

Источник: <http://www.tramontana.co.hu/citroen/>

Перевод: Victor_M (<http://www.francemobile.by>, <http://www.fmc.by>).

Перевод части данного мануала выполнен без получения согласия авторов, однако надеюсь, что разместив ссылку на сайт, где он выложен в первоисточнике в свободном доступе, не приведет к нарушению каких-либо прав. Кроме того, несомненно, будет служить популяризации автомобилей марки **Citroën**.

Автор перевода является владельцем автомобиля Citroën "Xantia". Особенности этой марки, особенно касательно автомобилей с гидропневматической подвеской, принципы функционирования которой в русскоязычной части сети освещены достаточно скромно, привели к необходимости заполнения отсутствия, поэтому обнаружив первоисточник, сомнений по выполнению перевода не было.

Не являясь профессиональным переводчиком в этой области, возможно автором перевода допущены некоторые неточности при переводе специфических терминов, указание на сии огрехи будет воспринято с благодарностью, а неточности будут устранены. В некоторых случаях в скобках приведена либо часть текста на языке оригинала, либо возможный вариант перевода. Достаточно часто в оригинале встречается термин "**piston**", что может обозначать и «поршень» и «плунжер», — в качестве перевода выбран первый вариант.

Редактирование выполнено в стиле, приближенном к оригиналу. Перевод надписей на иллюстрациях пока не выполнен. Желющие устранят этот маленький дискомфорт с помощью словаря. Недостаток времени не позволил устранить это при выполнении перевода, поскольку требовал чуть более серьезного редактирования картинок.

В оригинале мануал содержит части описывающие принципы работы зажигания, управления, тормозной системы, электрооборудования и др. Переведена в первую очередь часть касательно функционирования гидропневматической подвески, как самой «загадочной» особенности Citroën-ов. Перевод остальных глав источника будет выполняться в соответствии с возможностями, благо никакими обязательствами автор перевода не связан.

Размещение этой работы на белорусских сайтах клубов любителей французских автомобилей будет служить как популяризации данных сайтов, так и сближению русскоговорящих франсегов. Не преследуя коммерческую цель автор указывает на неназойливую необходимость ссылки на вышеупомянутые сайты источники.

С уважением ко всем владельцам французских автомобилей, Victor_M.

Подвеска



Гидропневматическая подвеска

Как мы знаем, идеальная подвеска требует того, чтобы упругость возрастала с увеличением нагрузки, сохраняла клиренс, обладала свойством поглощать удары – помимо этого очевидное свойство быть независимой для всех колес. И все это есть то, чем обладает уникальная гидропневматическая подвеска Citroën.

В соответствии с законом Бойля-Мариотта, открытого в 17 веке, давление и объем массы газа обратно пропорциональны температуре. Поэтому, сохраняя массу газа постоянной и изменяя объем, в котором этот газ содержится, давление находится под контролем (обычная пневматическая подвеска действует по противоположному принципу: воздух выпускается или удаляется из системы компрессором и выпускными клапанами, изменяя при этом свою массу, в то время как объем остается постоянным).

Изменение объема контролируется гидравликой, технологией которая широко используется в каждой отрасли индустрии. Так как жидкость является несжимаемой, то любое ее количество, закаченное на вход гидравлического контура немедленно появится на его выходе (этот закон был впервые сформулирован Блезом Паскалем). Используя этот принцип, движение может передаваться, усиливаться или разделяться (в

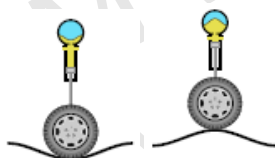
соответствие с относительной величиной управляющих цилиндров), с увеличивающейся или уменьшающейся скоростью (в зависимости от поперечного сечения трубопровода), на любое желаемое расстояние, [over lines routed freely](#).

Гидравлика является чрезвычайно практичной, эффективной, надежной, простой в использовании, и – в следствие своего широкого распространения, относительно недорогой. Не вызывает удивления что она используется для многих целей в большинстве транспортных средств: амортизаторы, тормозная система и гидроусилитель рулевого управления являются наиболее тривиальными примерами; тем не менее, Citroën единственный, кто использует гидравлическую систему в подвеске.

Первое воплощение

Citroën DS, показанный в 1955 году на Paris Motor Show, радикально отличался от всех своих конкурентов по продажам на это время: подвеска, [running gear](#), рулевое управление, тормоза, сцепление, кузов, аэродинамика были уникальны, не только в деталях, но так же и в основном принципе функционирования. Гидропневматический пружинно-амортизационный узел использует инертный газ, азот (на иллюстрации показан синим цветом), как упругую среду, обладающую очень мягкой упругостью. Упругость газа возрастает, так как увеличение нагрузки сжимает поршни подвески, ограничивая объем газа и увеличивая его давление. Демпфирующий (поглощения) эффект достигается посредством воздействия движения жидкости (имеет зеленый (желтый) цвет) через двуправленный ограничительный узел между цилиндром и сферой. Этот эффект обеспечивает очень чувствительное, быстрое и пропорциональное демпфирование чтобы ограничить любые нежелательные колебания. Гидропневматическая подвеска обладает большим количеством преимуществ. Во-первых, добавляя или удаляя жидкость из узлов подвески (практически достигается регулированием длины гидравлического контура), **клиренс** сохраняется постоянным **при любых изменениях нагрузки**. Хотя на первый взгляд это может казаться не очень важным, однако это обозначает, что геометрия подвески остается так же постоянной – другими словами управление автомобилем не зависит от нагрузки. Сжимаемый газ имеет изменяющийся «пружинный» эффект, становясь более «жестким» при увеличении нагрузки. Такая компенсация увеличивающейся нагрузки сохраняет **резонансную частоту** подвески приблизительно постоянной. Как следствие, идентичные движения подвески приводят в движение равные количества жидкости через демпферы, в независимости от нагрузки (что отсутствует в случае применения традиционных пружин). Рабочий диапазон в котором происходит движение демпфера гораздо меньше и этот факт делает использование его очень эффективным. Условие постоянства резонансной частоты подвески так же способствует отсутствию зависимости от нагрузки. По существу, это гарантирует что как контакт с дорогой, так и ощущение этого контакта водителем, всегда остаются одинаковыми. Это нечто абсолютно уникальное: все традиционные подвески имеют оптимальную точку около средней нагрузки, когда перевозятся пассажиры ли груз с превышением этой средней величины, управляемость изменяется, не редко настолько радикально, что автомобиль становится весьма небезопасным для движения. Другим преимуществом является ограниченное, но очень полезное анти-«приседательное» поведение: это существенно для эффективного торможения с существенно мягкой подвеской. Центр масс автомобиля смещается намного меньше

чем обычно, поэтому и тормозное усилие распределяется более равномерно. Производители автомобилей с традиционной подвеской и тормозами только начинают добавлять распределитель тормозного усилия в свои авто в настоящее время. Первый Citroën DS не имел такого распределителя, однако компания позднее продемонстрировала, что подвеска, с единственной дополнительной трубкой, может выполнить эту роль полностью. Корректор высоты и постоянная связь между левой и правой стороной подвески имеет другое важное следствие: малая разница в силе, действующей на колеса. Совместно с изменяющимся демпфированием это сохраняет контакт колес с дорогой в любой момент времени, что, в свою очередь, максимально увеличивает силу трения покрышек – при повороте транспортное средство сохраняет прижатие всех четырех колес: это является существенным для безопасности в условиях низкой адгезии, таких как лед, снег, дождь, грязь. К сожалению, это будет приводить к медленным поперечным («ныркам» и «приседаниям») колебаниям, которые еще сильнее будут проявляться при ускорении, замедлении и изменении распределения веса внутри салона. К сожалению, это будет приводить к медленным поперечным («ныркам» и «приседаниям») колебаниям, которые еще сильнее будут проявляться при ускорении, замедлении и изменении распределения веса внутри салона. Так как инертность кузова относительно его поперечной оси является в основном достаточной чтобы противостоять эффекту [продольных неровностей](#) (longitudinal bumps) передний и задний контуры подвески разделяются между собой.



Активная коррекция высоты системы действует как добавочный нелинейный стабилизатор, который как противодействующий «ныркам» и «приседаниям», так и решает проблему распределения веса. С другой стороны, если толчки являются поперечными, например выбоина под правым колесом и бугор под левым, автомобиль будет поворачиваться вокруг продольной оси. Поскольку ширина автомобиля гораздо меньше его длины, то угол поворота будет **выше** (higher) и инерционный вращательный момент будет значительно меньше, чтобы противодействовать такому виду вращения. Полная независимость сторон будет приводить к очень малому демпфированию вращательных моментов: низкая инертность кузова будет встречать реакцию подвески слишком жестко. Поэтому две стороны в гидропневматической подвеске взаимосвязаны, обеспечивая двухтактный режим двух сторон подвески. Соединение имеет специальные демпфирующие элементы, которые различным образом реагируют на различные движения жидкости между сторонами: на незамедлительные движения подвески, вызванные выбоинами и буграми или на медленные изменения, имеющие место, когда движение идет по кривой.

Для компенсации вращения кузова во втором случае требуется дополнительный элемент, балка поперечной устойчивости (**anti-roll bar**). Эффект вращения может быть исключен, если центр вращения будет совпадать с центром масс. Так как это невозможно, существует противоположный подход, заключающийся в смещении центра раскачивания дальше от центра масс, что может так же помочь преодолеть качание кузова увеличением противоположно направленного вращательного момента. Эту роль выполняет балка поперечной устойчивости: подобно велосипеду, который наклоняется при движении по кривой, она приподнимает внутреннюю часть колеса, используя силу на внешней кромке, и это смещает центр раскачивания наружу. Другими словами, колеса и элементы подвески действительно качаются, роль стабилизатора поперечной устойчивости заключается в изолировании от раскачивания кузова, положение которого должно оставаться идеально горизонтально. В завершение всего, стабилизатор не может быть полностью жесткий (он должен поглощать неровности дороги, не передавая их кузову), обычное решение – торсионные пружины.

Такие балки поперечной устойчивости используются на обычных пружинных системах подвесок так же, тем не менее, имеется существенные различия в том, как взаимодействует такой рычаг с другими узлами подвески Ситроена. В пружинных системах имеется большое число взаимодействий, значительный перенос энергии между подвеской и рычагом в обоих направлениях. Амортизатор должен обеспечить демпфирование рычага поперечной устойчивости, введением еще одного взаимодействия (в гидравлических устройствах это обеспечивается внутри устройства, которое соединяет две стороны). В результате гидропневматическая подвеска имеет намного меньше взаимозависимостей и компромиссов между демпфированием, которое противодействует качаниям, («ныркам» и «приседаниям»). В дополнение, это может обеспечить решение, которое является просто невыполнимым механически в обычной подвеске. Автомобиль со стальными пружинами всегда имеет качания, включая диагональные, которые появляются вследствие неровности дороги -- их рычаги

поперечной устойчивости представляют собой постоянное механическое соединение между двумя сторонами, которое не в состоянии различить неровности и кривые. В Ситроен-е, с другой стороны, изменяющееся взаимное влияние зависит от движения жидкости – это очень легко выполнимо при наличии гидравлики, но исключительно сложно с пружинами.

