Датчики Холу фіксують чергування магнітних полюсів і генерують аналоговий синусоїдальний сигнал (рис. 3.3).

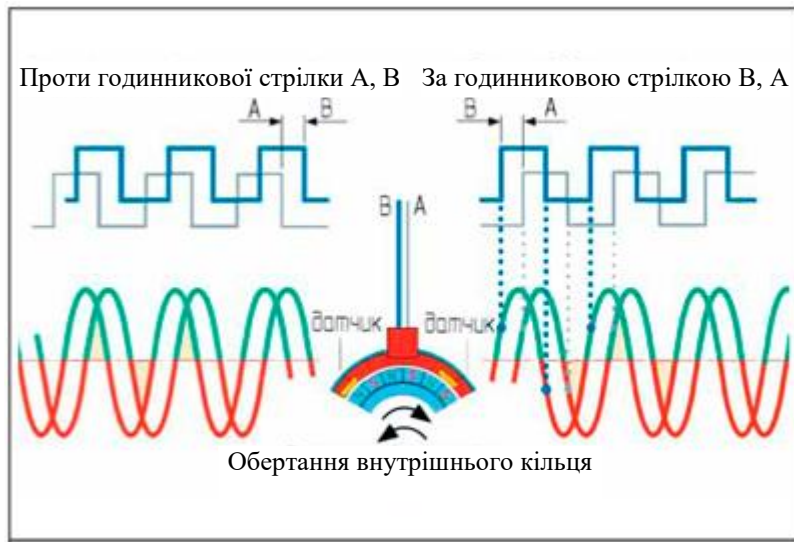


Рисунок 3.3 – Сигнал датчика

Цей сигнал посилюється і перетворюється в прямокутні імпульси тригером Шмітта. Напрямок обертання визначається по фазі сигналу. Максимальна точність вимірювань складає 256 імпульсів за оберт, що відповідає дозову  $1,4^\circ$ . Таку ж роздільну здатність мають прості інкрементальні енкодери. Для роботи датчика потрібно стабілізовану напругу 5,24 В.

Спочатку підшипники із вбудованими датчиками були застосовані в автомобілебудуванні. На рис. 3.4, а зображений підшипник ASB фірми SNR, що встановлюється в маточину колеса і передає сигнал в системи стабілізації руху автомобіля (ABS, ESP).

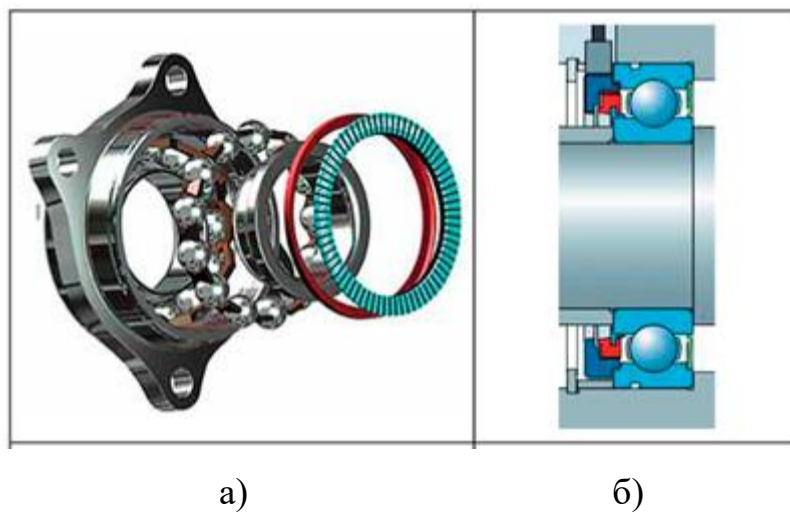
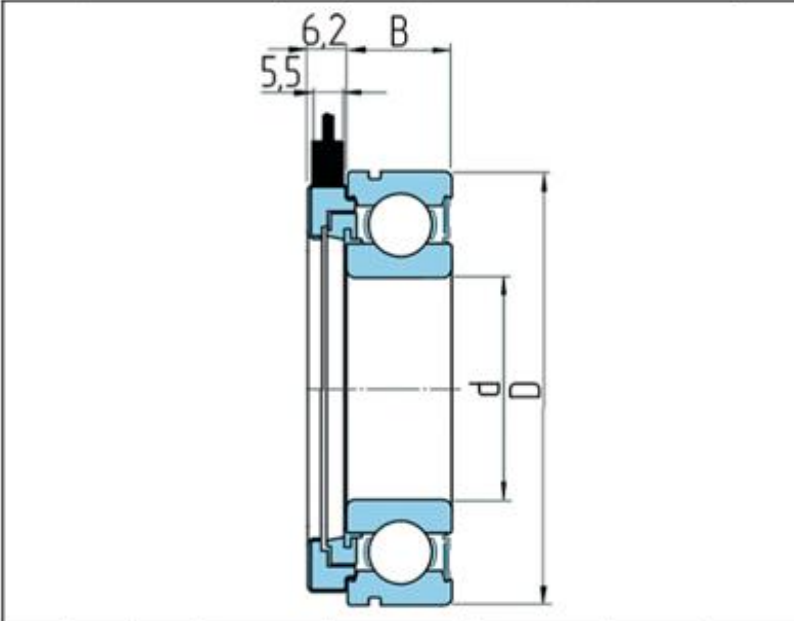


Рисунок 3.4 - Застосування підшипників з датчиком: а) автомобільний підшипниковий вузол ASB; б) встановлення промислового підшипника

На рис. 3.4, б представлений приклад установки промислового підшипника з датчиком. Підшипник має бути зафіксований в осьовому напрямі на валу і упиратися в заплечик зовнішнім кільцем сторони, вільної від датчиків. З боку датчика встановлюють стопорне кільце і тонкостінну втулку з пазами.

Підшипники із вбудованим датчиком обертів виробляються серійно. У таблиці 3.1 приведені основні параметри продукції фірми SKF (Швеція). Вибір розміру підшипника здійснюється аналогічно звичайним підшипникам — по необхідній довговічності. Робоча температура підшипників 40...120°C. Підшипники наповнені пластичним мастилом на увесь термін служби і не вимагають технічного обслуговування.

Таблиця 3.1 - Основні параметри підшипників з датчиком обертів



d, мм	D, мм	b, мм	Динамічна вантажопідйомність С, кН	Статична вантажопідйомність С <sub>0</sub> , кН	Гранична частота обертання n, об/хв	Число полюсів датчика	Маса, кг
15	35	11	8,06	3,75	13 000	32	0,06
20	47	14	13,5	6,55	10 000	48	0,15
25	52	15	14,8	7,8	8 500	48	0,18
30	62	16	20,3	11,2	7 500	64	0,22
40	80	18	32,5	19	5 600	80	0,40
45	85	19	35,1	21,6	5 000	80	0,44

### **Основні завдання:**

3.1. Ознайомитися з автомобільними підшипниками з датчиком обертання.

3.2. Засвоїти їх конструкцію, можливі геометричні розміри, умови застосування, принцип роботи.

3.3. Проаналізувати перспективу подальшого застосування та удосконалення даних приладів у сучасних автомобілях.

3.4. Самостійно відповісти на контрольні питання.

### **Контрольні питання**

1. Для чого використовуються датчики обертання ?
2. Які технічні параметри дозволяють фіксувати мехатронні підшипники ?
3. З яких ланок складається підшипник з вбудованими датчиками обертання ?
4. Наведіть принцип роботи вбудованих датчиків обертання.
5. Як здійснюється вибір розміру підшипника з датчиками обертів?

**Рекомендована література:** [1-4, 8-10, 13, 20, 21]

## 2.4 Практичне заняття № 4

**Тема:** Автомобільна мехатронна система ущільнення з датчиком обертів

**Мета заняття:** Ознайомитися з принципом роботи автомобільної мехатронної системи ущільнення з датчиком обертів.

### Короткі теоретичні відомості

Підшипники з датчиком обертів мають вбудовані ущільнення, одне з яких утворюють елементи датчика обертів. Проте, застосування закритих підшипників не завжди можливе. Наприклад, в редукторах, коробках передач, двигунах внутрішнього згорання використовується рідинне мастило, яким змащуються і підшипники. В цьому випадку функцію підрахунку обертів можна покласти на зовнішні ущільнення. Саме таке рішення пропонує фірма Simrit (Німеччина). Цей виробник ущільнень розробив технологію впровадження в гумові суміші магнітних матеріалів і створив ущільнення з вбудованим магнітним кодуєм кільцем (рис. 4.1, а). Таке кільце є металевим диском, до якого привулканизовано еластомер, заповнений частками фериту. Феритові смуги поперемінно намагнічуються північним і південним полюсами. Якщо до такого кільця, що обертається, наблизити індуктивний датчик, на виході вийде дискретний сигнал (рис. 4.1 б).

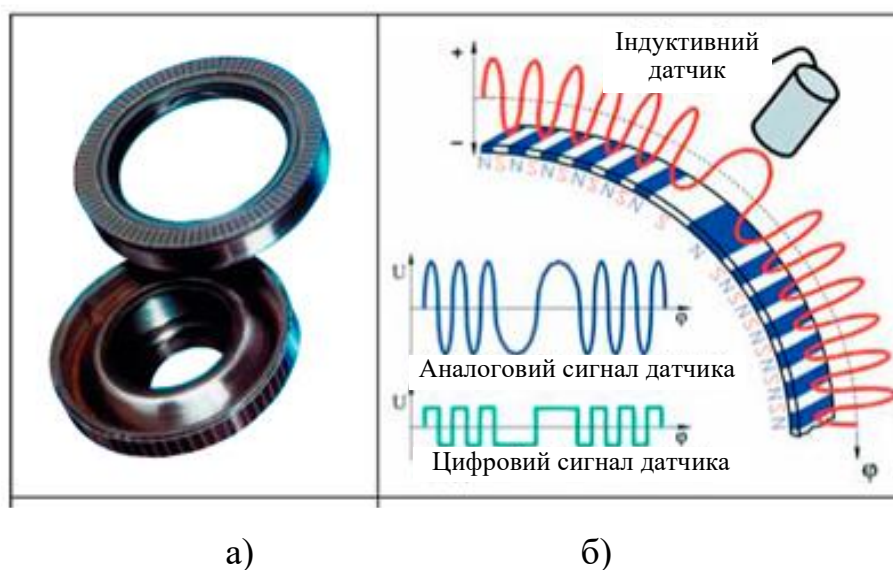


Рисунок 4.1 - Магнітне кодуєме кільце: а) ущільнення з магнітним кодуєм кільцем, б) принцип роботи

Магнітне кодуєче кільце може встановлюватися на деталь, що обертається, і використовуватися для визначення параметрів обертання (рис. 4.2, а). Виробник пропонує кільце з привулканизованою втулкою для встановлення індуктивного датчика з осьовим або радіальним розташуванням.

