

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт Машиностроения и Автомобильного Транспорта

Кафедра Автомобильного транспорта

Курочкин С.В.

Конспект лекций по дисциплине

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ**

Конспект лекций  
по дисциплине **«ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ  
АВТОМОБИЛЕЙ»** для студентов ВлГУ, обучающихся по направлению 23.03.03  
«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

Владимир – 2016 г.

## Тема 1: Введение, задачи и содержание курса

**Целью дисциплины** «Гидравлические и пневматические системы автомобилей» являются: изучение студентами основных понятий о гидравлических и пневматических системах автомобильного транспорта, их назначение, методах проектирования и расчета гидравлических и пневматических приводов исполнительных механизмов автомобильного транспорта.

**Задачами изучения дисциплины** являются: изучение студентами терминологии и устройства гидравлических и пневматических приводов автомобилей; изучение компоновочных схем и методик диагностирования данных систем; овладение навыками анализа и конструирования гидравлических и пневматических приводов, научить студента свободно ориентироваться в номенклатуре гидравлического и пневматического оборудования, применяемого в гидравлических и пневматических системах автомобильного транспорта.

В процессе освоения дисциплины обучающийся формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

- умение изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы по совершенствованию технологических процессов эксплуатации, ремонта и сервисного обслуживания транспортных и транспортно-технологических машин различного назначения, их агрегатов, систем и элементов, проводить необходимые расчеты, используя современные технические средства;

- готовность к участию в составе коллектива исполнителей в организации и выполнении транспортно-технологических процессов;

- готовность к участию в составе коллектива исполнителей к деятельности по организации управления качеством эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов;

- способность к работе в составе коллектива исполнителей в области реализации управленческих решений по организации производства и труда, организации работы по повышению научно-технических знаний работников;

- способность оценить риск и определить меры по обеспечению безопасной и эффективной эксплуатации транспортных, транспортно-технологических машин, их агрегатов и технологического оборудования;

- способность составлять графики работ, заказы, заявки, инструкции, пояснительные записки, технологические карты, схемы и другую техническую документацию, а также установленную отчетность по утвержденным формам, следить за соблюдением установленных требований, действующих норм, правил и стандартов;

- владение знаниями основ физиологии труда и безопасности жизнедеятельности, умениями грамотно действовать в аварийных и чрезвычайных ситуациях, являющихся следствием эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин;

- владение знаниями методов монтажа транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, используемого в отрасли;

- способность использовать данные оценки технического состояния транспортной техники с использованием диагностической аппаратуры и по косвенным признакам.

Для успешного усвоения материала курса «Гидравлические и пневматические системы автомобилей» студентам необходимо предварительно изучить следующие дисциплины: начертательная геометрия и инженерная графика; высшая математика; теоретическая механика; физика; сопротивление материалов; технология конструкционных материалов; гидравлика и гидроприводы; детали машин и основы конструирования; теория машин и механизмов; устройство автомобиля.

Знания, полученные при изучении дисциплины необходимы для изучения последующих дисциплин профессиональной подготовки, таких как «Техническое обслуживание ходовой части и систем, «Конструкция и эксплуатационные свойства

автомобилей», «Основы работоспособности технических систем», «Диагностика технического состояния легковых автомобилей», «Диагностирование технического состояния грузовых автомобилей».

В учебном плане предусмотрены виды учебной работы: теоретические лекции, лабораторные занятия, ориентированные на получение знаний и практических навыков в части конструкции, анализа и диагностирования гидравлических и пневматических приводов автомобилей, а также самостоятельная работа студентов, направленная на закрепление знаний о конструировании гидравлических и пневматических приводов.

Изучение дисциплины базируется на анализе конструкций гидравлических и пневматических приводов современных отечественных и зарубежных автомобилей, а также на примерах новых средств диагностирования и испытаний подобных систем.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**знать:** рабочие процессы, принципы и особенности работы гидравлических и пневматических систем автотранспортных средств;

**уметь:** определять характеристики основных пневматических и гидравлических аппаратов и систем в целом

**владеть:** навыками анализа для освоения новых конструкций пневмо- и гидросистем.

Изучение дисциплины «Гидравлические и пневматические системы автомобилей» предполагает формирование знаний о гидравлических и пневматических системах автомобильного транспорта, их назначении, методах проектирования и расчета гидравлических и пневматических приводов автомобилей. Для реализации указанных качеств в учебный процесс интегрированы интерактивные образовательные технологии, включая информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), при осуществлении различных видов учебной работы:

– учебную дискуссию;

– электронные средства обучения (слайд-лекции, компьютерные тесты);

- групповые формы выполнения лабораторных работ.

Тематика лабораторных занятий направлена на практическое изучение устройства и рабочих процессов гидро- и пневмоприводов автомобилей, развитие способностей к их анализу, а также на обучение навыкам диагностирования подобных систем.

Перечень лабораторных работ:

1. Исследование гидропривода подъема платформы грузового автомобиля;
2. Определение характеристик гидравлического привода сцепления;
3. Исследование рабочих процессов пневмоаппаратов тормозного привода
4. Углубленное диагностирование пневматического привода тормозных систем;
5. Диагностирование гидро- и пневмоприводов с электронным управлением.

