

Дисциплина «ЭСКТС»
Часть 3 «Мехатронные системы ходовой части автомобиля»
Тема 14 «Системы управляемых подвесок»
Лекция № 43 (2 часа)

Вопросы:

6. Подвески с активными стабилизаторами поперечной устойчивости.
7. Системы подвесок с активными рычагами.

6. Подвески с активными стабилизаторами поперечной устойчивости

Общие сведения

Поперечная устойчивость – это способность автомобиля двигаться по дорогам различного качества без опрокидывания относительно правых и левых колес или при отсутствии бокового скольжения.

Стабилизатор поперечной устойчивости (СПУ) – устройство в подвеске автомобиля, служащее для уменьшения боковых кренов в поворотах. Работающий на кручение торсион, предназначенный для создания сопротивления крену автомобиля. *Стойки стабилизатора* служат для соединения концов стабилизатора с центральным элементом подвески, например, с поворотным кулаком в независимой подвеске передних колес.

Основные минусы стабилизатора – это уменьшение хода подвески и ухудшение проходимости внедорожников. При поездках по бездорожью есть риск «вывешивания» колеса и потери контакта с опорной поверхностью.

В гидравлической системе за жесткость стабилизатора отвечает гидравлический привод. Конструкция привода может различаться в зависимости от установленной на автомобиль гидравлической системы.

У переднего стабилизатора поперечной устойчивости величина жесткости оказывает основное влияние на показатели поворачиваемости авто в начале изменения траектории движения. В таком случае повышенная жесткость способствует:

- увеличению крена;
- увеличению сцепления на передних колесах;
- снижению заднего сцепления с дорогой;
- повышению поворачиваемости в начале поворота;
- сниженной чувствительности управления.

При уменьшении уровня жесткости наблюдаются кардинально противоположные процессы, в том числе и снижение бокового крена. Для обеспечения большей надежности и полного устранения вероятности опрокидывания машины передний стабилизатор рекомендуется делать достаточно мягким.

У заднего СПУ повышение жесткости, как правило, вызывает:

- уменьшение величины крена;
- увеличение коэффициента сцепления на передних колесах;
- увеличение поворачиваемости при ускорении;

- уменьшение бокового сцепления в поворотах;
- повышение чувствительности управления.

Аналогично предыдущему варианту, при снижении жесткости торсиона начинают проявляться тенденции противоположного характера.

Стабилизаторы поперечной устойчивости включаются в работу при маневрировании автомобиля. Адаптивная подвеска использует этот компонент для уменьшения крена кузова автомобиля. При всех преимуществах СПУ ограничивает свойства независимой подвески. Связь колес стабилизатором уменьшает ход подвески каждого колеса, а также передает удары с одного колеса оси на другое. Это особенно актуально при движении по неровной дороге. При движении по бездорожью стабилизатор может привести к вывешиванию колеса и потере его контакта с дорогой. Кроме того, в силу фиксированной жесткости использование стабилизатора поперечной устойчивости предполагает достижение определенного компромисса между динамикой, управляемостью и комфортом. Разрешить возникший компромисс можно путем применения СПУ с управляемыми характеристиками (регулируемой жесткостью). Системы управления активными СПУ можно классифицировать по ряду признаков (рис. 2.13).

Активный стабилизатор

Активный СПУ может выполнять стандартное назначение, полностью отключаться и менять свою жесткость в зависимости от величины сил, действующих на кузов автомобиля. Активный стабилизатор состоит из двух частей, соединенных гидравлическим или электромеханическим исполнительным механизмом (рис. 1).



Рис. 1. Активные стабилизаторы поперечной устойчивости:
а, б – с гидроприводом; в – с электроприводом

В гидравлических системах гидронасос закачивает в полости привода рабочую жидкость, прокручивая половинные части стабилизатора, относительно друг друга (рис. 1, б). При этом, происходит изменение длины стабилизатора

или проворачивание рычагов на его концах (подъем одной из стоек и опускание другой). В результате, изменяется жесткость взаимодействия между суппортами колес оси или изменение их положения относительно исходного (соосного) состояния.

В электромеханических системах привод СПУ реализуется по средствам электродвигателя с редуктором (рис. 1, в). Устанавливают активный СПУ на одну или обе оси.

При прямолинейном движении привод распускает стабилизатор, чтобы последний не вмешивался в работу подвесок. В поворотах или при агрессивном движении жесткость стабилизатора увеличивается пропорционально нарастанию бокового ускорения и сил, действующих на автомобиль. Электроника определяет, в какую сторону развивается крен кузова, и автоматически закручивает части стабилизаторов на той стороне кузова, которая находится под нагрузкой. В дополнение, активные СПУ, установленные на обеих осях, могут влиять на склонность автомобиля к сносу или заносу.

Мехатронные системы СПУ можно классифицировать по ряду признаков (рис. 2).



Рис. 2. Классификационная структура активных систем СПУ

Различают несколько **способов** изменения жесткости активного СПУ:

- использование активного привода в конструкции стабилизатора;
- применение гидроцилиндров вместо стоек стабилизатора;
- установка гидроцилиндра вместо втулки стабилизатора.

Наряду с этим широко применяются активные стабилизаторы поперечной устойчивости, изменяющие жесткость в зависимости от условий движения. При повороте автомобиля активный стабилизатор реализует максимальную жесткость и, тем самым, обеспечивает минимальный крен кузова. При движении по грунтовой дороге жесткость стабилизатора снижается, что дает независимой подвеске в полном объеме сглаживать неровности. При езде по бездорожью для увеличения проходимости стабилизатор поперечной устойчивости полностью выключается.

Полуавтоматические системы (отключаемые СПУ) предусматривают дискретный режим управления по командам водителя.

Алгоритмы *автоматических* систем характеризуются степенью функциональности и отличаются количеством индикаторных параметров (количеством измерительных датчиков) и гибкостью реализации (сложность функции преобразования, обратная связь).

При повороте автомобиля активный стабилизатор реализует максимальную жесткость и, тем самым, обеспечивает минимальный крен кузова. При движении по грунтовой дороге жесткость стабилизатора снижается, что дает независимой подвеске в полном объеме сглаживать неровности. При езде по бездорожью для увеличения проходимости стабилизатор поперечной устойчивости полностью выключается.

Системы *превентивного управления* (телематические) строятся с применением средств телеметрии (радаров, видеокамер) и способны реализовать алгоритмы автоматического управления СПУ с упреждением дорожных условий и ситуации маневра.

Полностью отказаться от стабилизатора поперечной устойчивости позволяет адаптивная подвеска.

Электрогидравлическая система с ручным отключением стабилизатора с помощью кулачковой гидравлической муфты (рис. 3).

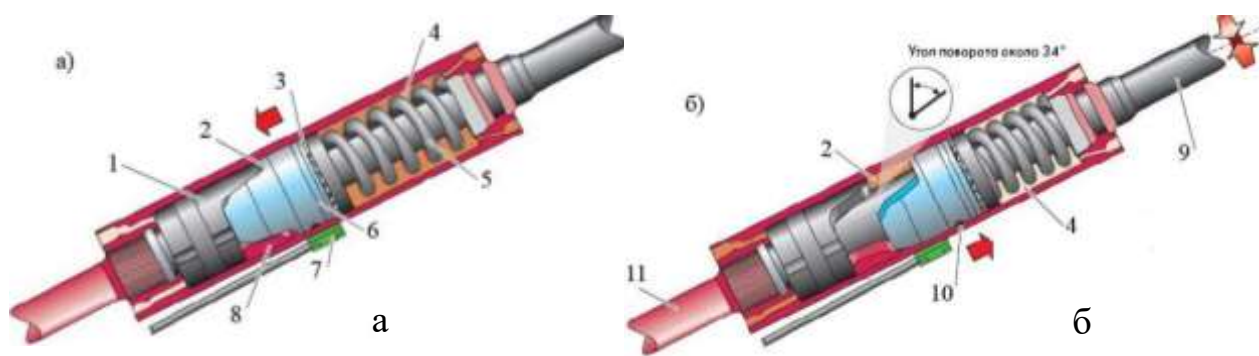


Рис. 3. Кулачковая муфта отключаемого стабилизатора поперечной устойчивости:

1 – охватывающая полумуфта; 2, 4 – рабочие полости; 3 – упорный подшипник; 5 – страхующая пружина; 6 – соединительный элемент; 7 – датчик состояния стабилизатора; 8 – охватываемая муфта; 9 – правое плечо; 10 – магнитный штифт; 11 – левое плечо

Отключение стабилизаторов производится соответствующей кнопкой, приводит к включению **электронасоса и электроклапанов**. Давление жидкости, создаваемое электрическим насосом, подается в рабочие полости муфт стабилизаторов через переключающие электроклапаны.