Магнітне кодуєче кільце можна вбудовувати до складу ущільнень. На рис. 4.2, б представлено касетне ущільнення і манжету з кодуєчим кільцем. Датчик обертів встановлюється радіально.

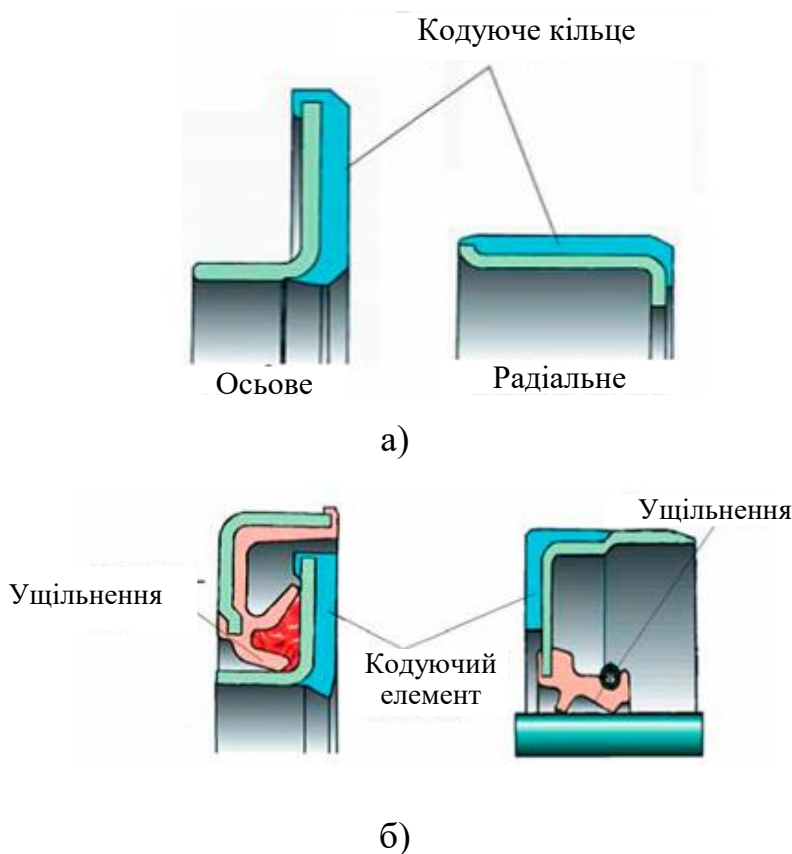


Рисунок 4.2 - Застосування кодуєчих кілець: а) кодуєче кільце без ущільнюєчої функції, б) ущільнення з кодуєчим кільцем

Застосування магнітних кодуєчих кілець має наступні переваги: компактність вимірювального вузла; можливість збільшення повітряного проміжку до 3 мм при рівні помилок 0,6%...1,5%; можливість застосування датчика без магніта, оскільки магнітне поле створюється кодуєчим кільцем.

Магнітні кодуєчі кільця мають хімічну стійкість до олій, палив, гальмівних рідин, антифризів і витримують температури до 170°C.

### **Основні завдання:**

4.1. Ознайомитися з ущільненнями із вбудованим магнітним кодуємим кільцем.

4.2. Засвоїти їх конструкцію, можливі геометричні розміри, умови застосування, принцип роботи.

4.3. Проаналізувати перспективу подальшого застосування та удосконалення даних приладів у сучасних автомобілях.

4.4. Самостійно відповісти на контрольні питання.

### **Контрольні питання**

1. Де застосовуються магнітні кодуємим кільця ?

2. Розкрийте склад магнітного кодуємим кільця.

3. Наведіть принцип роботи ущільнень із вбудованим магнітним кодуємим кільцем ?

4. Перелічіть переваги застосування магнітних кодуємим кілець.

**Рекомендована література:** [1-4, 8-11, 13, 20, 21]

## 2.5 Практичне заняття № 5

**Тема:** Принцип роботи антиблокувальної системи гальм автомобіля як мехатронної системи

**Мета заняття:** Ознайомитися з принципом роботи антиблокувальної системи гальм автомобіля.

### Короткі теоретичні відомості

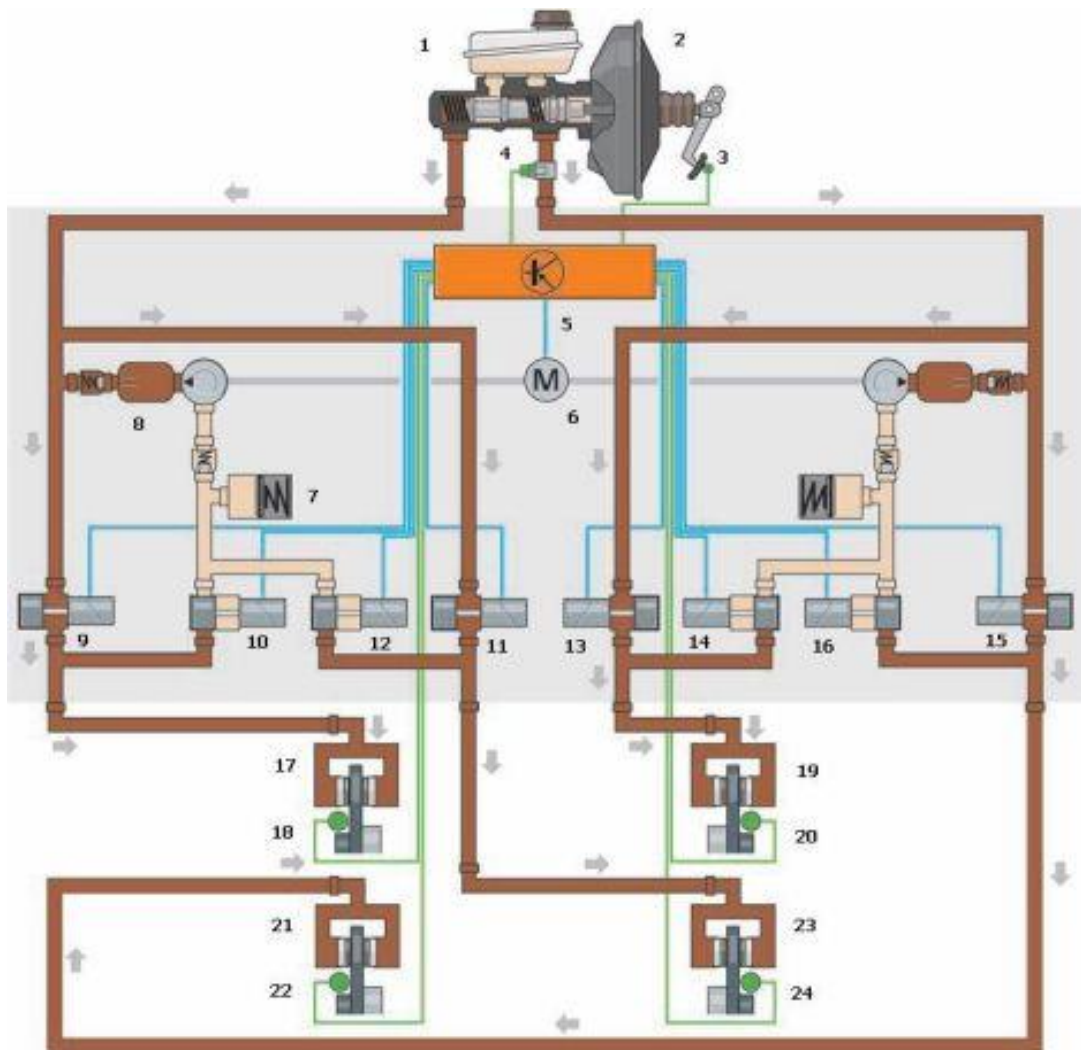
При екстреному гальмуванні автомобіля можливе блокування одного або декількох коліс. В цьому випадку увесь запас по зчепленню колеса з дорогою використовується в подовжньому напрямі. Заблоковане колесо перестає сприймати бічні сили, що утримують автомобіль на заданій траєкторії, і ковзає по дорожньому покриттю. Автомобіль втрачає керованість і щонайменше бічне зусилля приводить його до занесення.

Антиблокувальна система гальм ABS (Antilock Brake System) (рис. 5.1) призначена запобігти блокуванню коліс при гальмуванні і зберегти керованість автомобіля. Провідним виробником систем ABS є фірма Bosch.

Система ABS встановлюється в штатну гальмівну систему автомобіля без зміни її конструкції.

Антиблокувальна система має наступну будову:

- датчики кутової швидкості коліс;
- датчик тиску в гальмівній системі;
- блок управління;
- гідравлічний блок;
- контрольна лампа на панелі приладів.