Текущий контроль знаний (рейтинг-контроль) осуществляется в виде тестирования и ответов на вопросы.

Самостоятельная работа студентов (СРС) заключается в выполнении разнообразных учебных заданий с целью усвоения различных знаний, приобретения умений и навыков самостоятельной деятельности и выработки системы поведения. СРС выполняется под руководством преподавателя с последующим контролем. Выполнение СРС подкрепляется использованием дополнительной литературы и ресурсов Интернет.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

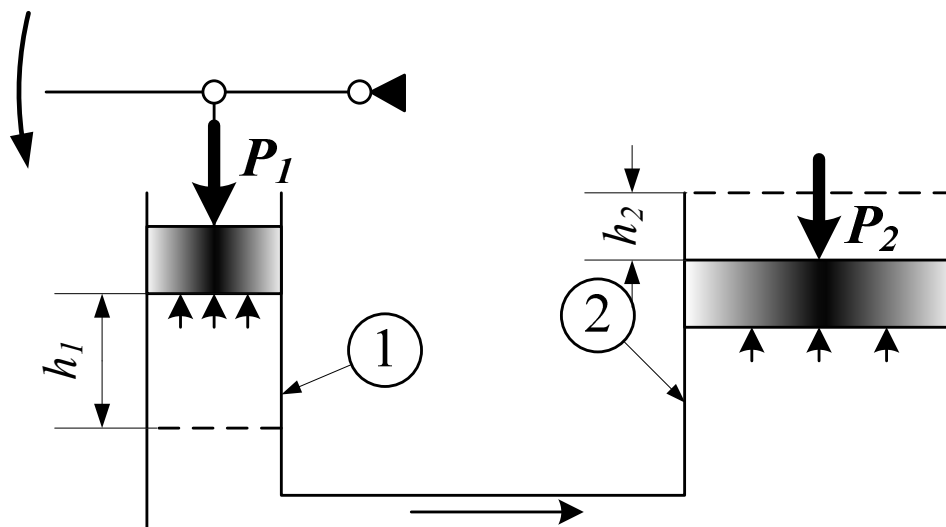
### Основная литература

1. ГОСТ 2.704\_2000. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем, 2000 – 18 с.
2. ГОСТ 2.781-96. Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические, устройства управления и приборы контрольно-измерительные. 2003 – 18 с.

## Тема 2.1: Основные свойства жидкостей; силы, действующие на жидкость; классификация гидравлических приводов

*Гидроприводом* называется совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов и машин посредством рабочей жидкости, находящейся под давлением, с одновременным выполнением функций регулирования и реверсирования скорости движения выходного звена гидродвигателя.

Принцип действия простейшего объемного гидропривода основан на практической несжимаемости капельной жидкости и передаче давления по закону Паскаля. Этот принцип можно наглядно проиллюстрировать схемой, представленной на рис. 1.



**Рис. 1. Принципиальная схема простейшего гидропривода:**

1 и 2 – цилиндры привода

Два цилиндра  $1$  и  $2$  заполнены жидкостью и соединены трубопроводом. Поршень цилиндра  $1$  под действием силы  $P_1$  перемещается вниз, вытесняя жидкость из цилиндра  $1$  в цилиндр  $2$ . Если пренебречь потерями давления в системе, то по закону Паскаля давление в цилиндрах  $1$  и  $2$  будет одинаковым:

$$p = \frac{P_1}{S_1} = \frac{P_2}{S_2}, \quad (1.1)$$

где  $S_1$  и  $S_2$  — площади поршней цилиндров  $1$  и  $2$ .

Учитывая то, что рабочая жидкость практически несжимаема, можно записать:

$$h_1 S_1 = h_2 S_2 \text{ или } v_1 S_1 = v_2 S_2, \quad (1.2)$$

где  $v_1$  и  $v_2$  — скорости перемещения соответственно первого и второго поршней.

Мощность, затрачиваемая на перемещение поршня в цилиндре  $1$ , выражается соотношением

$$N = P_1 v_1 = p S_1 v_1. \quad (1.3)$$

Произведение  $S_1 v_1$  является объемным расходом рабочей жидкости  $Q$ , поэтому условие передачи энергии можно представить в виде

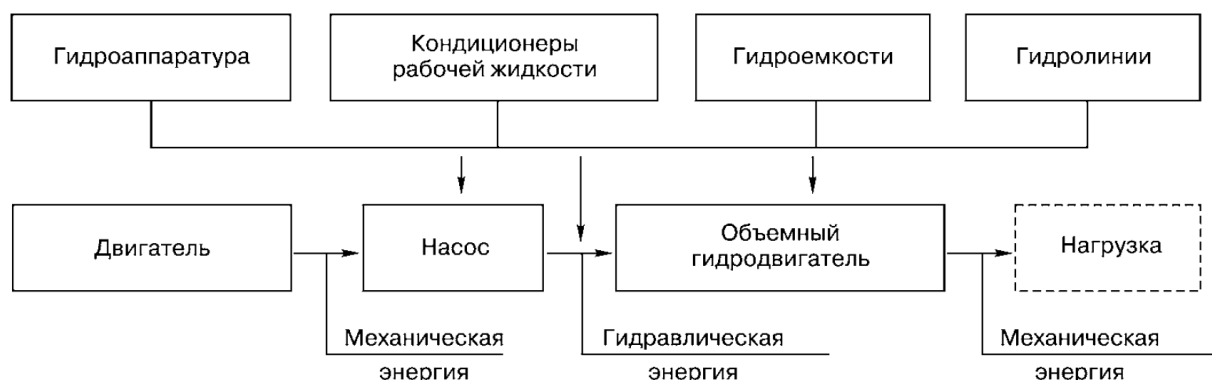
$$P_1 v_1 = p Q = P_2 v_2, \quad (1.4)$$

