

Дисципліна «ЕСКТС»  
Часть 3 «Мехатронные системы ходовой части автомобиля»  
Тема 13 «Системы активного торможения»  
Лекция № 36 (2 часа)

1. Общая характеристика систем ABS.
2. Классификация и состав тормозных систем с ABS.
3. Характеристика компонентов мехатронных систем.

### 1. Загальна характеристика систем ABS

**Антиблокувальна система ABS** (нем. AntiBlockierSystem, англ. Anti-lock Braking System) – система активної безпеки, що запобігає блокуванню коліс транспортного засобу при гальмуванні. Основне призначення системи – забезпечення оптимальної гальмівної ефективності (мінімального гальмівного шляху) при збереженні стійкості і керуваності автомобіля. На даний час ABS, звичайно, є складнішою електронною системою гальмування, яка може бути основою антибуксувальної системи, системи електронного контролю стійкості, а також систему допомоги при екстреному гальмуванні. ABS встановлюється на легкових і вантажних автомобілях, мотоциклах, причепах, а також на колісному шасі літаків. Існує кілька причин для розробки ABS. Якщо при гальмуванні одне або більше коліс транспортного засобу блокується (починає ковзати), виникає ряд неприємних наслідків: збільшується гальмівний шлях; втрачається контроль над кермом; ненормально зношуються шини. Блокування коліс з великою ймовірністю може призвести до нещасного випадку. Найкраще уповільнення транспортного засобу досягається тоді, коли в гальмівній системі має місце максимальне перетворення кінетичної енергії автомобіля в теплову енергію на гальмівних дисках і барабанах. Шина, яка ковзає навіть на сухій дорозі, далеко не забезпечує досягнення граничного можливого потенціалу цього процесу. Досвідчений водій може сам підкачувати гальма, натискаючи і відпускаючи педаль, для запобігання блокування гальм, але електронний контроль дозволяє досягти набагато кращих результатів.

До ABS, як до системи безпеки, висуваються **вимоги**, які визначають її надійність, безпеку і функціональність [1]. По-перше, в разі відмови системи ABS звичайні гальма повинні спрацювати на максимумі своїх можливостей. Водій повинен отримувати оперативне попередження про відмову за коштами простого індикатора. Маневреність автомобіль і зчеплення з дорогою не повинні зникнути при включенні системи ABS. По-друге, система, повинна реагувати так, щоб найкраще використовувати зчеплення з дорогою. Реакція гальмівної системи повинна бути адекватною незалежно від ступеня та інтенсивності натискання педалі гальма. Нормальний рух і маневрування не повинні надавати ніякої реакції на педаль гальма. Стійкість і керуваність автомобілем повинні бути збережені при всіх дорожніх умовах. По-третє, система повинна адаптуватися до гістерезису гальмування, тобто режиму, коли гальма натискають періо-

дично. Якщо колеса з різних бортів автомобіля знаходяться на ділянках дороги з різним зчепленням (дорожнє полотно, узбіччя, сухе шосе, крижане покриття), занос транспортного засобу повинен бути зведений до мінімуму, і якщо проявлятися, то настільки повільно, щоб дати водієві можливість його компенсувати. У загальному випадку, принаймні одне колесо на кожному борту транспортного засобу має контролюватися за окремим колом. Тепер це є загальним принципом для всіх чотирьох коліс, які на пасажирських автомобілях управляються незалежно один від одного. Система повинна працювати при будь-якому зниженні швидкості аж до прогулянкової. Крім того, система повинна бути в змозі розпізнавати аквапланування і реагувати відповідно, а також залишатися працездатною на нерівній дорожньої поверхні. Необхідно розуміти, що взаємовиключні (суперечливі) вимоги з гальмівній системі призводять до небажаних наслідків при русі автомобіля на повільній швидкості по снігу. При цьому, ABS фактично збільшує гальмівний шлях по снігу, проте, напрямок кермом буде збережено.

**Вимоги до функціональності ABS** в дорожніх ситуаціях можна описати поетапно. Забезпечення робастності (стійкості) системи ABS відоме як «первинний контроль циклу згладжування». Ця стадія згладжування необхідна, щоб не реагувати на незначні обурення нерівної дорожньої поверхні, яка може викликати зміни в сигналах датчиків коліс. Поріг чутливості є критичною величиною, так як якщо б реакція системи була миттєвою, то це не сподобалося б водієві і викликало небажаний знос компонентів пристрою. І навпаки, при дуже запізнілої реакції контроль над кермом і стійкість автомобіля можуть бути втрачені.

При керуванні гальмами на рівній дорожньої поверхні, ступінь зчеплення майже постійна. В таких умовах ABS працює найкращим образо, частота і ступінь регулювання тиску відносно низькі. Гальмування на дорожній поверхні з різним зчепленням під лівими і правими колесами призводить до заносу транспортного засобу (відхилення від курсу або обертання). Справитися з ситуацією можна за допомогою рульового колеса, якщо є час для маневру або зниженням тиску на інше переднє колесо в той момент, коли переднє колесо з поганим зчепленням стає нестабільним. Це допомагає зменшити занос транспортного засобу, що особливо важливо, коли з'являється значний кут між транспортним засобом і віссю дороги.

