

Электронные системы наземных транспортно- технологических средств

Лекция 4 Антиблокировочные и противобуксовочные системы

Автор:

Пузаков Андрей Владимирович, канд. техн. наук,
доцент кафедры технической эксплуатации и
ремонта автомобилей



План лекции:

1. Антиблокировочная тормозная система
2. Коэффициент скольжения λ
3. Принцип работы антиблокировочной системы
4. Структура гидравлического контура АБС
5. Датчики антиблокировочной системы
6. Система электронного распределения тормозных сил
7. Принцип работы системы EBD
8. Противобуксовочная система
9. Структура гидравлического контура ПБС
10. Система управления торможением двигателем
11. Заключение
12. Вопросы для самоконтроля
13. Литература

Цель лекции: изучение принципа работы систем предотвращения проскальзывания колес при торможении и трогании автомобилей; устройства и принципа работы датчиков и исполнительных механизмов систем управления динамикой автомобилей.

В результате изучения лекции обучающийся должен:

знать:

- принцип предотвращения проскальзывания колес при передаче тормозных и тяговых сил;
- принцип работы антиблокировочной тормозной системы;
- устройства и принципа работы датчиков и исполнительных механизмов систем управления динамикой автомобилей;
- принцип работы системы электронного распределения тормозных сил;
- принцип работы противобуксовочной системы;

уметь:

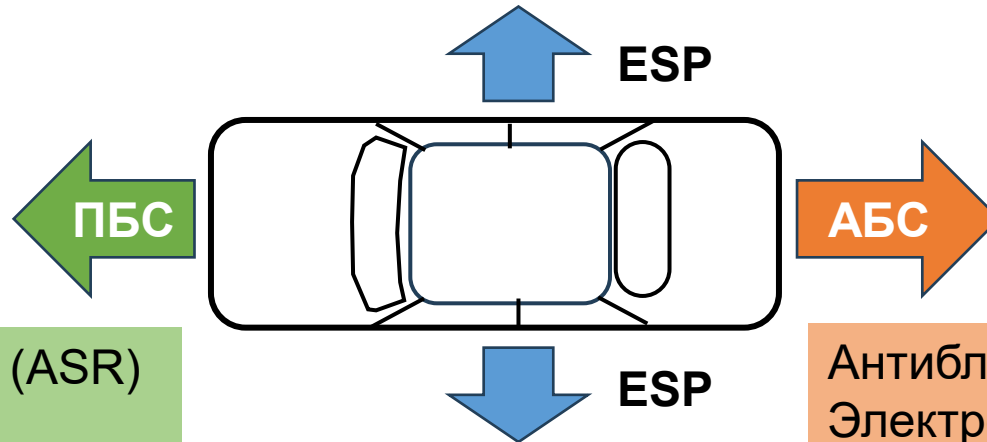
- читать схемы систем управления динамикой автомобилей.

Электронные системы управления динамикой

Электронные системы управления динамикой предназначены для сохранения управляемости автомобиля в процессе *поворота, трогания и торможения*, в том числе при неодинаковом коэффициенте сцепления шин с дорогой, неравномерной загрузке транспортного средства.

Система курсовой устойчивости (ESP)
Электронное распределение крутящего момента между колесами (EDS)
Ассистент движения на спуске

Оказывают влияние на курсовую устойчивость



Оказывают влияние на процессы трогания/разгон

Антипробуксовочная система (ASR)
Электронная блокировка дифференциала (EDS)
Ассистент трогания на подъёме

Оказывают влияние на процессы торможения

Антиблокировочная система (ABS)
Электронная система распределения тормозных сил (EBD)
Система экстренного торможения (EBA)

Антиблокировочная тормозная система

Антиблокировочная система тормозов (ABS, *Antilock Brake System*) предназначена предотвратить блокировку колес при торможении и сохранить управляемость автомобиля.

Принцип, заложенный в конструкцию любой **АБС**, заключается в поддержании относительного скольжения тормозящих колес в узком диапазоне, при котором обеспечивается высокое значение коэффициента сцепления колес с дорожным полотном, в продольном и поперечном управлении автомобилем, что позволяет сохранить устойчивость и обеспечить высокую эффективность торможения.

В случае, когда передние колеса заблокированы, происходит потеря управляемости автомобилем. Если задние колеса заблокированы, то происходит потеря устойчивости автомобиля, особенно при торможении на дороге с разным коэффициентом сцепления.

АБС должна обеспечивать:

- минимальный тормозной путь (не менее 75% от возможного);
- устойчивость при торможении;
- сохранение управляемости при торможении;
- приспособляемость к изменяющимся внешним условиям, например сцеплению на сухой, мокрой и скользкой дороге (адаптивность);
- возможность торможения при выходе из строя **АБС** ;
- минимальный расход рабочего тела;
- минимальное потребление электроэнергии;
- сигнализацию при выходе из строя **АБС**, диагностику неисправности;
- общие требования (надежность, низкая стоимость и т. п.).



Антиблокировочная тормозная система



Видеофрагмент (

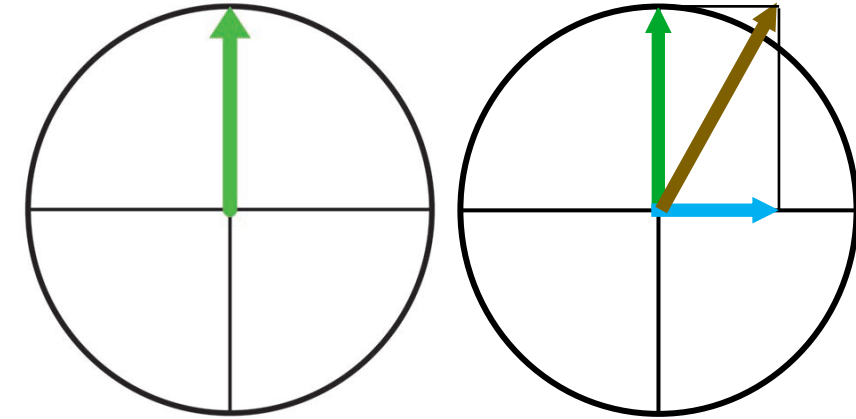
Круговая диаграмма сил




Радиус круга на диаграмме соответствует сцеплению колеса с дорогой, то есть максимальной результирующей силе, которая может быть передана колесом на дорогу, а проекции вектора результирующей силы на вертикальную и горизонтальную оси – максимальным продольным и поперечным силам.

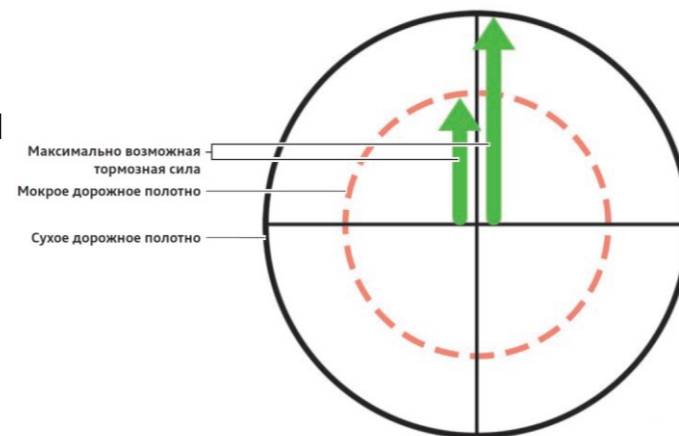
Максимальная сила, которую можно реализовать в поперечном направлении (боковая направляющая сила) зависит, таким образом, от сцепления колёс с дорогой и от фактически реализуемой продольной силы (тяги или торможения).

На круговой диаграмме видно, что максимально возможная сила торможения уже «выбрала» весь потенциал сцепления колёс с дорогой, и они не могут больше воспринимать боковые направляющие силы. Поэтому автомобиль продолжит движение прямо, несмотря на поворот управляемых колёс.

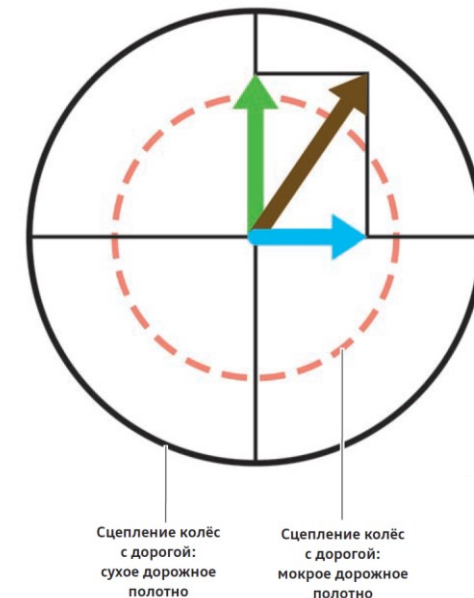
Радиус круга диаграммы зависит от имеющегося сцепления колёс с дорогой. Чем лучше сцепление, тем больше радиус круга и тем большие силы могут восприниматься колёсами.



-  Результирующая сила
-  Боковая направляющая сила
-  Продольная сила (тормозная сила)



- Максимально возможная тормозная сила
- Мокрое дорожное полотно
- Сухое дорожное полотно



- Сцепление колёс с дорогой: сухое дорожное полотно
- Сцепление колёс с дорогой: мокрое дорожное полотно

Коэффициент трения μ

Способность поверхностей двух тел создавать силу трения описывается **коэффициентом трения μ** , который определяется как отношение силы, с которой одно тело прижимается к поверхности другого, к силе, которую нужно приложить, чтобы сдвинуть одно из этих тел относительно другого.

Наибольшее значение силы сдвига достигается в момент перехода от **трения покоя** (тела неподвижны друг относительно друга) и к **трению скольжения** (тела скользят друг относительно друга). Коэффициент трения в этом состоянии называется **коэффициентом трения покоя**.

Коэффициент трения для двух скользящих друг относительно друга тел называется **коэффициентом трения скольжения**.

В паре шина-дорога, однако, эти два случая нельзя чётко разделить. При реальном качении колеса между шиной и дорожным полотном имеет место как трение покоя, так и трение скольжения.

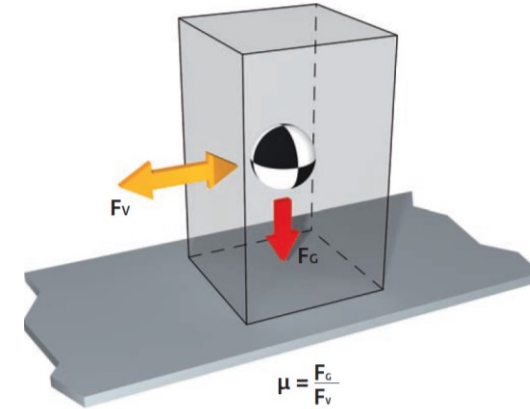
Основными факторами, определяющими коэффициент трения в паре шина-дорога являются следующие:

- состояние поверхности дорожного полотна;
- состояние шины;
- скорость автомобиля.

При использовании особых типов резины для специальных применений (например, для автомобильных гонок) могут быть реализованы значения коэффициента трения покоя >1 (в автомобильных гонках примерно до 2).

Примерные значения коэффициента трения для разных типов и состояний дорожного полотна при скорости 60 км/ч:

- сухой асфальт: 0,9;
- мокрый асфальт: 0,4;
- сухой бетон: 0,9;
- мокрый бетон: 0,5.



Коэффициент скольжения λ

При движении автомобиля с постоянной скоростью скорость автомобиля и окружная скорость колес одинаковы. Однако, когда водитель нажимает на педаль тормоза, окружная скорость колес постепенно уменьшается и уже больше не согласуется со скоростью кузова автомобиля, который движется под воздействием собственной инерции.