где  $pQ$  — мощность потока жидкости;  $P_2 v_2$  — мощность, развиваемая поршнем цилиндра  $2$ , т. е. работа выходного звена системы, отнесенная к единице времени без учета потерь (объемных, гидравлических и механических). Для установившегося режима движения несжимаемой рабочей жидкости справедливо уравнение неразрывности:

$$Q_1 = Q_2 = \dots = Q_i = \text{const} \quad \text{или} \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}. \quad (1.5)$$

Из уравнения (1.5) следует, что средние скорости потока рабочей жидкости и соответственно скорости перемещения поршней обратно пропорциональны площадям поперечных сечений цилиндров.

Основным устройством, определяющим тип гидропривода, является его гидродвигатель, выходное звено которого непосредственно или через механическую передачу соединено с рабочим органом механизма или машиной (нагрузкой). Помимо объемного гидродвигателя, в состав гидропривода могут входить следующие устройства: насосы с приводящими двигателями, гидроаппараты, кондиционеры рабочей жидкости, гидроемкости и гидролинии. Каждое из входящих в состав гидропривода устройств выполняет определенные функции. На рис. 2 показана структурная схема объемного гидропривода.



**Рис. 2. Структурная схема объемного гидропривода**

Насосы (объемные или динамические) создают поток рабочей жидкости путем преобразования механической энергии приводящих двигателей в гидравлическую энергию.

Объемные гидродвигатели (гидроцилиндры, гидромоторы и поворотные гидродвигатели) преобразуют гидравлическую энергию рабочей жидкости в механическую энергию выходных звеньев привода. Гидроаппаратура (клапаны, дроссели, распределители) предназначена для изменения направления и параметров потока рабочей жидкости, а также для открытия или перекрытия отдельных гидролиний.

Кондиционеры рабочей жидкости служат для получения необходимых качественных показателей и состояния рабочей жидкости. К ним относятся фильтры, теплообменные аппараты (охладители или нагреватели) и воздухопускные устройства.

Гидроемкости (гидробаки и гидроаккумуляторы) предназначены для содержания в них рабочей жидкости с целью использования ее в процессе работы гидропривода.

Гидролинии предназначены для движения рабочей жидкости от одного гидроустройства привода к другому или внутри устройства от одной полости к другой.

Все гидравлические устройства должны быть оснащены уплотнительными элементами, предназначенными для герметизации соединений. Отдельные устройства могут быть объединены в агрегаты, установки и блоки, например насосный агрегат, насосная установка, рулевая машина, механизм управления и т. д.

В состав объемных гидроприводов могут входить электротехнические устройства (управляющие электродвигатели, электромагниты и т. п.), а также средства измерения и контроля.

## Продолжение темы 2.2

Частный случай применения объемного гидропривода – следящий гидропривод усилителя рулевого управления.

**Следящим** называется гидропривод, в котором перемещение его выходного звена находится в строгом соответствии с величиной управляющего воздействия.

**Следящий гидропривод** нашел широкое применение в системах ручного и автоматического управления различными машинами, агрегатами и производственными процессами. В этих системах следящий гидропривод используется в качестве **гидравлического усилителя мощности** – устройства, которое помимо передачи сигнала управления обеспечивает одновременное увеличение его мощности за счет использования возможностей гидропривода.

Величина **коэффициента усиления гидроусилителя**, определяемая отношением мощности на выходном звене к мощности сигнала управления гидроприводом, практически не ограничена. В системах рулевого управления крупными морскими судами используют гидравлические следящие приводы с коэффициентом усиления до 105, а в системах автоматики в гидроприводах с электрическим управлением – до 107. Такое высокое значение коэффициента усиления достигается за счет очень малой мощности, управляющего сигнала. Так, например, мощность входного управляющего сигнала в гидроусилителе с электрическим управлением, составляет 0,5...1 Вт, а усилие для перемещения некоторых вспомогательных золотников не превышает 40 мН.

Как и все следящие приводы, следящий гидропривод относится к автоматическим устройствам, которые в соответствии с теорией автоматического управления называются **системами с отрицательной обратной связью**. Блок-схема такого привода приведена на рис. 1.