1 - компенсаційний бачок; 2 - вакуумний підсилювач гальм; 3 - датчик положення педалі гальма; 4 - датчик тиску в гальмівній системі; 5 - блок управління; 6 - насос зворотного подання; 7 - акумулятор тиску; 8 - демпфуюча камера; 9 - впускний клапан переднього лівого гальмівного механізму; 10 - випускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11 - впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 12 - випускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 13 - впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 14 - випускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 15 - впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 16 - випускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17 - передній лівий гальмівний циліндр; 18 - датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 20 - передній правий гальмівний циліндр; 21 - датчик частоти обертання переднього правого колеса; 22 - задній лівий гальмівний циліндр; 23 - датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 24 - задній правий гальмівний циліндр

Рисунок 5.1 - Схема антиблокувальної системи гальм ABS

Датчик кутової швидкості встановлюється на кожне колесо. Він фіксує поточне значення частоти обертання колеса і перетворює його в електричний сигнал. На підставі сигналів датчиків блок управління виявляє ситуацію блокування колеса. Відповідно до встановленого програмного забезпечення блок формує вплив на виконавчі пристрої - електромагнітні клапани і електродвигун насоса зворотного подання гідравлічного блоку системи.

Гідравлічний блок об'єднує наступні конструктивні елементи: впускні і випускні електромагнітні клапани; акумулятори тиску; насос зворотного подання з електродвигуном; демпфуючі камери.

У гідравлічному блоці кожному гальмівному циліндру колеса відповідає один впускний і один випускний клапани, які управляють гальмуванням в межах свого контура. Акумулятор тиску призначений для прийому гальмівної рідини при скиданні тиску в гальмівному контурі.

Насос зворотного подання підключається, коли місткості акумуляторів тиску недостатньо. Він збільшує швидкість скидання тиску. Демпфуючі камери приймають гальмівну рідину від насоса зворотного подання і гасять її коливання. У гідравлічному блоці встановлюється два акумулятори тиску і дві демпфуючі камери по числу контурів гідроприводу гальм.

Контрольна лампа на панелі приладів сигналізує про несправність системи.

Робота антиблокувальної системи гальм носить циклічний характер. Цикл роботи системи включає три фази:

- утримання тиску;
- скидання тиску;
- збільшення тиску.

На підставі електричних сигналів, що поступають від датчиків кутової швидкості, блок управління ABS порівнює кутові швидкості коліс.

При виникненні небезпеки блокування одного з коліс, блок управління закриває відповідний впускний клапан. Випускний клапан при цьому також закритий. Відбувається утримання тиску в контурі гальмівного циліндра

колеса. При подальшому натисненні на педаль гальма тиск в гальмівному циліндрі колеса не збільшується. При тривалому блокуванні колеса, блок управління відкриває відповідний випускний клапан. Впускний клапан при цьому залишається закритим. Гальмівна рідина перепускається в акумулятор тиску. Відбувається скидання тиску в контурі, при цьому швидкість обертання колеса збільшується. При недостатній місткості акумулятора тиску, блок управління ABS підключає до роботи насос зворотного подання. Насос зворотного подання перекачує гальмівну рідину в демпфуючу камеру, зменшуючи тиск в контурі. Водій при цьому відчуває пульсацію педалі гальма. Як тільки кутова швидкість колеса перевищить певне значення, блок управління закриває випускний клапан і відкриває впускний. Відбувається збільшення тиску в контурі гальмівного циліндра колеса. Цикл роботи антиблокувальної системи гальм повторюється до завершення гальмування або припинення блокування. Система ABS працює постійно.

### **Основні завдання:**

- 5.1. Ознайомитися з антиблокувальною системою гальм автомобіля.
- 5.2. Засвоїти її будову та принцип роботи.
- 5.3. Проаналізувати перспективу можливого удосконалення даної системи на сучасних автомобілях.
- 5.4. Самостійно відповісти на контрольні питання.

### **Контрольні питання**

1. Призначення антиблокувальної системи гальм автомобіля.
2. Розкрийте будову антиблокувальної системи гальм автомобіля.
3. Принцип роботи антиблокувальної системи гальм автомобіля.

**Рекомендована література:** [5, 6, 14, 18]

## 2.6 Практичне заняття № 6

**Тема:** Побудова стежачої системи управління на прикладі управління дросельною заслінкою автомобіля

**Мета заняття:** Ознайомитися з принципом роботи стежачої системи управління на прикладі управління дросельною заслінкою автомобіля.

### Короткі теоретичні відомості

Норми викидів, що постійно посилюються, автомобілями шкідливих забруднюючих речовин призводять до підвищення складності електронних систем двигунів внутрішнього згорання і введенню додаткових пристроїв управління вузлами цих систем. Зокрема, для реалізації норм ЄВРО-3, ЄВРО-4 в електронній системі управління двигуном (ЕСУД) має бути функція електронного управління заслінкою дросельного патрубку замість класичного механічного (тросового) управління. З цією метою до складу ЕСУД вводяться електропривод дросельної заслінки і датчик положення педалі акселератора.

У цій роботі розглянуто електронну систему управління заслінкою дросельного патрубку двигунів ЗМЗ 40524/40904, виконаних під норми ЄВРО-3, якими комплектуються автомобілі Горького і Ульяновського автозаводів. Оскільки прямого механічного зв'язку між педаллю акселератора і дросельною заслінкою в цій системі не існує, то потрібна система управління із зворотним зв'язком по положенню дросельної заслінки, яка б відстежувала положення педалі акселератора і відповідно до нього змінювала б кут повороту заслінки.

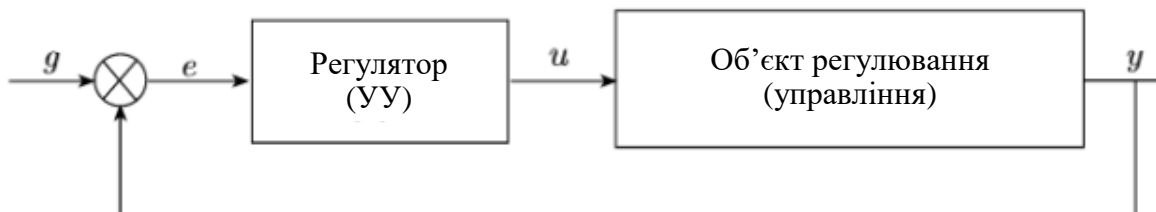


Рисунок 6.1 - Блок-схема системи управління із зворотним зв'язком

На рис. 6.1 показана блок-схема системи управління із зворотним зв'язком. Об'єктом управління виступає дросельна заслінка з електроприводом, в якості облаштування управління (регулятора) в роботі використовується мікроконтролерна плата Arduino. Для забезпечення зворотного зв'язку використовується датчик положення дросельної заслінки. Особливістю цієї системи управління є те, що задаюча дія  $g$  тут заздалегідь невідома, а визначається водієм натисненням на педаль акселератора.

Таким чином, мета системи управління - стежити за зміною задаючої дії (кута натиснення педалі акселератора) і відпрацьовувати його поворотом заслінки на відповідний кут. Такі системи управління, в яких керована змінна у відтворює задаючу дію  $g$ , що довільно змінюється, називаються *стежачими системами*.

На рис. 6.2 показана блок-схема системи управління дросельною заслінкою для систем управління двигуном ЄВРО-3.

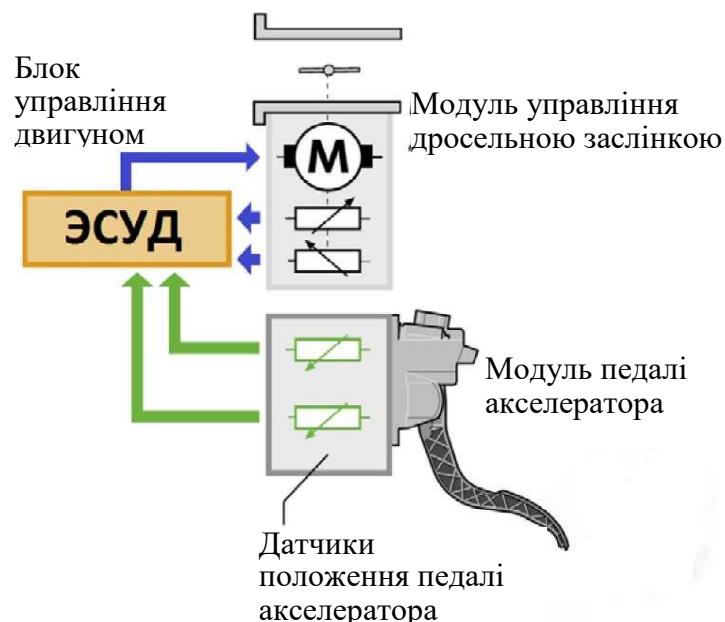


Рисунок 6.2 - Блок-схема системи управління дросельною заслінкою

В ній використовується резистивний датчик педалі акселератора, який складається з двох незалежних потенціометрів, механічно пов'язаних з педаллю газу. Поворот заслінки здійснюється за допомогою електродвигуна, який через механічний редуктор пов'язаний з віссю заслінки.

Кут повороту заслінки відстежується за допомогою двох незалежних потенціометрів, механічно пов'язаних із заслінкою. Дублювання датчиків в цій системі пояснюється необхідністю забезпечити високу надійність роботи, оскільки це пов'язано з безпекою руху. У роботі використовується тільки по одному потенціометру для кожного датчика.

При запуску двигуна ЕСУД прочитує і обробляє сигнали від датчиків, встановлених на двигуні і інших вузлах автомобіля. При цьому реалізується управління дросельною заслінкою, яка регулює подання повітряної суміші в циліндри ДВС в усіх його режимах.

З конструкції дросельного патрубку виключений канал регулятора холостого ходу, так під час роботи ДВЗ на холостому ходу ЕСУД виставляє прочинене положення дросельної заслінки, забезпечуючи тим самим необхідну витрату повітря в цьому режимі. Також система управління забезпечує роботу автомобіля при включенні додаткових навантажень – гідропідсилювача керма, системи ABS, кондиціонера і т. д.