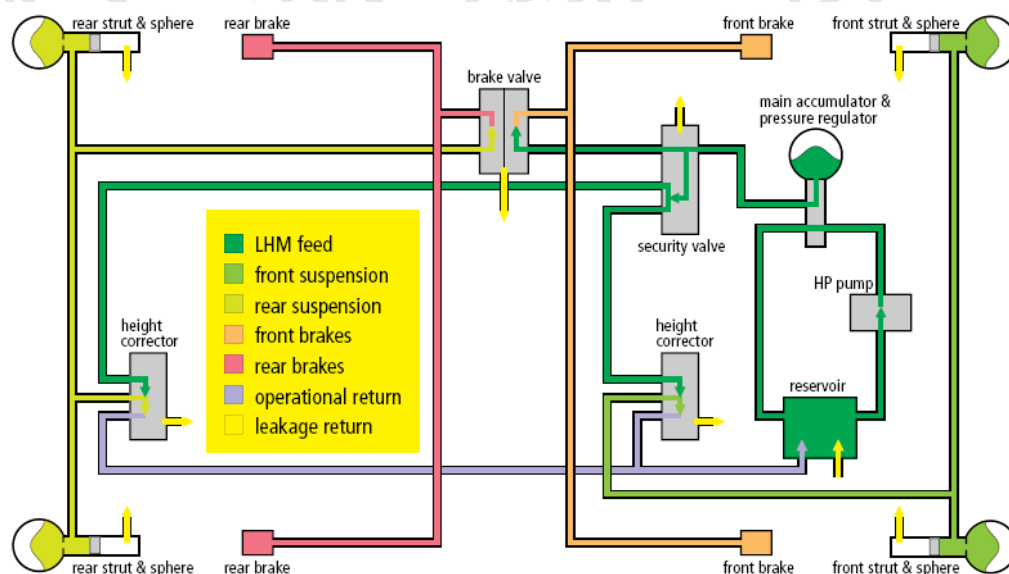
Единственным неудобством является то, что демпфирование имеет место далее от источника возмущения и вследствие хорошей проводимости звука через гидравлические пути проявляется в немного большей шумности. Такой же эффект делает гидропневматическую подвеску отчасти более шумной, нежели обычная. Тем не менее, хорошая звуковая изоляция внутри салона может помочь преодолеть эту маленькую неприятность. Эта подвеска ограничивает чувствительность к разному давлению в шинах, проколу их и встречному ветру. Даже существенное различие в тормозной силе с разных сторон автомобиля не заставит его крениться в ту или другую сторону.

Несмотря на то, что гидропневматический пружинный амортизатор является, с технической точки зрения, интегрированной деталью, гидравлика делает возможным разместить некоторые гидравлические узлы (например центральные сферы на системах «Гидроактив») в различных местах *ограничивая общую пружинящую массу*. Обычные пружины имеют значительную массу, в то время, когда массой азота в сферах можно практически пренебречь. Даже учитывая массу жидкости, проходящую через систему, суммарная масса остается значительно меньше, чем масса стальных пружин. Гидропневматические стойки могут быть выполнены относительно малыми посредством уменьшения рабочего давления, которое увеличивает диаметр стоек. Автоматическая коррекция высоты еще более ограничивает массу, потому что основные узлы подвески могут быть упрощены, без необходимости сложной взаимосвязи и подобных компонент.

Тормоза используют минеральную жидкость вместе с подвеской. Эта жидкость кипит при очень высокой температуре, таким образом обеспечивая *большое сопротивление к образованию паровых пробок*. Благодаря пропорциональному регулированию гидропневматический Ситроен может сохранять тормоза так долго, пока что-то остается на тормозных колодках. Даже если жидкость начинает закипать, паровой замок не может образоваться так как давление автоматически снижается и остается пропорциональным тормозному усилию, приложенному водителем.

Эта система часто критикуется как чрезмерно сложная и подверженная ошибкам, ни одна из которых не является действительной. Подвеска действительно довольно проста, когда рассматривается ее специальное обслуживание в сравнении с обычной системой и опыт показывает, что вся система очень надежная. Совершенная работа системы основывается на описанной выше очистке системы и смене гидравлической жидкости – следование этим простым рецептам может сделать систему очень надежной.

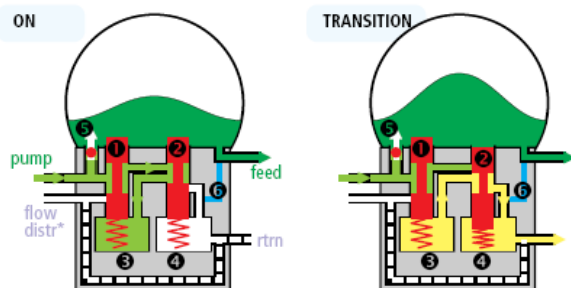
Типичный пример : VX



Резюмируя изложенное отметим, что когда давление в контуре сброшено, в подвеске отсутствуют напряжения, что позволяет легко и безопасно обслуживать ее и узлы трансмиссии. Современные пружинные подвески фактически достигают таких же результатов. Например, различный диаметр или шаг пружин в соединении с гидравлическими амортизаторами (кстати с подобной внутренней геометрией как в демпфирующих элементах, использованных в сферах Citroën) ведут себя подобно этим гидроневматическим узлам. Основное отличие заключается в том, что даже если эти элементы будут практически идентичными, то вся остальная функциональность которая содержится в системе Citroën-а либо сама по себе, либо за маленькую дополнительную плату, - постоянный клиренс, anti-dive, регулятор тормозного усилия и т.д. - требуют сложных и дорогостоящих дополнительных систем.

На иллюстрации показаны базовые принципы функционирования подвески (отличия моделей с гидроусилителем рулевого управления и ABS будут описаны в соответствующих разделах). Большинство узлов имеют выходные каналы для сбора утечки (которая не устранена преднамеренно в целях постоянной смазки узлов) и возвращают ее обратно в резервуар - хотя выходные каналы и изображаются, но трубки сами по себе не показаны в целях разборчивости. В действительности, они группируются вместе и присоединяются к резервуару.

Подсистема которая создает высокое давление



состоит из пяти-плунжерного (-поршневого) объемного насоса **высокого давления** закачивающего минеральную жидкость для подвески, называемую LHM, из резервуара. Жидкость под давлением накапливается в **главном аккумуляторе**. Задачей **регулятора давления**, который

встроен в общий с аккумулятором узел, является выпуск жидкости в аккумулятор, как только давление в нем упадет ниже минимального уровня со значением 145 Bar; когда давление достигнет значения 170 Bar, регулятор закрывается и жидкость продолжает свою холостую циркуляцию от насоса обратно в резервуар.

В простых моделях, выходной канал, обозначенный звездочкой, отсутствует, и вместо этого он соединяется с выходом возврата жидкости внутри регулятора, что на рисунке показано прерывистой линией. В моделях с гидроусилителем рулевого управления (DIRASS) этот перепускной канал отсутствует, и оба выхода используются независимо.

Пружина ниже поршня 1 калибруется так, что она будет сжиматься только когда на нее действует давление превышающее порог включения (145 Bar). Пока давление в главном аккумуляторе остается низким, поршень находится в верхнем положении, позволяя насосу закачивать жидкость в аккумулятор через шариковый клапан 5: узел переключается в положение «Включен». Поршень 2 так же остается в верхнем положении (его пружина откалибрована на порог выключения давления, 170 Bar), позволяя так же поступающей жидкости заполнить камеру 3. Это, в свою очередь, обеспечивает то, что поршень 1 находится в верхнем положении: давление жидкости вместе с силой упругости пружины противодействует **downward** давящему усилию, даже если давление в аккумуляторе поднимается много выше 145 Bar. Жидкость, нагнетаемая насосом, поднимает давление в аккумуляторе; как только оно достигнет 170 Bar, то созданное им усилие превысит силу упругости пружины под поршнем 2, переводя его в нижнее положение. В этом момент канал высокого давления, идущий от другого поршня будет перекрывать (отсекать) и жидкость из камеры 3 будет сбрасываться обратно в резервуар (обозначено на картинке желтым цветом).

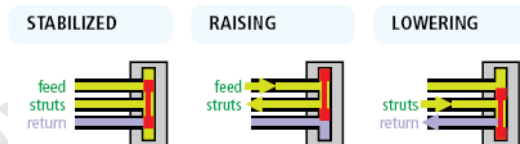
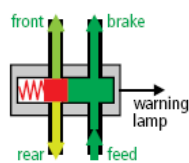
Вместе с тем, как уменьшается давление позади поршня 1, давящая сила жидкости в аккумуляторе переводит его в нижнее положение: регулятор теперь **выключен**. Жидкость, нагнетаемая насосом, немедленно возвращается обратно: на PASEquipped автомобилях – в распределитель давления, на других – непосредственно в резервуар с LHM через внутренние каналы (прерывистая линия).

Короче, так как подвеска и контур тормоза начинают использовать давление в главном аккумуляторе, поршень 2 будет возвращен в свое первоначальное положение. После этого регулятор готов начать новый цикл.

Характерное «тиканье», которое можно слышать у **Citroën-ов** является звуком быстрого движения поршней, одного за другим, в быстрой последовательности: 2-ой вниз, 1-ый вниз, 2-ой вверх. Обратный щелчок – 1-ый вверх, когда регулятор включается чтобы снова заполнить аккумулятор – гораздо более тихий.

Для переключателя 6 в нормальное положении -- закрыт. Его открытие приводит к тому, что вся находящаяся под давлением жидкость возвращается обратно в резервуар с LHM – этим способом в системе сбрасывается давление в случае необходимости обслуживания элементов подвески.

Жидкость – подаваемая в остальную часть системы от основного аккумулятора – проходит через **клапан безопасности**, чьей задачей является обеспечивать безопасность посредством заполнения в первую очередь тормозного контура. *Передний тормозной контур* всегда является открытым, однако два других выхода блокируются поршнями. Если давление в главном контуре превысит 100 Bar, жидкость толкает поршень обратно против действия пружины, открывая так же выходы подвески. Электрический выключатель, который в случае низкого давления включает контрольную лампу на панели, так же встроен в этот клапан. Таким образом, в случае внезапного выхода из строя насоса, или обрыва ремня, которым он приводится в движение, не позволит автомобилю остаться без достаточного запаса давления для тормозов.



Вторым контуром, который запитывается от клапана безопасности является передняя подвеска. Жидкость поступает в **передний корректор высоты**. Когда высота автомобиля стабилизируется, поршень внутри корректора блокирует впуск жидкости, изолируя стойки от остальной части подвески. Качание кузова ограничивается демпфирующим эффектом дросселей (ограничителей) встроенных в опору сферы и действием жидкости перетекающей из левой стойки в правую через соединительный канал. Если движение передней anti-roll bar требует, чтобы перед автомобиля был поднят, *соединяющее звено* двигает поршень вверх, открывая впускное отверстие и позволяя дополнительному количеству жидкости втекать в передние стойки. Когда требуется движение в противоположном направлении, поршень двигается обратно, позволяя жидкости при остаточном давлении перетекать из стоек в резервуар с LHM. Оба направления течения перекрываются и блокируются, когда поршень корректора высоты возвращается обратно в свое среднее положение.

Механическое соединение между балкой поперечной устойчивости и корректором высоты не является жестким и имеет некоторый свободный ход. Именно перед корректором высоты, соединяющая тяга идущая от anti-roll bar крюка (скобы) в маленькое окошко со стороны корректора. Небольшое движение контрольной тяги не изменяет положение корректора высоты, влияя только такие смещения, которые превышают свободный ход. В дополнение к этому корректор имеет свое внутреннее (хотя и малое) сопротивление; кроме того, все тяги являются отчасти упругими, так что в итоге, все эти факторы

делают узел корректора высоты независимым от деталей подвески, которые подвержены частым колебаниям.