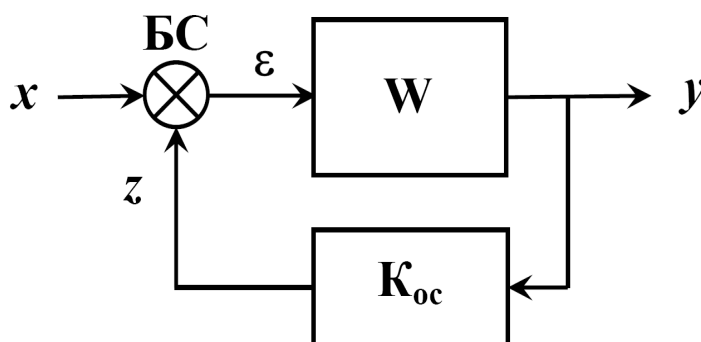


Рис. 1. Блок-схема следящего привода

В таких системах в блоке согласования БС происходит непрерывное сравнение входного сигнала управления  $x$  и сигнала обратной связи  $z$ , который формируется на основании величины перемещения выходного звена  $y$ :

$$z = K_{oc} y,$$

где  $K_{oc}$  – коэффициент усиления цепи обратной связи.

Образующийся в блоке согласования БС сигнал рассогласования  $\epsilon$  (разность между  $x$  и  $z$ ) в процессе работы привода постепенно уменьшается. Когда эта разность станет равной нулю, перемещение выходного звена привода прекратится. При этом считается, что следящий привод выполнил свою функцию: его выходное звено переместилось на величину  $y$ , пропорциональную величине управляющего сигнала  $x$ .

Рассмотрим, как этот принцип автоматического управления реализуется в некоторых следящих гидроприводах.

На рис. 2 приведена принципиальная схема следящего гидропривода поступательного движения, использующегося в качестве гидроусилителя руля колесной транспортной машины.

При повороте рулевого колеса 1, например, по часовой стрелке посредством винтовой подачи 2 золотник дросселирующего гидрораспределителя 3 сместится влево и соединит правую полость гидроцилиндра 4 с напорной гидролинией ( $P_n$ ), а левую – со сливной гидролинией ( $P_c$ ).

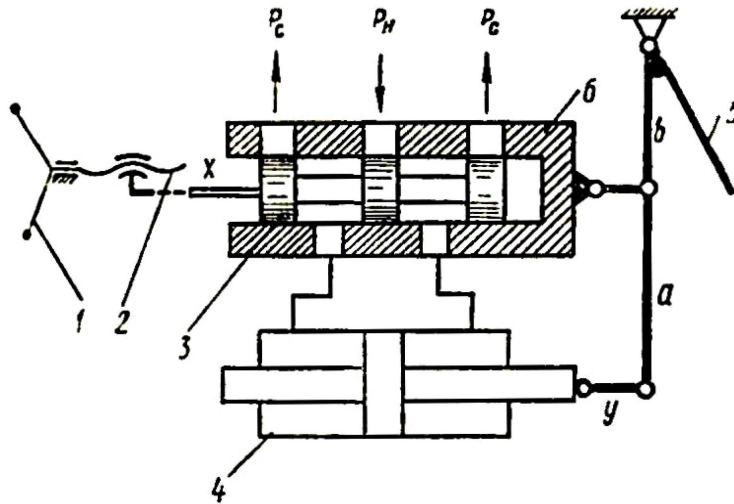


Рис. 2. Принципиальная схема гидроусилителя руля автомобиля

Под действием потока рабочей жидкости поршень цилиндра 4 начнет перемещаться влево, поворачивая жестко связанную с ним рулевую тягу 5 и вместе с ней управляемое колесо машины. Поворот колеса будет происходить до тех пор, пока корпус распределителя 6, перемещающийся вместе с рулевой тягой 5, не сместится на величину хода, равную смещению золотника 3, и вновь не перекроет каналы распределителя.

Итак, в данном случае сравнение сигнала управления (поворот рулевого колеса) и величины угла поворота управляемых колес машины происходит в дросселирующем гидрораспределителе 3. Результатом этого сравнения является некоторое открытие проходного сечения в нем и соответствующий поток рабочей жидкости в полость гидроцилиндра. Как только площадь проходного сечения становится равной нулю, поршень гидроцилиндра останавливается. Это значит, что следящий гидропривод отработал поступивший на него сигнал управления.

Чтобы вернуть управляемые колеса машины в первоначальное положение, необходимо повернуть рулевое колесо 1 на такой же угол против часовой стрелки, в результате чего золотник 3, поршень 4, рулевая тяга 5 и корпус распределителя 6 возвратятся в исходное положение.

Существует несколько схем компоновки элементов гидроусилителей, каждой их которых присущи как достоинства, так и недостатки. Практическое применение, в том числе и на отечественных автомобилях, получили четыре схемы.

**Схема № 1** (рис. 3). Рулевой механизм РМ, гидрораспределитель ГР и гидроцилиндр ГЦ представляют собой один агрегат, который называют усилителем интегрального типа (гидроруль); гидронасос ГН и бачок с рабочей жидкостью Б располагаются отдельно.