Соотношение скорости движения автомобиля v_a и окружной скорости колес v_k определяется коэффициентом скольжения (λ)

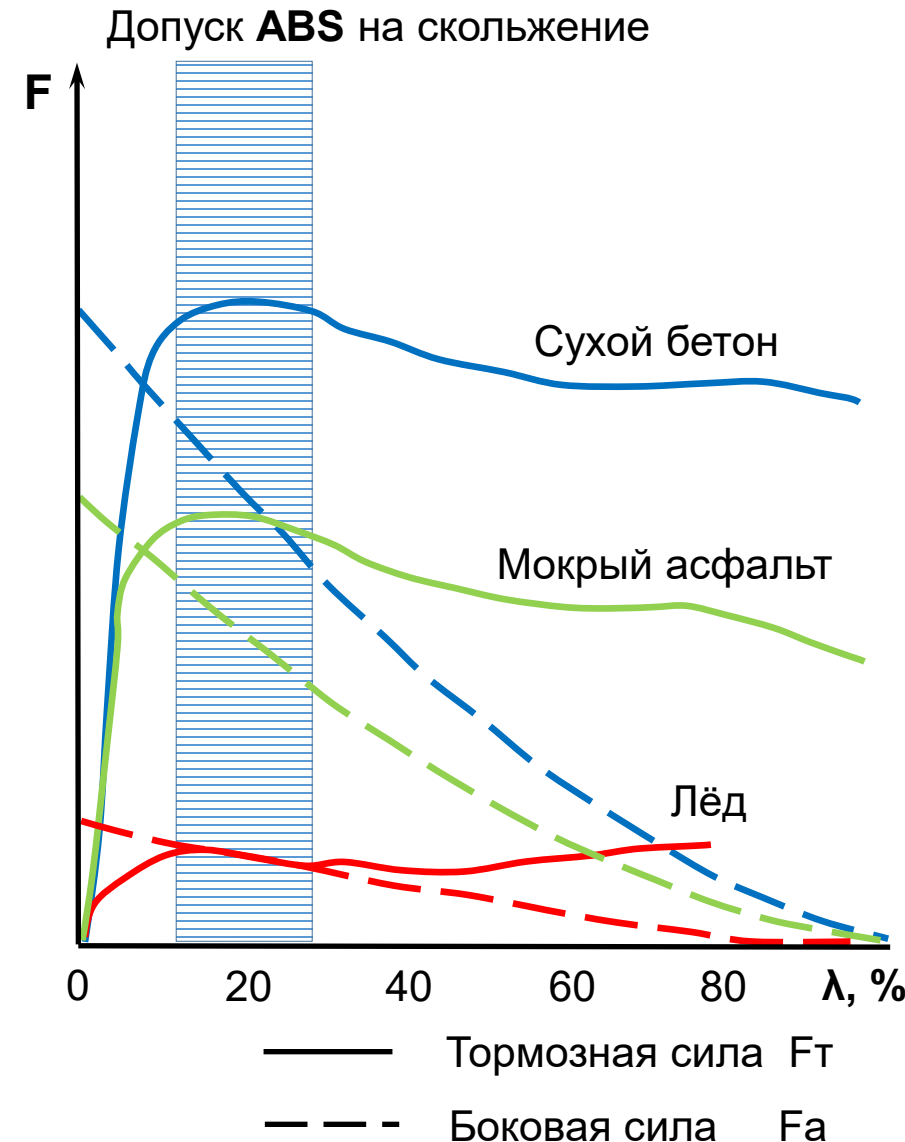
$$\lambda = \frac{v_a - v_k}{v_a} \cdot 100\%$$

Коэффициент скольжения, равный 0%, характеризует состояние, при котором колеса вращаются свободно без воздействия на них сопротивления трения.

А коэффициент скольжения, равный 100%, имеет место в случае, когда колеса полностью **заблокированы**.

Тормозная сила не пропорциональна коэффициенту скольжения, максимального значения она достигает при значениях коэффициента скольжения от 10% до 30%.

Увеличение коэффициента скольжения свыше 30% приводит к постепенному уменьшению тормозной силы, поэтому **АБС** должна поддерживать коэффициент скольжения в пределах 10-20%.



Принцип работы антиблокировочной системы

В состав электронной антиблокировочной системы входят:

- датчики (угловой скорости колеса, замедления и т. д.);
- электронный блок управления, получающий информацию от датчиков, обрабатывающий ее и подающий сигналы на исполнительные механизмы и сигнальную лампу;
- исполнительные механизмы (модуляторы давления рабочего тела).

С помощью **модуляторов** изменяют тормозное давление, поступающее к тормозным камерам или рабочим цилиндрам и тем самым регулируют тормозные силы на колесах.

Различают модуляторы, работающие по двухфазовому (увеличение-сброс давления) и трехфазовому (сброс-выдержка-увеличение давления) рабочим циклам.

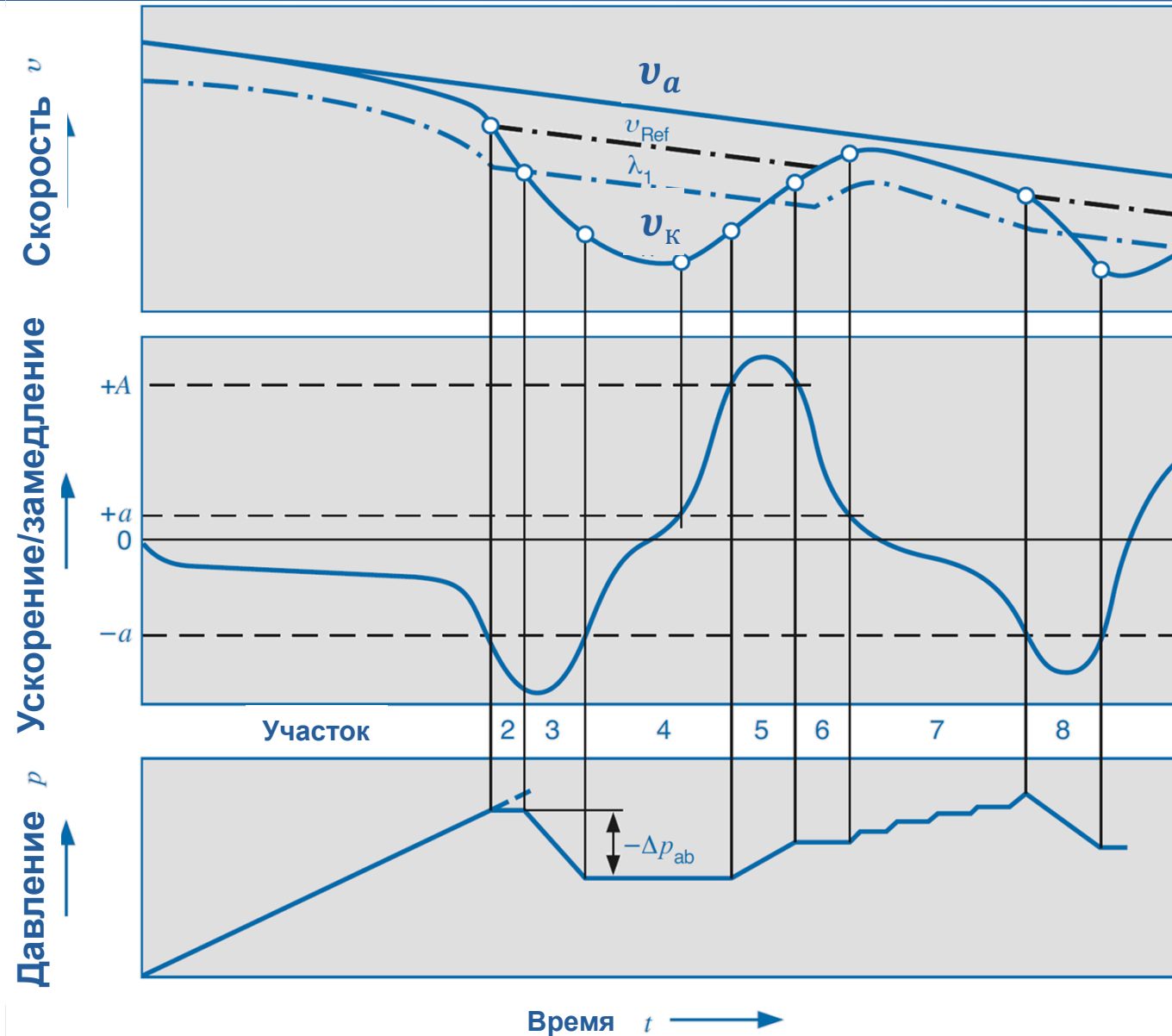
Линейную скорость автомобиля чаще всего определяют косвенным путем – перерасчетом значений, полученных от **датчиков угловой скорости** неведущих колёс.

Если в движении одного из колёс появляются признаки блокировки, то резко возрастают **замедление** вращения колеса и его скольжение. Если они превышают критические значения, то ЭБУ посылает сигналы к модулятору для прекращения роста или уменьшения давления в тормозном механизме до прекращения опасности блокирования. Затем давление должно быть восстановлено для предотвращения недотормаживания колеса

Во время автоматического управления торможением необходимо постоянно определять устойчивое и нестабильное качение колес и удерживать его в диапазоне пробуксовки при максимальном тормозном усилии путем чередования фаз повышения, удержания и уменьшения давления.

Принцип работы антиблокировочной системы

Участок 8. Со временем, когда давление в тормозном цилиндре постепенно увеличивается по команде БУ (участок 7), снова возникает вероятность блокировки колеса. Поэтому БУ снова переключает модулятор в режим «снижение давления» для понижения давления в тормозном цилиндре.



Принцип работы антиблокировочной системы

Применительно к передним колесам эта последовательность управления выполняется индивидуально, т.е. отдельно на каждом колесе. Из соображений обеспечения устойчивости для задних колес требуется другая стратегия управления.

Чтобы можно было поддерживать боковое ускорение и, соответственно, поперечные силы, на задних колесах при сохранении полной мощности на поворотах требуется увеличение коэффициентов бокового трения шин.

Поэтому уровни пробуксовки задних колес должны быть минимальными, особенно у колеса на внешнем радиусе поворота.

Это достигается за счет особой характеристики управления торможением задних колес **«select-low»** или **SL**.

Она означает, что последовательность управления определяется задним колесом, которое первым показывает признаки блокирования.

Клапаны антиблокировочной системы

Для лучшего понимания схемы гидросистемы рассмотрим коротко обозначения электромагнитных клапанов на ней.

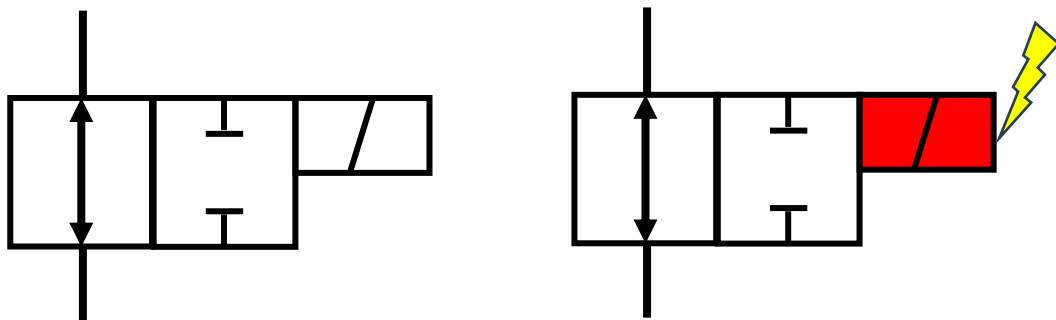
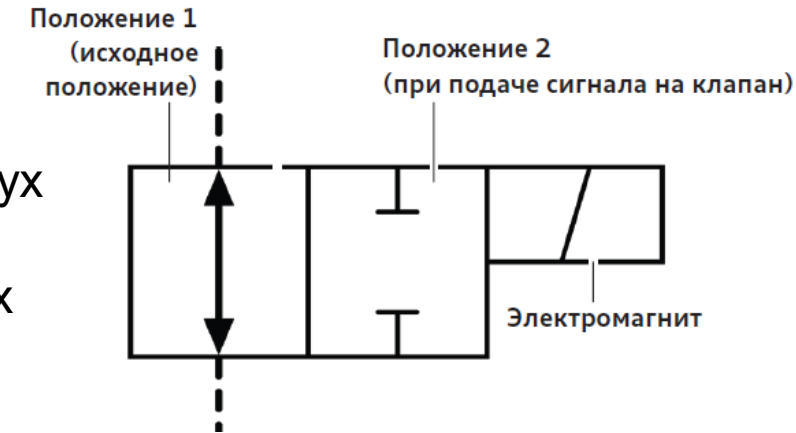
В системе используются так называемые **клапаны 2/2**.