Для примера рассмотрим устройство и функционирование системы дискретного действия автомобиля *Touareg*. **Компоненты:**

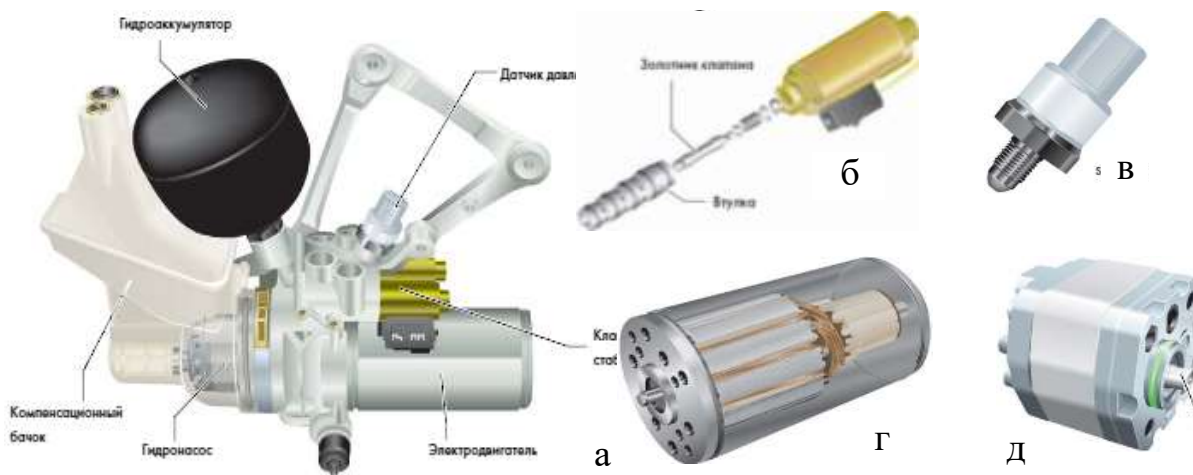


Рис. 4. Устройство и состав гидравлического блока Touareg:
 а – агрегат в сборе; б – электроклапан; в – датчик давления;
 г – электродвигатель; д – гидронасос

Система функционирует в режимах дискретного управления (рис. 5).

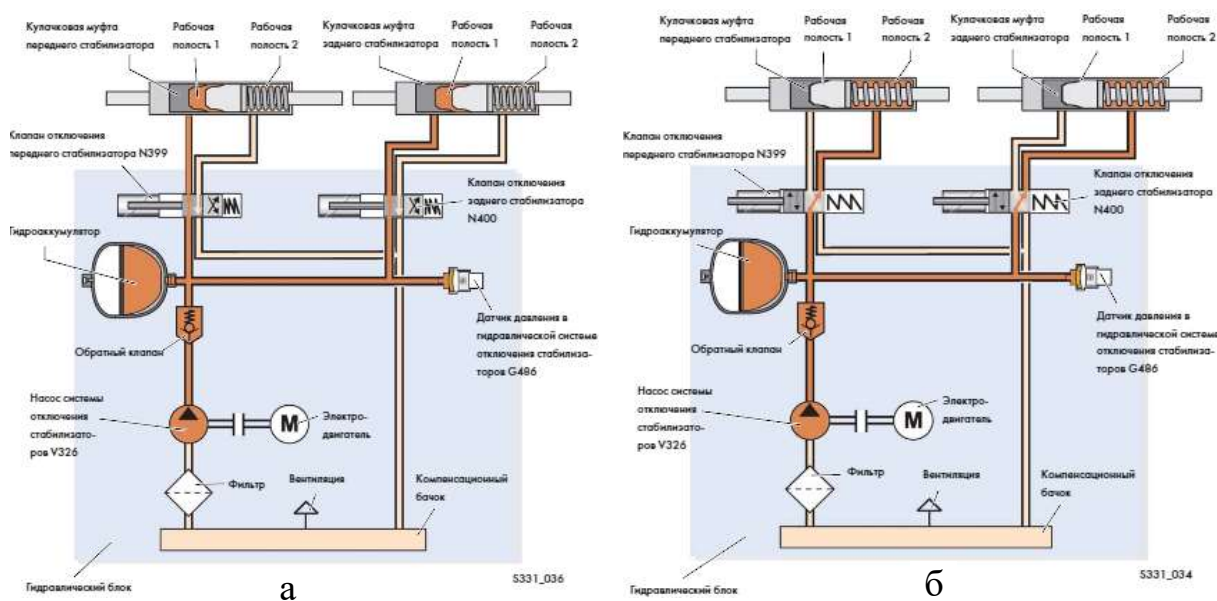


Рис. 5. Функционирование гидравлического блока Touareg:
 а – отключение; б – подключение

Система управления контролирует давление в гидромагистрали и факт срабатывания муфты (рис. 6).

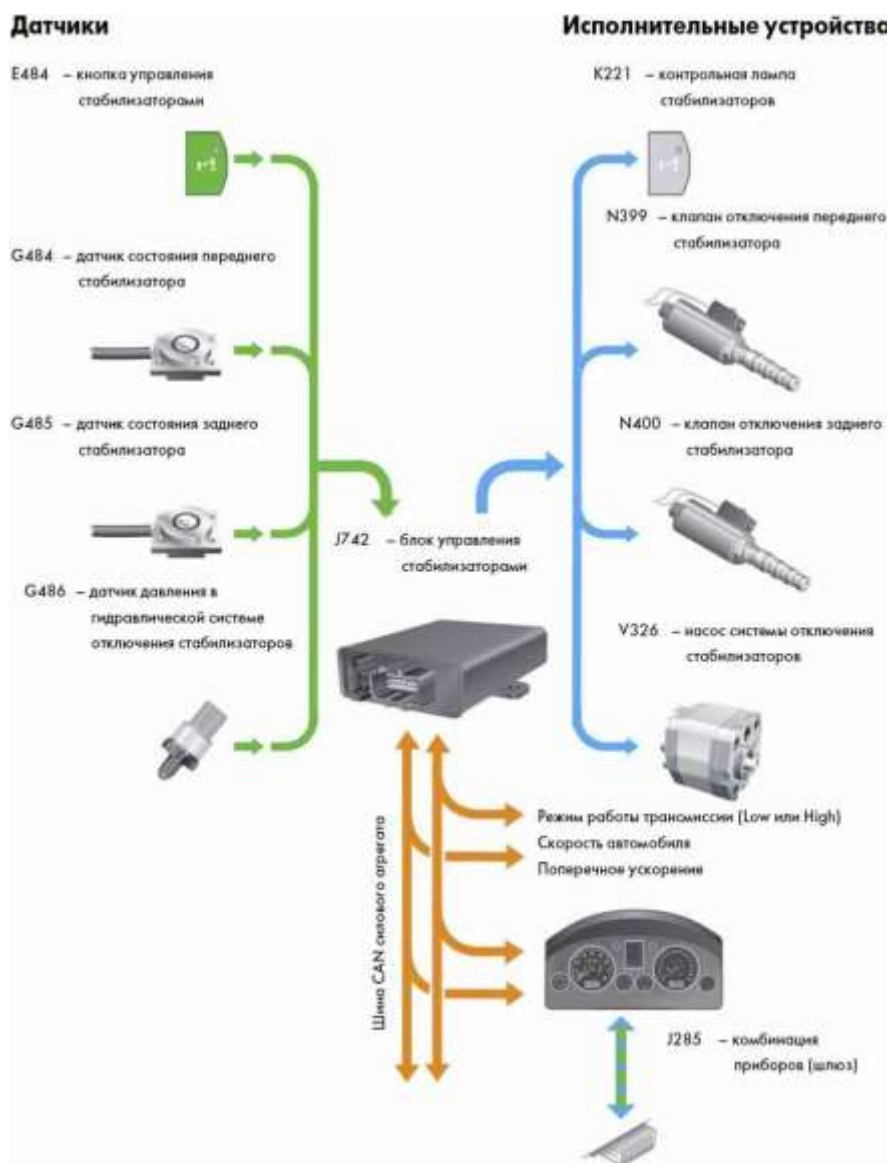


Рис. 6. Структурная схема управления стабилизаторами автомобиля Touareg

Кроме управляющих команд в ЭБУ по шине данных поступает информация о режимах силового агрегата (ДВС), трансмиссии, скорости движения автомобиля и поперечных ускорениях кузова.

Гидроэлектрические системы

Активный СПУ применяется в конструкции гидроэлектрических систем:

- Dynamic Drive на BMW;
- Dynamic Response на Land Rover.
- Active Curve System на Mercedes-Benz (с пневматической подвеской Airmatic);

Перечисленные системы имеют схожую конструкцию, которая включает передний и задний активные СПУ с гидравлическим приводом, гидронасос.

Используя сигналы датчиков ускорения и положения, система управления обеспечивает высокую маневренность на любой скорости, сбалансированную реакцию подвески на изменение нагрузки и точность рулевого управления.

Жесткость стабилизаторов изменяется в зависимости от режима движения автомобиля и его траектории. На повороте или при резком изменении направления движения в спортивном стиле жесткость стабилизаторов увеличится пропорционально действующим в поперечном направлении силам, предотвращая крен кузова. Активное распределение поперечной нагрузки между мостами снижает эффект недостаточной или избыточной поворачиваемости, повышает безопасность, комфорт и динамичность автомобиля в экстремальных ситуациях.

Силовая часть *гидроэлектрической системы противодействия кренам Dynamic Drive* состоит из гидронасоса с приводом от ДВС, гидроэлектрического блока и двух активных СПУ (рис. 7).

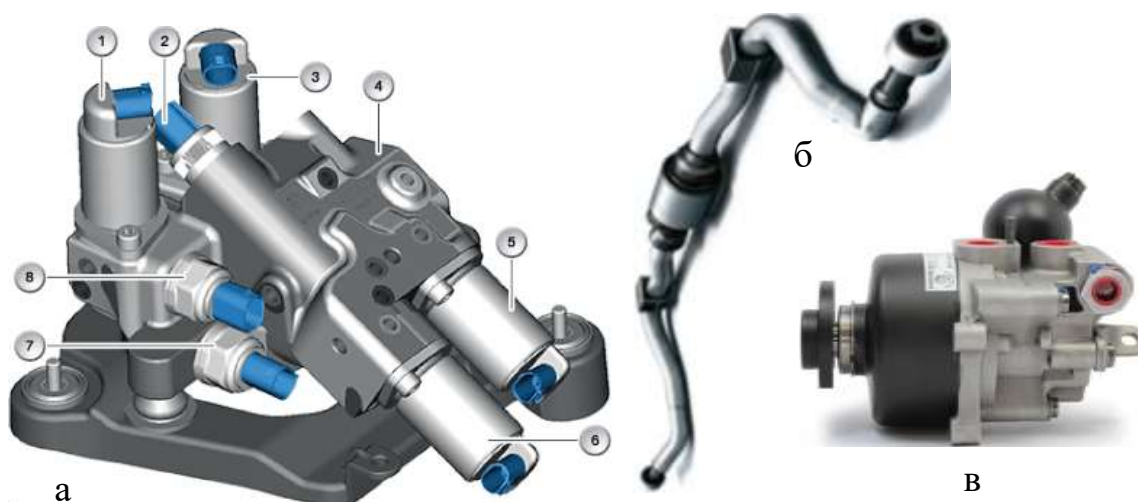


Рис. 7. Силовые компоненты системы Dynamic Drive: а – гидроэлектрический блок; б – активный стабилизатор; в – гидронасос

Гидроэлектрический блок системы включает клапана и датчики различного назначения (рис. 7, а): 1, 3 – клапаны регулировки давления передней и задней осей; 2 – датчик положения клапана; 4 – клапанный блок; 5 – предохранительный клапан; 6 – курсовой клапан; 7, 8 – датчики давления задней и передней оси.