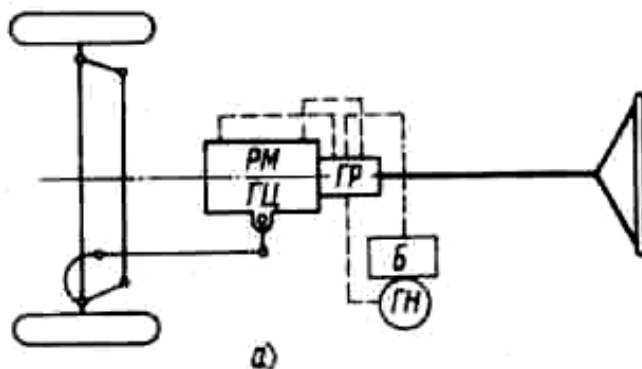


Рис. 3. Компоновка гидроусилителя по схеме 1

Такая компоновка применяется на всех автомобилях ЗИЛ и КамАЗ. Достоинством схемы является компактность, малая длина трубопроводов. При расположении гидрораспределителя перед

## Тема 2.4: Гидропривод систем управления: общие сведения, рабочие процессы и его устройство. Тормозной гидропривод

Наибольшее распространение гидропривод в системах управления получил с приводах сцепления, тормозной системы и рулевого управления (о нем рассказывается предыдущей теме).

### Привод сцепления

На рис. 1 приведены схемы механического и гидравлического приводов сцеплений. Общее передаточное число привода сцепления включает передаточное число рычагов выключения и передаточное число педального привода, а в случае гидравлического привода и передаточное число гидравлической привода и передаточное число гидравлической части привода. Общее передаточное число привода сцепления определяется из условия, что усилие на педали при отсутствии усилителя не должно превосходить для легковых автомобилей 150 Н, для грузовых 250 Н. Полный ход педали должен лежать при этом в пределах 120...190 мм, включая свободный ход педали. Для существующих конструкций общее передаточное число привода сцепления лежит в пределах 25...50.

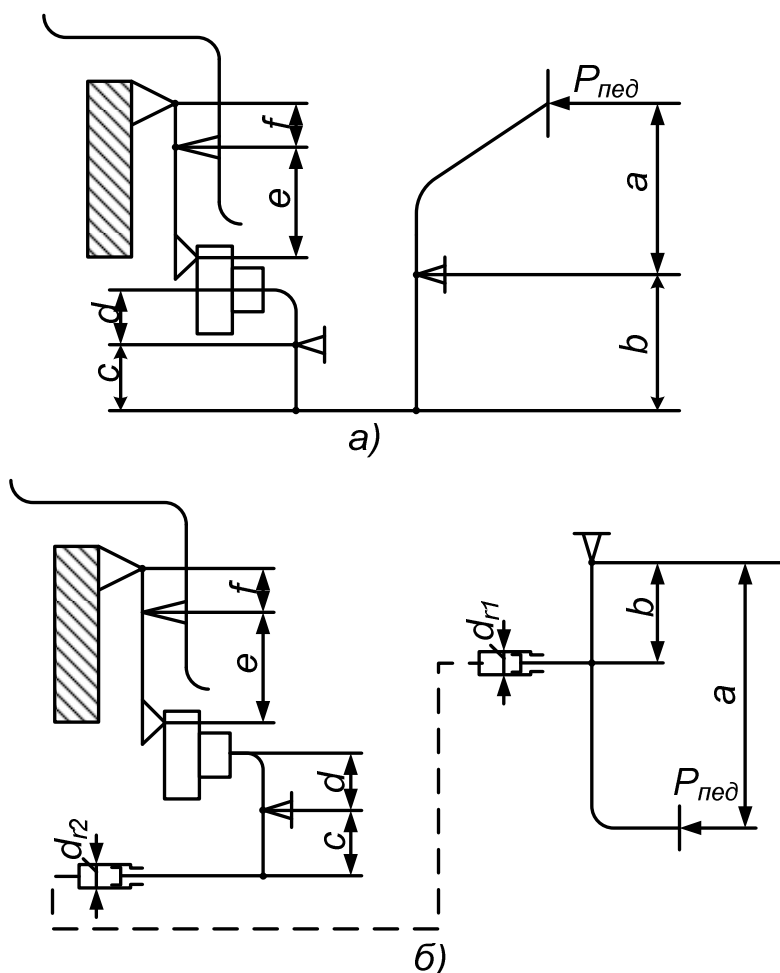


Рис. 1. Приводы сцепления

Общее передаточное число привода сцепления

$$u_{n.c} = u_1 u_2,$$

Где  $u_1$  – передаточное число педального привода;  $u_2$  – передаточное число рычагов выключения сцепления.

Передаточное число привода:  
механического (рис. 1, а)



$$u_1 = \frac{ac}{bd}; u_2 = \frac{e}{f}; u_{n.c} = \frac{ace}{bdf},$$

гидравлического (рис. 1, б)

$$u_1 = \frac{acd_{r2}^2}{bdd_{r1}^2}; u_2 = \frac{e}{f}; u_{n.c} = \frac{acd_{r2}^2 e}{bdd_{r1}^2 f}.$$

Ход педали зависит от величины  $s$ , на которую отводится нажимной диск при выключении сцепления, и зазора  $\Delta_2$  между рычага выключения и выжимным подшипником

$$S_{ned} = su_{n.c} + \Delta_2 u_1.$$

В зависимости от конструкции сцепления  $\Delta_2 = 2,5 \dots 4$  мм.