Существование первоначального порога, который должен быть достигнут для того, чтобы коррективная имела место, не только ограничивает напряжение и износ корректоров, но так же предохраняет систему от появления собственных колебаний. Силовая система обеспечивает усиление и любой механизм обратной связи с задержкой – такой как корректор высоты – может потенциально приводить к возникновению колебаний. Начальный порог гарантирует отсутствие обратной связи, и, следовательно, никаких колебаний не возникнет, когда требуемые коррективы очень малы.

Следующим контуром является задняя подвеска. Принцип действия и функционирование ее аналогичны передней; имеет свой корректор высоты.

Первый контур, как уже упоминалось питает передние тормоза. Жидкость под давлением поступает в **тормозной компенсаторный клапан**, который управляется педалью тормоза. В своем нейтральном положении тормозной контур подсоединяется к линиям возврата что обеспечивает отсутствие давления в нем. Когда водитель нажимает на педаль, это приводит в движение первый поршень, закрывающий выход возврата и открывающий впускное отверстие в **передние тормозные цилиндры**. Этот поршень и стоящая после него пружина толкают второй поршень, который работает подобным образом для *задних тормозов*, хотя они и не запитываются непосредственно от клапана безопасности, но давление в них обеспечивается контуром задней подвески (позднее тормозные клапана имели три поршня, но принцип их работы практически тот же). В результате тормозное усилие сзади зависит от нагрузки: чем больше зад автомобиля нагружен, тем с большим усилием задние тормоза действуют. В реальности, Citroën в основном используется для перевозки своего водителя без большой загрузки багажника, задние тормозные накладки и диски изнашиваются намного медленнее, чем передние.



Демпфирующий элемент в основании сферы состоит из центрального отверстия, которое всегда открыто и дополнительных малых отверстий, закрываемых и открываемых под действием пружин, что определяется потоком гидравлической жидкости. Медленные движения подвески, подобные раскачиванию, «приседания» и «нырки» resultируются в более медленном протекании жидкости и меньшей динамической разности давлений, что является недостаточным для сгибания пружинной крышки, которая открывает дополнительные отверстия. В такой ситуации демпфирующий эффект определяется только диаметром центрального отверстия.

Резкие встряхивания, вызываемые неровностями дороги, в противоположность описанной выше ситуации, вызывают более быстрое движение потока. Вместе с нарастающей разностью давлений жидкость будет открывать пружинные крышки и таким образом использовать дополнительные отверстия. Увеличенное общее сечение отверстий resultируется в пониженном демпфирующем эффекте. Дополнительные отверстия расположены по окружности относительно центрального отверстия. Имеются две пружинные крышки, по одной с каждой стороны, однако они не перекрывают все отверстия в равной степени. Половина отверстий (каждое второе) являются слегка расширенными с одной стороны, другая половина – с другой. Путем тщательного регулирования размеров отверстий, разработчики смогли тонко отрегулировать демпфирующие свойства, независимо для каждого из направлений перетекания жидкости в стойках.

Гидроактив I

Подвеска с системой Гидроактив I появилась вместе с ХМ. Если не рассматривать более простые системы, использованные на DS, GS/GSA, CX, BX и некоторых ХМ, последняя работает в двух модах: «мягкой» и «жесткой». Подвеска находится в «мягкой» моде, однако она переключается в «жесткую» моду когда компьютер вычислит такую необходимость для обеспечения сцепления с дорогой и безопасности.

Для достижения этого, исходная гидравлическая система дополняется двумя сферами (по одной для каждой оси) и электрическим клапаном управляющим стойками и сферами стандартной гидропневматической схемы. Во время обычной езды, компьютер сохраняет подвеску в мягкой моде основную

часть времени — основываясь на сигналах, снимаемых со многих датчиков (рулевое колесо, педаль акселератора, движения кузова, скорости движения и тормозов), включая переключатель **Sport/Comfort** на щитке — процессор подвески решает когда переключать в жесткую моду; другими словами когда активировать дополнительные сферы для улучшения сцепления и безопасности.

Когда водитель выберет установку **Sport**, подвеска переключена в жесткую моду постоянно. Эта установка не позволяет водителю Citroën-а чувствовать себя комфортно. Следующее поколение системы, **Гидроактив II**, устраняет этот дискомфорт.

Принципы функционирования системы (передняя подвеска)

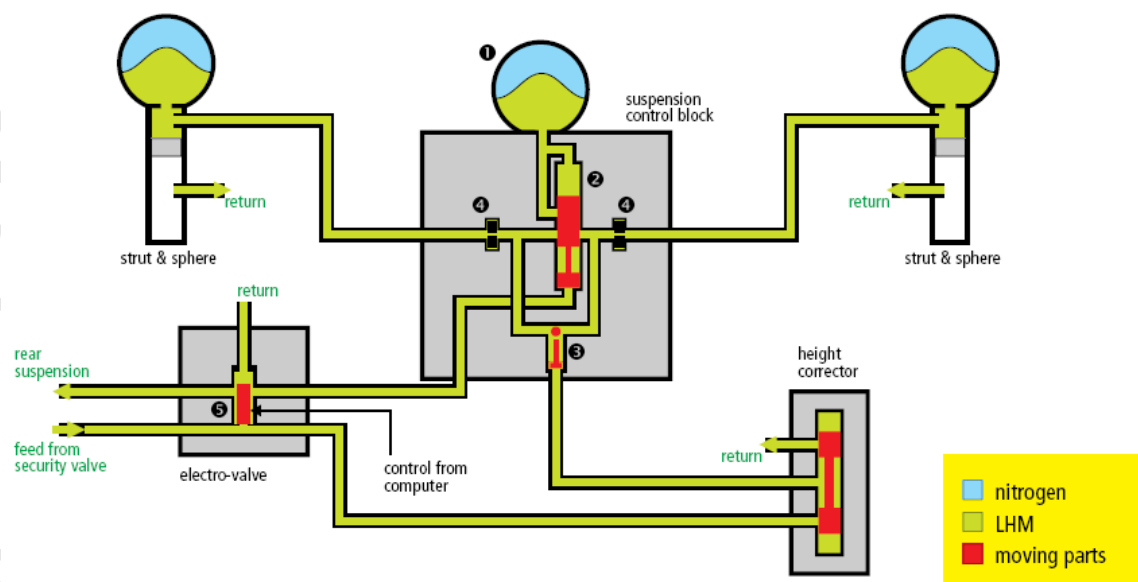


Иллюстрация изображает только отличия от стандартного функционирования гидропневматики, рассмотренного в предыдущей части.

1 Обычная Citroën-овская сфера, в которой отсутствует демфирующий блок. Объем сферы и давление отличаются от передних и задних сфер, а так же находится в зависимости от модели автомобиля;

2 Гидравлически контролируемый изолирующий клапан который подключает или отключает сферу от остальной части подвески, изменяя постоянную упругости подвески;

3 Шариковое и поршневое клапанное устройство которое ограничивает перекрестное течение жидкости между левыми и правыми стойками подвески в случае качания кузова. Этот клапан блокируется от корректоров высоты подвески с тем, чтобы обеспечить что давление жидкости в угловых стойках остается равным;

4 Два демфирующих элемента подобных тем, которые используются в угловых сферах, действуя как демпферы для центральных сфер;

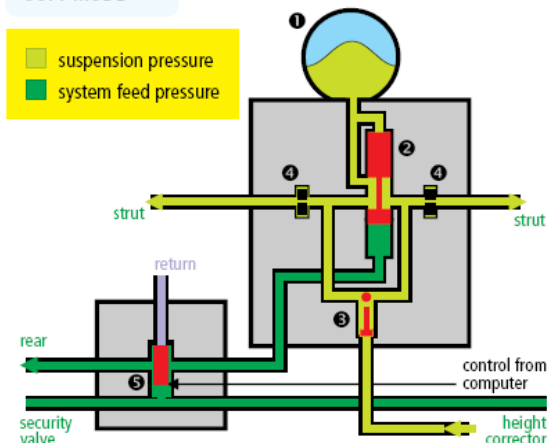
5 Электрически контролируемый клапан управляемый процессором подвески. Для ограничения накопления тепла, компьютер использует импульсную широтную модуляцию, чтобы достичь постоянного тока через обмотку. Первоначальное напряжение выше, для быстрой реакции клапана, однако оно ограничивается до более низкого значения, как только индуктивные эффекты преодолены, при условии что клапан остается включенным достаточно продолжительное время. Клапан способен оставаться включенным неограниченное время когда управляется этим непрерывным током.

Передний и задний контуры подвески являются идентичными и один и тот же электроклапан служит обоим подсистемам.

Мягкий, твердый, мягкий, твердый...

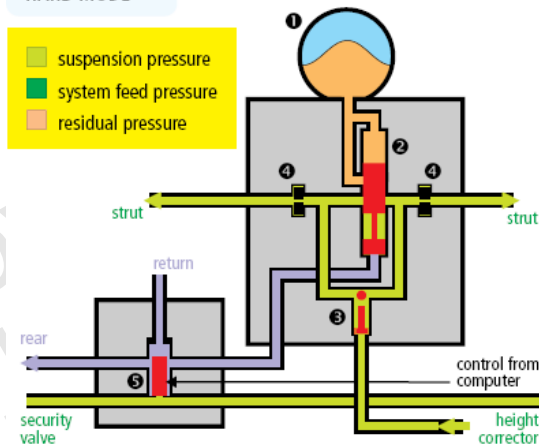
По умолчанию, когда на электрический клапан 5 не подается ток, подвеска находится в жесткой моде.

SOFT MODE



Когда компьютер поддерживает состояние подвески в **мягкой моде**, электрический клапан 5 получает напряжение от ECU, открывая подачу давления в изолирующий клапанный поршень 2 и перемещая его, подсоединяет центральную сферу 1 к остальной части подвески. Жидкость в подвеске должна пройти через два демпфирующих элемента 4 (по одному для каждого соединения стоек). Когда обе стойки двигаются согласованно, центральная сфера ведет себя как обычная с демпфирующим отверстием в два раза больше чем единичный демпфирующий элемент; однако когда автомобиль начинает качаться, жидкость должна перетекать из одной стойки в другую, проходя через оба демпфирующих элемента последовательно. В дополнение к такому двойному демпфированию, сфера 1 действует сама по себе как демпфирующая струна, поглощая быстрые изменения давления между двумя демпферами. Это уменьшает качание кузова до некоторого предела даже в мягкой моде.

HARD MODE



Когда бы компьютер не определил необходимость переключить подвеску в **жесткую моду**, он закрывает электрический 5, не позволяющий основному питающему давлению передвинуть изолирующий поршень 2. Давление внутри центральной сферы 1 всегда выше чем возвратное давление при нормальных условиях функционирования, будет двигать контрольный поршень в положение, которое полностью блокирует центральную сферу. Остаточное давление в этой сфере остается неизвестным, однако так как давление в основном контуре может изменяться когда подвеска находится в «жесткой» моде (вследствие либо динамики подвески — ускорение, торможение, движения по неровной поверхности — либо высотой автомобиля, изменяемой водителем), компьютер уравнивает давление периодически посредством того, что контрольный блок допускает мягкое положение на короткий промежуток времени.