Модуль дросельної заслінки 40624.1148090VDO (рис. 6.3, 6.4), встановлений на автомобіль ГАЗ-3302, конструктивно складається з корпусу, виконаного з композитного матеріалу, заслінки з поворотною пружиною, за допомогою 2-хступінчатого редуктора з електродвигуном. До складу модуля також входить два незалежні датчики положення дросельної заслінки.



Рисунок 6.3 - Зовнішній вигляд дросельної заслінки  
40624.1148090 VDO(SIEMENS)

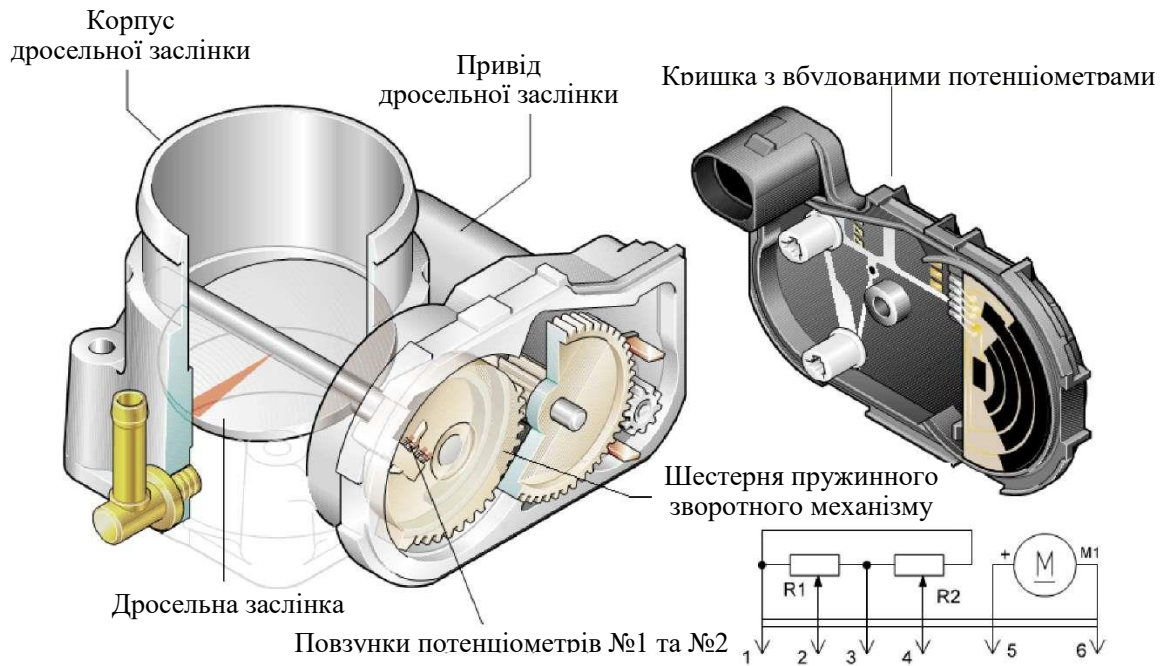


Рисунок 6.4 - Схема будови автоматизованої дросельної заслінки

Педаць акселератора автомобіля ГАЗ-3302 (рис. 6.5) з вбудованими датчиками кута повороту (рис. 6.6) є задаючим пристроєм, за допомогою якого система управління дізнається про наміри водія про зміну швидкості автомобіля.

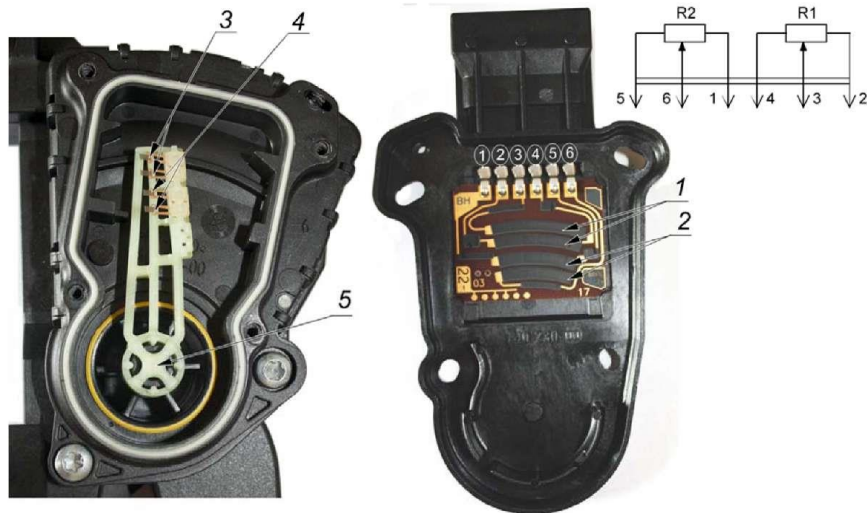


а)



б)

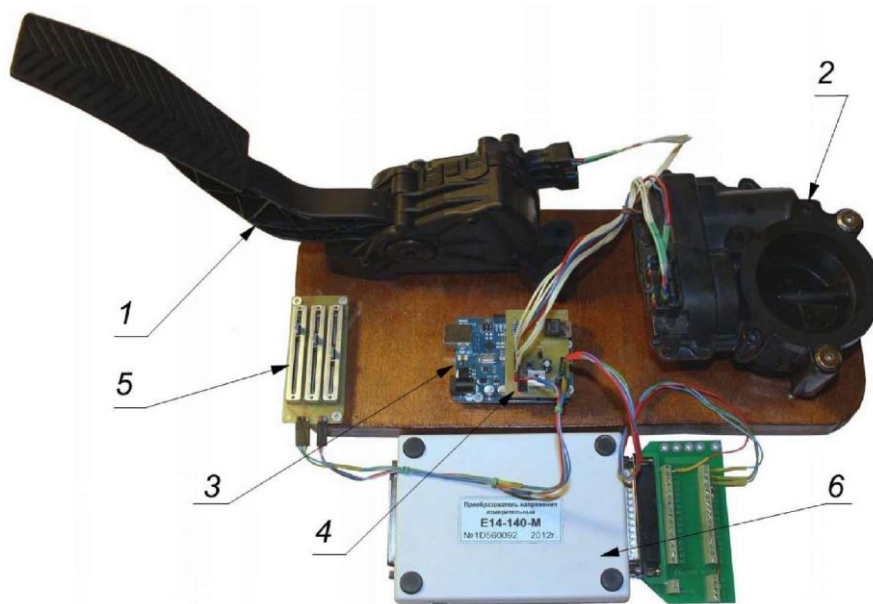
Рисунок 6.5 - Педаць акселератора: а) зовнішній вигляд; б) установка на автомобілі ГАЗ-3302



1 - графітові доріжки потенціометра №1; 2 - графітові доріжки потенціометра №2; 3 - повзунок потенціометра №1; 4 - повзунок потенціометра №2; 5 - вісь повороту педалі

Рисунок 6.6 - Будова датчика кута повороту педалі акселератора

Зовнішній вигляд лабораторної установки показаний на рис. 6.7. Окрім вказаних вище компонентів до складу установки входять: плата транзисторного ключа 4 для комутації електродвигуна, плата потенціометрів 5 для підбору коефіцієнтів ПД-регулятора і модуль аналого-цифрового перетворювача (АЦП) E14-140М для реєстрації сигналів за допомогою ноутбука.



1 - педаль акселератора; 2 - дросельна заслінка; 3 - мікроконтролерна плата Arduino; 4 - плата транзисторного ключа; 5 - плата потенціометрів; 6 - модуль АЦП

Рисунок 6.7 - Зовнішній вигляд лабораторної установки

Принципова електрична схема установки показана на рис. 6.8.