**Усилители привода сцепления.** Если управление сцеплением требует усилий выше регламентированных, то необходимо применять усилитель. Простейшим усилителем является пружинный (сервопружина) устанавливаемый на некоторых автомобилях. На рисунке 30 приведены конструкция привода сцепления автомобиля ВАЗ и график, иллюстрирующий работу усилителя. Когда усилие на педали отсутствует (сцепление включено), ось пружина усилителя находится ниже оси поворота педали и усилие сервопружины 3 суммируется с усилием оттяжной пружины 4, удерживая педаль 6 в крайнем правом положении. При нажатии на педаль она начинает перемещаться, левый конец пружины поднимается и ее ось занимает положение выше оси поворота педали. Вследствие этого на педали создается момент, который позволяет снизить усилие воздействия при удержании ее в выключенном состоянии на 20...30 %. По такому же принципу работает пружинный усилитель верхней педали.

Пневмоусилитель гидропривода сцепления применяют в ряде конструкций грузовых автомобилей большой грузоподъемности. На автомобилях МАЗ и КАЗ установлен пневмоусилитель механического привода, а на автомобилях КамАЗ – пневмоусилитель гидропривода. Схема, конструкция и статическая характеристика пневмоусилителя автомобилей КамАЗ показаны на рисунке 2.

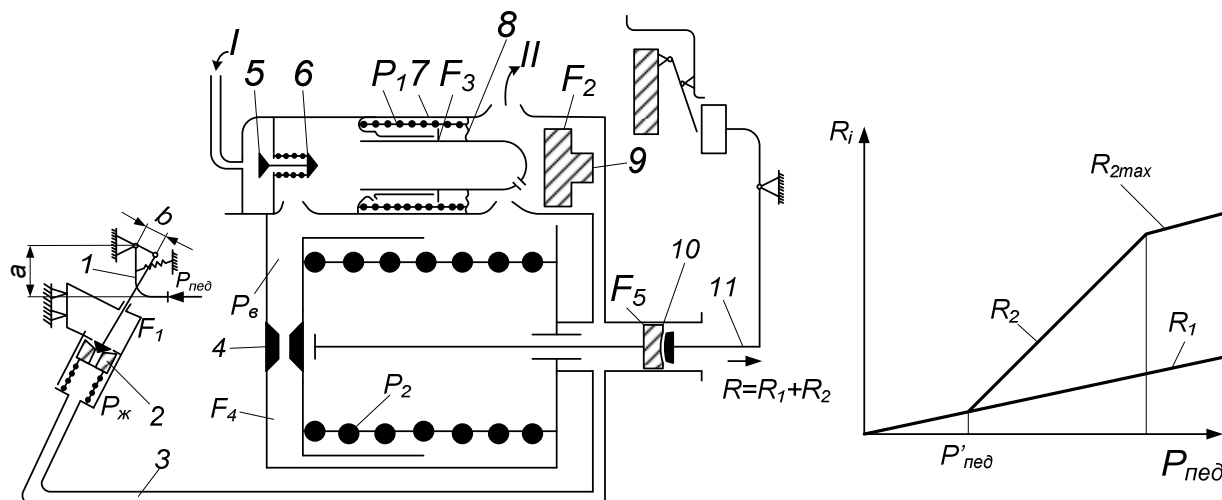


Рис. 2. Гидравлический привод сцепления с пневмоусилителем

Педаль 1 привода, связанная с главным цилиндром 2, гидролинией 3, соединяется с пневмоусилителем. Пневмоусилитель включает в себя пневмоцилиндр 4, гидроцилиндр 10 выключения сцепления и мембранное следящее устройство 7, объединенные в одном агрегате. Рассмотрим наиболее характерные режимы работы пневмоусилителя.

1. *Усилие на педали отсутствует* – сцепление включено. Давление в главном цилиндре 2 и в гидролинии 3 отсутствует. Мембрана 8 пружиной отжата вправо, а вместе с мембранной отжат связанный с ней патрубком – седло атмосферного клапана 6. Впускной

### **Тема 3.1: Пневматический привод: основные физические свойства воздуха. Разновидности механизмов пневмоаппаратов.**

#### **ТРЕБОВАНИЯ К ПНЕВМАТИЧЕСКОМУ ТОРМОЗНОМУ ПРИВОДУ**

Основной задачей пневматического тормозного привода является передача энергии от ее источника к тормозным механизмам и управление этой энергией таким образом, чтобы торможение имело заданную эффективность. Для успешного решения этой задачи пневмоприводу, исходя из специфики своего энергоносителя (сжатого воздуха) приходится выполнять целый ряд функций, определяющих структуру и конструкцию привода.