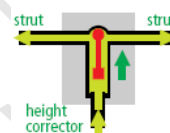
моду, в которой подвеска находится в текущем состоянии).

Жесткая мода обслуживает три момента. Во-первых, она обеспечивает большее сопротивление раскачиванию кузова. Поперечное перетекание LHM из одной стойки в другую должно проходить через оба демпфирующих узла как в мягкой моде, однако оно дополнительно ограничивается используя поршневой и шариковый клапан 3, теперь включенный в гидравлический контур между демпфирующим элементом вместо центральной сферы. Шарик располагается в жидкости таким образом, что любое поперечное перетекание двигает шарик и таким образом ограничивает поток, демпфируя так же раскачивание кузова.

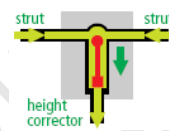
Во-вторых, она ограничивает «нырки и приседания» помогая корректору высоты. Более жесткая подвеска гасит вертикальное движение и поэтому ограничивает общее число корректировок.

В-третьих, жесткая мода не только ограничивает перемещение подвески между кузовом и дорогой, но и между элементами подвески и кузовом. Целью этого является ограничение движения подвески за счет комфорта но обеспечения безопасности, ограничивающих влияние движения кузова на управление, очень важного в экстремальной ситуации подобно движению со спущенной шиной.

Когда автомобиль выполняет резкий левый поворот, имея тенденцию к наклону вправо, правая стойка будет сжиматься, а левая — приподниматься. Тогда жидкость перемещается из сдвинутой стойки в поднятую, двигая шарик в клапане по направлению к выходу левой стойки; как только он достигнет и перекроет выходное отверстие, тем самым он прекратится любое дальнейшее перекрестное перетекание жидкости. Угловые сферы теперь оказываются изолированными и должны обеспечивать демпфирование самостоятельно.



В то же самое время, когда имеют место раскачивания кузова, автомобиль, возможно, нуждается также в изменении клиренса: например когда выполняется торможение в повороте. Клапан 3 поэтому имеет дополнительный поршень который позволяет LHM перетекать между контурами стоек и корректором высоты. Если кузов должен быть опущен, более высокое давление в стойках будет перемещать шарик обратно, открывая(сдвигая) поршень по направлению к контуру(трубке) возврата, дополнительно жидкость будет выходить из обеих стоек, опуская автомобиль.



Сенсорная чувствительность

Компьютер подвески получает на свой вход сигналы от различных датчиков и согласно программе, динамически активирует электрический клапан. ECU имеет 12 входов. Первый, **Comfort/Sport включатель**, расположенный на панели, дает возможность выбора между двумя режимами. Сигнальная лампа состояния на панели информирует о выбранной установке (однако она не индицирует состояние в котором подвеска находится в данный момент.

Второй сигнал поступает с **сенсора скорости автомобиля**. Индуктивный магнитный тахогенератор возбуждает 4 импульса за одно вращение, это приблизительно 5 импульсов за пройденный метр (хотя это отчасти зависит от диаметра колеса). Он располагается на коробке передач, в том месте, где присоединяется кабель спидометра, или, в других модификациях, непосредственно на самом кабеле. ECU определяет **ускорение** автомобиля посредством оценивая изменения скорости автомобиля на протяжении одной секунды.

Следующий вход получает сигнал с **датчика скорости и угла поворота рулевого колеса**, оптоэлектронного прибора состоящего из двух инфракрасных световых пучков, прерываемых вращающимся диском с 28 отверстиями. ECU воспринимает изменение сигнала в квадратурах от обоих сенсоров чтобы эффективно увеличить разрешение сенсора (28 импульсов за один оборот рулевого колеса) в четыре раза. Результатом является один резкий пик каждые 3,214 градуса угла поворота рулевого колеса. Направление вращения может быть определено порядком следования таких пиков.

Для того, чтобы принять решение, компьютеру необходимо знать положение рулевого колеса. Сенсор не имеет встроенного указателя нулевого положения (так как это не будет всегда работать, в следствие разрегулировки и износа механических деталей). Вместо этого компьютер использует эвристический подход.

Во-первых, прямолинейное положение предполагается если скорость автомобиля выше 30 км/ч и положение рулевого колеса не изменяется (граничная ошибка вплоть до 4-х импульсов допускается) за последние 90 секунд. Во-вторых, мы знаем максимальное число импульсов в обоих направлениях от центра (количество от одного крайнего положения рулевого колеса до другого, поделенное на 2). Если рулевое колесо, как окажется, повернуто более чем на эту величину (ошибка не более 4-х импульсов допускается также), это есть явное указание некорректного начала отсчета: в этом случае центральное положение будет регулироваться посредством избытка.

Скорость вращения рулевого колеса определяется посредством измерения промежутка времени между одиночными импульсами фронтами, идущими от датчиков.

Подобный сенсор информирует компьютер о движении кузова автомобиля. Два инфракрасных луча, диск, имеющий 45 зубцов, подобно учетверяются процессором. Чрезвычайно длинные интервалы рассматриваются идущими от медленных изменений высоты, результирующих выбор водителем различных установок высоты и следовательно отбрасываются.

Датчик подсоединяется к передней стороне балки поперечной устойчивости, справа от рычага корректора высоты. Вследствие своего положения, он способен детектировать как «приседания», так и «нырки», а в некоторых пределах, раскачивания кузова. Однако так как сенсор крепится не в центральной позиции, его чувствительность к раскачиванию приблизительно в три раза меньше чем к «приседаниям» и «ныркам». Во всех направлениях он может измерять как амплитуду движения, так и скорость движения, используя такие же принципы, как и в случае сенсора рулевого колеса.

Сенсор положения педали дроссельной заслонки располагается ниже приборной панели, прямо за механизмом педали, когда педаль может управлять его подрессоренным (подпружиненным) рычагом согласно своему перемещению. Сенсор представляет собой потенциометр со встроенным **integrated serial** сопротивлением в цепи подвижного контакта.

Полный ход потенциометра разбит на 256 шагов посредством аналого-цифрового преобразователя внутри ECU. Опорное напряжение 5 В подается так же с ECU. В следствие начального положения педали газа и максимального перемещения контакта, используется приблизительно от 160 до 220 положений из 256.

Сенсор давления в тормозной системе представляет собой простой выключатель, активируемый давлением, расположенный на узле соединения гидравлических трубопроводов, прямо за узлом ABS, у дна левого переднего крыла в передней колесной арке, под аккумулятором. Контакты замыкаются при 35 bar-ах давления в тормозной системе.

Включатели сигнализаторов открытости дверей/задней двери располагаются на дверных проемах и в защелке багажника. Дверные выключатели все соединены в параллель и подключаются к одной входной линии (и так же направляются к реостату внутренней подсветки и таймеру). Выключатель двери багажника подключается к другой входной линии (и подключается к лампе освещения багажника и на вход датчика сигнализирующего открытость задней двери для индикации состояния на панели, так же, сигналы открытости дверей и капота для индикатора состояния генерируются отдельными группами выключателей, независимых от тех, которые используются подвеской.

Обычный замок зажигания обеспечивает сигнал включения, запуска и внутреннего сброса и запуск теста самодиагностики в ECU. Включение и выключение зажигания так же запускает внутренние события которые гарантируют правильное уравнивание давления между центральной и угловыми сферами.

Процессор позади подвески

ECU представляет собой микрокомпьютер, реагирующий на входные сигналы поступающие от различных сенсоров. Очень интересным и важным аспектом системы является то, что она использует водителя автомобиля как главную часть своей интеллектуальности, выполняя действия очень простые, но эффективные. Чтобы достичь этого, большинство сенсоров считают показания выполняемых водителем действий.

Программное обеспечение содержит описание различных условий (состояние входных линий и встроенных таймеров) управляющих когда активировать/деактивировать электрический клапан переключающий подвеску либо в «твердую», либо в «мягкую» моды. Эти условия могут быть сформулированы как правила.

Для входного сигнала от каждого сенсора существует соответствующее правило: когда величина сигнала получаемая с сенсора превысит определенное значение, подвеска переводится в «жесткую» моду и компьютер запускает счетчик обратного отсчета. Для того, что бы подвеска вернулась в «мягкую» моду в конце периода обратного отсчета, пороговое значение не должно быть превышено в течение этого промежутка времени. Если это произойдет, подвеска остается в «жесткой» моде и вновь начинается обратный отсчет.

Имеются четыре дополнительных правила доминирующая над нормальным функционированием – даже если на сенсорные входы вызывают необходимость применения общих правил, эти четыре условия проверяются первыми:

- компьютер переводит подвеску в мягкую моду когда включается или выключается зажигание. Эта установка является преваляющей пока не пройдет 30 секунд или скорость превысит 30 км/ч, какое бы из двух названных условий не наступило первым;

- если компьютер определит какую-либо проблему с своим собственным функционированием или любое из входных или выходных устройств (включая противоречивые значения подобно отсутствию движения кузова при скорости около 30 км/ч), подвеска будет переключена в жесткую моду и оставаться в таком состоянии до тех пор пока зажигание не будет выключено, или двери откроются при скорости автомобиля свыше 30 км/ч. ECU запустит процедуру самодиагностики когда зажигание включится, однако некоторые сенсоры не могут быть проверены в это время, а только в течение времени их обычной работы;

- всякий раз когда подвеска находится в жесткой моде более чем одну минуту, компьютер переключит ее в мягкую моду мгновенно чтобы гарантировать уравнивание давления в угловых и центральной сферах.

Если обстоятельства требуют нахождения подвески в жесткой моде, подвеска будет возвращаться в прежнее состояние в течении 50 миллисекунд и перезапускать период одноминутного обратного отсчета;

- если скорость автомобиля менее 30 км/ч и происходит открытие дверей салона или задней двери, то соответствующий сигнал превалирует над всеми остальными условиями и подвеска переходит в «мягкую» моду для выравнивания давления в сферах.

Как уже ранее упоминалось, **датчик управления рулевым колесом** используется для получения двух входных величин: скорости вращения рулевого колеса и угла его поворота. Эти значения рассматриваются раздельно с целью расчета поперечного ускорения автомобиля (скорости автомобиля, угла поворота рулевого колеса) и возможное изменение в этом ускорении (скорости автомобиля, угла поворота рулевого колеса). Это, по-видимому сделано таким способом для того чтобы сохранить память, которая в другом случае потребуется для полного трехпараметрического наблюдения (учитывающего скорость автомобиля, угол поворота рулевого колеса, скорость вращения рулевого колеса). Значения сенсора рулевого колеса дают в действительности меру потенциального раскачивания кузова. Раскачивание значительно ограничивается в «жесткой» моде, следовательно, настройки, устанавливаются таким образом, что обеспечивают минимизирование раскачивания кузова, когда имеется для этого возможность, оставляя подвеску мягкой для поглощения неровностей, если качания кузова, вызванные изменением направления движения автомобиля, отсутствуют. Если ускорение или торможение автомобиля превышают 0,3 g (приблизительно 3 м/с²) когда его скорость превышает 30 км/ч, подвеска будет переключена в «жесткую» моду и начнется отсчет 1,2 секунд. В приведенной ниже таблице показаны пороговые значения угла поворота рулевого колеса (**steering wheel angle**) скорости его вращения (**rotating speed**). Если какое-нибудь значение этих величин превышает порог для данной скорости автомобиля, подвеска будет переключена в «жесткую» моду, она будет возвращаться в мягкую моду когда соответствующая величина станет ниже порога на время по крайней мере 1 секунды если переключение запускается углом поворота рулевого колеса, или 2 секунды, если запускается посредством скорости вращения рулевого колеса.