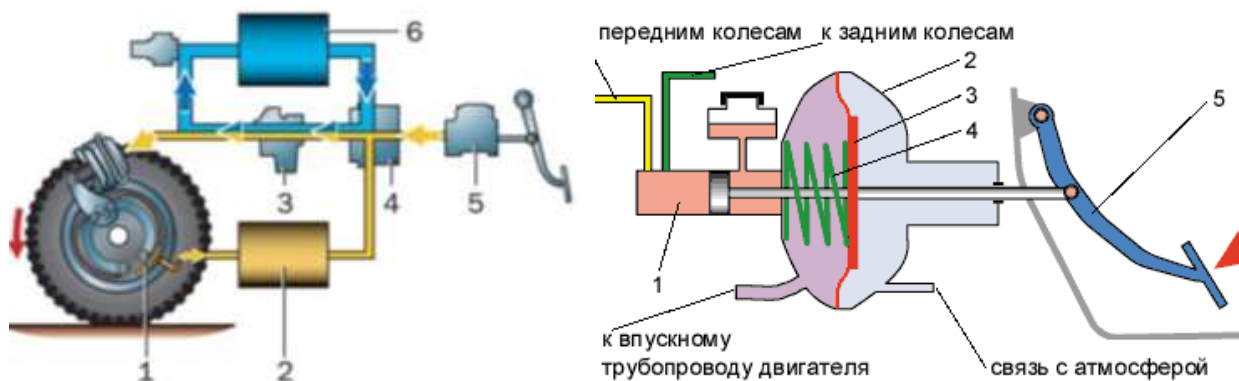
На нерівних дорогах часто і випадковим чином має місце нестійкість швидкості колеса. Через цю нестійкості тиск гальмування має тенденцію більшою мірою падати, ніж рости, під час дії ABS, що призводить до втрати гальмування при певних умовах. Тому необхідна адаптація системи до локальних умов, щоб подолати цю проблему. Збільшення тиску гальмування здійснюється легше протягом періоду сильного росту прискорення колеса після моменту нестабільності. У сучасних системах м'якої підвіски вісь колеса може бути схильна до вібрації. Така вібрація викликала реакцію сигналів датчиків швидкості коліс. Зазначені прискорення можуть сприйматися системою як при фактичних

нестабільних умов гальмування. Невелика затримка реакції ABS, обумовлена затримкою в згладжуванні сигналу, це час спрацьовування клапанів. Запізнення в гальмівних магістралях сприяє зменшенню ефект вібрації осі. Регулярна частота коливань вібрації може бути визначена блоком управління. Коли виявляються коливання осі, система використовує постійний тиск гальмування. Таким чином, **основні положення стратегії функціонування** гальмівної системи можна сформулювати як вимоги ABS:

- забезпечення швидкого зниження тиску в гальмах на момент нестійкості швидкості колеса для його повернення в режим прискорення;
- забезпечення швидкого підвищення тиску гальмування в період і після повторного прискорення до значень менших за тиск нестійкого стану;
- забезпечення дискретного зростання тиску гальмування в разі збільшеного зчеплення з дорогою;
- вибір чутливості системи для умов руху, які превалюють;
- відключення гальмівної реакції ABS в разі вібрації осі.

Застосування цих п'яти основних вимог призводить до необхідності пошуку компромісу між ними. Програмування процесу гальмування і випробування дослідних зразків дозволяють зменшити рівень компромісу.

**Принцип дії мехатронної системи.** Як і у випадку з усіма іншими системами, ABS можна розглядати як центральний блок управління з рядом входів і виходів. Система ABS надана блок-схемою системи керування **із замкнутим контуром (система, що відслідковує)**. Найважливіші з входів – датчики швидкості колеса, а головний вихід – деяка форма контролю тиску в гальмівній системі [4] (рис. 1).



а – схема управління с обратной связью: 1, 2 – датчик угловой скорости колеса и регистратор блокировки; 3 – модулятор давления; 4 – ЭБУ; 5 – тормозной цилиндр; 6 – измеритель давления;

б – схема управления давлением в базовой тормозной системе: 1 – главный тормозной цилиндр; 2 – корпус вакуумного усилителя; 3 – диафрагма; 4 – пружина; 5 – педаль тормоза

Рисунок 1 – Принципы построения тормозной системы с ABS

Завдання блоку керування полягає в тому, щоб порівнювати сигнали від кожного датчика колеса для вимірювання прискорення або уповільнення кожного колеса. За цими даними і заздалегідь запрограмованими довідковими таб-

лицями може регулюватися гальмівний тиск в гальмівних циліндрах коліс. Гальмівний тиск може бути **зменшено, підтримуватися постійним або збільшуватися**. Максимальний тиск визначається ступенем натискання водієм на педаль гальма. Таким чином, система керування під час роботи ABS оперує великим переліком параметрів.

При нормальному гальмуванні гальмівний тиск пропорційно ступеню натискання педалі, але під контролем ABS може бути зменшено, збережено або збільшено. Контрольованим параметром системи керування є окружна швидкість колеса, по якій визначається його прискорення, уповільнення або прослизання. Ця швидкість залежить від зміни тиску в гальмівних контурах. Система може враховувати навантаження автомобіля, стан дороги, стан шин і умови функціонування гальмівної системи. За сигналами датчиків швидкості колеса ЕБК обчислює:

- відносну швидкість транспортного засобу (по комбінації сигналів датчиків двох діагональних коліс);
- прискорення або уповільнення коліс;
- прослизання гальма (обчислюється по відносній швидкості транспортного засобу);
- уповільнення транспортного засобу.

У процесі керування гальмівним тиском ЕБК використовує відносну швидкість транспортного засобу в якості відправної точки і забезпечує її лінійне зменшення. Прискорення уповільнення визначається за сигналами, отриманими від датчиків всіх коліс. Ведені і пасивні колеса на автомобілі розглядатися по різному, оскільки вони ведуть себе при гальмуванні відмінно один від одного. Логічна комбінація уповільнення / прискорення коліс і ковзання використовується як керуюча змінна. Фактична стратегія, застосовувана системою управління, змінюється в залежності від умов гальмування.

У разі екстреного гальмування датчики кутової швидкості коліс реєструють будь-які зміни швидкості обертання коліс. Електронний блок керування (ЕБК) розраховує окружну швидкість коліс і будь-які зміни цієї швидкості, потім розраховує, виходячи з цього, швидкість автомобіля. Після цього ЕБК видає команду виконавчим механізмам забезпечити оптимальний тиск гальмівної рідини, в кожному гальмівному циліндрі. Модулятори тиску (МТ) працюють по команді від ЕБК, зменшуючи або збільшуючи тиск, або підтримуючи тиск на постійному рівні, якщо це необхідно, для збереження оптимального коефіцієнта ковзання (від 10 % до 30 %) і запобігання блокуванню коліс.