Сдвоенный насос (рис. 7, б) обеспечивает подачу масла в контур системы Dynamic Drive, а также в контур усилителя рулевого привода. Сдвоенный насос состоит из радиально-поршневого узла для системы Dynamic Drive и лопастного узла для усилителя рулевого привода. Система Dynamic Drive и усилитель рулевого привода имеют общий масляный радиатор и масляный бачок.

Функционирование гидроэлектрического блока поясняется рис. 8.

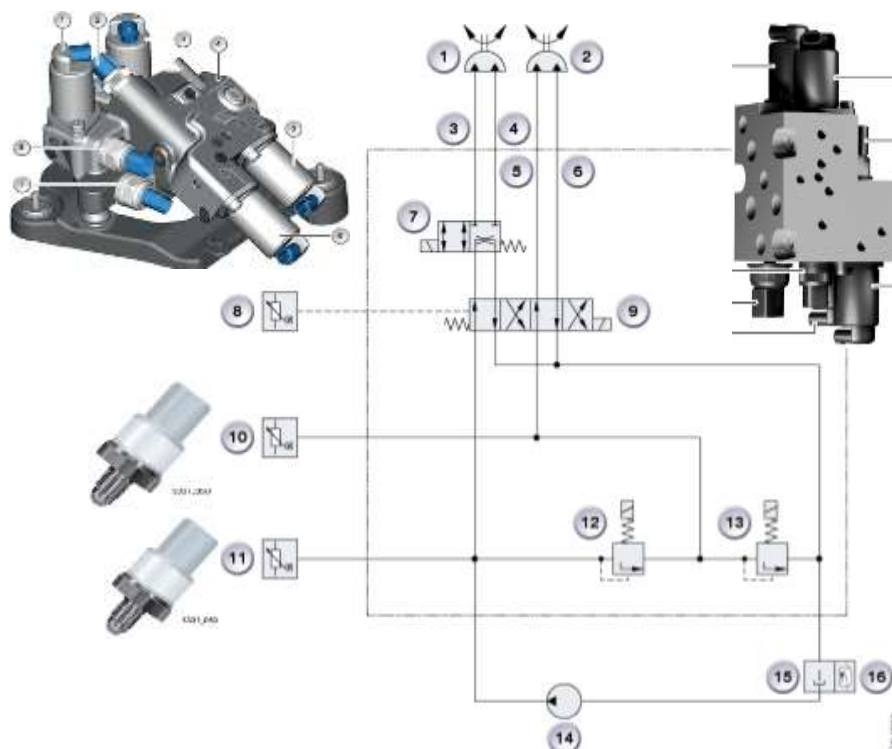


Рис. 8. Гидравлическая схема системы Dynamic Drive:

1, 2 – поворотные двигатели; 3, 4 – гидравлические контуры переднего моста; 5, 6 – гидравлические контуры заднего моста; 7 – клапан сохранения работоспособности; 8 – датчик положения клапана; 9 – курсовой клапан; 10, 11 – датчики давления; 12, 13 – нагнетательные клапаны; 14 – сдвоенный насос; 15 – бачок; 16 – датчик уровня рабочей жидкости

Датчики давления масла для СПУ передней и задней оси расположены в клапанном блоке. Нулевые точки датчиков давления запоминаются блоком управления Dynamic Drive с помощью диагностической команды в соответствующей сервисной функции.

Датчик положения клапана (Холла) расположен в клапанном блоке и служит для распознавания положения курсового клапана. Датчик активизируется магнитным полым цилиндром, закрепленном на штоке клапана. Датчик распознает 2 положения клапана.

Клапаны регулировки давления находятся в клапанном блоке и активизируются с помощью электропривода. При этом они регулируют давление для стабилизаторов передней и задней оси. При движении автомобиля по прямой клапаны регулировки давления находятся в обесточенном состоянии. Поток масла свободно проходит к бачку. При прохождении поворота на клапаны начинает подаваться ток. Давление в поворотных двигателях повышается и постепенно доводится до уровня заданного значения.

Курсовой клапан активизируется с помощью электропривода. Курсовой клапан задает направление потока масла для левого и правого поворотов гидромоторов СПУ. 4/2-ходовой клапан "подменяет" сторону нагнетания относи-

тельно стабилизатора. Курсовой клапан важный элемент с точки зрения безопасности. Поэтому для контроля курсового клапана предусмотрен отдельный датчик.

Предохранительный клапан (сохранения работоспособности) активизируется с помощью электропривода и в обесточенном состоянии перекрывает трубопровод поворотного двигателя передней оси.

Нагнетательные (обратные) клапаны обеспечивают подкачку масла и, тем самым, предотвращают кавитацию в поворотном двигателе.

Активный СПУ состоит из поворотного двигателя и установленных на нем половинок стабилизатора с напрессованными подшипниками качения. Вал и корпус поворотного двигателя соединяются соответственно с одной из половинок стабилизатора. В поворотном двигателе противоположные камеры соединяются друг с другом. Благодаря этому в камерах поддерживается одинаковое давление. В две камеры через штуцер под давлением подается масло. Две другие камеры соединены с помощью возвратного трубопровода с расширительным бачком. Разные давления создают разные силы. В результате возникает крутящий момент, поворачивающий вал относительно корпуса (рис. 9).

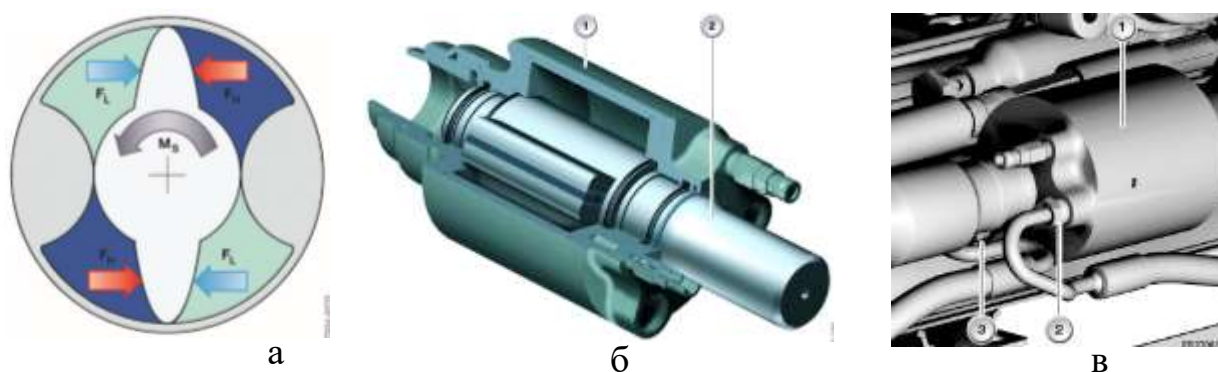


Рис. 9. Гидропривод активного стабилизатора Dynamic Drive:
а – схема распределения усилий; 2 – устройство; 3 – установка

Так как одна половинка стабилизатора соединена с валом, а другая - с корпусом, то и они поворачиваются относительно друг друга. Создаваемый при этом момент оказывает стабилизирующее воздействие на поперечные колебания. Максимальное давление в системе может составлять 180 бар.

Система управления Dynamic Drive осуществляет управление двумя активными стабилизаторами в зависимости от поперечного ускорения. Благодаря этому уменьшается поперечное колебание кузова автомобиля при прохождении поворотов и раскачка автомобиля на неровных участках дорожного покрытия.

Блок управления Dynamic Drive рассчитывает на основе входных сигналов, каким образом должны активизироваться поворотные двигатели. Одновременно проверяется достоверность входных сигналов для контроля системы в целом:

- давление в контуре передней оси;

- давление в контуре задней оси;
- положение курсового клапана;
- поперечное ускорение;
- уровень масла в бачке.

Дополнительно также обрабатываются сигналы PT-CAN: поперечное ускорение; скорость вращения автомобиля вокруг вертикальной оси; скорость движения; угол поворота рулевого колеса.

Управление клапанами осуществляется путем регулировки силы тока (сигнал с широтно-импульсной модуляцией). По шине PT-CAN на блок управления DME или DDE поступает сигнал о необходимости создания дополнительной мощности во время пуска-наладки. На стоящем автомобиле система Dynamic Drive неактивна, все клапаны обесточены, СПУ не создают моменты. На неровно стоящем (неравномерно нагруженном) автомобиле регулировка не осуществляется несмотря на измеряемое поперечное ускорение. Система Dynamic Drive активизируется начиная со скорости 15 км/ч.

В гидроэлектрической системе *Dynamic Response* используются СПУ с гидравлическим приводом на обоих осях автомобиля, которые активизируются давлением, поступающим от гидравлического блока (рис. 10).