Vehicle speed (km/h)	Steering wheel angle (deg)	Vehicle speed (km/h)	Steering wheel speed (deg/s)
< 30	always soft	< 30	always soft
31-40	130	31-60	196
41-60	100	61-100	167
61-80	52	101-120	139
81-100	40	121 >	128
101-120	18		
121-140	15		
141 >	8		

Сигнал амплитуды и скорости движения кузова снимается с выхода **сенсора движения кузова**, хотя два значения используются различным способом.

Скорость движения кузова используется как параметр для активации двух типов коррекций:

- Коррекция «спущенной шины»: если скорость движения кузова превышает 300 мм/с подвеска переключается в «жесткую» моду и все пороговые установки изменяются к 60 мм. Таймаут коррекции устанавливается 0,4 с.
- Коррекция чрезмерного движения кузова: если смещение кузова превышает 60 мм более чем три раза в течение трех секунд, подвеска переключается в «жесткую» моду и все пороговые установки изменяются к 60 мм. Таймаут коррекции устанавливается 0,4 с.

Предыдущие установки остаются неизменными до тех пор, пока не удовлетворится одно или более чем одно из следующих условий:

- амплитуда движения кузова остается под воздействием модифицированных пороговых установок до тех пор пока не закончится обратный отсчет (таймаут);

- переключатель состояния подвески устанавливается в положение Sport;
- автомобиль разгоняется свыше 159 км/ч;
- угол поворота рулевого колеса превышает пороговое значение зависящее от имеющейся скорости, что отображено в приведенной таблице.

Как только выполнится одно из перечисленных условий, подвеска будет возвращена к обычным установкам, с пороговыми уровнями в соответствии с табличными данными. Превышение любого из этих пороговых значений будет переводить подвеску в «жесткую» моду. Компьютер проверяет каждые 0,8 секунд выполняются ли условия которые переводят подвеску в жесткую моду, и если да, то система и остается в жесткой моде.

Подвеска вниз > 13 импульсов, таймаут 1 сек.

Подвеска вверх > 9 импульсов, таймаут 1 сек.

Подвеска изменяет скорость между 30 и 50 миллисекундами и **Durchfederung** > 3 импульсов, таймаут 1 сек.

Vehicle speed (km/h)	Dive (mm)	Squat (mm)	Steering wh pos (deg)	Vehicle speed (km/h)	Dive (mm)	Squat (mm)	Steering wh pos (deg)
< 30	—	—	—	< 30	—	—	—

Значения, снимаемые с датчика педали дроссельной заслонки используются относительно к скорости автомобиля для того чтобы упреждать его динамику как результат ускорения или торможения. Правила для этого сенсора представляют ответ на возможные «приседания» (при ускорении) или «нырки» (при торможении). И те и другие значительно ограничиваются если подвеска находится в «жесткой» моде.

Процессор подвески делит позицию педали на 5 дискретных положений: 0, 30, 40, 50 и 60 процентов полного хода педали. Компьютер отмеряет время прошедшее с момента движения педали от одного положения до следующего в любом направлении. Если это время не превышает интервал указанный в таблице, подвеска будет переключаться в «жесткую» моду. Она вернется в «мягкую» если движение педали становится медленнее по крайней мере относительно указанного интервала:

Pedal press speed (ms)	Timeout (s)	Pedal release speed (ms)	Timeout (s)
< 100	1	< 100	1
101-150	2	101-200	2

Сенсор давления тормоза определяет давление в переднем тормозном контуре. Так как принцип работы этого сенсора пороговый, установки работы подвески просты: если скорость автомобиля превышает 30 км/ч и давление контуре тормоза выше 35 Bar, подвеска переключается в «жесткую» моду. Система остается в таком состоянии чтобы упреждать чрезмерные «нырки» когда тормоз действует в то время как встречается какое-нибудь из этих двух условий (таймаут, т.е. время обратного отсчета составляет одну секунду). При выключенных зажигания и напряжении питания компьютера подвески электрический клапан немедленно переключается в «жесткую» моду. Нагружая или разгружая автомобиль, вкладывание или вынимание, приводит к возникновению разностям давлений в гидравлической системе. Эти перепады будут резко уравниваться когда система запускается. Приводя к тому, что автомобиль будет резко подниматься (подпрыгивать) или проседать. Для того, чтобы избежать этого, компьютер допускает запуск 30-ти секундного таймаута, после того, как любая из дверей открывается или закрывается (как сообщается **датчиками открытия дверей салона и двери багажника**) оставляя

электрический клапан под напряжением в течение периода таймаута.

Важно отметить, что подвеска будет переключена в «мягкую» моду даже если выключатель зажигания находится в положении «выключено». Более ранние модели не имели такой функции, встроенной непосредственно в компьютер, однако использовали дополнительные передачи сигналов и цепи. На этих моделях на клапан постоянно подавалось напряжение которое могло разрядить аккумуляторную батарею, если дверцы оставались открытыми в течение продолжительного промежутка времени. Начиная с H2 компьютера подвески (с ORGA 4860, February 28, 1990), датчики дверей контролировались самим ECU и функциональность была улучшена посредством 10-ти минутного периода таймаута. По истечению этого промежутка электрические клапаны будут всегда возвращаться в «жесткую» моду, в которой потребление энергии клапанами не происходит. Изменение состояния при **включении зажигания** вызывает переключение в «мягкую» моду не позднее чем через 30 секунд; при достижении автомобилем скорости 30 км/ч будет отключать эту моду раньше.

Когда включается зажигание, ECU так же запускает тест самодиагностики длящийся три секунды. Когда выключатель селектора подвески установлен в положение **Sport**, выходы сенсоров, за исключением сенсора скорости автомобиля, игнорируются. При скорости менее 30 км час автомобиль

остается в мягкой моде и переключается в постоянную жесткую моду при превышении этой скорости. Индикатор статуса подвески на приборной панели имеет две функции:

- когда включается зажигание и подвеска устанавливается в положение **Comfort** он будет светиться в течение ECU теста. Если компьютер обнаружит любую неисправность во время прохождения теста, индикатор будет вспыхивать (мигать) один раз или более.

- когда подвеска установлена в положение **Sport**, лампа индикатора будет оставаться светящемся чтобы информировать водителя о выбранной установке. Лампа состояния светится или гаснет только когда установки подвески будут изменяемы в соответствии с положением переключателя режима (моды). Этот временной промежуток короткий потому что устанавливаются внутренние таймауты (времена обратных отсчетов) и некоторые сенсоры проходят калибровку. Из-за этого состояния изменения свечения немного задерживаются относительно изменения состояния переключателя режима (моды).

Гидроактив II

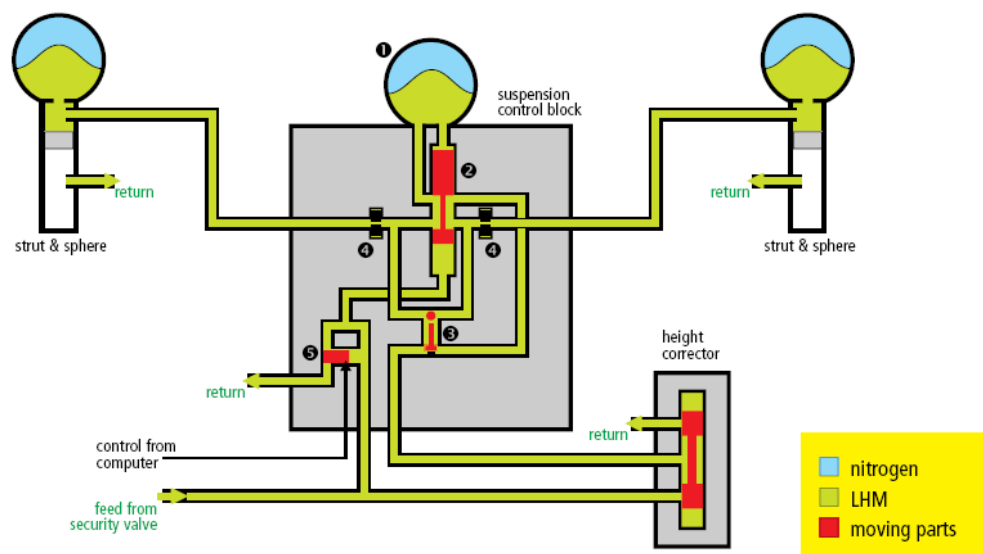
Второе воплощение подвески гидроактив появилось в 1-го февраля 1993 года (ORGA 5929). Ей было предназначено преодолеть наибольшие проблемы которые имелись в предшествующей системе- очень некомфортную «жесткую» моду.

Переключение в **Sport** режим не означало теперь застревание в «жесткой» моде, некомфортной для поездки. Для Гидроактив II отношение между режимами подвески и установками переключателя приборной панели становятся более сложными: в обоих установках – **Normal** (старое Comfort) и **Sport** компьютер может переключать как в жесткий так и

мягкий режим, как он посчитает нужным, тем не менее когда установлен режим **Sport**, подвеска становится более чувствительной и будет быстрее и более часто переключаться в жесткий режим.

Много моделей были так же дополнены антипросадочной системой, которая запирает систему если автомобиль не движется, используя для этого еще одну дополнительную сферу. Она предназначена только для того, что бы предохранять автомобиль от проседания когда он не используется и не влияет на функционирование системы подвески во всяком другом случае.

Базовые принципы функционирования (передняя подвеска)



Центральные сферы контуров и стоек переопределились: теперь они содержат электроклапаны и внутренние защитные канальные оболочки (**the internal conduits serving ?**) сами сферы были так же модифицированы; подсоединен новый контрольный блок, как и предыдущий, к левой и правой угловым сферам, корректор высоты, и – в зависимости от контрольного сигнала идущего с компьютера подвески – центральной сферы. Элементы являются практически такие же как и в Гидроактив I:

1. **Базовая (основная) сфера.**
2. **Гидравлически контролируемый изолирующий клапан.**
3. **Шариковый и поршневой клапан.**
4. **Два демпфирующих элемента.**
5. **Электрически контролируемый клапан** управляемый компьютером подвески.

Передний и задний контуры подвески идентичны, но гидравлически независимы. Два электроклапана управляются одновременно, параллельно.

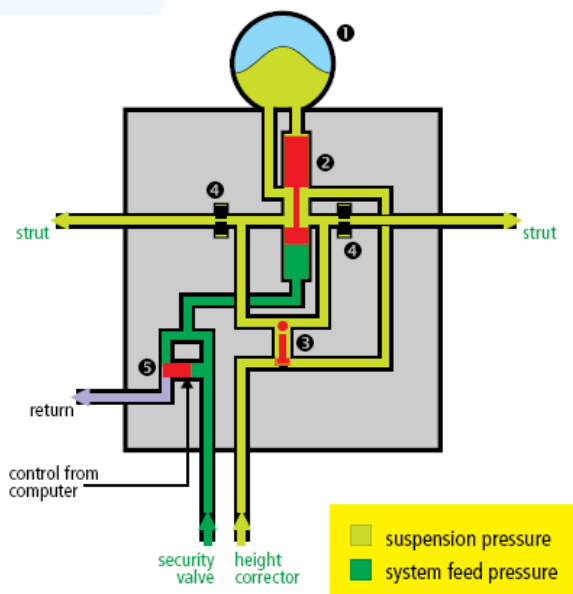
изолирующему плунжеру 2 и перемещая его, подсоединяет центральную сферу 1 к остальной части контура подвески. В «жесткой» моде, электрический клапан 5 перекрывает и позволяет давлению в центральной сфере 1 передвинуть контрольный плунжер в положение, когда центральная сфера закрывается полностью. Давление в центральную сферу 1 теперь подается непосредственно с корректора высоты в «мягкой» моде. Это упрощает устройство шарикового клапана относительно системы Hydractive I.