Розглянемо особливості пристрою і роботи найбільш поширеною в даний час ABS, в якій керування тиском здійснюється модуляторами з трипозиційними електромагнітними клапанами, рисунок 2.

На рисунку 2 трубопроводи під тиском головного циліндра показано темними магістралями, під керуючим тиском – світлими, а електричні зв'язки – прямими зі стрілками.

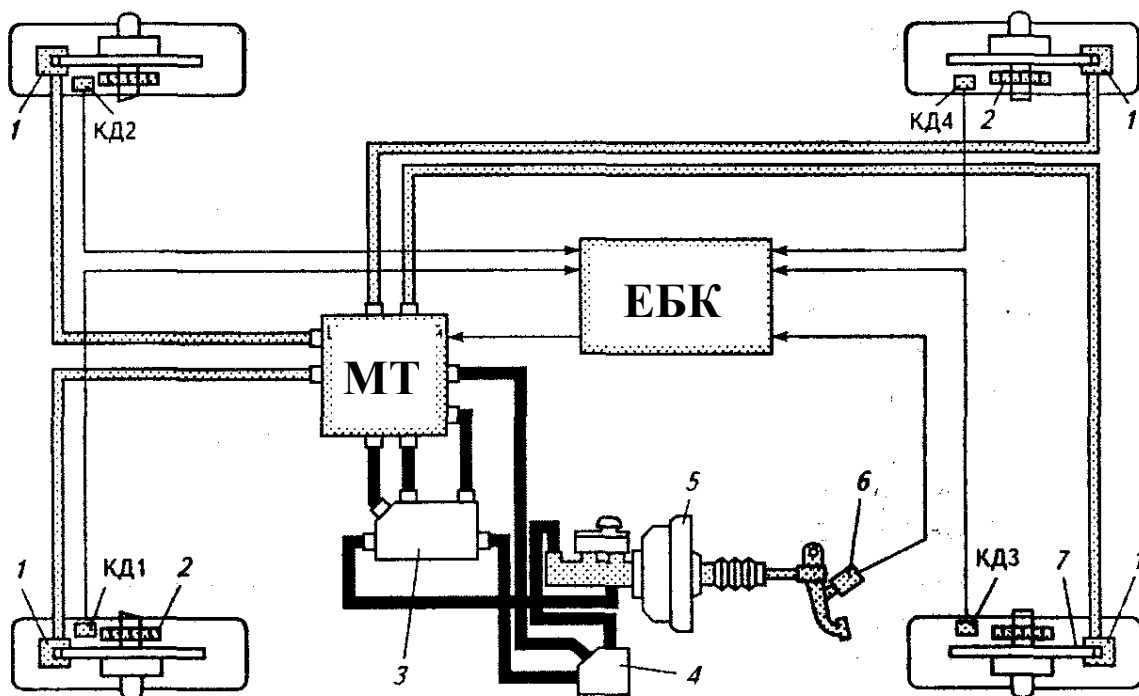


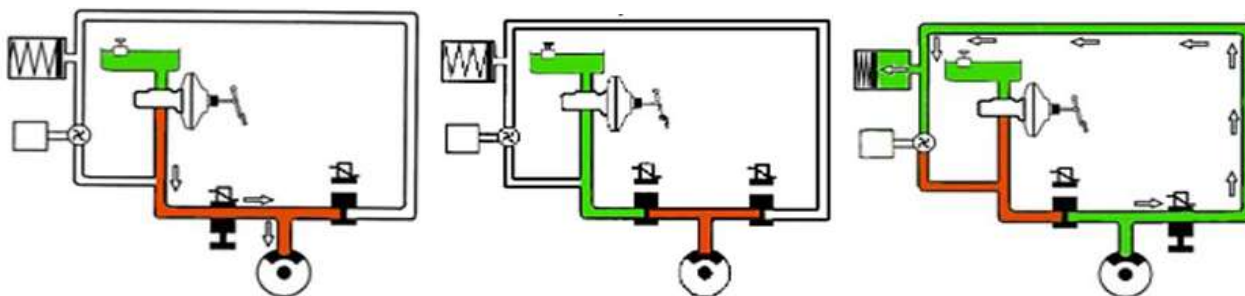
Рисунок 2 – Схема структурна комбінована системи ABS

Згідно позиціям позначено: 1 – колісний гальмівний циліндр; 2 – ротор датчика; 3 – розподільник тиску; 4 – трійник; 5 – головний гальмівний циліндр (ГГЦ); 6 – вимикач ABS; 7 – гальмівний диск, в якому керування тиском здійснюється модуляторами з трипозиційними електромагнітними клапанами; КД – колісний датчик.

Регулювання частоти обертання коліс при гальмуванні здійснюється за допомогою ЕБК. При натисканні на педаль гальма тиск гальмівної рідини в кожному гальмівному циліндрі збільшується і частота обертання коліс починає падати. Якщо яке-небудь колесо знаходиться на межі блокування, ЕБК зменшує тиск рідини в гальмівному циліндрі цього колеса (рис. 3).







а – діаграма замедлення автомобіля і відповідуючих сигналів на електроклапанах модулятора тиску; б – реалізація підвищення, утримання і сбросу тиску в гідравлическом контурі

Рисунок 3 – Процес управління тиском в системі ABS

Спочатку, ЕБК встановлює модулятор з електромагнітними клапанами в режим зниження тиску відповідно до ступеня уповільнення коліс, що викликає зменшення тиску рідини в циліндрі.

Після падіння тиску ЕБК перемикає клапан модулятора в режим утримання тиску для визначення змін частоти обертів колеса. Якщо ЕБК визначить, що тиск необхідно знизити ще більше, воно буде знижено знову. Коли тиск рідини в циліндрі гальма знижується, гальмівне зусилля, створюване гальмівним механізмом, зменшується. Це дозволяє колесу, яке було на межі блокування, збільшити число обертів. Однак, якщо тиск утримується низьким, гальмівний момент механізму, який діє на колесо, буде занадто малий. Для запобігання цьому ЕБК встановлює модулятор поперемінно в режими збільшення і утримання тиску. При цьому колесо, колишнє на межі блокування, відновлює частоту обертання.