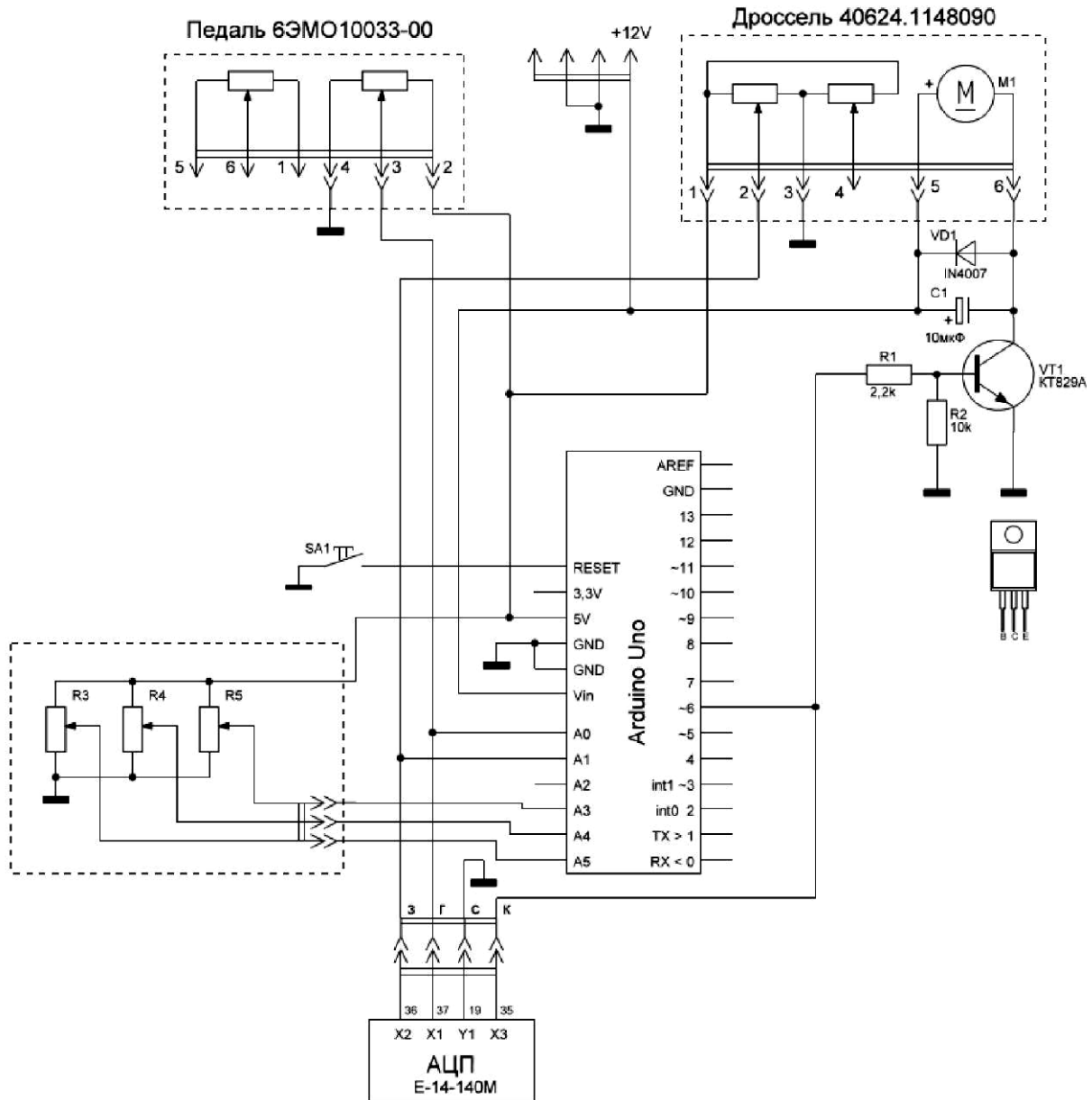


Рисунок 6.8 - Принципова електрична схема лабораторної установки

Середні виведення потенціометрів датчиків положення педалі акселератора і кута дросельної заслінки підключені до аналогових входів плати Arduino A0 та A1, що дозволяє оцифровувати значення напруги на потенціометрах і обчислювати помилку для вироблення сигналу управління.

Цифрове виведення 6 плати Arduino підключений через опір до бази транзистора VT1, до колектора якого приєднаний електродвигун дросельної заслінки. Таким чином, якщо на виведенні 6 встановлений високий рівень

сигналу, то транзистор відкритий і через електродвигун протікає струм, і заслінка обертається, якщо на виведенні 6 встановлений низький рівень сигналу, то транзистор закритий, і струм через електродвигун не тече, заслінка повертається в закрите положення під дією поворотної пружини.

Для управління електродвигуном використовується зміна напруги на ньому, що досягається за допомогою широко-імпульсної модуляції (рис. 6.9).

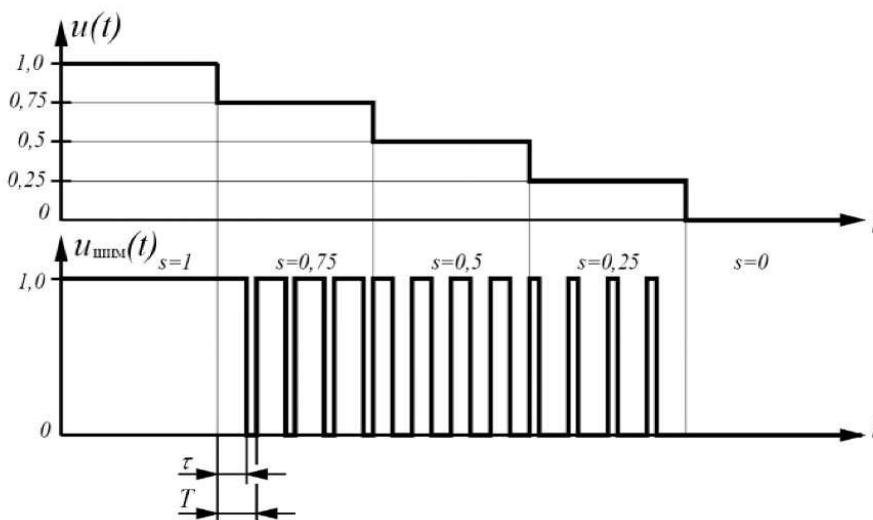


Рисунок 6.9 - Широко-імпульсна модуляція

Плата потенціометрів містить три потенціометри движкового типу, які своїми середніми виведеннями підключені до аналогових входів плати Arduino A3, A4 та A5, що дозволяє оцифровувати значення напруги на них і на його основі обчислювати значення відповідних коефіцієнтів ПД-регулятора.

Три канали модуля АЦП Е14-140М використовуються для реєстрації наступних сигналів:

- I канал: сигнал датчика положення педалі акселератора;
- II канал: сигнал датчика кута повороту дросельної заслінки;
- III канал: сигнал з ШИМ (сигнал управління).

Для реєстрації даних модулем АЦП необхідно його під'єднати до комп'ютера за допомогою кабелю USB і запустити спеціальну програму LGraph2.

## **Основні завдання:**

6.1. Ознайомитися з принципом роботи стежачої системи управління на прикладі управління дросельною заслінкою автомобіля ГАЗ-3302.

6.2. Розглянути блок-схему системи управління із зворотним зв'язком (рис. 6.1).

6.3. Скласти перелік дій відповідно до блок-схема системи управління дросельною заслінкою та розглянути її принцип роботи (рис. 6.2).

6.4. На основі рис 6.3, 6.4 ознайомитися з зовнішнім виглядом дросельної заслінки 40624.1148090 VDO(SIEMENS) та схемою її будови.

6.5. За допомогою рис 6.5, 6.6 ознайомитися з виглядом педалі акселератора автомобіля ГАЗ-3302 та вбудованими датчиками кута повороту.

6.6. Розглянути зовнішній вигляд лабораторної установки (рис. 6.7) та її принципову електричну схему (рис. 6.8).

6.7. На основі графіка (рис. 6.9) розглянути зміна напруги при управлінні електродвигуном, що досягається за допомогою широко-імпульсної модуляції.

6.3. Проаналізувати перспективу можливого удосконалення даної системи на сучасних автомобілях.

6.4. Самостійно відповісти на контрольні питання.

## **Контрольні питання**

1. Що є метою застосування електроприводу дросельної заслінки і датчику положення педалі акселератора автомобіля?

2. Принцип роботи системи управління із зворотним зв'язком.

3. Будова та принцип роботи датчика кута повороту педалі акселератора.

4. Як відбувається зміна напруги при управлінні електродвигуном, що досягається за допомогою широко-імпульсної модуляції ?

**Рекомендована література:** [5-7, 14, 18, 19, 22]

## 2.7 Практичне заняття № 7

**Тема:** Огляд роботи автоматичної коробки передач як комплексного мехатронного модуля руху

**Мета заняття:** Ознайомитися з принципом роботи автоматичної коробки передач автомобіля.

### Короткі теоретичні відомості

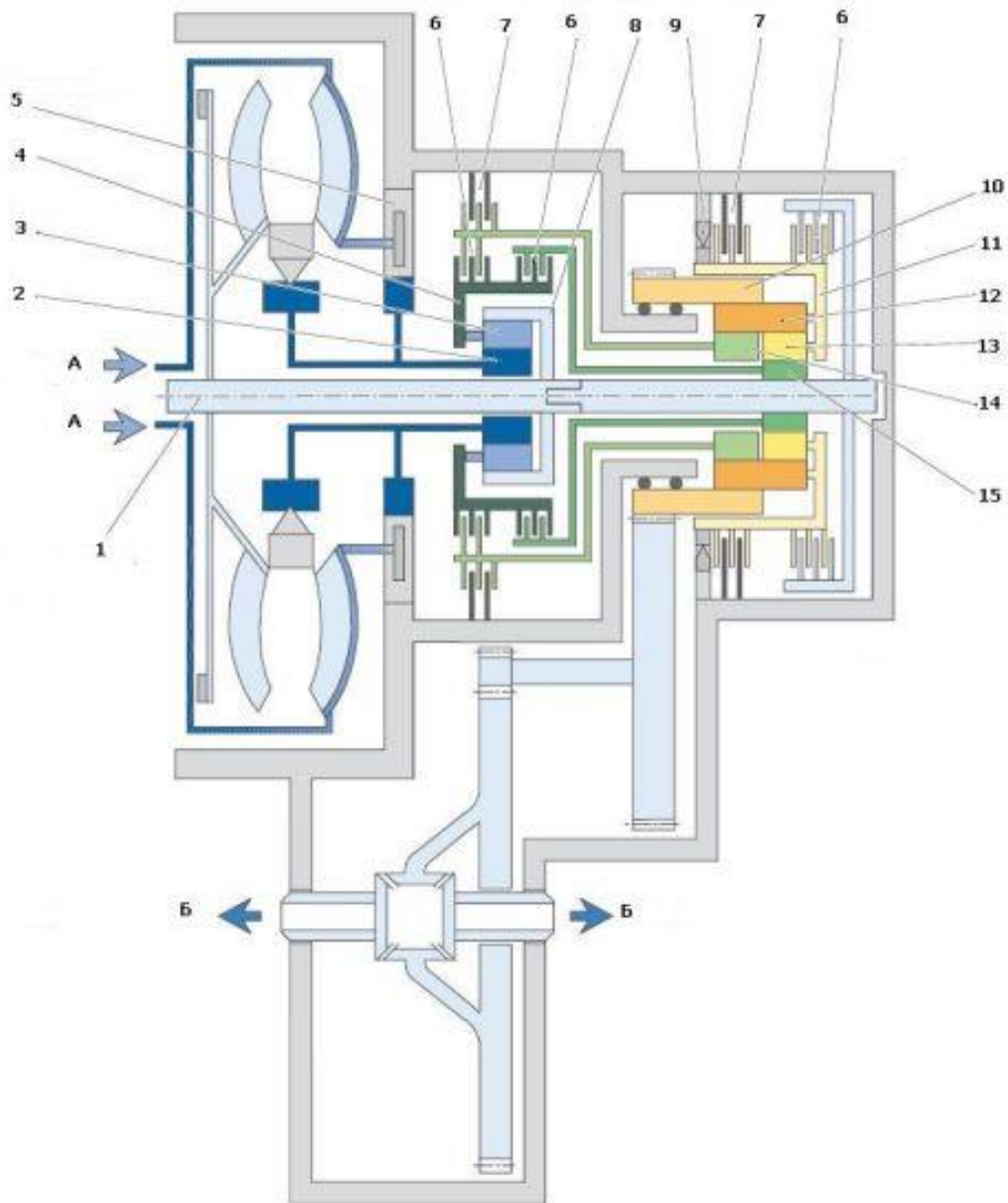
Автоматична коробка перемикання передач (АКПП) (рис. 7.1) є найпоширенішим пристором зміни крутного моменту, що використовується в автоматичній трансмісії автомобіля. Традиційно автоматичною називають гідромеханічну коробку передач. Автоматична коробка передач має наступну будову:

- гідротрансформатор;
- механічна коробка передач;
- насос робочої рідини;
- система охолодження робочої рідини;
- система управління.