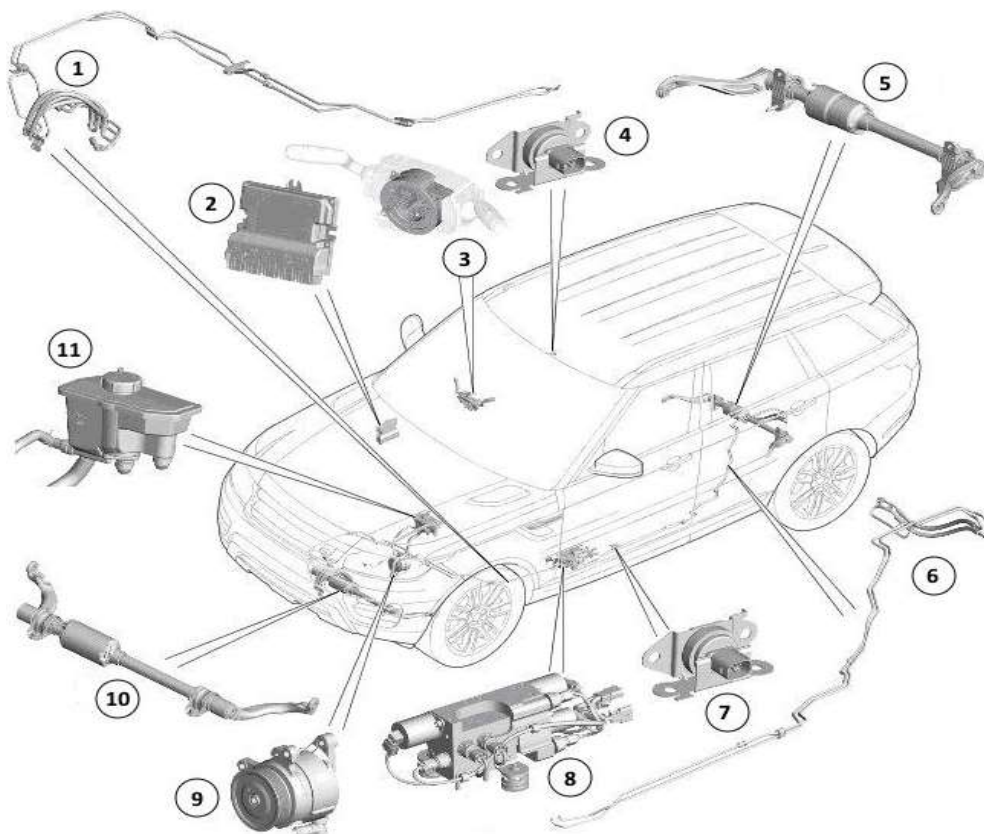


Рис. 10. Размещение компонентов системы Dynamic Response:
 1, 6 – трубопроводы; 2 – ЭБУ; 3 – датчик угла поворота рулевого колеса;
 4, 7 – датчики ускорения; 5, 10 – активные СПУ; 8 – блок клапанов;
 9 – гидравлический насос; 11 – бачок рабочей жидкости

Устройство компонентов (рис. 11).

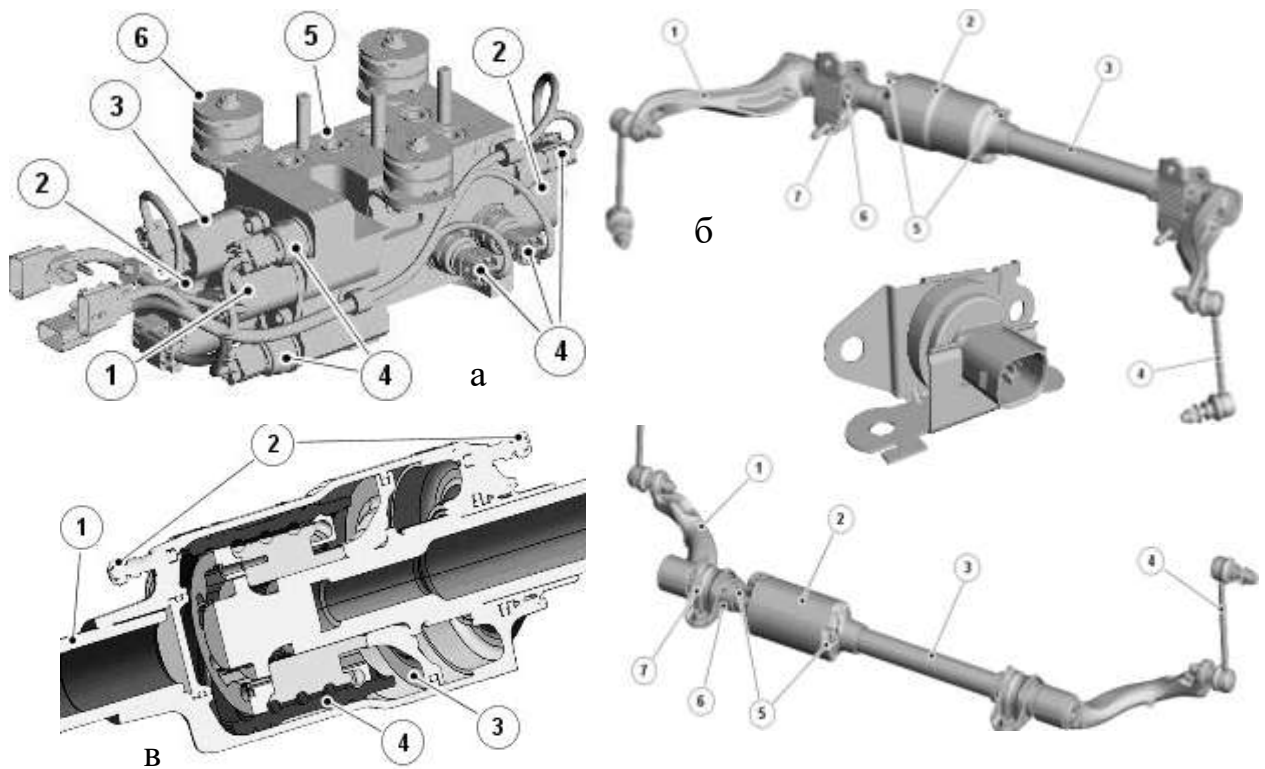


Рис. 11. Компоненты системы Dynamic Response:

а – блок клапанов; б – активный СПУ; в – привод СПУ; г – датчик ускорения

а: 1 – клапан регулировки давления; 2 – пропорциональный направляющий гидрораспределитель; 3 – предохранительный управляющий клапан; 4 – датчики давления; 5 – гидравлические отверстия; 6 – изолирующие опоры.

б: 1 – рычаги; 2 – исполнительный механизм; 3 – торсион; 4 – стойка стабилизатора; 5 – винты выпуска воздуха; 6 – сайлент-блок; 7 – кронштейн.

в: 1 – торсион; 2 – штуцера; 3 – поршень; 4 – шариковый винт.

Блок клапанов регулирует подаваемое на каждый привод давление с помощью двух пропорциональных направляющих гидрораспределителей с электроприводом. Регулятор давления с электромагнитным приводом контролирует подачу требуемого давления в систему. Все три электромагнитных клапана контролируются посредством сигналов, получаемых от ЭБУ. Пять датчиков давления контролируют давление, создаваемое регулятором давления, и давление в отдельных магистралях исполнительных механизмов. Предохранительный управляющий клапан обеспечивает защиту системы в случае заклинивания клапана регулировки давления или замыканий его питания - закрыт, когда автомобиль неподвижен.

От СПУ, усилие компенсации крена передается на рычаг подвески через шаровые шарниры стоек стабилизаторов поперечной устойчивости. **Передние**

стойки крепятся к переднему амортизатору, а задние стойки крепятся к нижнему рычагу задней подвески.

Гидравлическая жидкость под давлением подается на одну или другую сторону поршня 2. Шариковый винт 4 преобразует осевое усилие на поршне 3 во вращательное движение привода. В итоге созданный приводом крутящий момент противодействует усилиям, вызывающим крен автомобиля при прохождении поворотов.

В системе управления используется информация с оригинальных датчиков и датчиков других мехатронных систем:

- давления в блоке клапанов;
- два датчика ускорения кузова (акселерометры);
- угла поворота рулевого колеса;
- скорости движения автомобиля или вращения колес (ABS);
- частоты вращения двигателя;

Блок управления обрабатывает сигналы с двух датчиков ускорения, а также датчиков угла поворота рулевого колеса и скорости движения автомобиля для расчета фактического поперечного ускорения кузова и формирования соответствующего сигнала управления СПУ.

В гидроэлектрической системе динамической стабилизации подвески в поворотах ACS (Active Curve System) используются активные СПУ с гидроприводом на каждой оси (рис. 12).