Это означает, что клапана имеют по два штуцера и могут находиться в двух возможных состояниях (открыт/закрыт).

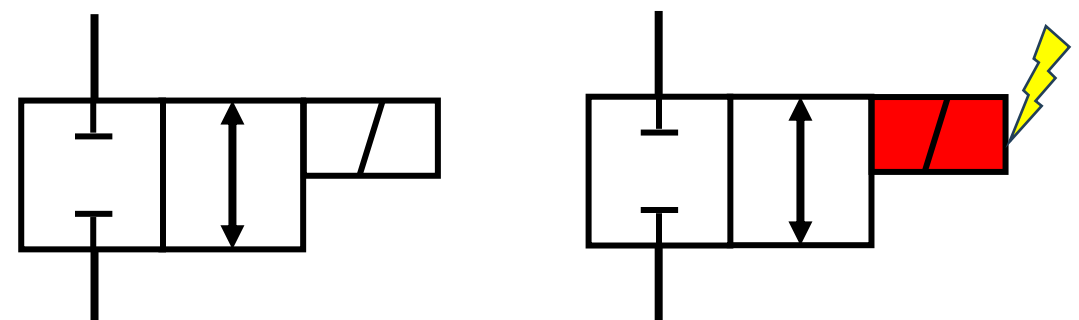
Через открытый клапан гидравлическая жидкость может протекать в обоих направлениях в зависимости от соотношения давлений.

На общей схеме гидросистемы все клапаны показываются в недействующем положении. Впускные клапаны в недействующем положении **открыты**, выпускные – закрыты.

При подаче на клапан управляющего сигнала клапан переключается в соответствующее второе положение, то есть впускной клапан закрывается, а выпускной – открывается.



Впускной клапан (нормально открытый)



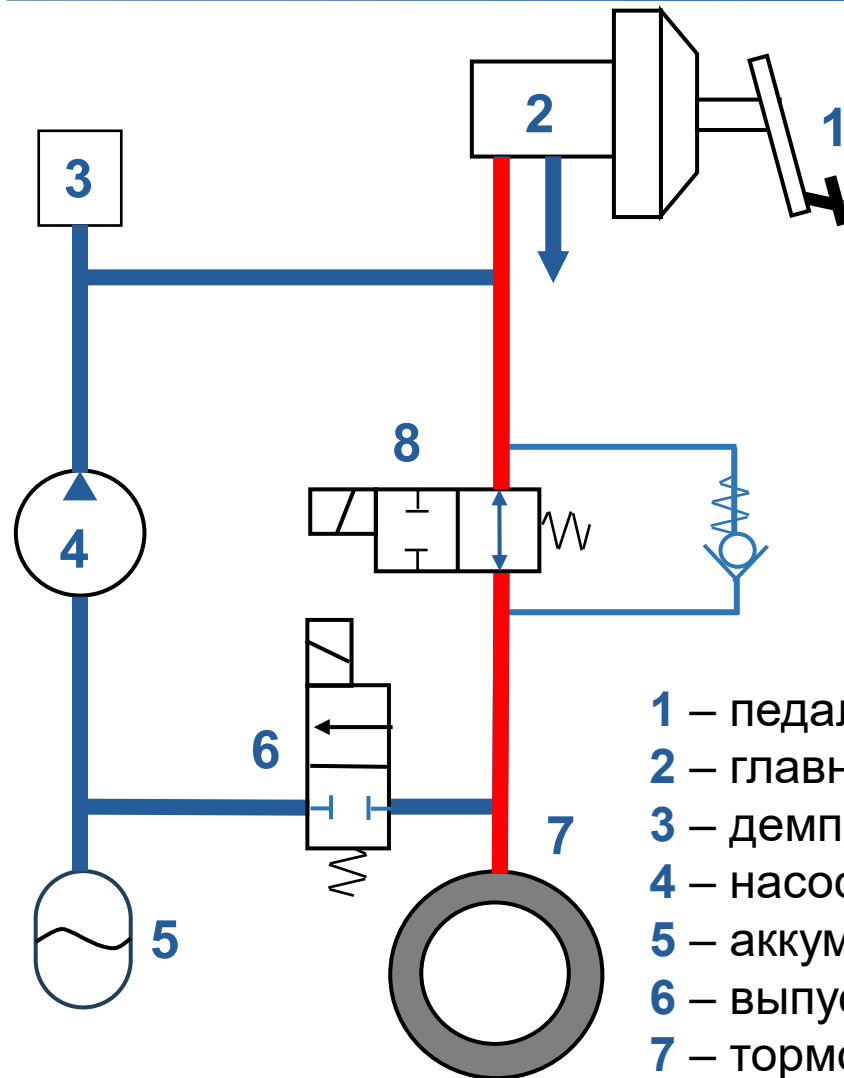
Выпускной клапан (нормально закрытый)

Структура гидравлического контура АБС

Фаза нормального торможения

При обычном торможении напряжение на электромагнитных клапанах отсутствует, тормозная жидкость из главного цилиндра под давлением свободно проходит через открытый впускной клапан и приводит в действие тормозные механизмы колёс.

Гидронасос не работает.



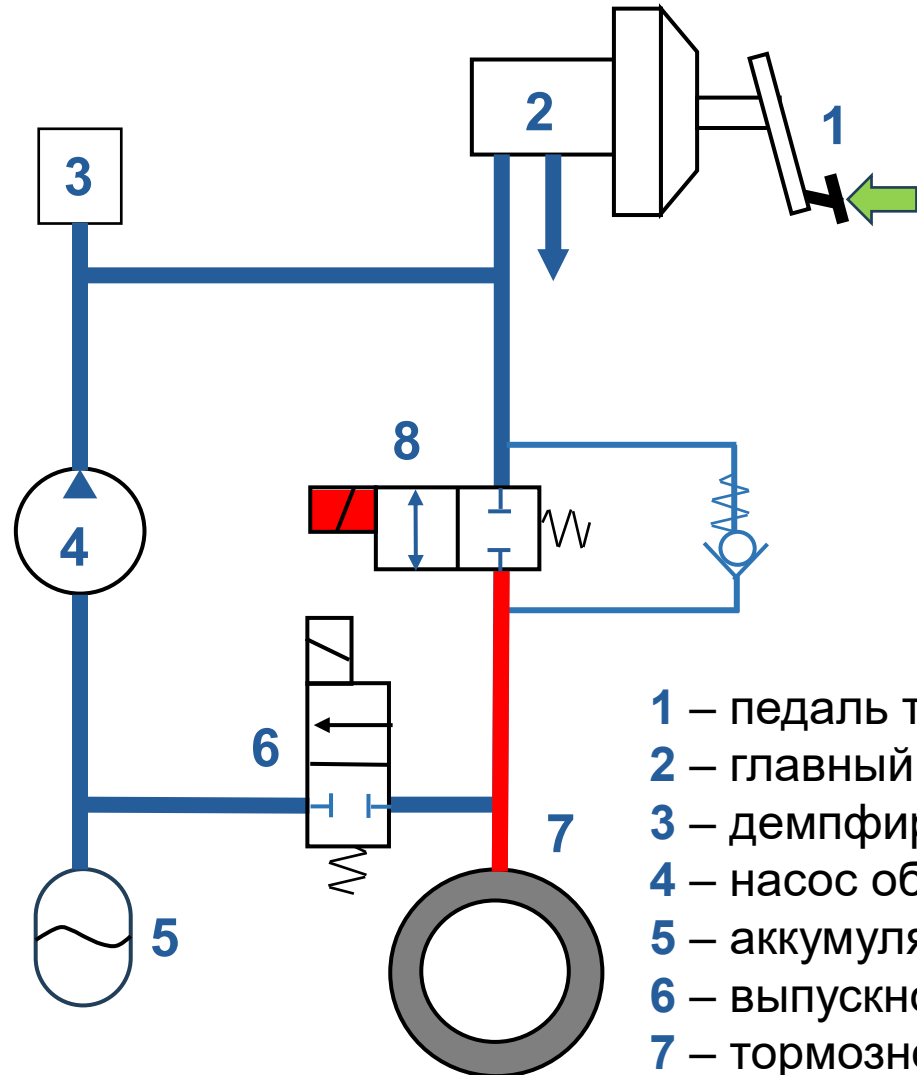
- 1 – педаль тормоза
- 2 – главный тормозной цилиндр
- 3 – демпфирующая камера
- 4 – насос обратной подачи
- 5 – аккумулятор давления
- 6 – выпускной клапан
- 7 – тормозной цилиндр
- 8 – впускной клапан
- 9 – обратный клапан

Фазы работы антиблокировочной системы

Фаза удержания давления на постоянном уровне

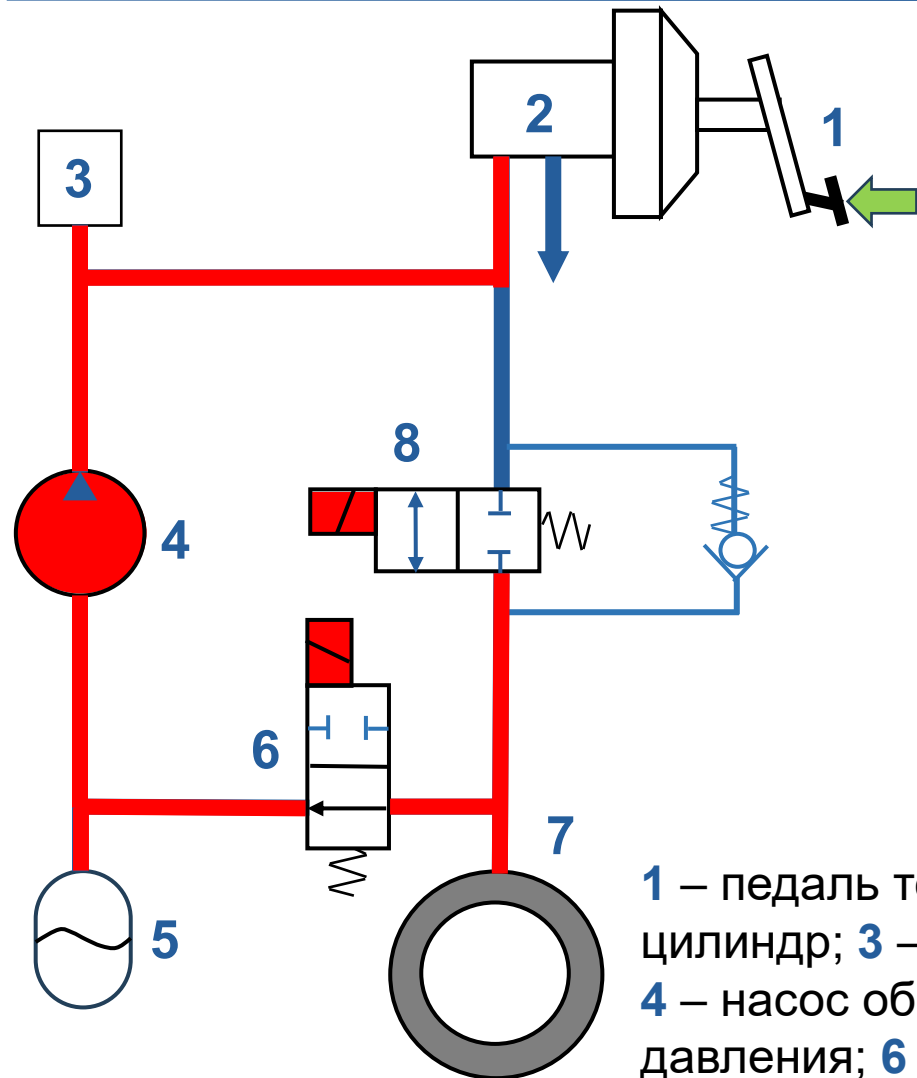
При появлении признаков блокировки одного из колес БУ, получив соответствующий сигнал от колесного датчика, переходит к выполнению программы цикла удержания давления на постоянном уровне путем разъединения главного и соответствующего колесного цилиндра.