На коробках-автоматах, що встановлюються на передньопривідні легкові автомобілі, в конструкцію включені головна передача і диференціал.

Гідротрансформатор призначений для передачі і зміни крутного моменту від двигуна до механічної коробки передач. Конструкція гідротрансформатора включає: насосне колесо; турбінне колесо; реакторне колесо; блокувальна муфта; муфта вільного ходу; корпус гідротрансформатора.

Насосне колесо сполучене з колінчастим валом двигуна. Турбінне колесо пов'язане з механічною коробкою передач. Між насосним і турбінним колесами розташовується нерухоме реакторне колесо. Усі колеса гідротрансформатора оснащені лопатями певної форми, між якими передбачені канали для проходу робочої рідини.



1 - вал турбінного колеса; 2 - сонячна шестерня одинарного планетарного ряду; 3 - сателіти одинарного планетарного ряду; 4 - водило одинарного планетарного ряду; 5 - шестерінчастий насос; 6 - фрикційна муфта; 7 - фрикційне гальмо; 8 - коронна шестерня одинарного планетарного ряду; 9 - обгінна муфта; 10 - коронна шестерня зведеного планетарного ряду; 11 - водило зведеного планетарного ряду; 12 - довгі сателіти зведеного планетарного ряду; 13 - короткі сателіти зведеного планетарного ряду; 14 - велика сонячна шестерня зведеного планетарного ряду; 15 - мала сонячна шестерня зведеного планетарного ряду; А - крутний момент, що підводиться; б - відбір потужності

Рисунок 7.1 - Схема автоматичної коробки передач

Блокувальна муфта служить для блокування гідротрансформатора в певних режимах роботи автомобіля.

Муфта вільного ходу (обгінна муфта) забезпечує обертання жорстко закріпленого реакторного колеса в протилежну сторону. Усі конструктивні елементи гідротрансформатора розташовані в корпусі, який заповнений спеціальною робочою рідиною. Робота гідротрансформатора здійснюється по замкнутому циклу. Від насосного колеса потік рідини передається на турбінне колесо, далі на реакторне колесо. За рахунок конструкції лопатей реактора швидкість потоку посилюється. Потік спрямовується на насосне колесо і примушує його обертатися швидше, тим самим збільшується величина крутного моменту. Максимальну величину крутного моменту гідротрансформатор розвиває на мінімальній швидкості. Зі збільшенням частоти обертання колінчастого валу двигуна, кутові швидкості насосного і турбінного коліс вирівнюються, а потік рідини міняє свій напрям. При цьому спрацьовує муфта вільного ходу і реакторне колесо починає обертатися. Гідротрансформатор працює в режимі гідромуфти (передає крутний момент). Блокування гідротрансформатора відбувається з подальшим зростанням швидкості, при цьому замикається блокуюча муфта, і передача курного моменту від двигуна до механічної коробки передач відбувається безпосередньо.

Механічна коробка передач у складі АКПП служить для ступінчастої зміни круного моменту, а також забезпечує рух автомобіля заднім ходом. На автоматичних коробках, як правило, застосовуються планетарні редуктори, що відрізняються компактністю і можливістю співісної роботи. Механічна коробка передач складається з декількох (зазвичай двох) планетарних редукторів, сполучених послідовно для спільної роботи. Об'єднання планетарних редукторів дозволяє забезпечити необхідне число ступенів роботи. Сучасні автоматичні коробки виконуються шестиступінчастими, семиступінчастими (Mercedes) і навіть восьмиступінчастими (Lexus).

Планетарний редуктор в коробці передач має назву планетарний ряд. Він має наступну будову: сонячна шестерня; сателіти; коронна шестерня; водило.

Передача обертання здійснюється за умови блокування одного або двох елементів планетарного ряду (сонячної шестерні, коронної шестерні, водила). Блокування здійснюють відповідні фрикційні муфти і гальма. Муфта блокує елементи планетарного ряду між собою і, тим самим, забезпечує передачу крутного моменту. Гальмо утримує конкретні елементи за рахунок з'єднання з корпусом коробки. Муфти і гальма приводяться в дію за допомогою гідроциліндрів, які управляються з розподільного модуля. У конструкції коробки може застосовуватися обгінна муфта, яка утримує водило від обертання в протилежну сторону. Таким чином, механізмами перемикання передач в автоматичній коробці є фрикційні муфти і гальма. Робота АКПП полягає у виконанні певного алгоритму включення і виключення муфт і гальм. Циркуляцію робочої рідини в автоматичній коробці передач здійснює шестеренний насос. Насос приводиться в дію від маточини гідротрансформатора.

Охолодження робочої рідини в АКПП здійснює відповідна система. Робоча рідина може охолоджуватися в охолоджувачі (теплообміннику), включеному в систему охолодження двигуна. Ряд конструкцій коробок має окремий радіатор робочої рідини.

На сучасних автоматичних коробках передач застосовується електронна система управління, яка включає наступні конструктивні елементи:

- вхідні датчики;
- електронний блок управління коробкою передач;
- розподільний модуль;
- важіль селектора.

У системі застосовуються наступні датчики:

- частоти обертання на вході коробки передач;
- частоти обертання на виході коробки передач;
- температури робочої рідини;

- положення важеля селектора;
- положення педалі газу.

Електронний блок управління коробкою передач обробляє сигнали датчиків і формує сигнали, що управляють, на розподільний модуль. У своїй роботі електронний блок реалізує програму «Безперервної логіки» (Fuzzy logic), що передбачає гнучкий алгоритм визначення точок переходу на вищу або нижчу передачу. Блок управління коробкою передач взаємодіють з блоком управління двигуном, що входить в систему управління двигуном.

Розподільний модуль складається з електромагнітних клапанів управління перемиканням передач, електромагнітних клапанів регулювання тиску робочої рідини і золотників-розподільників вибору режимів роботи. Роботою електромагнітних клапанів управляє електронний блок управління коробкою передач. Золотники-розподільники приводяться в дію за допомогою важеля селектора. Безпосереднє управління АКПП здійснюється важелем селектора. Вибір потрібного режиму роботи коробки робиться переміщенням важеля в певне положення:

- P - режим парковки;
- R - режим заднього ходу;
- N - нейтральний режим;
- D - рух вперед в режимі автоматичного перемикання передач;
- S - спортивний режим.

На окремих коробках реалізується режим «Кік-Даун»(Kick-Down), що припускає різке прискорення автомобіля шляхом швидкого перемикання передач. Деякі моделі автоматичних коробок обладналися функцією ручного перемикання передач - функція Тіптронік (Tiptronic).

## **Основні завдання**

7.1. Розглянути блок-схему автоматичної коробки передач (рис. 7.1).

7.2. Ознайомитися з принципом роботи автоматичної коробки передач автомобіля.

7.3. Ознайомитися з переліком конструктивних елементів електронної системи управління.

7.4. Ознайомитися з переліком датчиків, що застосовуються у системі та їх призначенням.

7.5. Ознайомитися з переліком режимів роботи автоматичної коробки передач.

7.6. Проаналізувати перспективу можливого удосконалення даної системи на сучасних автомобілях.

7.7. Самостійно відповісти на контрольні питання.

### **Контрольні питання**

1. Поняття автоматичної коробки перемикачів передач автомобіля.
2. Будова автоматичної коробки перемикачів передач автомобіля.
3. Принцип роботи автоматичної коробки перемикачів передач автомобіля.
4. Дати перелік конструктивних елементів електронної системи управління.
5. Назвати перелік датчиків, що застосовуються у системі та охарактеризувати їх призначення.
6. Які режими роботи автоматичної коробки передач автомобіля ви знаєте ?

**Рекомендована література:** [5-10, 17, 18 ,23-25]

## 2.8 Практичне заняття № 8

**Тема:** Аналіз мехатронних систем сучасного автомобіля

**Мета заняття:** Розглянути та проаналізувати мехатронні системи сучасного автомобіля згідно варіанту завдань.

### Короткі теоретичні відомості

З наземних видів транспорту автомобільний транспорт є самим комп'ютеризованим. Вже зараз до 40 % вартості легкового автомобіля визначається електронними компонентами і програмним забезпеченням, а 90 % усіх нововведень в автомобілі пов'язані саме з електронними системами. У сучасних легкових автомобілях преміум класу налічується до 70 процесорів, а при створенні електронних систем нового автомобіля від 50 % до 70 % витрат доводиться на програмне забезпечення. По суті сучасний автомобіль - це той же комп'ютер, тільки на колесах.