Trapped among pistons

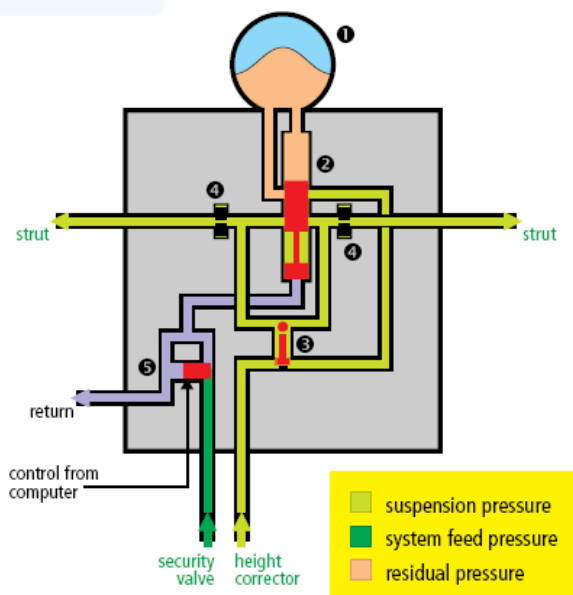
На электроклапан 5 подается напряжение когда подвеска находится в «мягкой» моде, отсюда следует, что «электрическое» положение «по умолчанию» является «жестким». Тем не менее, вследствие непрямого (косвенного) соединения между этим клапаном и изолирующим поршнем 2 внутри контрольного блока, гидравлика может оставаться в любом положении на продолжительный период времени с отсоединенным электрическим клапаном, в зависимости от разности давлений между стойками и основным контуром. Если основной контур подвески имеет номинальное давление, то система остается в «жесткой» моде, когда электроклапан отключен или разъединен (изолирован).

Две моды являются практически одинаковыми как и на предыдущей системе Hydractive: в «мягкой» моде электроклапан 5 открывает «питающее» давление по направлению к

SOFT MODE



HARD MODE



Более высокий интеллект

Компьютер использует такой же набор сенсоров как и в Hydractive I, единственным отличием является **сенсор скорости автомобиля**, который теперь представляет датчик использующий эффект Холла. Его разрешение удвоено до 8-ми импульсов сгенерированных за один оборот, что приблизительно соответствует 5-ти импульсам за пройденный метр (хотя это отчасти зависит и от размера колеса). Он располагается в коробке передач в том месте где присоединяется кабель спидометра, или, в некоторых моделях, не самом кабеле.

Внутренний алгоритм компьютера становится более сложный. В то время когда Hydractive I имел только одну моду контролируемую компьютером, (Sport переключал подвеску в постоянную «жесткую» моду если скорость автомобиля превышала 30 км/ч), новая система имела два таких режима функционирования: как в Normal так и в Sport режимах он динамически активирует электрический клапан контрольного блока подвески когда бы ни решил что обстоятельства управления требуют устойчивой подвески. Разница заключается в наборе правил которые использует компьютер чтобы разрешить эти обстоятельства: правила являются более строгими для режима Sport, с большинством пороговых

ограничений, таким образом подвеска будет переключаться в «жесткую» моду намного быстрее.

Приведенные ниже таблицы показывают три порога **угла поворота рулевого колеса**. Если значение считываемое сенсором превышает пороговое для актуальных скорости автомобиля и установок подвески, то подвеска будет переключена в «жесткую» моду; она вернется в «мягкую» когда соответствующая величина опустится ниже порогового значения в течении по крайней мере 1.5 секунд.

Vehicle speed (km/h)	Steering wheel angle (deg)	
	Normal	Sport
< 34	—	—
34–39	174	119
40–49	100	67
50–59	84	56
60–68	68	45
69–78	55	37
79–89	42	28

Vehicle speed (km/h)	Steering wheel angle (deg)	
	Normal	Sport
90–99	33	22
100–119	26	27
120–139	23	15
140–158	20	13
159–179	13	9
179 >	10	7

Имеется так же подобная таблица для порогового значения **скорости вращения рулевого колеса**:

Vehicle speed (km/h)	Steering wheel speed (deg/s)	
	Normal	Sport
< 24	—	—
24–29	535	357
30–39	401	267
40–49	246	164
50–59	178	119
60–68	110	73
69–78	82	55

Vehicle speed (km/h)	Steering wheel speed (deg/s)	
	Normal	Sport
79–89	62	41
90–99	53	35
100–119	42	28
120–139	30	20
140–158	22	15
158 >	20	13

Пороговые значения для движения кузова:

Vehicle speed (km/h)	Dive (mm)	Squat (mm)	Steering wh pos (deg)
< 10	—	—	—
10–33	84	60	—
34–39	84	60	87
40–49	54	48	50
50–59	54	48	42
60–68	54	48	34
69–78	54	48	27.5
79–89	54	48	21
90–99	48	48	16.5

Vehicle speed (km/h)	Dive (mm)	Squat (mm)	Steering wh pos (deg)
100–109	48	48	13
110–119	48	42	13
120–129	48	42	11.5
130–139	42	42	11.5
140–149	42	42	10
150–158	42	36	10
159–179	42	36	6.5
179 >	36	36	5

Отметим, что пороговые значения одинаковы как для Normal так и для Sport режимов подвески.

Пороговые значения сенсора педали газа:

Vehicle speed (km/h)	Pedal press rate (steps/25 ms)	
	Normal	Sport
< 14	2	1.3
15–49	3	2
50–99	4	2.6
100–134	5	3.3
135–199	6	4
199 >	7	4.6

Vehicle speed (km/h)	Pedal release rate (steps/25 ms)	
	Normal	Sport
< 19	10	6.6
20–78	5	3.3
79–168	6	4
168 >	7	4.6

Одновременно с улучшенной чувствительностью сенсора скорости автомобиля, правила которые в прошлом были установлены для скорости 30 км/ч были изменены и установлены для 24 км/ч. Таким образом подвеска переключается в «жесткую» моду если **сенсор тормозного давления** обнаруживает превышение величины давления выше 30 Бар и скорости автомобиля свыше 24 км/ч.

Таким же образом подвеска будет переключаться в «мягкую» моду при включении **замка зажигания**, в течение максимум 30 секунд, однако при достижении автомобилем скорости 24 км/ч эта мода будет отключена преждевременно. Она будет включена так же если любая дверца или крышка багажника открываются, однако скорость автомобиля менее 24 км/ч. Причиной для этого явилось уравнивание давления между всеми тремя сферами оси. Без этого, центральная сфера будет возвращать свое предыдущее давление и как только скорость автомобиля превысит 24 км/ч, открытие ее приведет к тому, что

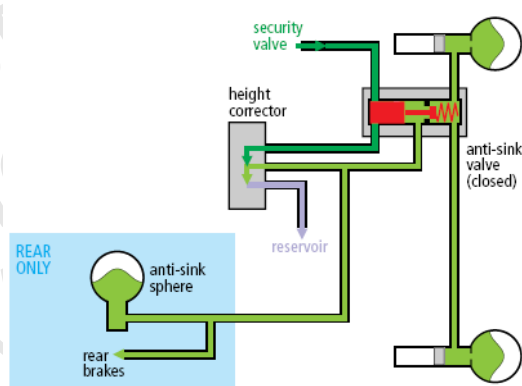
автомобиль будет подпрыгивать или падать, в зависимости от давления в данный момент. Важно отметить что подвеска будет переключаться в «мягкую» моду даже если выключатель зажигания выключается. При открытых дверцах, когда замок зажигания находится в положении выключено, «мягкая» мода подвески подчинена 10-ти минутному таймауту, что необходимо для избежания разряда аккумуляторной батареи, так как «мягкая» мода требует протекания тока через обмотку электрического клапана.

Антипросадочная система

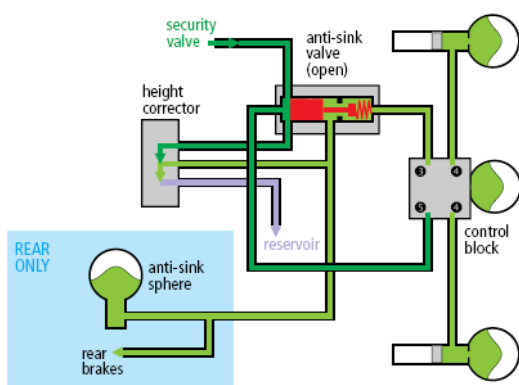
Многие модели Citroën-ов, которые имеют регулируемую гидропневматику и систему Гидроактива, Xanti-и и XM –мы, оборудованы системой антипросадки (anti-sink system (SC/MAC)), установленную с несомненно единственной целью -- успокоения обыкновенного водителя посредством предохранения автомобиля от опускания («просадки»), когда он не используется. Эта система в действии, не пересекается с нормальным функционированием других узлов. Она пытается минимизировать утечки внутри системы посредством содержания только одного элемента который может «протекать», самого антипросадочного клапана.

Принцип работы является довольно простым: имеется антипросадочный клапан установленный для каждой оси, между корректором высоты и стойками подвески (или гидравлического контрольного блока системы Гидроактив). Клапаны управляют разностью давлений в системе без электрического управления: когда имеется значительное давление в их контрольном контуре, они сохраняют свой рабочий контур постоянно открытым (фактически они являются аналогом простого электрического реле).

HYDROPNEUMATIC



HYDRACTIVE



В

нормальных обстоятельствах, насос высокого давления обеспечивает регулятор давления и главный аккумулятор жидкостью. Выход из этих двух узлов обеспечивает всю систему высоким давлением, которое поступает через клапан безопасности, сохраняющий постоянное давление в контуре тормозов, для очевидной причины связанной с безопасностью. Если в системе поддерживается достаточное давление, клапан безопасности снабжает остальную часть подвески через антипросадочные клапаны и корректоры высоты.

Это давление, которое поступает через клапан безопасности, появляется в контрольном контуре корректора высоты. Когда автомобиль движется, клапан постоянно открыт,

соединяя корректоры высоты к остальной части подвески и тормозной системы – вся система работает точно так же, как и в автомобиле не оборудованном антипросадочным клапаном. Даже когда двигатель заглушен, клапан остается открытым настолько долго, насколько долго давление жидкости подаваемой через основной аккумулятор остается выше, чем давление в подвеске. Однако как только утечка в стойках, корректорах высоты и тормозном клапане ограничит давление в главном аккумуляторе ниже давления в подвеске, закрытие антипросадочного клапана изолирует стойки подвески от остальной части системы (см стр. 29 описания контрольного блока Hydractive II). Является нормальным, что передний клапан срабатывает первым, поскольку передняя часть ненагруженного автомобиля является значительно тяжелее вследствие двигателя и коробки передач. В сравнении с автомобилями не оборудованными антипросадочным клапаном, утечка в данном случае ограничивается довольно радикально. Например «стандартный» XM с подвеской, упомянутой первично, полностью опускается за 20-30 часов, в то время когда система имеет антипросадочный клапан подвеска потребует для опускания в нижнее положение порядка 10 дней.