#### **ФУНКЦИИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТОРМОЗНОГО ПРИВОДА**

Пневмоприводом и источником энергии автомобильного тормозного управления осуществляются следующие процессы и действия:

подготовка сжатого воздуха, состоящая в его отборе из окружающей атмосферы, сжатии, очистке от загрязнений, образовании запасов сжатого воздуха в ресиверах и регулировании давления в них таким образом, чтобы, во-первых, запас своевременно и до нужного уровня пополнялся, во-вторых, не был чрезмерным во избежание перегрузок;

распределение сжатого воздуха по контурам и их защита. Специальными аппаратами привод из соображений безопасности разделяется на несколько автономных контуров, обычно имеющих свой запас сжатого воздуха; связь контуров между собой обеспечивается так, чтобы при отказе одного или нескольких контуров оставшиеся исправными могли бы работать. Кроме этого, пневмопривод защищает тормозные механизмы от одновременного срабатывания нескольких тормозных систем, предохраняет некоторые магистрали от противотока сжатого воздуха и т. п.;

передача энергии от ее источника к тормозным механизмам, в процессе которой привод должен обеспечивать коммутацию пневмоаппаратов, отбор сжатого воздуха, ускорение его подачи и выпуска и, наконец, связь в одно целое тормозного управления тягача и прицепов;

управление энергией в процессе передачи, что означает обеспечение с определенной точностью заданной связи между выходным параметром привода (усилием на штоке колесного тормозного аппарата или другого исполнительного органа) и его входным сигналом (например, усилием на тормозной педали). Чаще всего эта связь является аналоговой\* и называется *следящим действием*. В ряде случаев привод корректирует следящее действие по вертикальной нагрузке на мост автомобиля, по давлению в приводе, по угловой скорости колес;

контроль работоспособности тормозного привода и сигнализация о его состоянии. Постоянно контролируется давление в ресиверах основных контуров, подается сигнал об этом водителю, с помощью стоп-сигнала производится оповещение водителя и тех, кто следует за автомобилем, о торможении последнего. Предусмотрено подключение к тормозному приводу внешних диагностических средств.

#### **1.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПНЕВМАТИЧЕСКОМУ ТОРМОЗНОМУ ПРИВОДУ**

Пневматический тормозной привод является объектом стандартизации во всех странах с развитой автомобильной промышленностью и даже на международном уровне. В основополагающем международном регламенте по автомобильным тормозам — Правилах № 13 ЕЭК ООН из десяти технических приложений шесть прямо или косвенно относятся к пневматическим тормозам. Поэтому требования, которым современный привод должен отвечать, апробированы и конкретны.

---

\* Различают два вида взаимосвязи входных и выходных параметров тормозных аппаратов: аналоговую, при которой плавное изменение входного сигнала сопровождается плавным же изменением выхода, и релейную, когда выходной сигнал изменяется скачком.

**Требования к запасу сжатого воздуха.** Конструкция пневматического тормозного привода должна предусматривать очистку сжатого воздуха от твердых и жидких загрязнений (пыли, влаги, масла и т. п.). Особым условием является удаление из ресиверов водяного конденсата и предупреждение его замерзания в тех местах привода, где это может отрицательно сказаться на работоспособности тормозов.

**Таблица 1. Нормативное время заполнения сжатым воздухом ресивера, находящегося в наихудших условиях, мин**

Вид автотранспортного средства	$\tau_{0,65}$	$\tau_n$
Средство, не предназначенное для буксирования прицепа	3	6
Тягач	6	9
Средство, имеющее специальный ресивер для нетормозных потребителей, объем которого более 20% суммарного объема тормозных ресиверов	8	11

- у автотранспортных средств — тягачей дополнительно к этому давление в управляющей магистрали после упомянутых восьми торможений не должно быть меньше половины значения, полученного после первого торможения;
- у прицепных автотранспортных средств после восьми таких торможений давление в ресиверах рабочей тормозной системы не должно быть ниже половины значения, полученного после первого торможения.

**Требования к распределению сжатого воздуха по контурам и их защите.** Современные пневмоприводы тормозов включают в себя элементы, которые в неблагоприятных условиях могут быть разрушены. Например, двигаясь по бездорожью, можно зацепить и разорвать тормозной шланг. Естественно, нельзя допустить, чтобы подобное происшествие вывело из строя всю рабочую тормозную систему. Поэтому последняя конструктивно делится на несколько *контуров* — независимых частей тормозной системы, каждая из которых способна осуществить торможение при отказе остальной части системы. Сделать это можно, например, накапливая сжатый воздух в двух ресиверах, обслуживающих соответственно тормоза переднего и заднего мостов. Если в приводе одного из мостов произойдет отказ, то специальный аппарат отсечет соответствующий ресивер от компрессора и тормозов второго моста, позволяя последним останавливать автомобиль (естественно, с меньшей эффективностью). При наличии на автомобиле специальной запасной тормозной системы её эффективность должна быть не менее 30 % предписанной.

Поскольку контурность тормозной системы реализуется ее приводом, обычно говорят о контурах привода. Стандарты предписывают разделять на контуры пневмоприводы автотранспортных средств категорий М (пассажирские), N (грузовые) и O<sub>4</sub> (прицепы и полуприцепы полной массой свыше 10 т). Для полуприцепа это не обязательно, если его рабочая система независима от рабочей тормозной системы тягача.

На моторных транспортных средствах разделение контуров происходит за компрессором и аппаратами подготовки сжатого воздуха. Отказ в этой общей для всего привода части приводит лишь к тому, что имеющийся в контурах запас воздуха не будет пополняться, но в пределах этого запаса можно осуществить определенное количество нормальных по эффективности торможений.