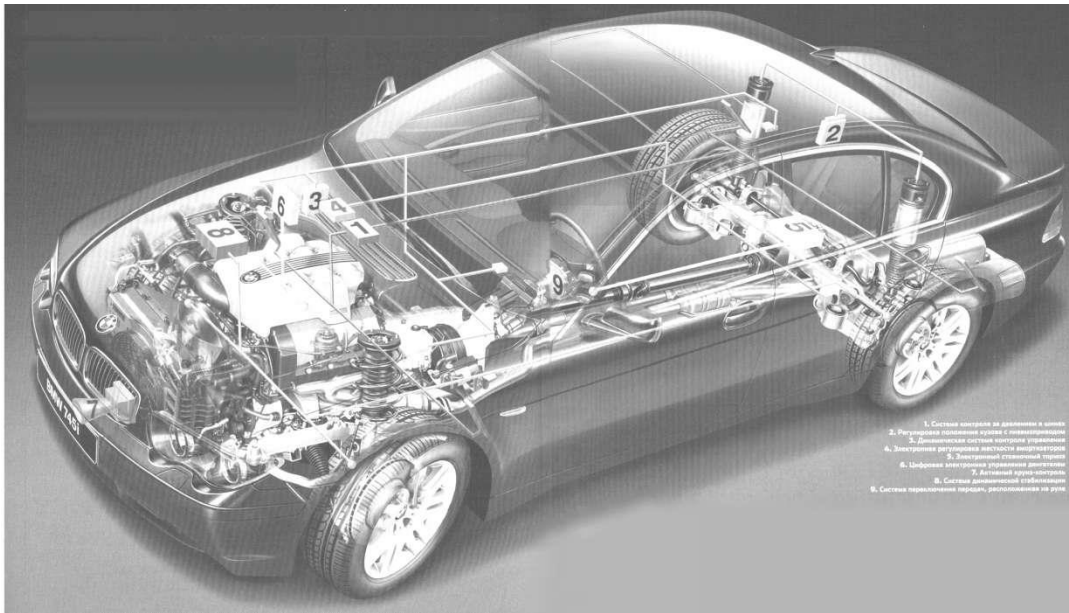
Життєво важливі функції управління автомобілем - управління двигуном, гальмами, рульовим управлінням, системами безпеки - обслуговують спеціалізовані відмовостійкі операційні системи реального часу.

На рис. 8.1 зображений загальний вигляд сучасного легкового автомобіля і його основні системи управління.

Усі мехатронні системи автомобілів по функціональному призначенню ділять на три основні групи: системи управління двигуном; системи управління трансмісією і ходовою частиною; системи управління устаткуванням салону.

Система управління двигуном підрозділяється на системи управління бензиновим і дизельним двигуном. За призначенням вони бувають монофункціональні і комплексні.

У монофункціональних системах ЕБК подає сигнали тільки системі впорскування. Впорскування може здійснюватися постійно і імпульсами. При постійному поданні палива його кількість змінюється за рахунок зміни тиску в топливопроводі, а при імпульсному - за рахунок тривалості імпульсу і його частоти.



1 - система контролю за тиском в шинах; 2 - регулювання положення кузова з пневмоприводом; 3 - динамічна система контролю управління; 4 - електронне регулювання жорсткості амортизаторів; 5 - електронне гальмо стоянки; 6 - цифрова електроніка управління двигуном; 7 - активний круїз-контроль; 8 - система динамічної стабілізації; 9 - система перемикування передач, розташована на кермі

Рисунок 8.1 - Загальний вигляд сучасного автомобіля

У комплексних системах один електронний блок управляє декількома підсистемами: впорскування палива, запалення, фазами газорозподілу, самодіагностики та ін.

Система електронного управління дизельним двигуном контролює кількість палива, що упорскує, момент початку впорскування, струм факельної свічки і тому подібне

У електронній системі управління трансмісією об'єктом регулювання є головним чином автоматична трансмісія. На підставі сигналів датчиків кута відкриття дросельної заслінки і швидкості автомобіля ЕБК вибирає оптимальне передатне число трансмісії, що підвищує паливну економічність і керованість.

Тим самим розвиток електронних систем управління двигуном і трансмісією привів до поліпшення експлуатаційних властивостей автомобіля.

Приклад виконання завдання по аналізу мехатронних систем автомобіля наведений в таблицях 8.1, 8.2.

Таблиця 8.1 - Перелік мехатронних систем автомобіля VW Touareg і їх функціональне призначення

Найменування системи	Функціональне призначення
1	2
1. Антиблокувальна гальмівна система ABS з електромеханічним гальмом (ЕМГ) стоянки	Запобігає блокуванню коліс при гальмуванні, що зберігає можливість управління автомобілем в критичних ситуаціях. Дозволяє добитися оптимальної ефективності гальмування при різному стані дорожнього покриття.
2. Електронне блокування диференціала EDS	Забезпечує допомогу водієві автомобілю при старті з місця і розгоні на слизькій дорозі.
3. Протибуксовочна система ASR	Зменшує крутний момент при пробуксовуванні обох ведучих коліс шляхом зниження потужності двигуна. В цьому випадку потужність двигуна обмежується так, щоб передавався крутний момент, що необхідний для руху автомобіля.
4. Електронний регулятор розподілу гальмівних сил EBV	Несе в собі функції механічного гальмівного регулятора тиску, але працює точніше і має ширший діапазон регулювання для зменшення вірогідності виникнення занесення автомобіля.

1	2
5. Електронна система стабілізації ESP	Активна система безпеки ходової частини для стабілізації автомобіля під час будь-яких дорожніх ситуацій. Має ряд додаткових датчиків, що визначають фактичну поведінку автомобіля.
6. Система контролю повітря в шинах	Система дозволяє стежити за тиском повітря в шинах і при його зменшенні нижче заданого рівня на щитку приладів оповіщає водія про це
7. Система контролю навколишнього простору Area View :	
- адаптивний круїз-контроль ACC з функцією автоматичного старту з місця і автоматичного регулювання дистанції (ADR)	Розпізнавання автомобілів на сусідніх смугах руху, а також спереду і ззаду автомобіля;
- асистент зміни смуги руху Side Assist;	Контроль простору перед автомобілем при зупинки;
- система контролю дистанції Front Assist;	Розпізнавання інших освітлених об'єктів в нічний час;
- система допомоги парковки;	Забезпечує контроль мертвих зон навколо автомобіля;
- асистент руху по смузі;	Скорочення зупинного шляху;

1	2
<p>- динамічний асистент освітлення Dynamic Light Assist</p>	<p>Виключення небезпеки засліплення фарами зустрічних водіїв; оптимальний розподіл світлового потоку залежно від освітленості навколишнього оточення.</p>
<p>8. Елементи пасивної безпеки ProActiv</p>	<p>Елементи конструкції автомобіля, спрямована на зниження тяжкості дорожно- транспортної події.</p>
<p>9. Кліматична установка 4C - Climatronic</p>	<p>Забезпечує підтримку комфортного часу перЕБКвання водія в салоні автомобіля за рахунок регулювання температури повітря, що знаходиться в салоні автомобіля :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- інтервал регулювання температури 16...29,5 °С;</li> <li>- обігрів салону залишковим теплом;</li> <li>- ручне управління режимом рециркуляції;</li> <li>- ручне управління очищенням лобового скла від льоду;</li> <li>- електрообігрів заднього і лобового скла.</li> </ul>
<p>10. Система управління пневматичною підвіскою</p>	<p>Замкнута пневмосистема підвіски автомобіля забезпечує комфортабельність рухи автомобіля по нерівностях доріг, підвищує прохідність автомобіля шляхом регулювання дорожнього просвіту, підвищує курсову стійкість і маневреність. Забезпечує постійне регулювання жорсткості підвіски залежно від стану дороги.</p>

Таблиця 8.2 - Звідна таблиця мехатронних систем автомобіля VW Touareg

Найменування системи	Елементи конструкції	Характеристики елементів
1	2	3
1. ABS	Гідромодуль з блоком управління ABS і з зворотним насосом, об'єднаний в єдиний вузол	<p>Двоконтурна гальмівна система. Двоступінчатий гідравлічний насос, дві демпфуючі камери, два акумулятори, по 4 впускних і випускних клапана, декілька зворотних клапанів.</p> <p>Блок управління типу МК 25 А-ХТ, який реалізує наступні функції:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ABS;</li> <li>- ABS Plus;</li> <li>- НВА (гідравлічний гальмівний асистент);</li> <li>- HVV(система уповільнення задніх коліс);</li> <li>- автоматичне включення аварійної сигналізації;</li> </ul> <p>Overboost (компенсація падіння ефективності гальм при нагріві);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-ESP;</li> <li>- просушування гальмівних дисків;</li> <li>- стабілізація автопоїзда;</li> <li>- Roll - Over Prevention CROP, функція запобігання перекидання;</li> <li>- Prefill (попереднє накачування гідросистеми);</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ASR (антипробуксовочна система);</li> <li>- MSR (система регулювання крутного моменту при гальмуванні двигуном);</li> <li>- EDS (електронне блокування диференціала);</li> <li>- ECD (Electronic Controlled Deceleration, динамічне аварійне гальмування, електронна система контролю уповільнення);</li> <li>- AUTO HOLD</li> <li>- асистент руху на спуску</li> </ul>
	Датчик частоти обертання колеса	Активний, заснований на принципі ефекту Холу або на принципі магніторезистивного ефекту
	Блок управління електромеханічним гальмом	2 процесора, має в собі датчики, що реагують на поперечне і подовжнє прискорення автомобіля, а також на прискорення його обертання навколо вертикальної осі
	Датчик положення педалі зчеплення	Має в собі датчики, що реагують на положення педалі зчеплення
	Датчик тиску в гальмівній п'єзоелектричній системі	Має в собі датчики, що реагують на зміну тиску в гальмівній системі