В подключении заднего антипросадочного клапана есть небольшое отличие: в дополнение к подаче давления в заднюю часть подвески и контур тормоза, как обычно, он подключает так же дополнительную антипросадочную сферу. Назначение этой сферы заключается в удержании давления в тормозном контуре. Так как тормозной клапан является наиболее «протекающим» элементом, он может выпускать давление между поршнем и плунжером (штоком) в то время когда остаточное давление позади поршня (обеспечивающего высокое давление и контур передней подвески не имеют слишком больших утечек) остается довольно высоким. В этом случае антипросадочный клапан может открыться ошибочно – дополнительная же сфера гарантирует что это не случится.

Антипросадочная система поддерживает высоту автомобиля посредством противодействия внутренним утечкам различных элементов подвески которые выполняли бы сбрасывание давления в резервуар. Элементы которые находятся в постоянном движении – например корректоры высоты, пропускают часть жидкости мимо своих уплотнителей с целью собственной смазки; тормозные клапаны, с другой стороны, начинают давать утечку когда они изнашиваются. Антипросадочные клапаны – которые двигаются очень редко, не нуждаются в интенсивной смазке, таким образом изготавливаются с очень высокой точностью и очень низкой утечкой – они изолируют все стойки от остальной части системы для предотвращения любых возможных утечек, приводящих к снижению давления в стойках что приводит к опусканию автомобиля.

Подвеска Aktiva

Подвеска Aktiva – использованная только на некоторых моделях Xanti-й – вызывает смешанные ощущения. Водители жажущие спортивной манеры езды и курсовой устойчивости автомобиля восхваляют ее потому что такой автомобиль входит в поворот «без нарушения прически»: он остается полностью горизонтальным и нейтральным. Однако это требует дополнительных затрат для поддержания комфорта при езде.

Система Aktiva работает в два разделенных этапа: Первый контролируется механически посредством **корректора крена (roll corrector)** (этот узел идентичен корректору высоты используемому в подвески, детали на стр. 23). Корректор присоединяется через L-образную пружину к нижнему поперечному рычагу. Когда автомобиль выполняет резкий левый поворот, его переднее левое колесо будет вдавливаться в следствие наклона кузова вызванного действием центробежной силы. Так как колесо движется вниз, что доходит до конца своего поперечного рычага, толкая рычаг к корректору. Поршень внутри корректора крена перемещает снизу – вверх, открывая подачу давления в стабилизирующие цилиндры. Эти два цилиндра присоединяются к «колесной» подвеске различным образом: в передней части, поршень толкает левое колесо снизу вверх, в то время когда сзади правое колесо будет подвергаться действию силы в направлении сверху вниз.

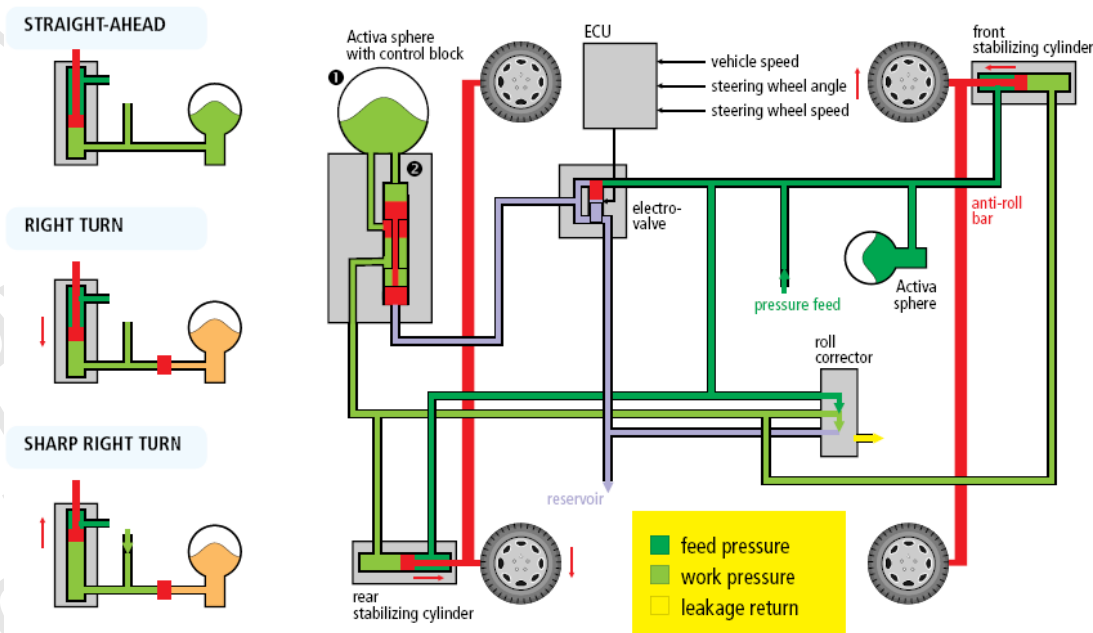
Эта диагональная коррекция противодействует крену кузова. Поворот в противоположном направлении приведет к выполнению обратной операции: корректор крена откроет соединение из стабилизирующего цилиндра обратно в резервуар. Переднее левое колесо движется сверху вниз, заднее правое – снизу вверх, вновь противодействуя эффекту крена кузова.

Дополнительная сфера Aktiva которая находится в передней части действует как экстренный аккумулятор, однако задняя сфера может подключаться или отключаться

электрически. В зависимости от положения поршня внутри **электрического клапана**, питающее высокое давление или позволяет дотянуть поршень 2 внутри контрольного блока, толкая его вверх и подключающего сферу 1 к остальной части контура (на картинке изображается прерывистой линией), или остаточное давление в сфере перемещает поршень 2 вниз, изолируя сферу 1.

Когда сфера Aktiv-ы является открытой для остальной части системы, коррекция крена применяется посредством пружинящего узла состоящего из аккумуляторной сферы и сферы Aktiva. «Питающая» сторона поршней **стабилизирующего цилиндра** имеет половину пространства другой стороны, подключенной к сфере Aktiva 1 при открытом клапане 2. Изменения длины звена поэтому не передаются непосредственно к рычагу крена (устойчивости?). Под влиянием внешних сил, подобных крену кузова, движение поршня сжимает газ содержащийся в одной сфере и, в это же время, расширяет его в другой.

Стабилизирующий цилиндр работает как пружина с асимметричной характеристикой: ее эффективная жесткость меньше в области позиции корректирования, однако жесткость постепенно возрастает по мере того как поршень вытесняется с этого положения.



Система Aktiva имеет две моды, зависящие от положения электрического клапана 2. В первой корректор крена всегда активен, потому что он «опрокинут» (перевернут). Результирующий поток жидкости будет стремиться двинуть активный механизм (узел) опрокидывая баланс давления в двух дополнительных сферах, и применение принудительного усилия будет передаваться посредством пружинного элемента которое становится все более жестче чем большая коррекция необходима.

ECU контролирующее электрический клапан использует сенсоры идентичные системе аналогичные Hydractive. Величина скорости автомобиля, угол поворота рулевого колеса и скорости его вращения определяют когда должна осуществляться вторая мода антикренового поведения.

Подобно функционированию компьютера подвески, Aktiva ECU так же использует водителя как «источник» чтобы

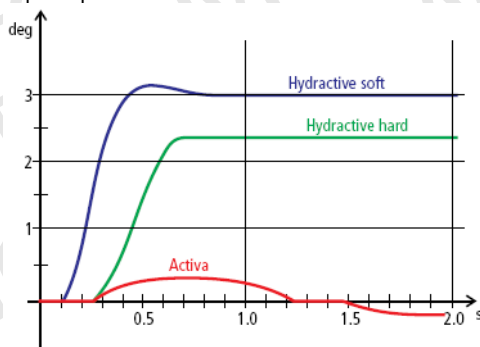
определить движение кузова: если качение вызвано неровностью дорожной поверхности, рулевое колесо вращаться не будет. В кривых компьютер рассчитывает максимально возможное поперечное ускорение (скорость автомобиля измеряется посредством его сенсоров, радиус поворота считывается с сенсора угла поворота рулевого колеса, масса автомобиля является известной постоянной – центробежная сила может быть рассчитана из полученных данных) и принимает решение необходимо ли пружинящим элементам, которые составляют две сферы, стать жестким, чтобы компенсировать крен кузова.

В этой моде сфера Aktiva изолируется от остальной части системы, поток жидкости между корректором крена и активным механизмом блокируется на обоих, делая связь полностью жесткой. Даже если

выход корректора крена открывается, связь остается достаточно жесткой (обеспечивая очень жесткое пружинное соединение с высоким демпфированием); жидкость в количестве только половины рабочего объема выходит из дополнительной аккумуляторной сферы через ограничительный регулятор.

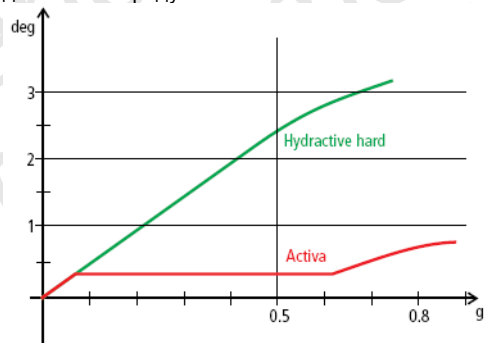
Дополнительное демпфирование сферы Activa теперь выключено, коррекция применяется только посредством очень жесткого рычага (балки) поперечной устойчивости (**roll-bar**). Когда возможный диапазон коррекций пройден, (**оси** стоек выведены или противодействуют насколько это возможно) при приблизительно 0,6 g поперечного ускорения, только очень жесткий креновый (поперечный) рычаг (**rollbar**) остается функциональным.

На диаграммах показаны обнаруженные кинетические характеристики автомобиля Aktiva.