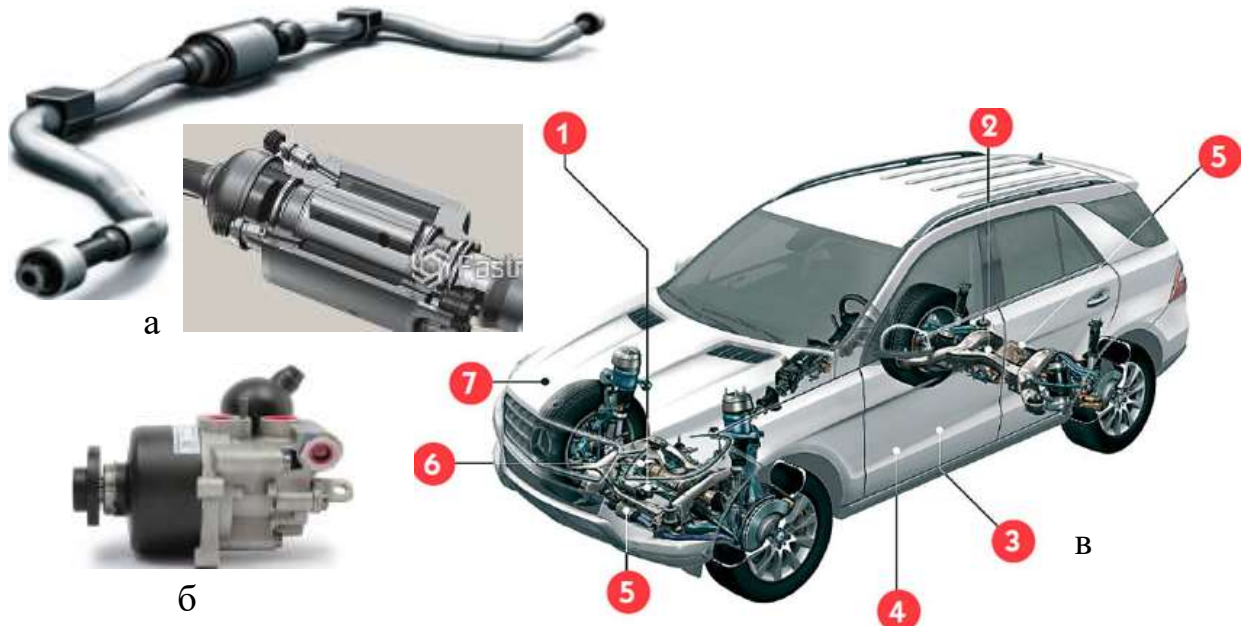


Рис. 12. Размещение элементов системы ACS:

- 1, 2 – блоки клапанов и датчиков давления передней и задней оси; 3 – ЭБУ;
 4 – датчик поперечного ускорения; 5 – активные СПУ с гидроприводами;
 6 – гидравлический насос с ременным приводом;
 7 – масляный бак гидравлической системы

Три камеры привода обеспечивают вращение в одну сторону, другие три – в другую (рис. 12, а). Давление рабочей жидкости создает крутящий момент, противодействующий крену кузова. Гидравлический насос приводится в действие от коленчатого вала двигателя. Интенсивность потока жидкости изменяется в зависимости от частоты вращения двигателя.

Блок клапанов регулирует давление жидкости, подаваемой на приводы стабилизаторов. Блок клапанов включает: электромагнитный регулятор давления, редукционный клапан, два электромагнитных гидрораспределителя (по числу активных стабилизаторов), электромагнитный предохранительный клапан, датчики давления.

Регулятор давления поддерживает заданное давление в системе. Редукционный клапан перепускает излишки жидкости в бачок. Гидрораспределители направляют потоки жидкости в зависимости от режима работы стабилизатора. Предохранительный клапан отключает систему и жестко блокирует стабилизатор. Датчики давления контролируют давление в системе и в отдельных магистралях гидравлических приводов.

Система управления СПУ включает датчики: давления в блоке клапанов, угла поворота рулевого колеса, ускорения. Кроме того ЭБУ использует данные о скорости движения (от блока управления ABS), частоте вращения коленчатого вала (от блока управления двигателем). На основании сигналов ЭБУ формирует управляющие сигналы на исполнительные устройства: регулятор давления, гидрораспределители, предохранительный клапан.

За счет создания разного давления на переднем и заднем приводе стабилизаторов система может изменять баланс управляемости автомобиля (компенсировать недостаточную или избыточную управляемость). На низких скоростях движения повышается маневренность автомобиля, на высоких скоростях – увеличивается чувствительность рулевого управления.

Благодаря датчикам давления в поворотных переключателях переднего и заднего моста и датчику поперечного ускорения система ACS обнаруживает раскачивающие силы, оказывающие влияние на автомобиль. Электронный блок отправляет управляющий сигнал в клапанные блоки на переднем и заднем мостах и регулирует производимую гидравлическим насосом циркуляцию масла. В результате давление в камерах и настройка установленных на каждом из мостов активных стабилизаторов ходовой части регулируются в соответствии с дорожной ситуацией.

В *гидроэлектрической системе динамического контроля шасси* (первый вариант) *PDCC-1* (Porsche Dynamic Chassis Control) используются активные стабилизаторы с поворотными гидродвигателями (рис. 13).

Передний гидродвигатель СПУ разделен на три камеры, а задний – на две. Распределительное устройство – 60 % масла на СПУ передней оси, 40 % - задней оси.

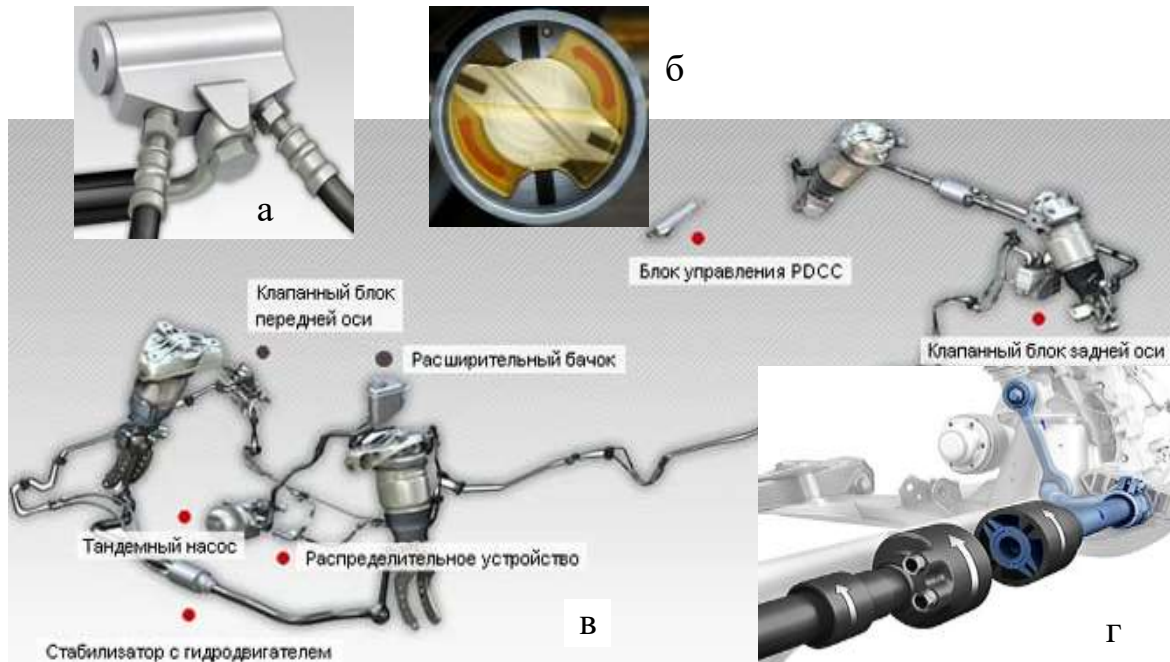


Рис. 13. Устройство системы PDCC-1:
 а – распределительное устройство; б – устройство привода СПУ;
 в – гидравлическая система; г – активный стабилизатор

Во втором варианте системы динамического управления шасси *PDCC-2* для ограничения кренов кузова вместо жестких стоек связи СПУ с амортизаторами используются гидроцилиндры.

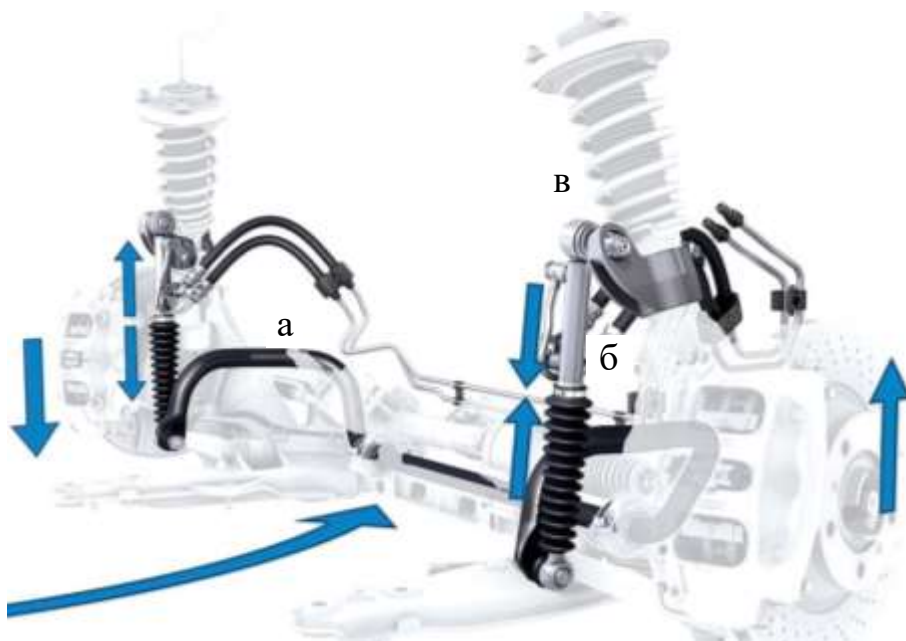


Рис. 14. Действие сил в подвеске PDCC-2:
 а – стабилизатор; б – гидроцилиндры; в – амортизационные стойки

Система регистрирует боковые крены автомобиля при движении в повороте еще в самом начале с помощью датчиков угла поворота руля и поперечного ускорения.

Система кинетической стабилизации подвески **KDSS** (Kinetic Dynamic Suspension System), разработанная компанией Toyota для внедорожников представляет собой замкнутый гидравлический контур, объединяющий два гидроцилиндра, гидроаккумулятор, клапаны, блок управления и датчики. В отличие от системы PDCC гидроцилиндры в системе KDSS **соединяют СПУ с кузовом** (рис. 15).