	Датчик сигналів гальмування	Традиційний вимикач з двома позиціями «ввімкнено-вимикнено»
	Вакуумний електронасос підсилювача гальмівного приводу(Hybrid)	Утворює єдиний блок з головним гальмівним циліндром
2. EDC	Є програмним розширенням функцій ABS. Включає датчики і генератори імпульсів, електронні блоки управління і виконавчі пристрої	Електронне управління дизелями дозволяє виключно точно регулювати параметри впорскування палива в різних експлуатаційних умовах
3. EBV	Є програмним розширенням функцій ABS. Включає комплекс електронних датчиків	Система електронного розподілу гальмівних сил. Контролює поведінку усіх коліс по відношенню один до одного і за допомогою електроніки регулює гальмівне зусилля відповідно до міри натиснення на педаль гальма і завантаження автомобіля
4. ASR /ESP	Блок управління ESP, об'єднаний з блоком управління ABS	Найбільш складний пристрій, що управляє роботою антиблокувальної, антипробуксовочної систем, контролює тягу і управління дросельною заслінкою. Блок електронного управління

		використовує інформацію від датчиків
	Датчик кута повороту рульового колеса	Працює на основі фотоелектричного елемента
	Датчик положення педалі акселератора	Відповідає за положення педалі акселератора
	Блок датчиків: датчик поперечного прискорення; датчик подовжнього прискорення; датчик швидкості повороту автомобіля	Працюють за ємнісним принципом, використовують принцип резонансу
5. Система контролю тиску повітря в шинах	Блок управління з вбудованою антеною	Обмін даних з датчиками відбувається по низькочастотному радіосигналу LF (Low Frequency)
	Колісні датчики в шинах	Опитуючі передавачі в колінних нішах, відповідають за тиск в шинах
6. Система контролю навколишнього простору Area View	Камера з роздільною здатністю VGA	Роздільна здатність 640x480, кут огляду 190°, сенсор в якості блоку формування зображення, діапазон робочих температур 40...85 °C
	Блок управління електронної інформаційної системи	Дисплей передньої панелі управління, індикації і видачі інформації

	Датчик подовжнього розгойдування	Розрахований кут подовжнього розгойдування використовується для обробки зображень камери
	Датчики парковки	Ультразвукового типу
	Датчики- радари у бампері	4 модуля антен радіолокацій; працюють за принципом датчиків далекої дії з частотою 77 ГГц; мають вбудовану систему підігрівання від - 5 до +5 °С; дальність дії 200м; кут огляду по горизонталі - 40 <sup>0</sup>
7. Система пасивної безпеки ProxActiv	Фронтальні +бічні і верхні подушки безпеки	Літрові подушки безпеки, час спрацьовування - менше 25 м/с. Захищають водія від ударів.
	Комплекс датчиків: датчики удару під передніми фарами, датчики тиску в передніх дверях датчики прискорення в задніх дверях	Ємнісного типу в арках
	Реверсивні преднатяжители ременів безпеки	Піротехнічний преднатяжитель електричний, управляють натяжителями ременів безпеки

8. Кліматична установка Climatronic	Компресор з DC/AC інвентором	Аксіально-поршневого типу односторонньої дії з 7 поршнями і похилим диском, за рахунок якого відбувається зміна робочого об'єму компресора, тобто його продуктивності
	Сервопривід повітряних заслінок постійного струму	Електродвигуни з вбудованими датчиками потенціометрів положення
	Температурні фотодатчики сонячного випромінювання	Активного типу на основі кремнієвого фотодіода. Напруга живлення - 5 В. Використовуються для регулювання температурних заслінок і продуктивності вентилятора
	Датчик якості повітря	Реагує на окислювані і відновлювані гази: окисли вуглецю і азоту, використовується для автоматичного включення режиму рециркуляції
	Датчик вологості повітря	Ємнісний тонкоплівковий датчик, контролює вологість повітря

Таблиця 8.3 - Варіанти завдань аналізу мехатронних систем по марках автомобілів

№ варіанту	Марка автомобіля	№ варіанту	Марка автомобіля
1	Audi A6	11	Mitsubishi Lancer
2	BMW 6 Gran Coupe	12	Lexus LX
3	Chevrolet Cruze	13	Toyota Camry
4	Geely Emgrand X7	14	Nissan Teana
5	Opel Insignia	15	Mercedes - Benz S
6	Renault Latitude	16	Skoda Superb
7	Honda CR - V	17	Kia Optima
8	Mazda CX - 9	18	Land Rover Freelander
9	Infiniti QX70	19	Fiat Doblo
10	BMW X5	20	Volvo XC70

#### Основні завдання:

1. Відповідно до варіанту завдань згідно порядковому номеру в журналі та таблиці 8.3 розглянути конструкцію і принцип роботи мехатронних модулів конкретної марки автомобіля.

2. Згідно з прикладом (табл. 8.1) встановити перелік мехатронних систем автотранспортного засобу та їх функціональне призначення.

3. Скласти звідну таблицю з вказівкою технічних характеристик та елементів конкретної мехатронної системи обраного автомобіля відповідно до прикладу, наведеного в табл. 8.2.

4. Проаналізувати розглянуті мехатронні системи автомобіля та можливість їх удосконалення.

5. Самостійно відповісти на контрольні питання.

## Контрольні питання

1. Які мехатронні системи сучасного автомобіля ви знаєте ?
2. Наведіть класифікацію мехатронних систем автомобілів за функціональним призначенням.
3. Які функції здійснює електронний блок керування у мехатронних системах автомобіля ?
4. Назвіть найбільш важливі функції управління автомобілем.
5. На які системи здійснюється розподіл управління двигуном ?

**Рекомендована література:** [5-10, 12, 16-18 ,21, 23-25]

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бондарев В.Н., Трёстер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства: Учеб. пособие для вузов. - Севастополь: СевГТУ, 1999. - 398 с.
2. Віниченко В.С. Мікропроцесорні засоби на транспорті. - Харків: ХДАМГ, 2002. – 215 с.
3. Власов В.М., Жанказиев С.В., Николаев В.Б. и др. Телематика на автомобильном транспорте. - М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 175 с.
4. Гируцкий О.И., Есеновский-Лашков Ю.К., Поляк Д.Г. Электронные системы управления агрегатами автомобиля. - Москва: Транс-порт, 2000. - 213с.
5. Голобородько О.О., Коробочка О.О. Мехатронні системи автомобільного транспорту. – Харків: ТОВ «СМІТ», 2006.- 300с.
6. Деревицкий Д.П., Фрадков А.Л. Прикладная теория дискретных адаптивных систем управления. – М.: Наука, 1981. – 216 с.
7. Данов Б.А., Титов В.И. Системы управления двигателем. Электронное оборудование иностранных автомобилей. - М.: Транспорт, 1998. - 76 с.
8. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления / Пер. с англ. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.
9. Егоров О.Д., Подураев Ю.В. Конструирование мехатронных модулей: учебник. - М.: МГТУ «СТАНКИН», 2004. - 306с.
10. Егупов Н.Д. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: учебник. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 744 с.
11. Жук Д.М., Кузьмик П.И., Маничев В.Б. и др. Системы автоматизированного проектирования: Учебн. пособие для техн. вузов. – Мн.: Выш. шк., 1988. – 159 с.
12. Исии Т., Симояма И. и др. Мехатроника / Пер. с яп. – М.: Мир, 1988. 352 с.
13. Карнаухов Н.Ф. Электромеханические и мехатронные системы. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. - 320 с.

14. Макаров И.М. Приводы робототехнических систем: Кн. 9, Лабораторный практикум по робототехнике. – М.: Высш. шк., 1986. – 253 с.
15. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебн. для вузов 2-е изд. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
16. Подураев Ю.В. Основы мехатроники: Учебн. пособие. – М.: МГТУ “СТАНКИН”, 2000. – 80 с.
17. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. Пособие для студентов вузов 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2007. – 256 с.
18. Смирнов А.Б. Мехатроника и робототехника. Системы микроперемещений с пьезоэлектрическими двигателями. – СПб: СПбГПУ, 2003. – 160 с.
19. Воробьев Е.И., Егоров О.Д., Попов С.А. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: В 3 кн. – М.: Высш. шк., 1988. – 305 с.
20. Загарий Г.И., Ковзель Н.О., Поддубняк В.И. и др. Программируемые контроллеры для систем управления. - Харьков: Регионинформ, 2001. - 316 с.
21. Интеллектуальные робототехнические системы: учеб пособие для студентов вузов. – М.: Интернет-Ун-т Информ. Технологий, 2005. – 208 с.
22. Куляшов А.П. Экологичность движителей транспортно-технологичных машин. – М.: Машиностроение, 1993. – 288 с.
23. Панков А.О., Аулін В.В., Голуб Д.В. Розробка мехатронного програмно-апаратного комплексу регулювання норми висіву. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу с-х машин і знарядь". 28-29 березня 2018 р. Житомир: Житомирський агротехнічний коледж, 2018.– С. 311-313.
24. Панков А.О., Аулін В.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. та ін. Розробка інтелектуального мехатронного модуля для системи управління дозуванням. Збірник тез Дванадцяті міжнародної науково-практичної конференції "Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ПРТК-2019)", 21-22 травня 2019 року, Київ, Україна. – К.: НАУ, 2019. - 173-175.
25. Юревич Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.

**Для нотаток**

**Для нотаток**

**Для нотаток**

Навчально-методичне видання

МЕХАТРОНІКА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І СИСТЕМ

Методичні вказівки  
до практичних занять для студентів  
другого (магістерського) рівня вищої освіти  
спеціальності 274 "Автомобільний транспорт"

Укладачі: В.В. Аулін,  
Д.В. Голуб

Тиражування на різнографі: В.В. Абрамова

Підписано до друку 13.01.2022 р. Здано до тиражування 17.01.2022 р.

Формат 60x86 1/16. Папір газетний.

Ум. друк. арк. 6. Тираж 70 прим. Зам. № 112/2022 р.

© РВЛ ЦНТУ, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8. Тел.: 390-541, 390-551.