На обмотку **впускного клапана** подается ток. Поршень клапана перемещается и перекрывает поступление тормозной жидкости из главного цилиндра. Давление в рабочем цилиндре колеса остается неизменным, даже если водитель продолжает нажимать на педаль тормоза.



- 1 – педаль тормоза
- 2 – главный тормозной цилиндр
- 3 – демпфирующая камера
- 4 – насос обратной подачи
- 5 – аккумулятор давления
- 6 – выпускной клапан
- 7 – тормозной цилиндр
- 8 – впускной клапан
- 9 – обратный клапан

Фазы работы антиблокировочной системы



1 – педаль тормоза; 2 – главный тормозной цилиндр; 3 – демпфирующая камера
4 – насос обратной подачи; 5 – аккумулятор давления; 6 – выпускной клапан; 7 – тормозной цилиндр; 8 – впускной клапан; 9 – обратный клапан

Фаза сброса давления

Если опасность блокировки колеса сохраняется, БУ подает ток на обмотку **выпускного клапана**.

В результате перемещения поршня клапана открывается канал, через который тормозная жидкость сбрасывается в аккумулятор давления жидкости.

Если объём аккумулятора оказывается недостаточным для того, чтобы устранить склонность колеса к блокированию, блок управления ABS включает **насос обратной подачи**, который, преодолевая давление, созданное нажатием педали водителем, перекачивает тормозную жидкость в компенсационный бачок.

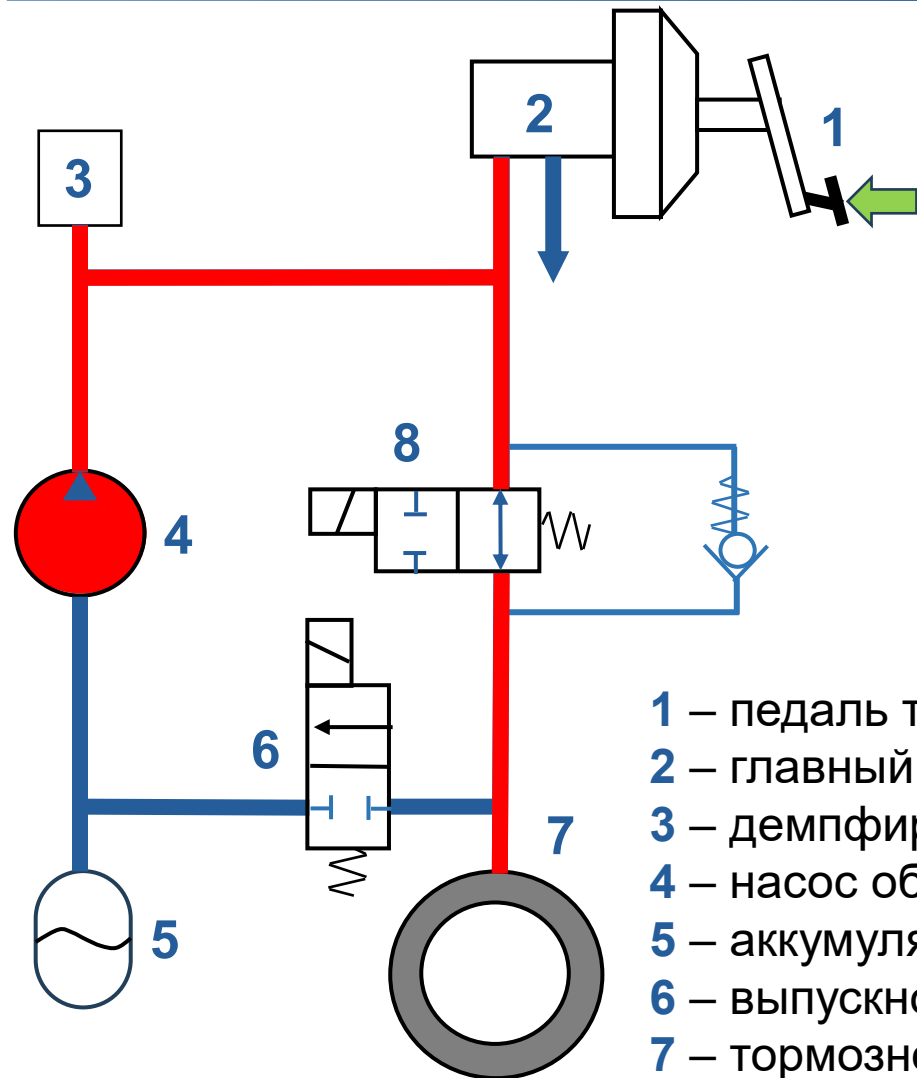
При этом водитель ощущает пульсацию педали тормоза.

Фазы работы антиблокировочной системы

Фаза увеличения давления

Как только угловая скорость колеса превышает определённое значение, блок управления закрывает **выпускной клапан** АБС и открывает **впускной**.

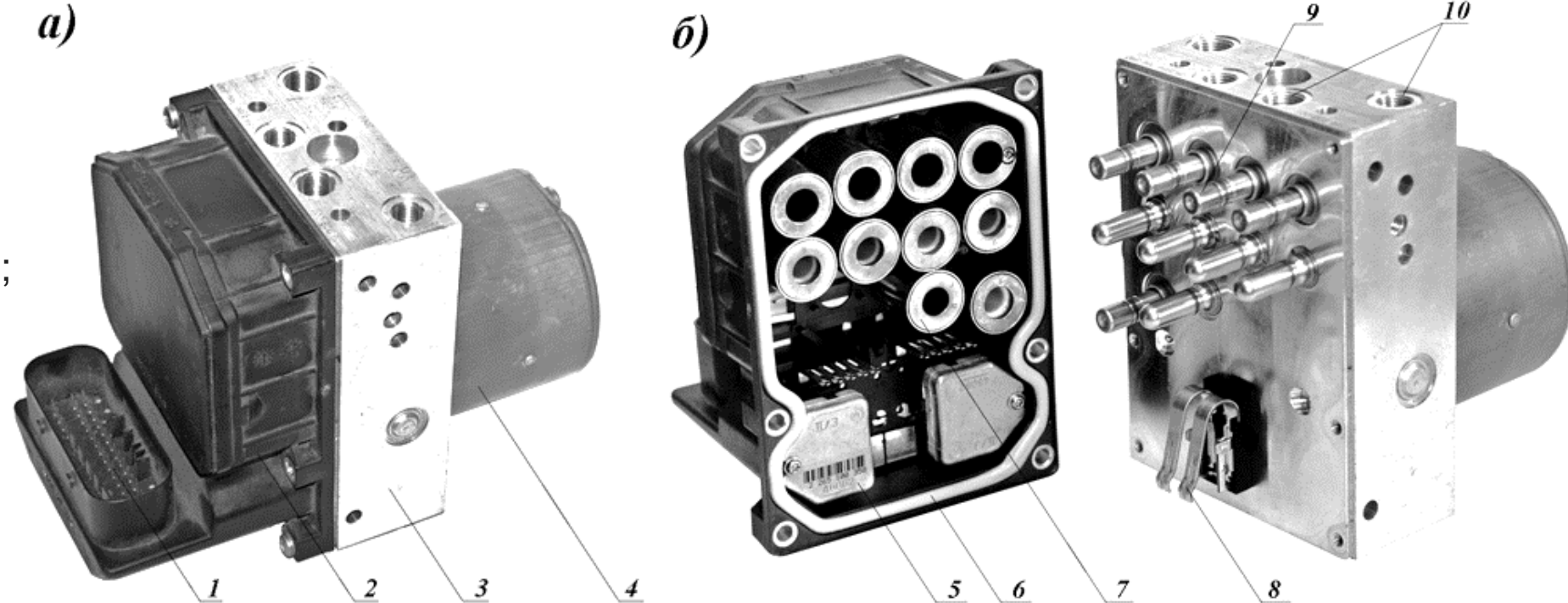
Насос обратной подачи при необходимости продолжает работать.



- 1 – педаль тормоза
- 2 – главный тормозной цилиндр
- 3 – демпфирующая камера
- 4 – насос обратной подачи
- 5 – аккумулятор давления
- 6 – выпускной клапан
- 7 – тормозной цилиндр
- 8 – впускной клапан
- 9 – обратный клапан

Электрогидравлический блок

- 1 – разъем подключения;
- 2 – ЭБУ;
- 3 – гидравлический блок;
- 4 – электронасос;
- 5 – реле;
- 6 – уплотнительная прокладка;
- 7 – соленоид;
- 8 – контакты питания гидравлического насоса;
- 9 – корпус;
- 10 – каналы с резьбой для крепления гидравлических контуров



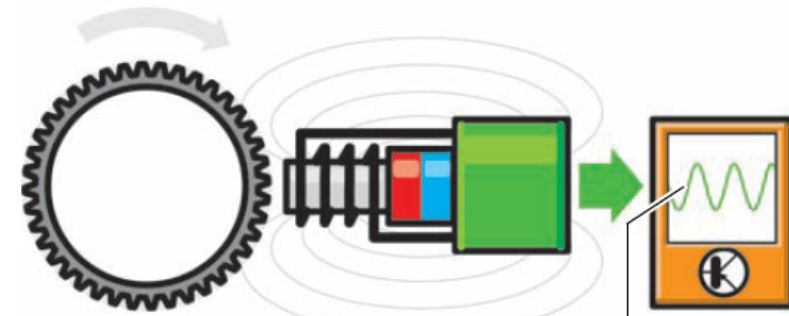
Датчики антиблокировочной системы

Преимуществом пассивных индукционных датчиков частоты вращения является простота их конструкции.

Недостаток же заключается в том, что для их работы необходимо с высокой точностью обеспечить определённый зазор между задающим ротором и датчиком.

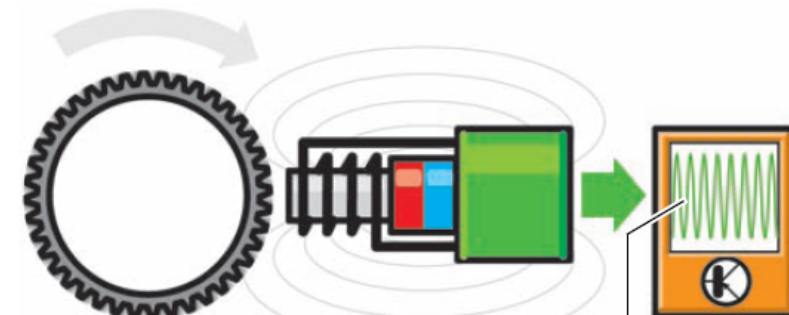
Кроме того, пассивные индуктивные датчики частоты вращения тяжелы и требуют сравнительно много места для установки.