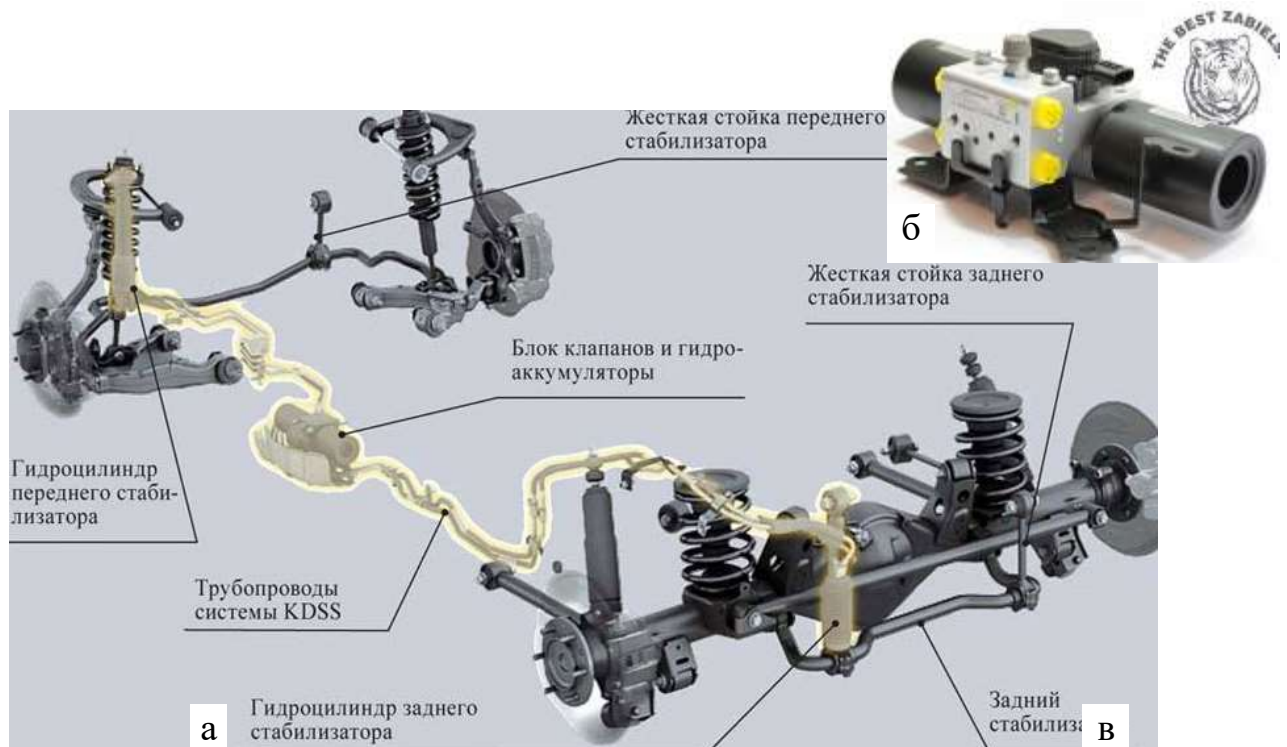


Рис. 15. Устройство системы KDSS:
а – гидравлическая система; б – гидроблок

При движении по шоссе клапаны закрыты, жидкость в системе не движется, поршни в гидроцилиндрах заблокированы, передний и задний стабилизаторы жестко связаны с кузовом и выполняют свои функции в полном объеме. Движение по неровной дороге приводит к частичному открытию клапанов, разблокированию гидроцилиндров, что приводит к снижению колебаний (тряски) кузова. На бездорожье жидкость свободно перемещается в системе, стабилизатор поперечной устойчивости полностью отключен.

Электромеханические стабилизаторы

Электромеханическая система **ASSS** (Active Stabilizer Suspension System) от Toyota состоит из двух активных СПУ и электронной системы управления (рис. 16).

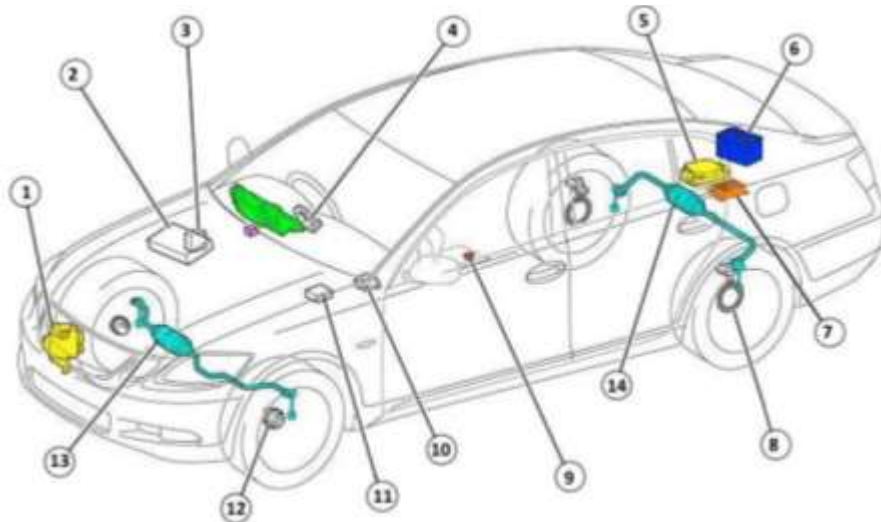


Рис. 16. Схема системы активной стабилизации подвески ASSS:
 1, 5 – ЭБУ переднего и заднего СПУ; 2 – ЭБУ системы курсовой устойчивости; 3 – ЭБУ адаптивной подвески; 4 – датчик угла поворота рулевого колеса; 6 – АКБ; 7 – преобразователь постоянного тока; 8, 12 – датчики частоты вращения заднего и переднего колес; 9 – кнопка управления амортизаторами; 10 – датчик угловой скорости и ускорения; 11 – ЭБУ системы динамического рулевого управления; 13, 14 – передний и задний СПУ

Электромеханический привод объединяет электрический двигатель постоянного тока с питающим напряжением 46 В и планетарный редуктор. Для согласования генератора с двумя системами электропитания используется DC/DC преобразователь.

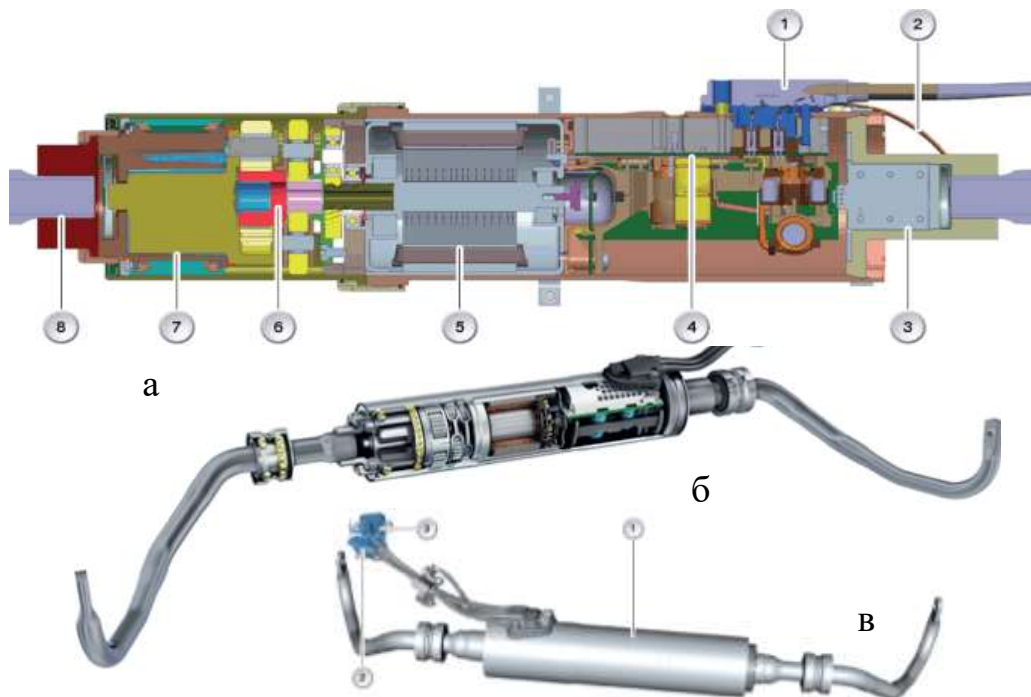


Рис. 17. Электромеханический привод СПУ:
 1 – электрический разъем; 2 – провод на массу; 3 – датчик крутящего момента; 4 – ЭБУ;
 5 – поворотный электродвигатель; 6 – планетарный механизм;
 7 – поставная втулка 8 – торсион стабилизатора

Электронный блок 4, интегрированный в конструкцию привода СПУ, подключен к системе шин связи комбинированной структуры с помощью FlexRay. Направление вращения поворотного двигателя 5 определяется направлением тока в его обмотках. Передаточное отношение планетарного механизма 6 равно примерно 1: 120.

Поставная втулка 7 обеспечивает максимальный угол поворота между планетарным механизмом и стойками штанги стабилизатора поперечной устойчивости. Это обеспечивает плавное повышение крутящего момента при регулировании. Датчик крутящего момента 3 реализует обратную связь по управлению электроприводом СПУ.

В системе управления активными СПУ используются датчики: вертикального ускорения колес, высоты дорожного просвета, угла поворота рулевого колеса, частоты вращения колес, поперечного и продольного ускорения кузова (системы курсовой устойчивости и динамического рулевого управления). Кроме этого, система активной стабилизации подвески работает совместно с адаптивной подвеской.