Згодом, коли тиск в гальмівному циліндрі поступово збільшується по команді ЕБК, знову виникає ймовірність блокування колеса. Тому ЕБК знову перемикає модулятор в режим зниження тиску. По мірі зниження тиску в циліндрі колісного гальмівного механізму, ЕБК періодично збільшує тиск.

## 2. Класифікація і склад гальмівних систем з ABS

Системи ABS промислових зразків різняться за конструкцією елементів, функціональними можливостями, компонентним складом та експлуатаційними властивостями. Сучасні ABS класифікують за рядом ознак, основними з яких є: вид робочого середовища, гальмівна база, гальмівна формула; ступінь інтеграції, рисунок 4.

У міру розвитку, конструкція ABS і компоновка її елементів зазнала три стадії розвитку, які можна визначити як роздільні, вбудовані і інтегральні [2].

**Роздільні гальмівні системи** складаються з двох паралельних систем: звичайної гальмівної системи і ABS. У **вбудованих систем** головний гальмівний циліндр обслуговує частину гальмівної системи. При цьому, гідропідсилювач гальм обслуговує і другу частину системи.



Рисунок 4 – Класифікація ABS за загальними ознаками

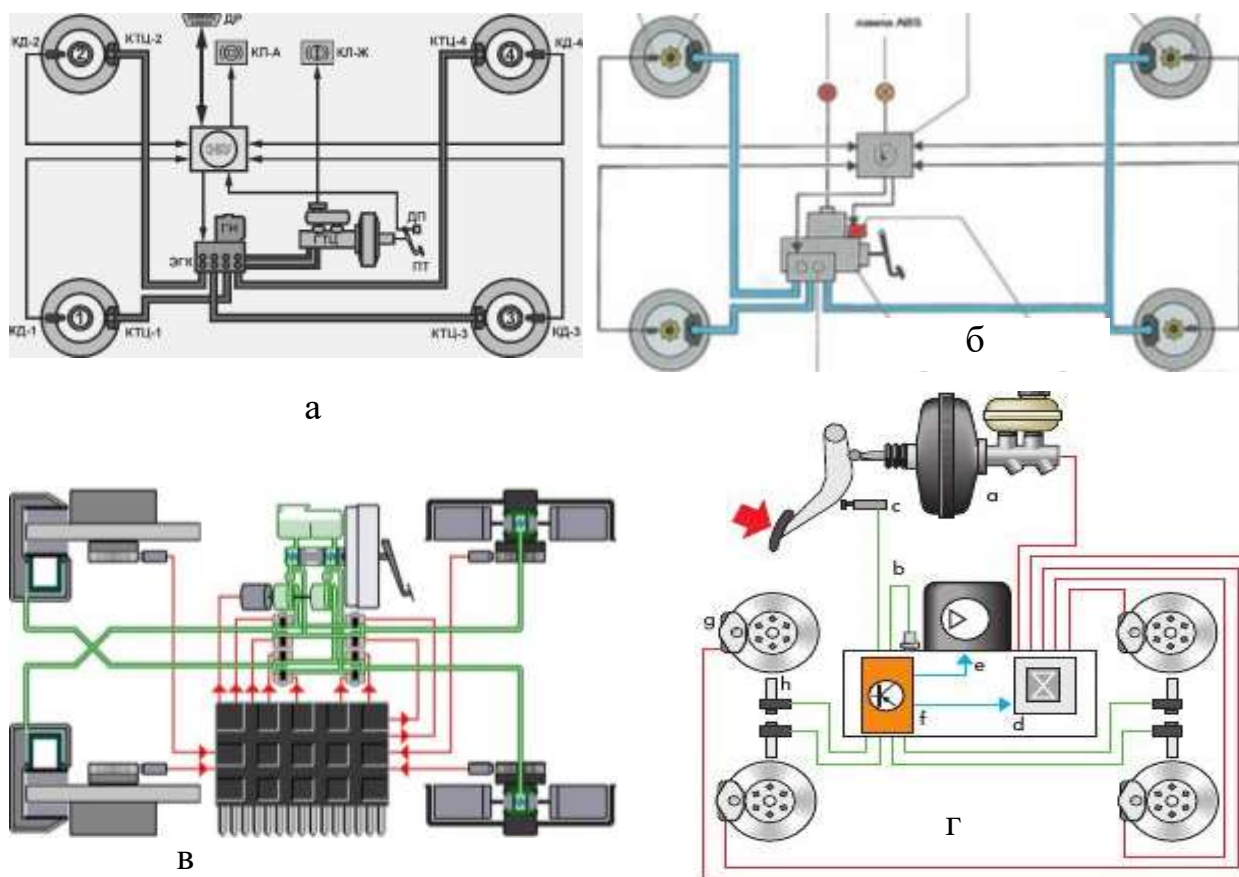
Під час спрацювання антиблокування головний гальмівний циліндр шунтується і починає функціонувати в режимі управління тиском.

**Інтегральна система** обходиться без головного циліндра, а використовує автономний генератор гальмівного тиску (електричний насос і гідроаккумулятор). Вбудований електричний насос забезпечує необхідну реакцію на вимоги швидкоплинних тиску ABS. Працездатність системи забезпечується від зовнішніх джерел (насос гідропідсилювача керма в поєднанні з гідроаккумулятором). Перераховані елементи об'єднані в конструктивний модуль спільно з головним гальмівним циліндром і вузлом клапана-соленоїда є компактною недорогою і надійною системою.

У різних поєднаннях використовуються системи з двома, трьома і чотирма **каналами** гідравлічного керування від двох, трьох і чотирьох датчиків швидкості обертання коліс [2]. На рисунку 5 розглянуто варіанти компоновки гальмівних систем, які найчастіше зустрічаються у промислових виконаннях.