Сигнал датчика при низкой частоте вращения



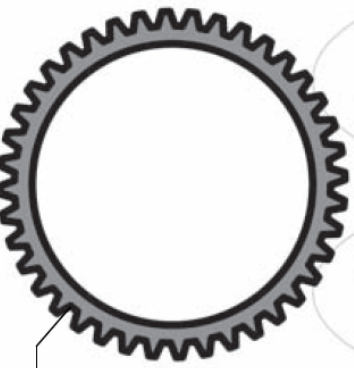
Низкая частота и напряжение

Сигнал датчика при высокой частоте вращения

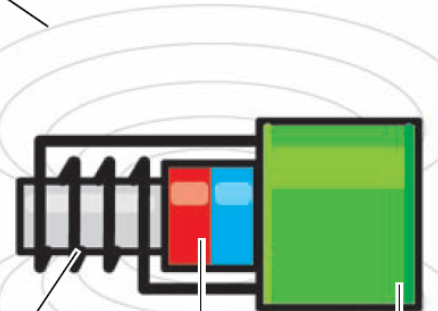


Высокая частота и напряжение

Магнитное поле



Задающий элемент (задающий ротор)



Катушка

Постоянный магнит

Чувствительный элемент



Датчики антиблокировочной системы

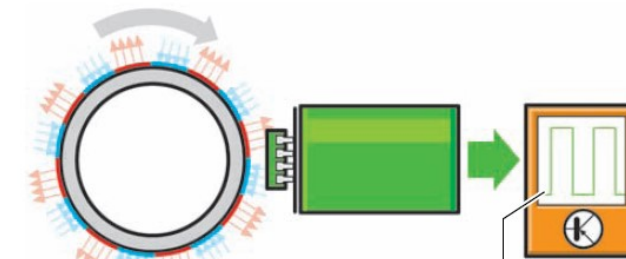
Работа **активных датчиков** частоты вращения основана на принципе эффекта Холла или на принципе магниторезистивного эффекта. Задающий элемент представляет собой пластмассовое кольцо, участки поверхности которого намагничены в противоположных направлениях (магнитное кольцо).

Активные датчики обеспечивают высокую точность измерений, так как сила выходного сигнала не зависит от частоты вращения колеса.

Кроме этого активный датчик имеет компактную конструкцию, что позволяет его устанавливать непосредственно в ступичном подшипнике.

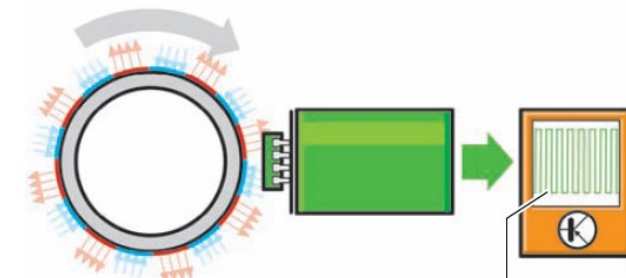
Цифровая обработка выходного сигнала даёт дополнительные преимущества, например, позволяет использовать датчик для определения направления вращения колеса и его остановки.

Сигнал датчика при низкой частоте вращения

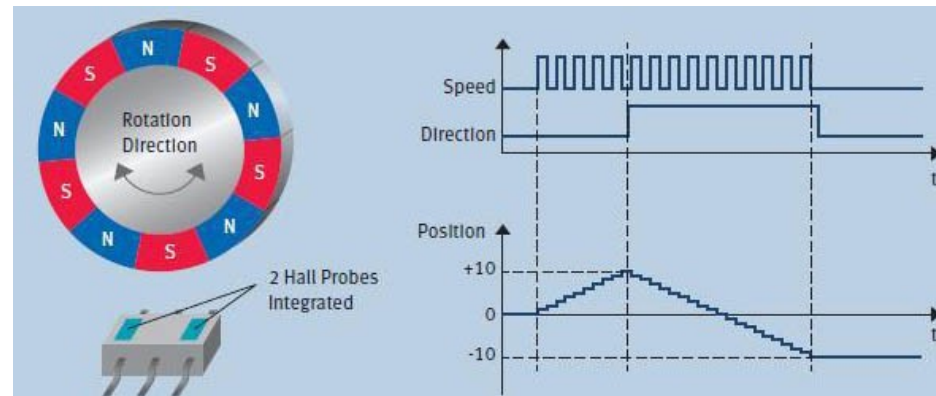
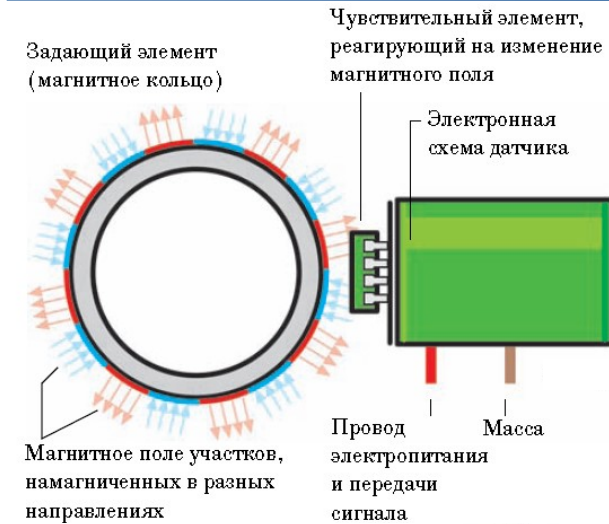


Низкая частота вращения

Сигнал датчика при высокой частоте вращения



Высокая частота вращения



Система электронного распределения тормозных сил

Система электронного распределения тормозных сил разных производителей имеет названия:

Electronic Brake Force Distribution – **EBD**, Elektronische Bremskraftverteilung – **EBV**

Система распределения тормозных усилий предназначена для предотвращения блокировки *задних колёс* за счёт управления тормозным усилием задней оси.

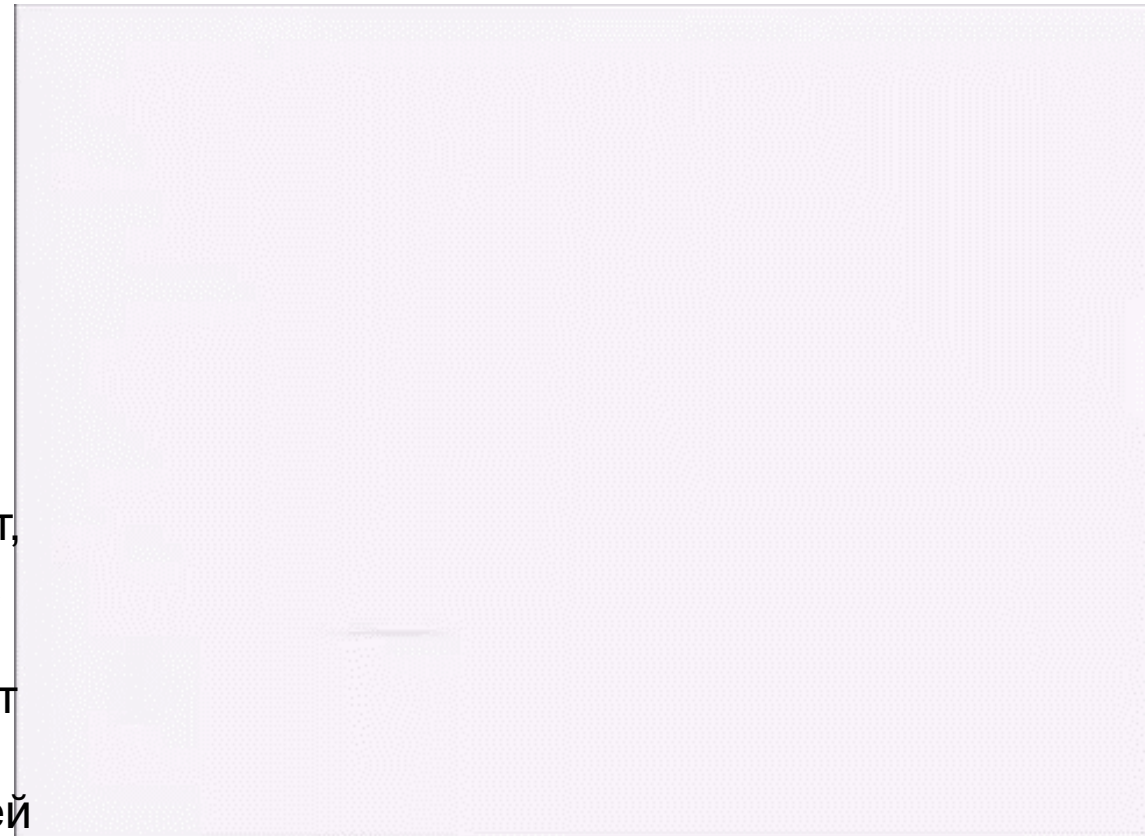
При резком торможении происходит дополнительное перераспределение нагрузки на переднюю ось.

Автомобиль наклоняется относительно поперечной оси («клюёт»). В результате этого движения нагрузка, приходящаяся на заднюю ось, уменьшается.

В результате уменьшения нагрузки уменьшается и максимальная сила сцепления с дорожным покрытием, и задние колёса могут оказаться заблокированными.

По данным датчиков угловой скорости система распознаёт, что задняя ось получает большее тормозное усилие, чем она может передать на дорогу без блокирования.

EBD через клапаны гидравлического блока **АБС** управляет тормозным усилием задней оси и обеспечивает тем самым максимально возможное тормозное усилие передней и задней осей. Этим предотвращается занос задних колёс, который мог бы быть вызван их блокированием.



Система электронного распределения тормозных сил

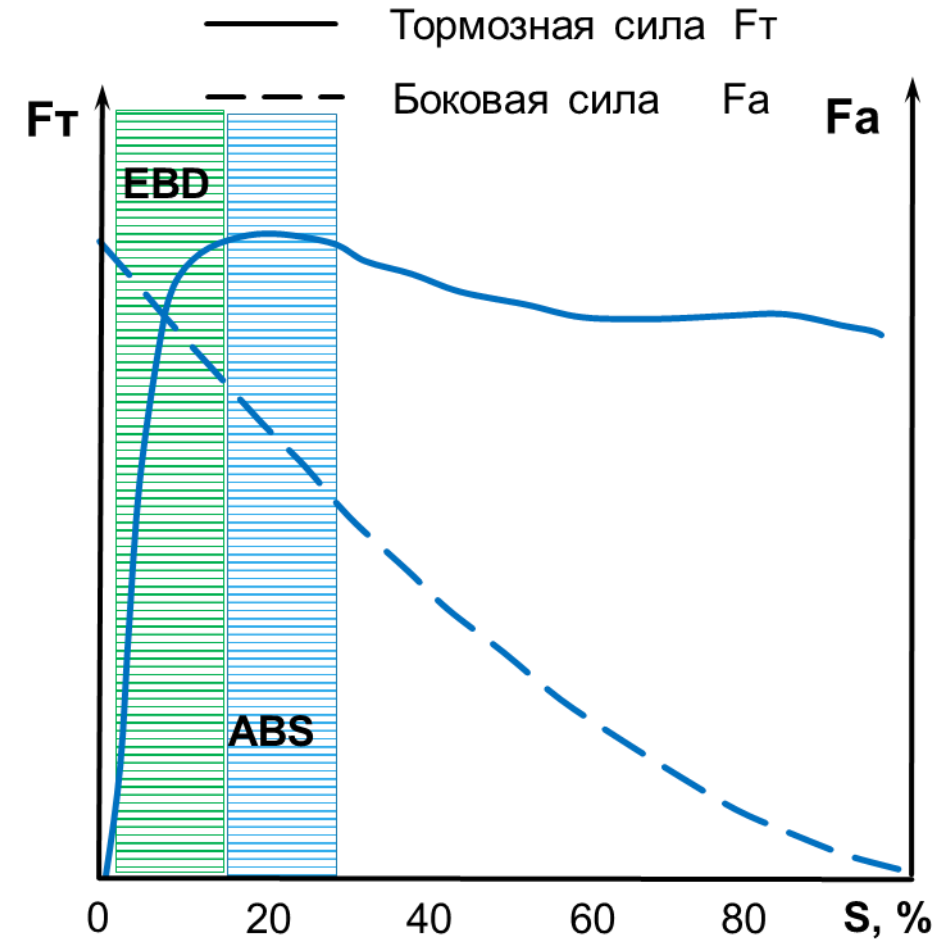
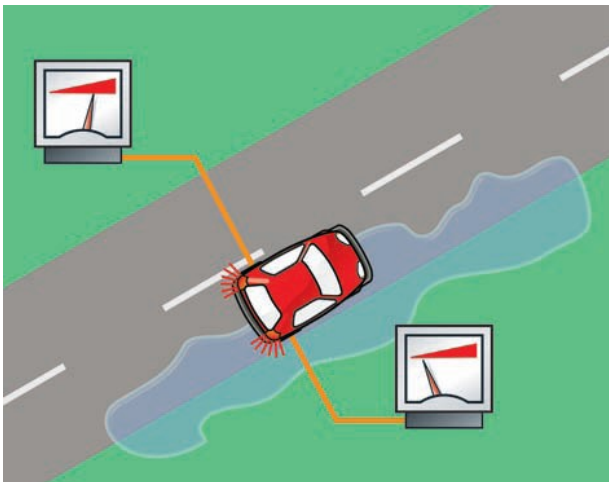
Крен автомобиля при торможении или прохождении поворотов приводит к тому, что нагрузка на каждое отдельное колесо может сильно изменяться.