Датчик вертикального ускорения измеряет ускорение колеса вдоль вертикальной оси автомобиля. Датчик закреплен на соответствующем поворотном кулаке, имеет чувствительную ось, с размещенной на ней подвижной сейсмической массой. Такой емкостной акселерометр позволяет определить, что происходит: увеличение или уменьшение скорости колебаний колеса.

Электромеханический СПУ имеет преимущества в сравнении с гидравлическим – малое время отклика (20 мс) и низкий расход энергии (включение привода по требованию).

Компания Audi пошла дальше, предложив рекуперацию энергии подвески с помощью электромеханического стабилизатора (Electromechanical Active roll Stabilization). Благодаря запасенной энергии активные стабилизаторы eAWS потребляют меньше мощности.

Для примера ЭМ

В адаптивной подвеске автомобиля Audi SQ7 TDI наряду с активными стойками применены активные электромеханические СПУ (электрический вариант PDCC-3) (рис. 18).

В этой системе комбинированной структуры для электродвигателя компрессора пневмоподвески потребовалось применить дополнительную систему электропитания на 48 В. Эта система включает отдельную АКБ емкостью 470 Вт·ч и преобразователь напряжения, позволяющий генератору повышенной мощности, заряжать обе АКБ на 12 В и 48 В. Электромеханическая система PDCC-3 также питается от 48-вольтовой сети нерезидентного напряжения.

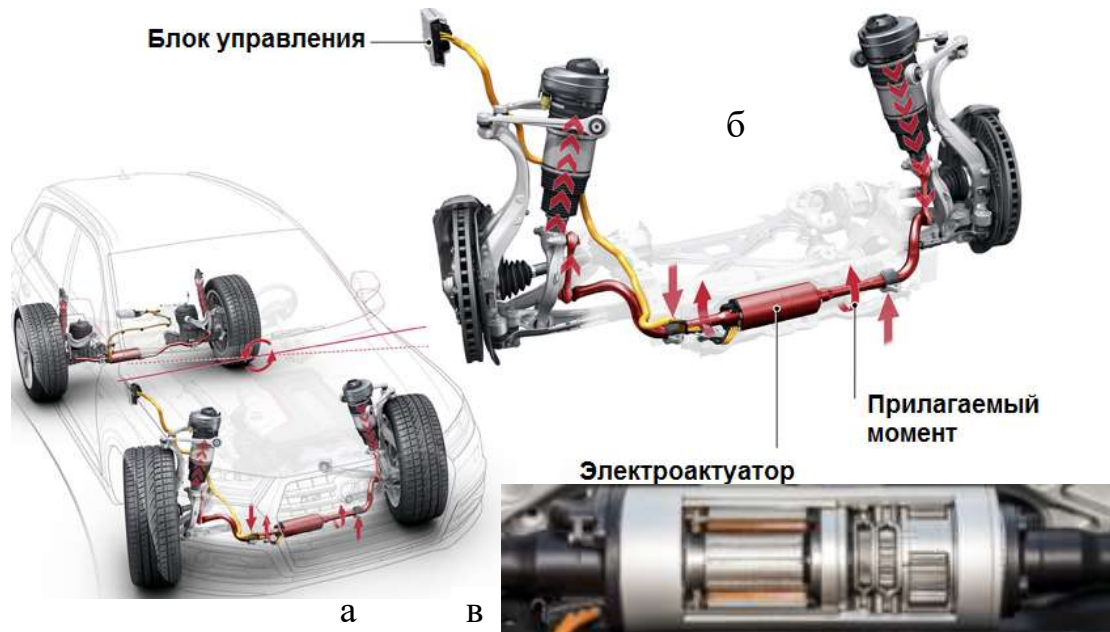


Рис. 18. Адаптивная подвеска автомобиля Audi SQ7 TDI

7. Системы подвесок с активными рычагами

Инженеры из Hyundai разработали электромеханическую систему адаптивных рычагов задней подвески (активного контроля геометрии подвески) AGCS (Active Geometry Control Suspension). В такой конструкции для каждого заднего колеса предусмотрена пара дополнительных рычагов с электроприводами (рис. 19, а), которые варьируют восхождение в зависимости от условий движения (рис. 19, б).

При движении по прямой, рычаги не активны и обеспечивают стандартное схождение колес. Однако в виражах эти звенья подвески начинают работать (данные о повороте руля, ускорении кузова), а управляемые актуаторы возвращают то колесо, которое в данный момент находится под нагрузкой (рис. 19, в). За счет этого склонность автомобиля к заносу уменьшается. В дополнение за того, что внутреннее колесо проворачивает в повороте, этот хитрый прием одновременно активно борется с недостаточным поворотом, выполняя функцию так называемого полно управляемого шасси (рис. 19, г, д). Система подстраивается под различные условия движения, способствуя улучшению управляемости и устойчивости автомобиля (таб. 1).

Реализация системы показана на рис. 20.

Электронный блок системы управления подвеской AGCS получает информацию от датчиков внешних возмущений (скорость автомобиля, положение и динамика вращения рулевого колеса) и датчиков обратной связи (кодировщики и переключатели предела). На выходе ЭБУ формируются сигналы управления (направление и скорость вращения) электромоторами актуаторов (рис. 21).

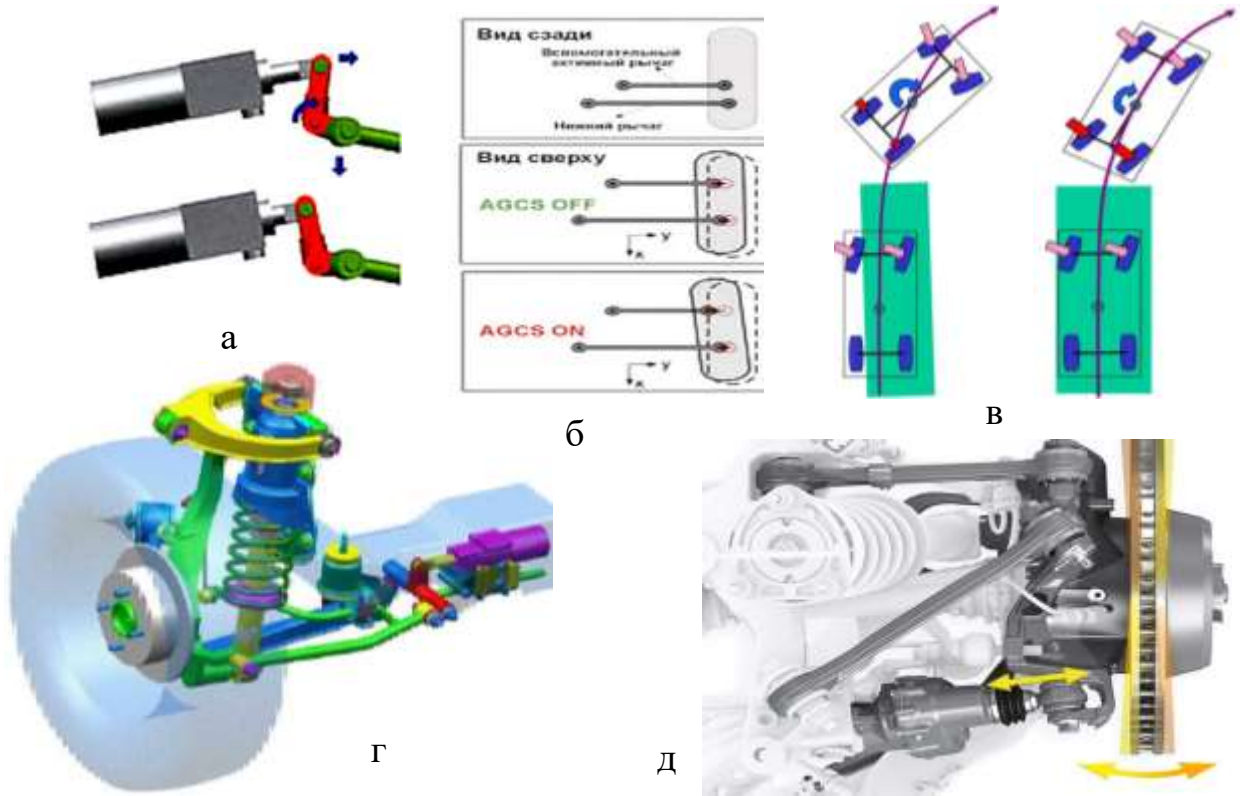


Рис. 19. Система адаптивных рычагов задней подвески AGCS:
 а – привод рычагов; б – установка колеса; в – коррекция поворота;
 г, д – установка на подвеске

Таблица 1.