**Перший варіант** має діагональний розподіл контурів (гальмівних магістралей) з двомісному камерами управління від двох датчиків швидкості обертання передніх коліс. Тиск в передніх супортах коліс регулюється незалежно один від одного, в задніх колесах тиск знаходиться під загальним управлінням від стандартного регулятора тиску. При установці цього типу ABS на передньопривідні автомобілі поліпшується керуваність.

**Другий варіант** має розділені передній і задній контури з двома камерами управління від двох датчиків переднього і заднього діагональних коліс. Така система забезпечує однаковий тиск на обидва передні колеса. Якщо вони знаходяться в однакових умовах зчеплення з дорогою, реалізується ефективне гальмування, якщо немає – буде спостерігатися відведення автомобіля при гальмуванні.



а – 4Кх4Д вбудована; б – 3Кх4Д інтегрована;  
в – 4Кх4Д діагональна; г – 4 Кх4Д – модульна

Рисунок 5 – Типи систем ABS

**Третій варіант** має розділені передній і задній контури двома камерами управління від трьох датчиків (двох передніх і одного заднього) коліс. Ця система дозволяє незалежно оцінювати ступінь зчеплення передніх коліс і відповідно забезпечувати необхідний тиск по кожному супорта передніх коліс. Якщо передні колеса гальмують в таких самих умовах, система реагує адекватно, якщо немає – відбувається занос автомобіля.

**Четвертий варіант** має розділені передній і задній контури з трьома камерами управління від трьох датчиків (двох передніх і одного заднього) коліс. Для довгобазних автомобілів система має задовільні характеристики гальмування. Застосування системи на короткобазних автомобілях призводить до його заносу при інтенсивному гальмуванні. Занос автомобіля легко коригується довертанням керма.

**П'ятий варіант** має діагональне розподіл контурів з чотирма камерами управління від трьох датчиків (двох передніх і одного заднього) коліс. Гальмівне зусилля на передніх колесах регулюється незалежно, а зусилля на задніх колесах вибирається по нижньому рівню зчеплення колеса з дорогою. Діагональне розділення контурів вимагає установки двох редуційних клапанів на задні колеса.



**Шостий варіант** має розділені передній і задній контури з чотирма камерами управління від чотирьом датчиків коліс. Гальмування автомобіля передніми колесами в різних плямах контакту вимагає корекції траєкторії руху автомобіля рульовим механізмом. Робота заднього контуру може передбачати переключення тиску по нижньому рівню зчеплення коліс з дорожнім полотном.

У найдорожчих, а значить, і найефективніших системах кожне колесо має індивідуальне регулювання тиску гальмівної рідини. Природно, що кількість датчиків кутової швидкості, модуляторів тиску і каналів керування, в цьому випадку, дорівнює числу коліс. Дешеві обходяться ABS з двома датчиками на задніх колесах, одним загальним модулятором і одним каналом керування. Найбільше застосування отримала система з чотирма датчиками, але з двома модуляторами (по одному на вісь) і двома каналами керування. Нарешті, випускають трьохканальну систему, з чотирма датчиками кутової швидкості. Три модулятора цієї системи обслуговують три канали, виробляючи індивідуальне регулювання тиску гальмівної рідини в магістралях передніх коліс окремо і обох задніх коліс.

Тиск гальмівної рідини в гальмівній магістралі створюється не тільки головним гальмівним циліндром. Часто йому допомагає спеціальний, вбудований в систему гідронасос.

За способом отримання тиску в гальмівній системі розрізняють ABS без гідронасоса з використанням тиску, створюваного головним гальмівним циліндром (вентильна) і з гідронасосом гальмівної рідини.

**За способом керування тиском** в ABS розрізняють три типи системи:

- з трипозиційними електромагнітними клапанами, які керують тиском в три етапи;
- з двопозиційними електромагнітними клапанами і каліброваними отворами для управління тиском;
- з управлінням тиску в гальмівних циліндрах за рахунок тиску, створюваного в системі гідропідсилювача рульового управління.

За конструктивною ознакою розрізняють компонентні суміщені і модульні комплектації ABS різного ступеня інтеграції.

**Компонентні системи** застосовуються на автомобілях, обладнаних стандартним головним циліндром блоком підсилювача гальма. Блок гідравлічного керування встановлений на виході головного циліндра. **Суміщені комплектації** включають окремий конструктив, в якому поєднані функціональні елементи системи з переліку: головний циліндр; блок підсилювача гальма; модулятор тиску. **Модульні ABS** являють окремий блок, в якому поєднані функціональні елементи системи з переліку: модулятор тиску; електронасос; акумулятор тиску; ЕБК.

Після впровадження електронних педаль газу, логічним кроком стало застосування розв'язки педаль гальма і робочої гідравліки гальмівної системи. Натискаючи педаль гальма, водій тільки посиляє команду блоку управління, а