Следовательно, тормозные усилия тоже должны будут распределяться по-разному.

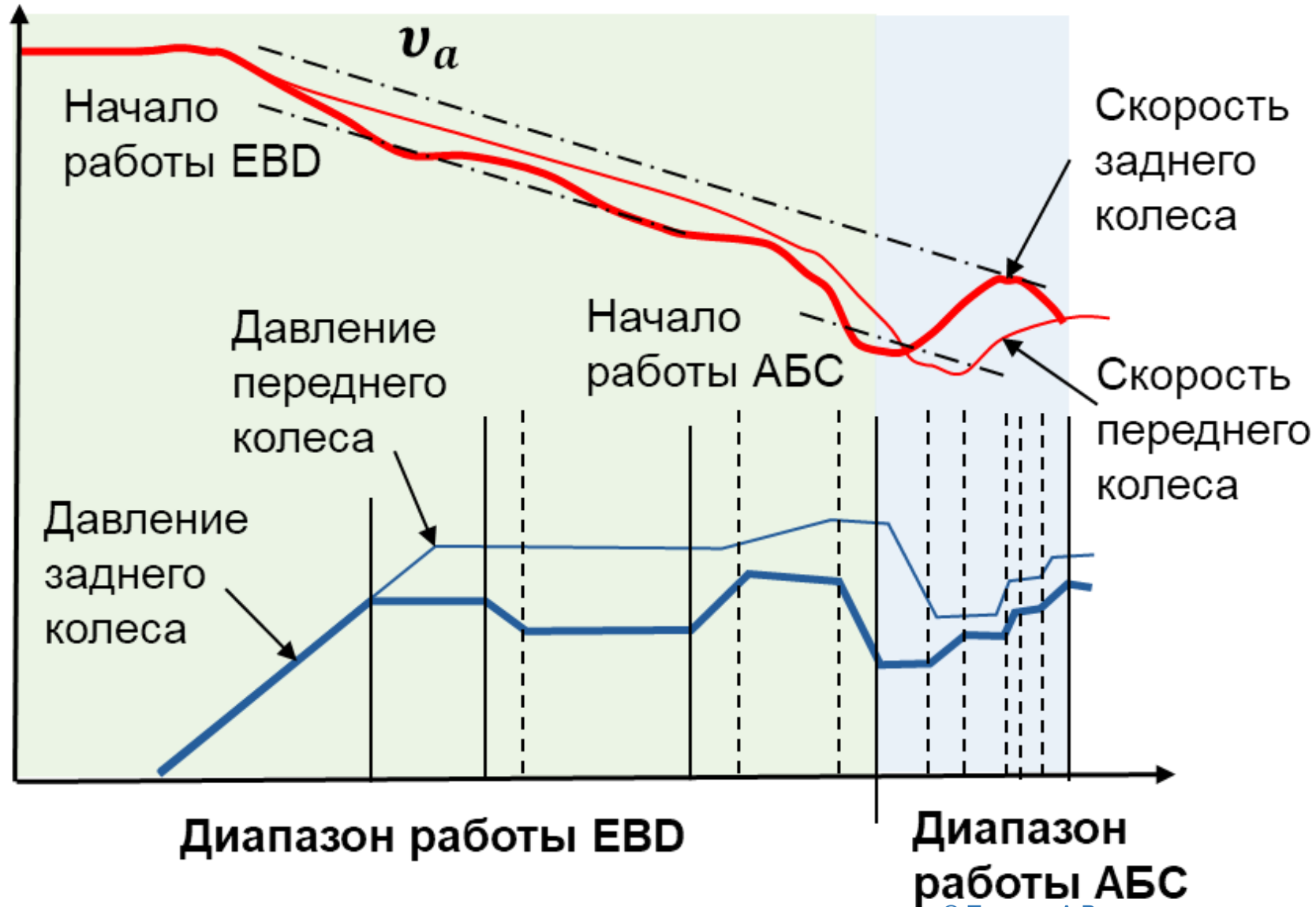
Система EBD в состоянии индивидуально регулировать тормозные усилия, передаваемые на каждое отдельное колесо.

Таким образом система в состоянии учитывать различия в сцеплении с дорожным покрытием каждого отдельного колеса.

EBD распознаёт уменьшение угловой скорости одного или обоих задних колёс и снижает тормозное давление в соответствующем колесе или колёсах.



Принцип работы системы EBD



Принцип работы системы EBD

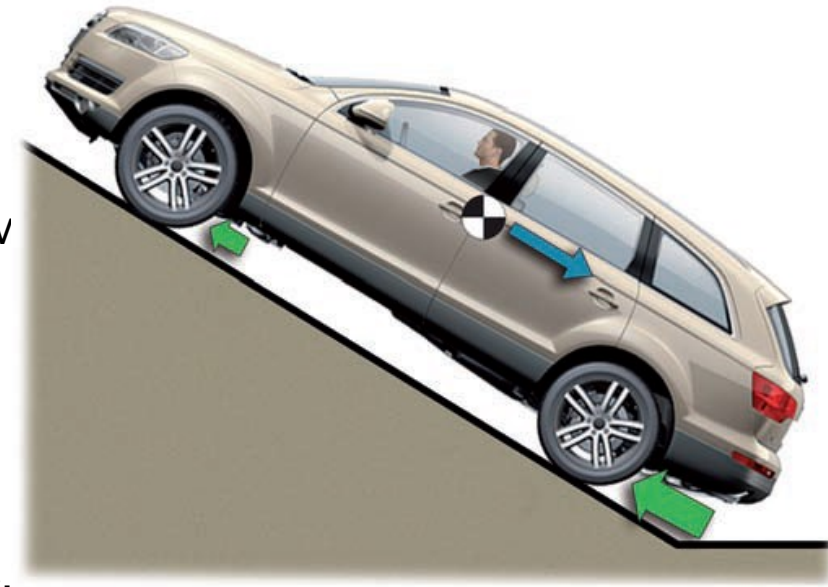
При движении задним ходом работа функции EBD может привести к **перетормаживанию** передней оси. Поскольку при движении задним ходом направление задаётся колёсами передней оси, перетормаживание передней оси может привести к заносу автомобиля, причём автомобиль перестанет реагировать на повороты рулевого колеса.

Следствием является потеря курсовой устойчивости с высокой вероятностью аварии. Особенно критической будет такая ситуация при движении задним ходом по бездорожью вниз по склону.

На моделях автомобилей, предназначенных для движения по грунтовым дорогам или бездорожью, при движении задним ходом функция EBD работает в противоположном направлении: при торможении ограничивается тормозное давление на передней оси.

Это происходит при включении внедорожного режима («offroad») клавишей ESP или при включении ассистента движения на спуске. Движение задним ходом распознаётся датчиками частоты вращения колёс.

На моделях, колёсные датчики которых не распознают направление вращения, задний ход распознаётся с помощью соответствующего анализа частот вращения колёс, угла поворота рулевого колеса и скорости поворота автомобиля вокруг вертикальной оси.



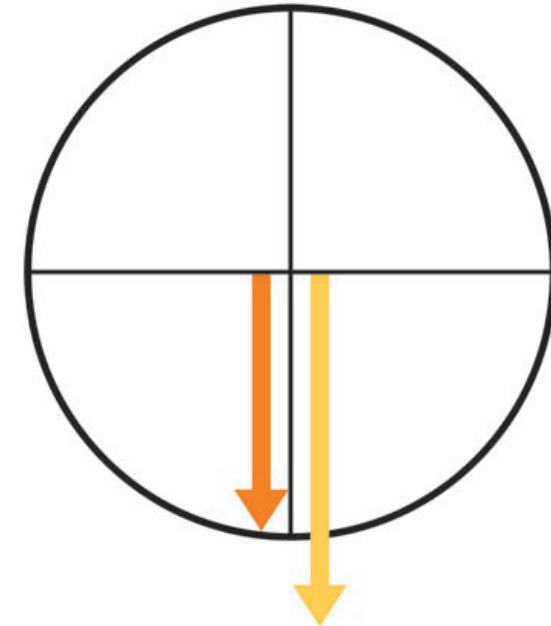
Противобуксовочная система

Противобуксовочная система (нем. AntriebsSchlupfRegelung, ASR), англ. Traction control system, TCS; Dynamic Traction Control, DTC) – электрогидравлическая система автомобиля, предназначенная для предотвращения потери сцепления колес с дорогой посредством контроля за буксованием ведущих колёс.

Круговая диаграмма сил

Прилагаемое тяговое усилие (*жёлтая стрелка*) больше, чем максимально передаваемое (радиус круга). Проскальзывание ведущего колеса приобретает критическую величину, срабатывает система ПБС.

Подводимый к ведущим колёсам крутящий момент уменьшается до величины, которая может быть преобразована в пятне контакта в тяговое усилие (*оранжевая стрелка*).



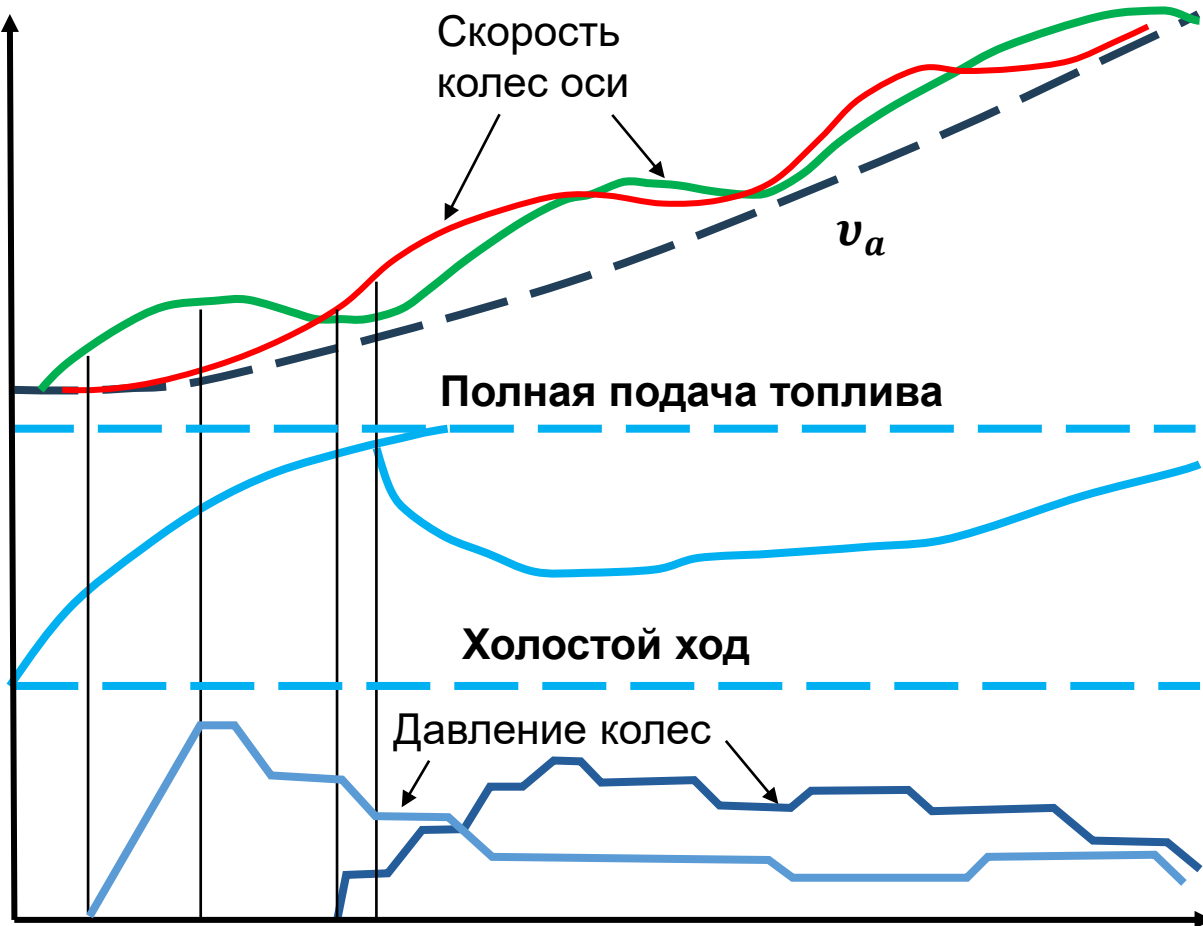
Система **ПБС** предупреждает пробуксовку колёс во всём диапазоне скоростей автомобиля:

- при низких скоростях движения (от 0 до 80 км/ч) система обеспечивает передачу крутящего момента за счёт подтормаживания ведущих колёс;
- при скорости выше 80 км/ч усилия регулируются за счёт уменьшения передаваемого от двигателя крутящего момента.