Сравнительный анализ характеристик альтернативных подвесок

Задняя геометрия		Стабильность	Эффективность
Без AGCS	<p>Угол заднего схождения = 0</p>	<p>Стабильность</p> <p>(Прямо) ↔ (Поворот) Боковое G</p>	<p>Прямо: Высокая Поворот: Низкая</p>
	<p>Угол заднего схождения = малый</p>	<p>Стабильность</p> <p>(Прямо) ↔ (Поворот) Боковое G</p>	<p>Прямо: Низкая Поворот на мал/ср.: Высокая Поворот на высокой ск.: низкая</p>
	<p>Угол заднего схождения = большой</p>	<p>Стабильность</p> <p>(Прямо) ↔ (Поворот) Боковое G</p>	<p>Прямо: Низкая Поворот на мал/ср.: низкая Поворот на высокой ск.: высок.</p>
С AGCS	<p>Угол заднего схождения = изменяемый</p>	<p>Стабильность</p> <p>(Прямо) ↔ (Поворот) Боковое G</p>	<p>Прямо: Высокая Поворот на мал/ср.: Высокая Поворот на высокой ск.: высок.</p>

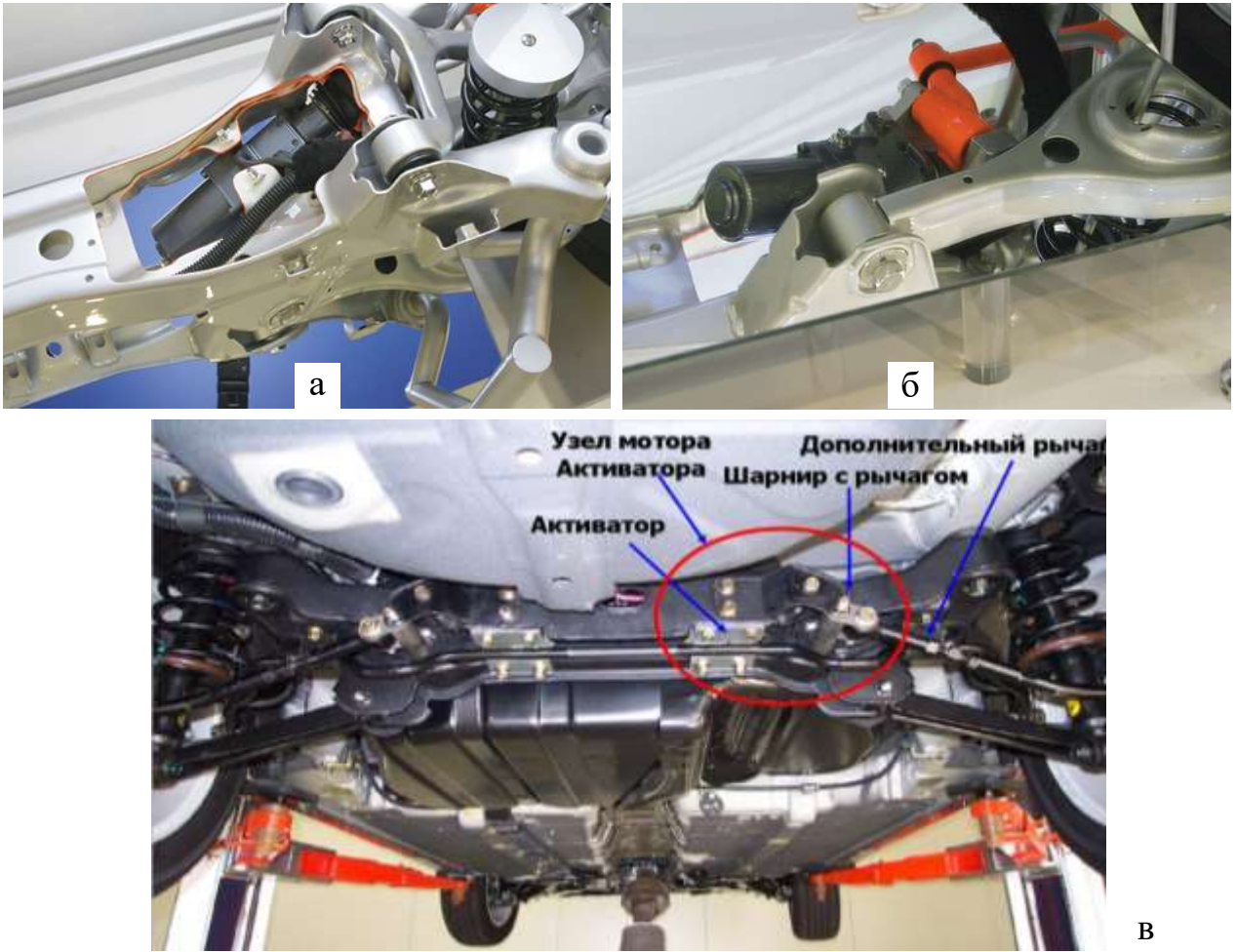
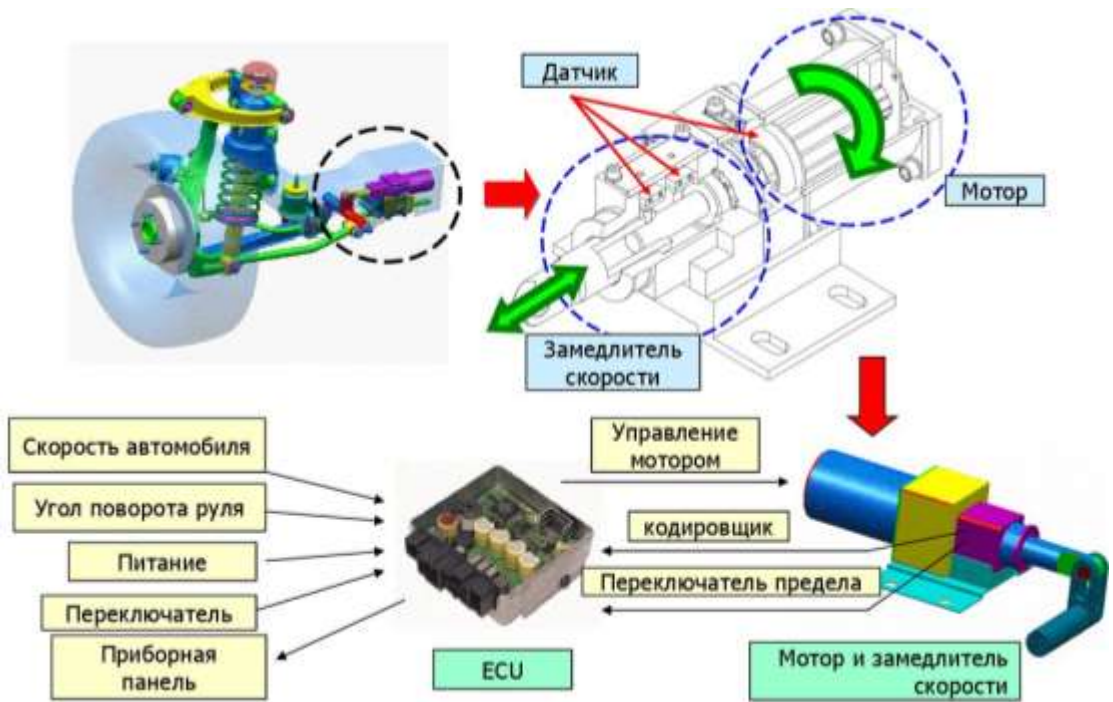


Рис. 20. Система активных рычагов подвески AGCS



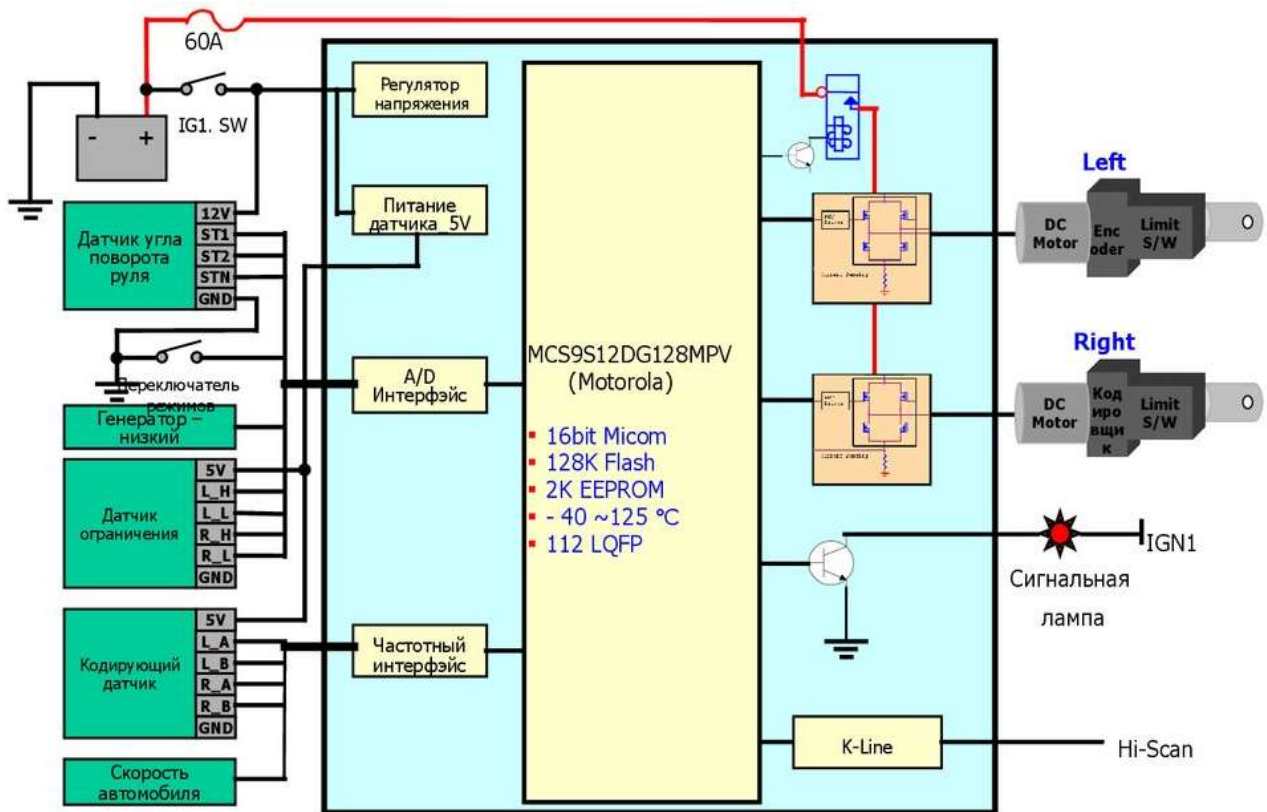


Рис. 21. Структура системы управления AGCS

Расчет и контроль текущего положения рабочего органа актуатора производится по сигналам обратной связи. В системе традиционно предусмотрены средства коммутации, защиты, индикации и компьютерной диагностики.