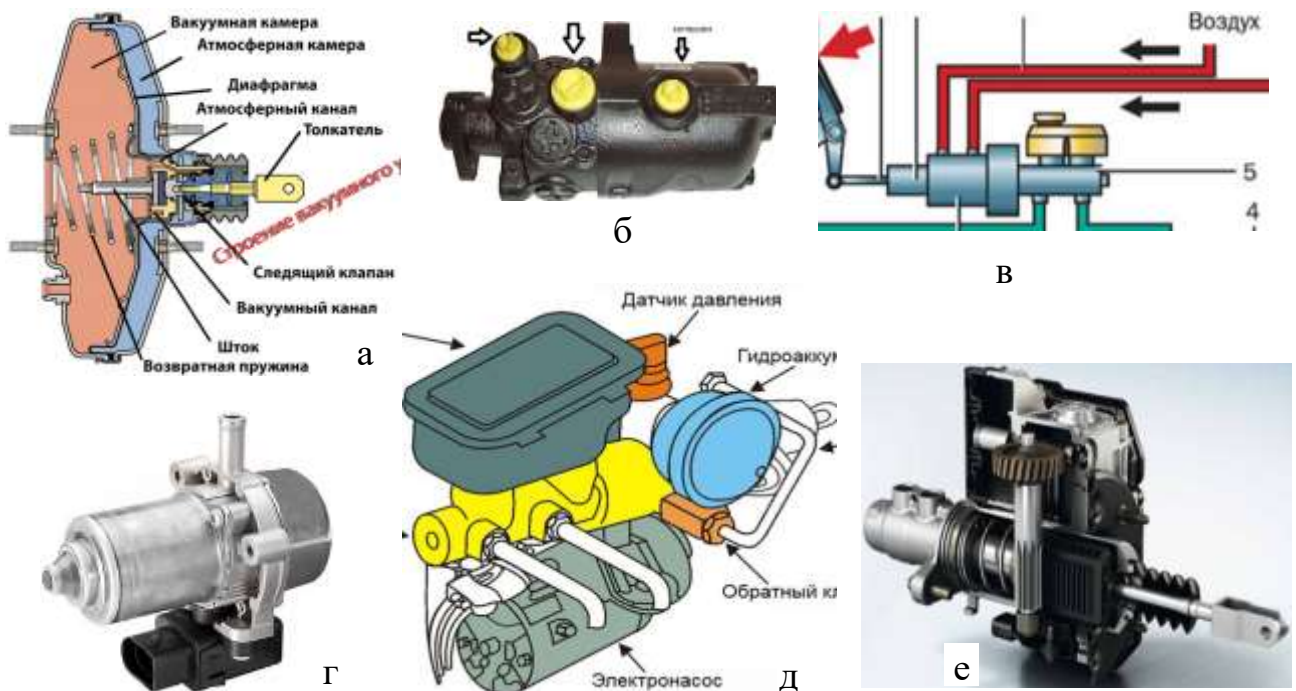
тиск 150 бар в гальмівній системі, при цьому, створює гідронасос. **Переваги електрогідравлічних гальм** полягають у наступному.

По-перше, скорочується час спрацьовування. Звичайні гальмівні системи виходять на максимальний тиск мінімум через 0,2 с, навіть за допомогою популярних нині систем, типу Brake Assist, а електрогідравлічні гальма здатні створити такий тиск менш ніж за 0,1 с. По-друге, відбувається більш точний розподіл гальмівних сил між колесами. По-третє, така система більш гнучко комутується з ABS і різними системами стабілізації руху. По-четверте, на педалі не відчувається пульсації при спрацьовуванні ABS, характерною для сучасних гідромеханічних гальмівних систем. По-п'яте, відпадає необхідність у вакуумному підсилювачі, що особливо актуально для автомобілів з дизельними двигунами. До того ж хід педалі гальма, зусилля на ній, її розташування і кінематику тепер можна буде вибирати тільки з точки зору ергономіки.

Всі системи ABS мають функцію діагностики. Діагностика може здійснюватися сигнальною лампою в комбінації приладів або за допомогою спеціалізованого обладнання, що приєднується до діагностичного роз'єму системи ABS.

### 3. Характеристика компонентів мехатронних систем

Основними компонентами активних тормозных систем являются усилитель тормозного давления и модулятор давления. Тип (принцип действия) усилителя тормозного давления определяется источником (видом) энергии, который помогает водителю осуществить управляющее воздействие. По этому признаку различают пневматические, вакуумные, гидравлические и комбинированные неэлектрические усилители тормозных приводов (рис. 6, а – в).

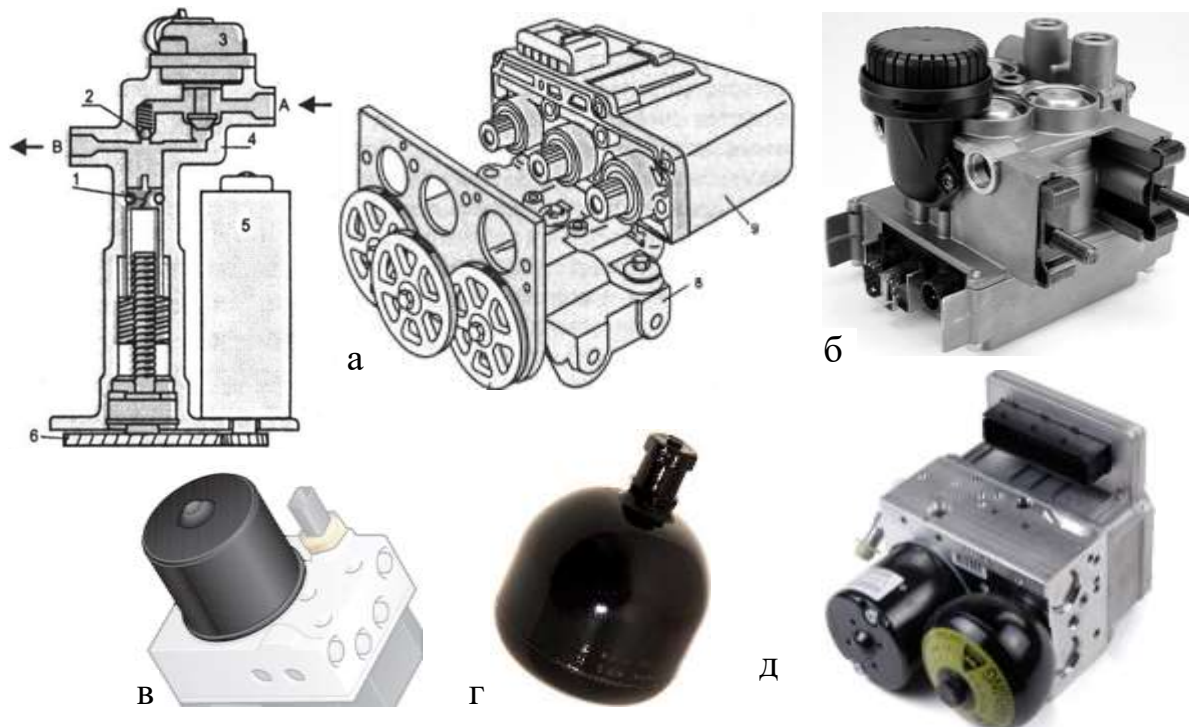


а – вакуумный; б – гидравлический; в – пневматический; г – электрический насос;  
д – электрогидравлический; е – электромеханический

Рисунок 6 – Усилители тормозного давления

В перечисленных усилителях, используется первичная энергия, полученная от ДВС (вакуум во впускном коллекторе, насосы с механическим приводом). Недостатком такого подхода, является зависимость рабочего давления от скоростного режима ДВС и потери двигателя (дополнительный расход топлива). Эти недостатки преодолеваются путем применения электрических насосов (рис. 6, г, д) и приводов (рис. 6, е).