Противобуксовочная система

Видеофрагмент (<https://youtu.be/iBU2n-HI2oM>)

Принцип работы противобуксовочной системы

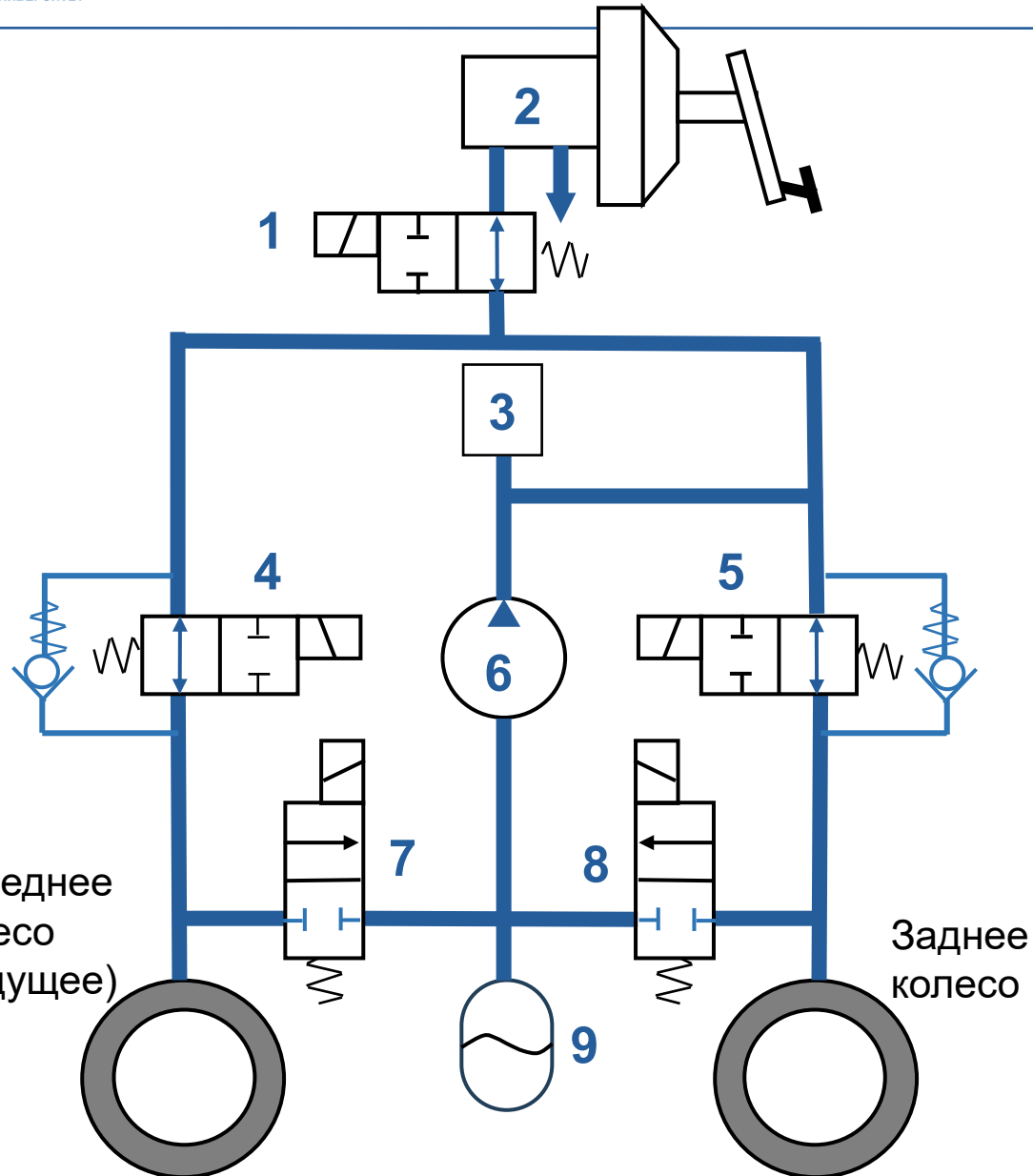


В зависимости от автомобиля, для работы ПБС могут применяться разные стратегии. Наиболее распространённая состоит в том, что когда ЭБУ определяет, что скорость вращения ведомых колёс превышает скорость других колёс на определённую величину, в ЭСУД отсылается сигнал уменьшить крутящий момент двигателя.

ЭСУД соответственно уменьшает выходной крутящий момент двигателя, закрывая клапан дроссельной заслонки (в автомобилях с электронной дроссельной заслонкой), регулируя установку опережения зажигания и/или перекрывая подачу топлива.

Если прокручивание колеса всё же превышает предел или если скорость одного колеса превышает скорость другого ведомого колеса на определённую величину, то на соответствующее колесо (колёса) гидравлическим блоком подаётся тормозная сила.

Структура гидравлического контура ПБС



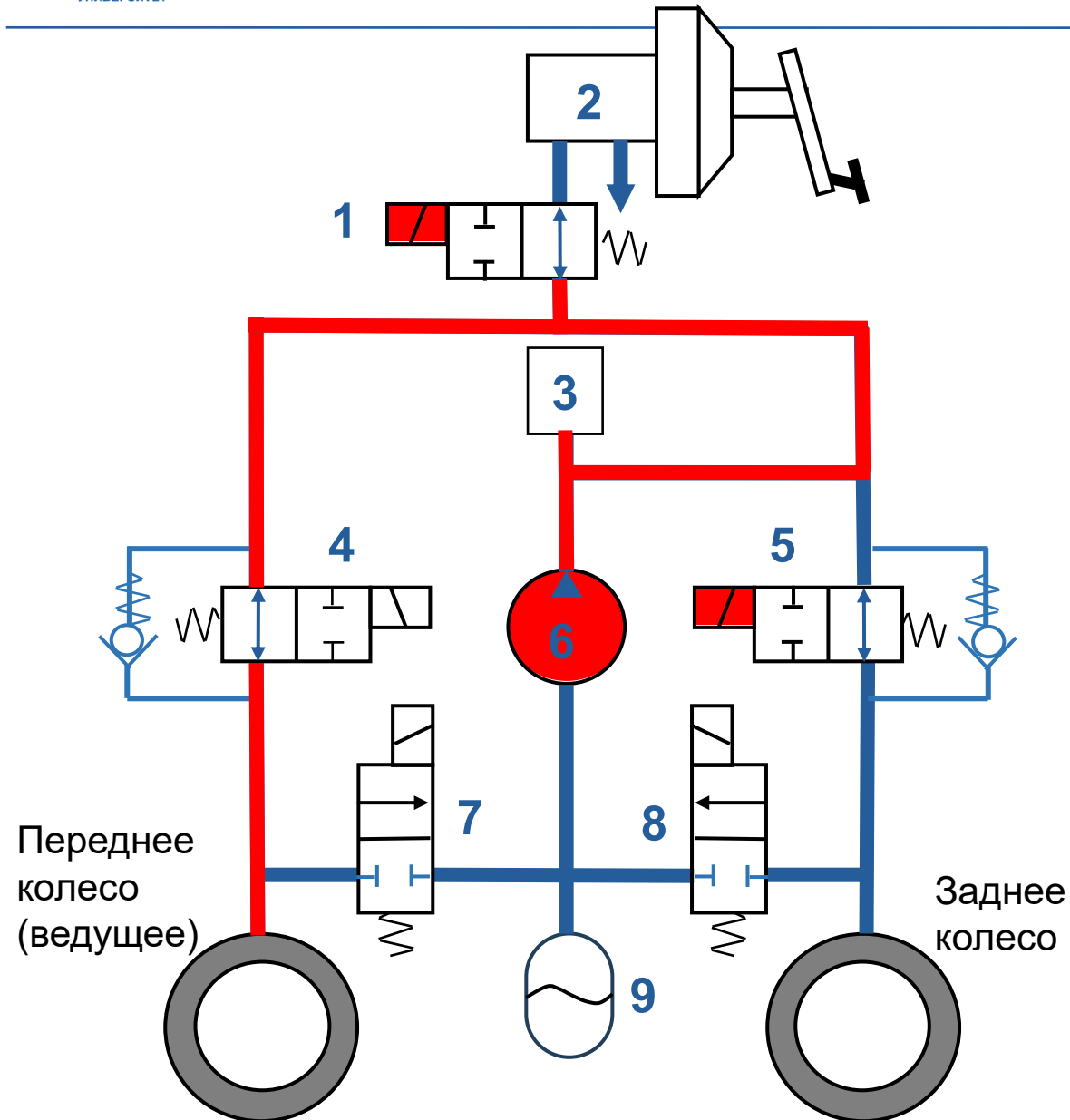
Гидравлический блок оснащён 10 электромагнитными клапанами, которые могут включаться для работы АБС и ПБС. Она имеет на два клапана больше, чем автомобиль с четырёхканальной АБС.

Дополнительные клапаны являются электромагнитными **клапанами контроля тягового усилия** (нормально открытые). Для каждого тормозного контура используется один клапан. Они согласуются с главным тормозным цилиндром и впускными клапанами АБС.

Это гарантирует, что тормозной контур можно отделить от главного тормозного цилиндра во время работы ПБС.

- 1 – клапан контроля тягового усилия
- 2 – главный тормозной цилиндр
- 3 – демпфирующая камера
- 4, 5 – впускной клапан
- 6 – насос обратной подачи
- 7, 8 – впускной клапан
- 9 – аккумулятор давления

Режим повышения давления ПБС



Контроль тягового усилия через тормозную систему может работать в трех режимах:

- в режиме повышения давления;
- в режиме удержания давления;
- в режиме снижения давления.