Первая диаграмма показывает соотношение между временем и углом крена для постоянного поперечного ускорения. Явно видно, что система Hydractive может только ограничить креновое затухание (демпфирование), а не угол крена. Отметим, что начальный наклон обеих кривых Hydractive, отрезок времени до 0,4-0,5 секунд — практически такой же как в «мягкой», так и в «жесткой» модах. Этот наклон представляет собой объединенную жесткость кренового (поперечного) рычага (балки) и соответствующих гидравлических компонент. Однако,

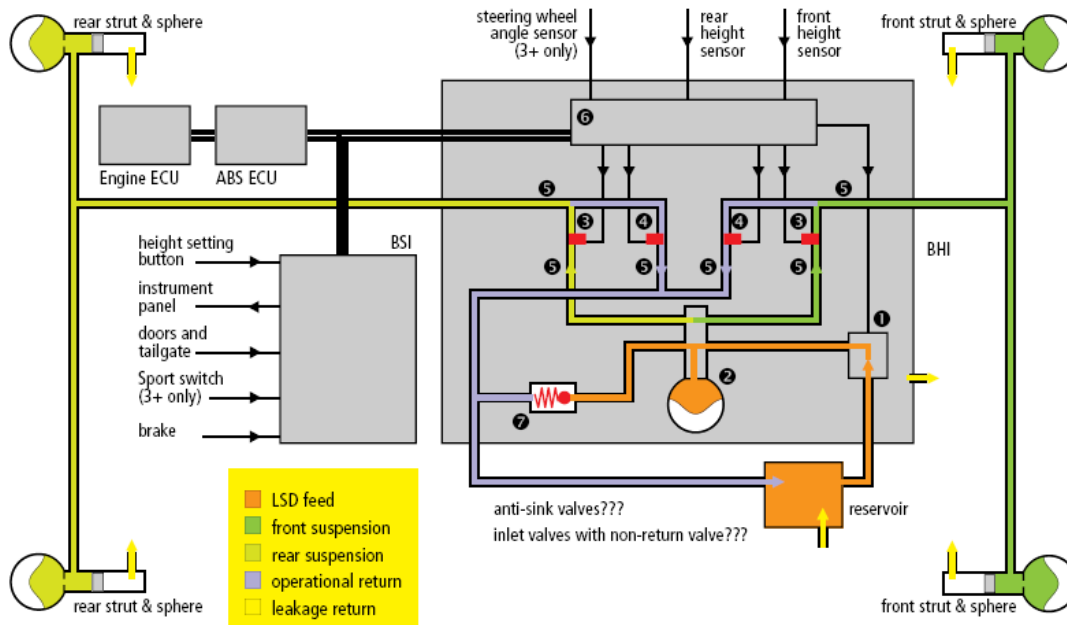
время реакции в «мягкой» моде больше (0,8 секунд против 0,6, показанных последним изгибом, когда кривая переходит в горизонтальную линию). Так как угловые сферы являются изолированными и их суммарный газовый объем будет меньше, чем в «жесткой» моде, максимум угла крена стабилизируется около 2,5 градусов, в то время когда для «мягкой» он достигает 3 градусов.



На второй диаграмме нанесено отношение между поперечным ускорением и углом крена. Гидравлическо-механический креновый рычаг (рычаг (балка) устойчивости) Aktiv-ы начинает работать одновременно с системой Hydractive с минимального поперечного ускорения. Однако, в то время когда Hydractive остается почти линейным — чем резче вы повернете, тем большим будет угол крена, Activa компенсирует путем сохранения угла крена кузова постоянно менее 0,5 градусов вплоть до поперечного ускорения 0,6 g (путем обеспечения действенной установки бесконечной жесткости кренового (устойчивости) рычага (балки)). Однако даже когда предел кренового рычага достигнут, когда он сжат или вытянут насколько это возможно, эффективный креновый рычаг остается довольно жестким: угол крена будет увеличиваться только умеренно, достигнув значения максимум в 1 градус.

Hydroactive 3

Новый C5 имел новую систему подвески, оставил далеко многие решения использованные в Citroën-ах в течении нескольких десятилетий, однако предлагая такой же, или даже больший комфорт чем ранее. Недавние разработки в области электроники и компьютерной техники сделали возможным передачу многих функций, которые доселе решались механико-гидравлическими компонентами электронным узлам.



Эта третья генерация системы подвески содержит с себе те же самые базовые принципы функционирования как и предыдущие системы. Она так же имеет две разновидности: упрощенный **Hydractive 3** напоминающий исходную гидропневматическую подвеску DS-GS-BX-CX-ов и немного более усложненную **Hydractive 3+**, базирующуюся на предыдущих Hydractive I и II (в действительности, Hydractive 3 не является гидроактивной в том смысле, который мы использовали выше, это только особая «активность» которая позволяет регулировать клиренс в зависимости от скорости и состояния дороги).

Несмотря на то, что базовые принципы остались практически теми же, существенные основы претерпели значительные изменения. Наиболее важным является то, что предыдущий механический механизм управления корректорами высоты стал контролируемым электроникой посредством гидравлического блока. Так как все гидравлические блоки, за исключение сфер – которые были конструктивно изменены таким образом, чтобы получить неограниченную вероятность жизни -- теперь оказались соединены в единый узел **Встроенный Гидроэлектронный Интерфейс (Built-in Hydroelectronic Interface (BHI))**. Это компактный блок состоит из трех основных узлов:

- высокого давления для новой синтетической жидкости (называемой LDS, оранжевого цвета), которое создается пятипоршневым гидравлическим насосом 1, который управляется электрическим двигателем (имеющим частоту вращения 2300 об/мин) работающим независимо от двигателя, запускающимся только когда имеется необходимость;
- гидравлический узел, включающий аккумулятор 2 чтобы сглаживать пульсацию давления создаваемого насосом, четыре электрических клапана 3 и 4 и два гидравлических клапана 8 служащих для регулирования высоты и создания антипросадочного эффекта, несколько встроенных (in-line) фильтров 5 клапан избыточного давления 7 (играющий роль регулятора давления предыдущей системы);
- компьютер 6, коммутирующий с другими компьютерами посредством составной (сложной) сети для того, чтобы считывать входные сигналы от различных сенсоров и

контролировать как двигатель насоса HP (High Pressure - высокого давления) так и клапаны.

В противоположность корректорам высоты предыдущих систем, управляемых механически посредством звеньев (тяг?) присоединенных к балке поперечной устойчивости, новая система использует электронные сенсоры для получения информации об актуальной высоте подвески и электроприводах для того, чтобы изменить клиренс когда это будет необходимо. Основное преимущество использования их в том, что ECU может обеспечивать выполнение очень сложных алгоритмов чтобы управлять и использовать коррекцию высоты, что было невозможно в случае использования механической обратной связи с простым порогом срабатывания;

Компьютер 6 подключается к CAN комплексной сети, обеспечивающей доступ к сообщениям посланным BSI и выдает информацию компьютеру контролирующему двигатель и ABS. Входы ECU подвески используют сопоставление задней и передней высоты кузова, педали тормоза, скорости автомобиля и ускорения, статуса открытых/закрытых дверей (включая багажник), плюс угол поворота и скорость вращения рулевого колеса как у **Hydractive 3+**.

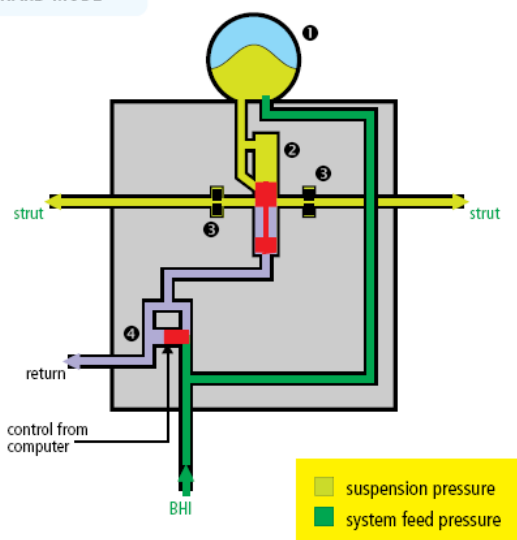
Как обычно у Citroën-ов, водитель может выбрать одно из четырех положений высоты (хотя селектор не является более механически соединенным с гидравликой, это теперь простой электронный переключатель посылающий сигналы компьютеру): **высокое, трек (track)** (плюс 40 мм) **нормальное и низкое**. Выбранные установки отображаются на многофункциональном экране на панели. Компьютер так же предупреждает о выборе неподходящих установок. Опция **высокое** невозможна для выбора когда автомобиль движется быстрее чем 10 км/ч и ни трек ни низкое положение не может быть выбрано при скорости свыше 40 км/ч.

В дополнение к ручным установкам, система регулирует клиренс автоматически. При скорости ниже 110 км/ч на ровной поверхности дороги дорожный просвет остается стандартным, однако как только эта скорость превышает, перед автомобиля будет опущен на 15 мм, а зад – на 11 мм. Это изменение опускает центр тяжести, улучшая стабильность, снижая потребление топлива (посредством ограничения лобового сопротивления) и ограничивая чувствительность к боковому ветру. Автомобиль восстанавливает стандартную высоту движения когда его скорость падает ниже 90 км/ч. На неровной дороге (компьютер знает о состоянии дороги посредством слежения за скоростью автомобиля, высотой и движению подвески) дорожный просвет будет увеличиваться. Максимальное увеличение будет достигать 20 мм, однако эта установка используется на очень плохой дороге и при скорости автомобиля менее 60 км/ч. Основная высота автомобиля (опуская быстрые движения вследствие перемещения подвески) проверяется, и если есть необходимость, регулируется каждые 10 секунд или когда одна из дверей открывается или закрывается (даже когда выключен замок зажигания).

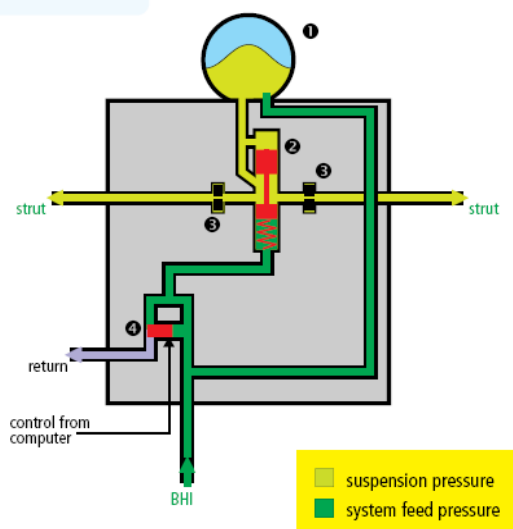
Гидроактив 3+

Подобно предшественнице, эта система так же имеет две моды: *твердую* и *мягкую*. **Регулятор жесткости** – дополнительная сфера и гидравлический контрольный блок на

HARD MODE



SOFT MODE



ось – изолируют или подключают угловую и центральные сферы. Ее работа практически аналогична работе подобного контрольного блока системы **Hydractive II**: компьютер контролирующей электрический клапан **4** открывает питающее давление через изолирующий поршень **2** и передвигая его, подключает центральную сферу **1** к остальной части подвески, переключая подвеску в **мягкую моду**. Закрывание электроклапана **4** препятствует гидравлическому снабжению поступающему от BHI; остаточное давление в центральной сфере **1** двигает изолирующий поршень **2** вниз, в положение которое закрывает центральную сферу полностью: подвеска переключается в **жесткую моду**.

Подвеска имеет два режима, которые может выбрать водитель, *Normal* и *Sport*. Новый регулятор жесткости вместе с центральными сферами изолируется в жесткой моде и вновь активируется в мягкой в ответ на различные входные сигналы получаемые и выполняемые ECU подвески. Функционирование компьютера на базовом уровне подобно ECU Hydractive-a II: он использует таблицы и правила чтобы установить пороговые значения для величин на входах от многих сенсоров чтобы определить когда переключать в жесткую моду.

Именно подобно своей предшественнице, режим *Sport* не означает постоянное нахождение в жесткой моде, только пониженные, более чувствительные пороговые значения для переключения.

Компьютер отслеживает следующие входные параметры: **высоту** и **sport** установки выбранные водителем (сообщаемые через BSI); **скорость автомобиля** и **продольное поперечное ускорение** кузова (сообщаемое на CAN), **угол** и **скорость вращения рулевого колеса** (тип сенсора зависит от того, оборудован автомобиль ESP, в таком случае сенсор подключает к многофункциональной сети вместо того, что бы подключать непосредственно к ECU подвески), **скорость движения подвески** (используя значения сенсоров передней и задней высоты), статуса открытая/закрытая **дверь** (сообщаемого через BSI) и движения **педаль акселератора** или **дроссельной заслонки**.