**Модуляторы давления (МД) гидравлических систем легковых автомобилей различаются по** принципу построения, степени интегрирования, количеству электроуправляемых клапанов и техническим характеристикам. **По** принципу построения МД гидравлических систем разделяют на четыре категории. **В вентильных МД1** применяются шариковые клапаны с поршневыми толкателями, привод которых осуществляется от электродвигателей с червячными передачами (рис. 7, а).



а – вентильный; б – электроклапанный; в – электронасос; г – гидроаккумулятор; модуль ABS

Рисунок 7 – Конструкция модуляторов давления

Такая система работает **без гидронасоса** с использованием давления от главного тормозного цилиндра. **В вентильных МД2**, шариковые клапаны находятся под давлением гидроусилителя руля, а переключение режимов торможения производится с помощью двухпозиционного электроклапана. **В электроклапанных МД3** поток жидкости, созданный **электронасосом** низкого давления, модулируется с помощью двухпозиционных электроклапанов (рис. 7, б). Определяющими атрибутами **аккумуляторных МД4** является наличие **электронасоса**

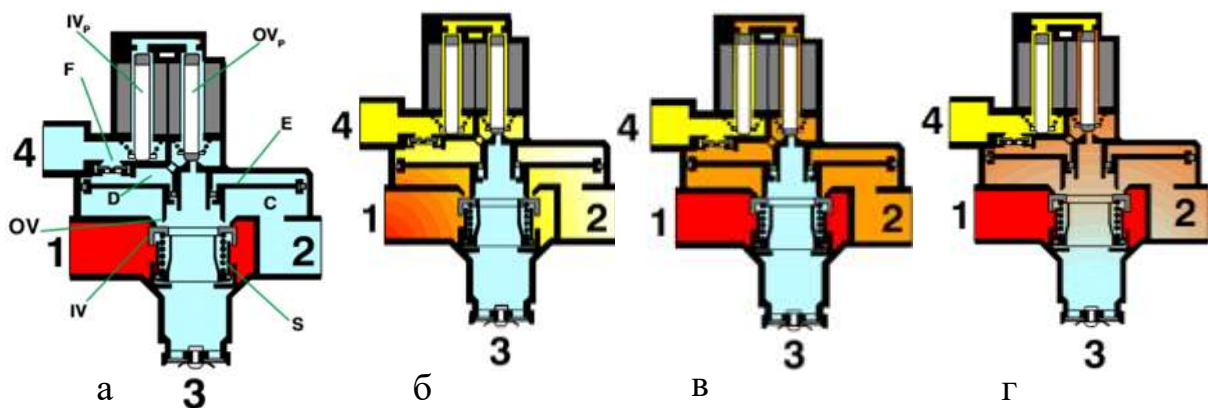
(рис. 7, в) и гидроаккумулятора высокого давления (рис. 7, г). Модуляция давления на колесных выходах производится с помощью трехпозиционных электроклапанов.

**Степень интегрирования МД** определяется количеством функциональных элементов, входящих в конструкцию устройства из перечня (ЭБ – электронный блок, ЭК – электроклапаны, ЭН – электронасос, ГА – гидроаккумулятор, ТЦ – тормозной цилиндр, БР – блок реле, ВК – вакуумная камера).

Наилучшими показателями (техническими характеристиками) обладают МД4 модульной конструкции (рис. 7, д).

До технічних характеристик модуляторів АТС, також відносяться: напруга живлення; робочий тиск; число каналів управління; наявність і кількість компенсаційних бочків; сполучна різьблення; тип клапанів (двопозиційні, трипозиційні); категорія захисту. Перераховані параметри визначають застосовність модуляторів на гальмівних системах автомобілів конкретних марок [7].

В пневматических тормозных системах управление давлением в тормозных цилиндрах реализуется в два этапа. На первом этапе опорное давление ресивера варьируется с помощью педали тормоза по средствам механического тормозного крана. Далее, полученное управляющее давление подается на модулятор (порт 4). Модуляция опорного давления (порт 1) в тормозных цилиндрах (порт 2) производится с помощью мембранного или поршневого пропорционального клапана Е, который управляется через камеру низкого давления D по средствам двух пилотных электроклапанов  $IV_P$ ,  $OV_P$  (рис. 8, а).



а – управляющее давление отсутствует; б – увеличение давления; в – удержание давления;  
г – сброс давления

Рисунок 8 – Рабочие состояния пневматического модулятора давления

Сброс давления в тормозных цилиндрах производится через пилотный канал клапана  $OV_P$  в атмосферу (порт 3) Таким образом, в МД осуществляется два вида модуляции – ШИМ в камере низкого давления с помощью электроклапанов, и АМ в основной магистрали с помощью пропорционального клапана Е.



У більшості систем керування ABS використовуються **датчики швидкості коліс індукційного типу** різної конструкції, рисунок 9, а, б.