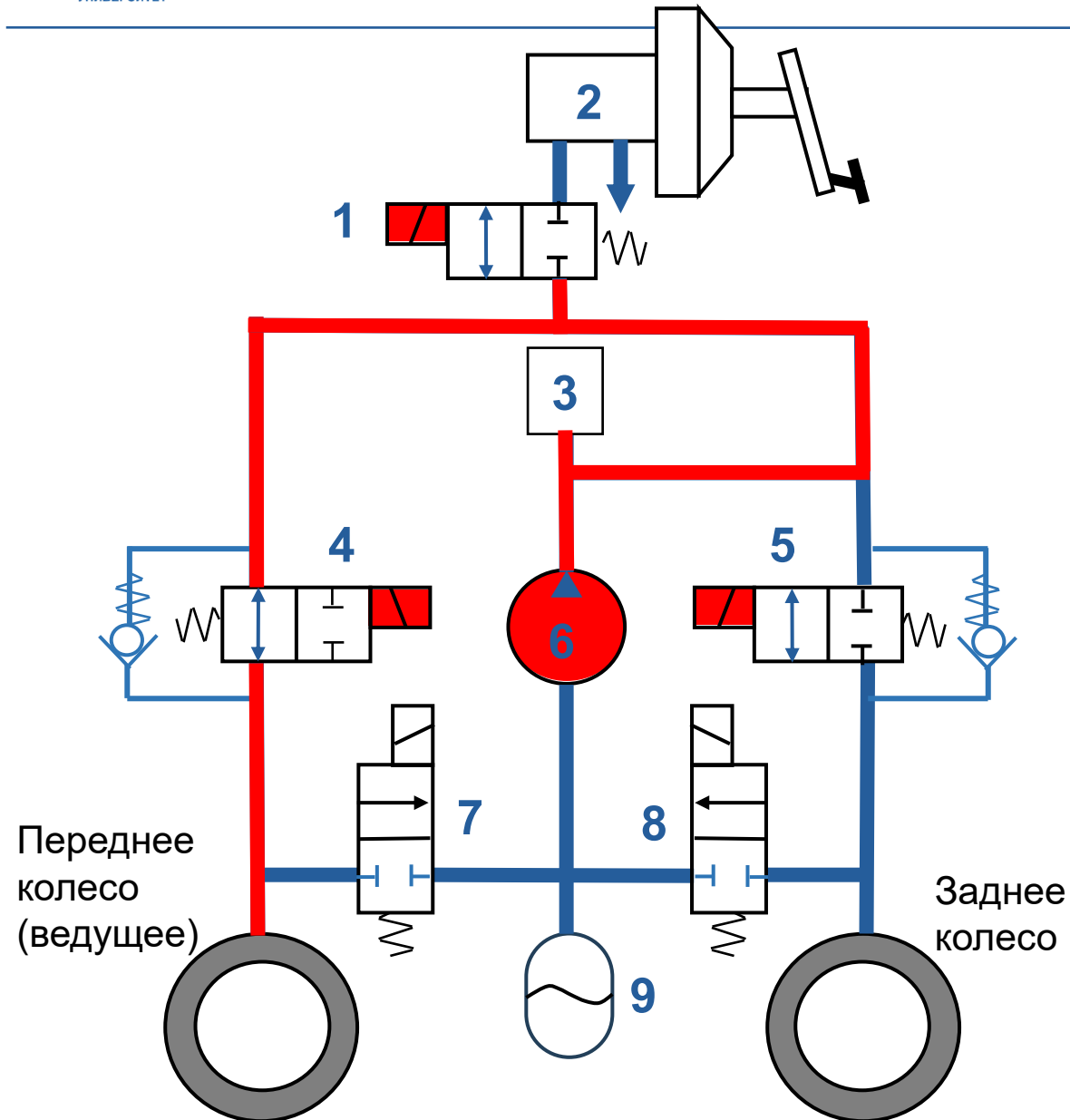
На основании входных сигналов, поступающих от датчиков передних колёс, ЭБУ узнаёт, что колесо проскальзывает.

ЭБУ **включает клапан контроля тягового усилия** в тормозном контуре для колеса RF и LR. Это делается для того, чтобы отделить тормозной контур от главного тормозного цилиндра и дать возможность насосу повысить давление в соответствующем тормозном контуре.

Чтобы гарантировать, что работа ПБС для колеса RF не влияет на колесо LR, ЭБУ включает **впускной клапан LR**.

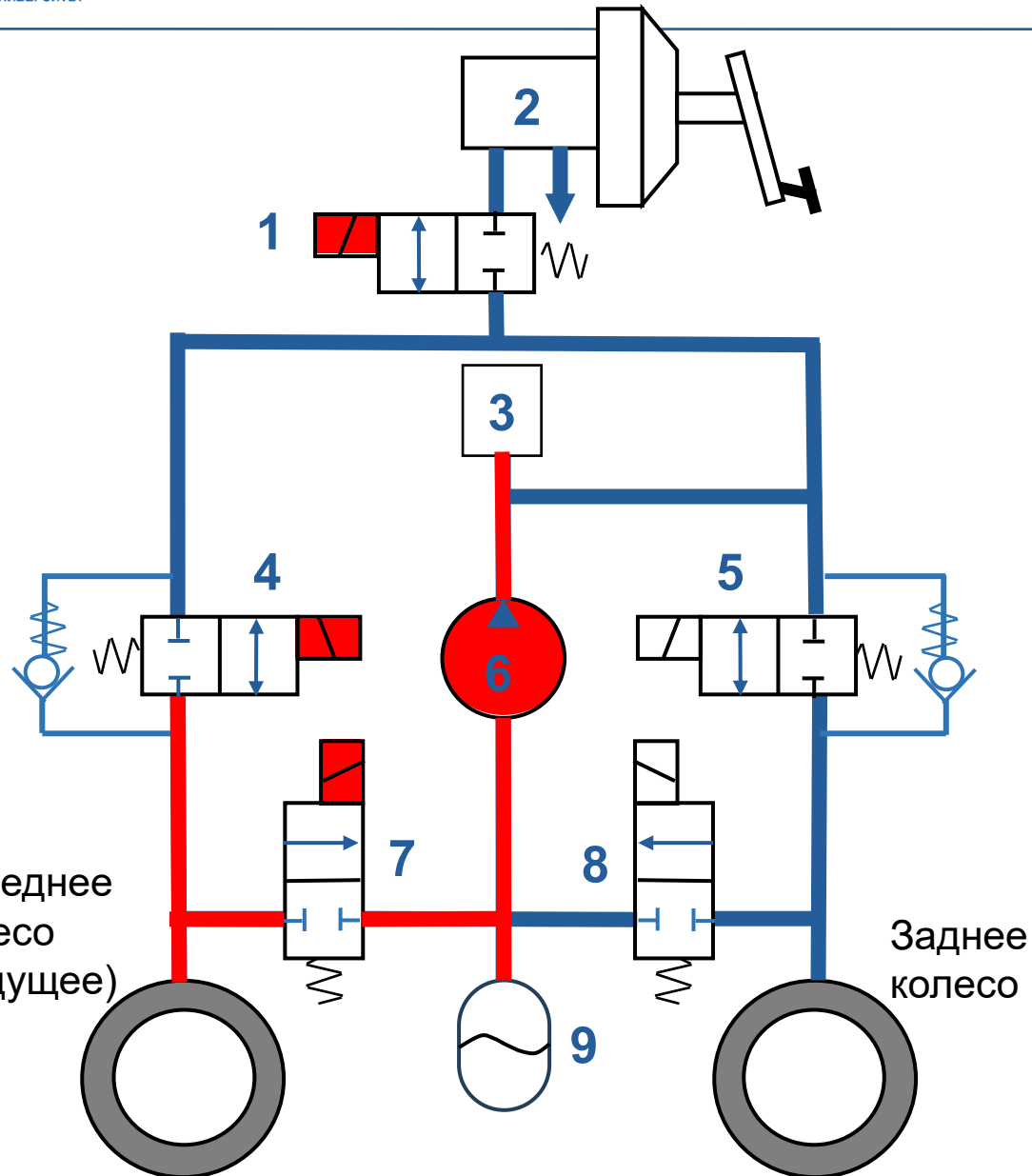
Электродвигатель насоса включается, давление в соответствующем тормозном контуре повышается, и к проскальзывающему колесу прилагается тормозная сила.

Режим удержания давления ПБС



Когда ЭБУ обнаруживает, что проскальзывание колеса уменьшилось, он переключается на режим удержания давления путём дополнительного включения (закрытия) **впускного клапана RF**, чтобы поддерживать созданное давление внутри соответствующего тормозного суппорта. Далее ЭБУ отключает электродвигатель насоса.

Режим снижения давления ПБС



Когда ЭБУ обнаруживает, что скорость колеса меньше подходящей для скорости автомобиля, он уменьшает тормозную силу, прилагаемую к этому колесу, путём открытия **выпускного клапана** и включения **насоса**.

Посредством этого давление тормозной жидкости снижается, а скорость колеса увеличивается.

Если скорость колеса слишком увеличивается, превосходя скорость автомобиля выше указанного предела, работа ПБС начинается снова из режима увеличения давления.

Система управления торможением двигателем

Используется при проскальзывании колёс во время торможения двигателем. Эта ситуация может возникнуть при резком отпуске педали акселератора или при резком отпуске педали сцепления при движении с низкими оборотами двигателя.

Система (*Motor Schleppmoment Regelung, MSR*) снижает эффективность торможения двигателем, вмешиваясь в работу системы управления двигателем и увеличивая его крутящий момент.

Система регулирования крутящего момента при торможении двигателем (**MSR**) представляет собой противоположность системы **ПБС**.

Если система распознаёт, что ведущие колёса в результате торможения двигателем проскальзывают, она даёт двигателю команду увеличить момент привода, что снова приводит к облегчению вращения колёс.

Фаза проскальзывания колёс сокращается, и управляемость автомобиля восстанавливается.

Водитель отпускает педаль акселератора и включает более низкую передачу. Возникшая в результате этого на колесе сила торможения при неблагоприятных условиях движения может привести к проскальзыванию или даже блокированию колеса, что делает автомобиль неуправляемым.

Функция **MSR** влияет на эффективность торможения двигателем и снижает её, увеличивая крутящий момент двигателя.

Заключение

Электронные системы управления динамикой автомобиля способствуют автоматизации процесса торможения и разгона автомобиля, а также стабилизации траектории движения.

Антиблокировочная система тормозов предотвращает блокирование колёс автомобиля при торможении, что способствует сокращению тормозного пути и сохранению управляемости автомобиля.

Управление процессом торможения осуществляется на основе модуляторов давления, работающих по двух- или трехфазовому принципу.

Система электронного распределения тормозных сил обеспечивает одинаковое торможение всех колёс автомобиля независимо от действующей нагрузки.

Противобуксовочная система предназначена для предотвращения потери сцепления колёс с дорогой в процессе разгона путем притормаживания буксующего колеса.

Система управления торможением двигателя используется при проскальзывании колёс во время торможения двигателем.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите принцип работы антиблокировочной системы автомобиля.
2. Перечислите основные требования, предъявляемые к антиблокировочной системе.
3. Как вычисляется коэффициент скольжения? Что он характеризует?
4. Какой допуск скольжения имеет система АБС?
5. Какова зависимость тормозной силы от коэффициента скольжения?
6. Что входит в состав антиблокировочной системы?
7. В чем заключается особенность работы АБС на полноприводных автомобилях?
8. Опишите работу фазы нормального торможения.
9. Опишите работу фазы удержания давления.
10. Опишите работу фазы сброса давления.
11. Какие варианты включения модуляторов давления Вы знаете?
12. Опишите устройство электрогидравлического блока системы АБС.
13. Устройство и принцип действия датчика угловой скорости колеса.
14. Назначение системы распределения тормозных сил.
15. Принцип работы системы распределения тормозных сил.
16. Назначение противобуксовочной системы.
17. Принцип работы противобуксовочной системы.
18. Что необходимо добавить в систему АБС для придания ей функций ПБС?
19. Назначение и принцип работы системы управления торможением двигателем.

1. **Автомобильная техника: введение в специальность:** учебник / Пер. с немецкого. – Астана: Фолиант, 2017. – 720 с.
2. **Автомобильный справочник.** Пер. с англ. ООО «СтарСПб» - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2012. – 1280 с.
3. **Системы управления бензиновыми двигателями.** Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. – 432 с.
4. **Смирнов Ю.А., Муханов В.В.** Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилей: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 624 с.
5. **Соснин Д.А.** Электрическое, электронное и автотронное оборудование легковых автомобилей (Автотроника-4): учебник для вузов /Д.А. Соснин. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2015. – 416 с.
6. **Техническая эксплуатация, диагностирование и ремонт двигателей внутреннего сгорания:** учебник (с электронными приложениями / А.В Александров, С.В. Алексахин, И.А. Долгов, В.А. Тармин, М.Г. Шатров . – М.: РИОР, 2020. – 448 с.
7. **Ютт В.Е.** Электрооборудование автомобилей и электромобилей: учебник для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2019. – 480 с.