а, б, в – індукційного типу; г, д, е, ж – на ефекті Холла; д – установка з зубчастим колесом

Рисунок 9 – Датчики швидкості обертання коліс

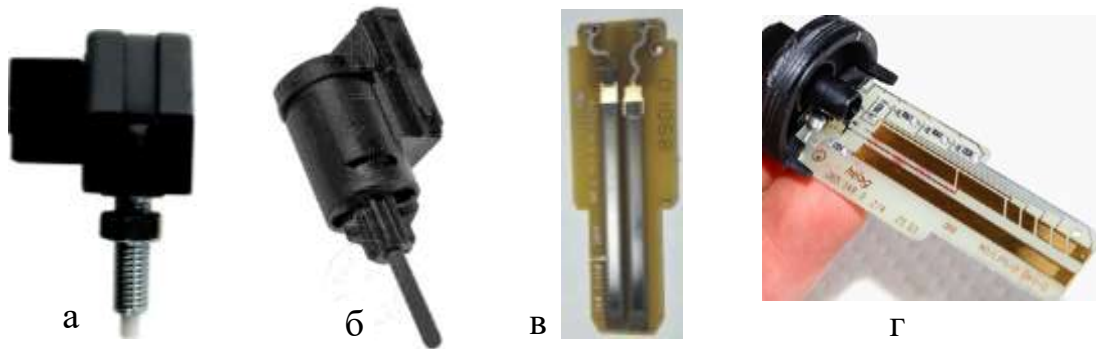
Датчики складаються з постійного магніту і залізного стержня на якому розміщена котушка. У деяких сучасних системах ABS застосовуються цифрові **датчики Холла**. Активізація імпульсних датчиків проводиться обертовим зубчастим (енкриментним) колесом (рисунок 9, е). При цьому, в котушці індукційного датчика активується сигнал, частота і напруга якого пропорційні швидкості обертання колеса. У датчиках Холла мехатронного типу формується сигнал у вигляді прямокутних імпульсів з фіксованою амплітудою і шпаруватістю [6].

Сигнали датчика швидкості обертання коліс використовуються в роботі різних систем активної безпеки (ABS, противобуксовочной системи, системи курсової стійкості). За допомогою інформації від датчиків відповідні блоки управління регулюють силу гальмування кожного колеса, що дозволяє запобігти їх блокуванню (прослизання) і в підсумку забезпечити стійкість (керованість) автомобіля. Показання датчика частоти обертання також враховуються в управлінні автоматичною коробкою передач, системі адаптивного освітлення, системи контролю тиску в шинах.

**Датчики положення педалі гальма** розрізняють за призначенням (кінцевого положення, ступеня натискання) і принципу побудови (контактні, лінійного переміщення). Перший тип датчиків по конструкції аналогічний датчикам стоп-сигналу. Датчики ступеня натискання представляють собою потенціометри зі легкими контактами, рисунок 10.

Підключення рухомого контакту штока потенціометра виконується за допомогою другої контактної (резистивної) доріжки (рисунок 10, в).





а – кінцевого положення; б, в, г – ступеню натискання  
Рисунок 10 – Датчики положення педалі гальм

Щоб уникнути перевантажень, зносу і похибки вимірювання, струм в зоні контакту мінімізують до декількох міліампер, а пристрій в цілому захищається від пилу.

Основними **характеристиками датчиків ступеня натискання** є: хід штока і спосіб установки датчика (фірма виробник); діапазон регулювання опору; нелінійність резистивної характеристики (тип ABS). У конструкціях вимірювальної площадки сучасних датчиків застосовуються секційні доріжки, сектори, яких гальванічно розділені виносними резисторами, інтегрованими поруч із доріжкою (рисунок 10, г). Таке рішення дозволяє отримати необхідну нелінійну резистивну характеристику датчика (кусочно-лінійна апроксимація).

Для контролю давления в гидравлических и пневматических тормозных системах используются датчики соответствующего назначения (рис. 11, а, б)

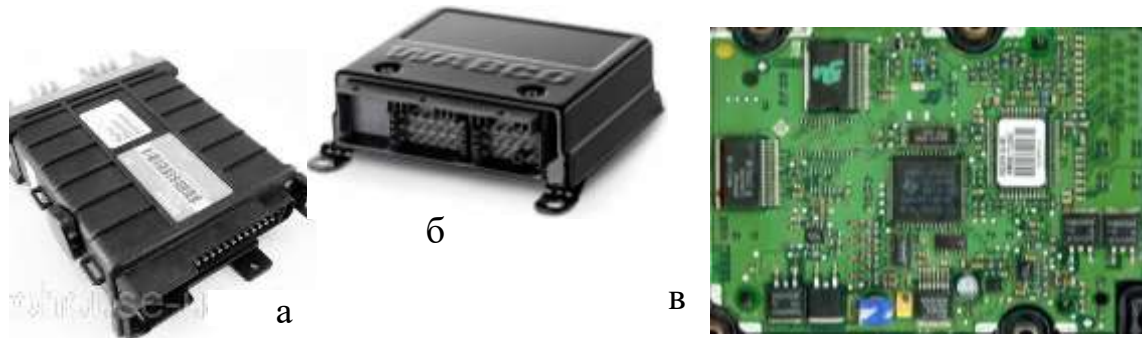


а – давления жидкости; б – давления воздуха, в – скорости движения автомобиля,  
г – замедления автомобиля

Рисунок 11 – Дополнительные датчики систем управления тормозами

В тормозных системах комбинированной структуры используется информация с датчиков смежных систем (рис. 11, в, г)

Функція ЕБК полягає в тому, щоб отримати інформацію від колісних датчиків і обчислити найкращий порядок дій для модулятора тиску. Конструктивно ЕБК виконаний в герметизованому корпусі, на бічних панелях якого, розміщені багато-вивідне рознімання і радіатори силових ключів (драйверів). Конфігурація роз'єму визначається фірмою виробником, рисунок 12, а, б.



а, б – зовнішній вигляд; в – плата друкованого монтажу з елементами  
 Рисунок 12 – Конструкція електронного блоку системи ABS

На платі друкованого монтажу розміщені мікросхеми контролерів, запам'ятовуючих пристроїв, схем перетворення сигналів вхідної і вихідної периферії, стабілізатора напруги (рисунок 12, в). Зазвичай, схема ЕБК базується на двох мікропроцесорах типу Motorola 68HC11, які працюють за однаковою програмою незалежно один від одного. Це гарантує більшу безпеку при будь-якій помилці, яка могла б несприятливо вплинути на якість гальмування, тому функціонування кожного процесора має бути ідентичним.