Несколько иное дело на прицепе. Разделение на контуры их привода осуществляется за соединительными магистралями, число которых по соображениям экономии и удобства в эксплуатации ограничено. И отказ в этих магистралях приводит к прекращению нормального функционирования всего привода прицепа. Поэтому, строго говоря, контуры прицепных автотранспортных средств таковыми не являются.

Что касается требований к контуру стояночной тормозной системы с пружинными энергоаккумуляторами, то он должен иметь автономный ресивер, из которого нельзя отбирать воздух для других целей. Это не распространяется на прицепы и на пружинные энергоаккумуляторы с питанием от двух независимых ресиверов.

Второе важное требование безопасности касается аварийного расцепления автопоезда.

(4). Этот клапан обеспечивает исправную работу тормозной системы при выходе из строя одного или нескольких тормозных контуров, предотвращая падение давления в системе. В пределах контуров I и II тормозной системы воздух проходит через ресиверы для сжатого воздуха (6 и 7) в направлении тормозного крана (15) грузового автомобиля. В контуре III сжатый воздух подается от ресивера для сжатого воздуха (5) к автоматической соединительной головке (11) через встроенный в кран управления тормозом прицепа (17) двухходовой двухпозиционный клапан, а также через обратный клапан (13), кран включения стояночной тормозной системы (16) и ускорительный клапан (20) в камеру пружинного энергоаккумулятора пневмоцилиндра (19). По контуру IV обеспечивается питание сжатым воздухом вспомогательных потребителей, например, в данном случае моторного тормоза. В пневматическую тормозную систему прицепа сжатый воздух поступает через соединительную головку (11) и шланг, подключенный к ресиверу. Затем сжатый воздух через магистральный воздушный фильтр (25) и тормозной кран прицепа (27) попадает в ресивер (28) и проходит к подключениям ускорительных клапанов ABS (38).

#### **Принцип действия**

**Рабочая тормозная система.** При срабатывании тормозного крана (15) сжатый воздух проходит через магнитный клапан ABS (39) в тормозную камеру (14) передней оси грузового автомобиля, а также к автоматическому регулятору тормозных сил (18). Последний срабатывает и направляет сжатый воздух в рабочую камеру пневмоцилиндров (19) через магнитный клапан ABS (40). Давление в тормозных камерах, развивающих необходимое для колесного тормоза усилие, зависит от усилия, действующего на педаль тормозного крана грузового автомобиля, а также от степени загрузки автомобиля. Давление, зависящее от нагрузки на автомобиль, регулируется автоматическим регулятором тормозной силы (18), связанным с задней осью через шарнирное соединение. При загрузке и, соответственно, разгрузке автомобиля постоянно изменяющееся расстояние между рамой автомобиля и осью соответствующим образом осуществляет плавное изменение давления в системе тормозного привода. Одновременно автоматическим регулятором тормозных сил через магистраль управления приводится в действие встроенный в тормозной кран грузового автомобиля клапан нулевой/ полной нагрузки. Таким образом и давление в системе тормозного привода колес передней оси подрегулируется в зависимости от загрузки автомобиля (в основном это относится к грузовым автомобилям).

Управляемый обоими рабочими контурами тормозной системы кран управления тормозами прицепа (17) подает сжатый воздух через соединительную головку (12) и соединительный шланг на управляющий вывод тормозного крана прицепа (27). Таким образом открывается доступ сжатого воздуха из ресивера (28) через тормозной кран прицепа, кран растормаживания прицепа (32), пневмоклапан соотношения давлений (33) к автоматическому регулятору тормозных сил (34), а также к ускорительному клапану ABS (37). Ускорительный клапан (37) управляется от регулятора тормозных сил (34). Сжатый воздух поступает в тормозные пневматические камеры (29) передней оси автомобиля. Через регулятор тормозных сил (35) происходит срабатывание ускорительных клапанов ABS (38) и освобождается путь сжатому воздуху к тормозным камерам (31). Давление в тормозной системе прицепа соответствующее давлению управления тормозной системы грузового автомобиля, с помощью автоматических пневморегуляторов (34 и 35) тормозных сил устанавливается таким, какое требуется для данной степени загрузки прицепа. Чтобы избежать блокирования колес передней оси колесными тормозными механизмами в режиме притормаживания, пневмоклапан (33) соотношения давлений снижает величину давления, создающего усилия на тормозных колодках. Ускорительные клапаны ABS (в прицепе) магнитные клапаны ABS (в грузовом автомобиле) служат для управления (создания, поддержания или сброса давления) тормозными камерами. Как только клапаны включаются с помощью электронного блока ABS (36 или 41), это управление осуществляется независимо от давления, задаваемого тормозными кранами грузового автомобиля или

прицепа. В нерабочем состоянии (магниты обесточены) краны выполняют функцию ускорительного клапана и служат для быстрой подачи и сброса давления в тормозной камере.

**Стояночная тормозная система.** При перемещении рычага тормозного крана с ручным управлением (16) в фиксированное положение полностью сбрасывается давление воздуха в пружинном энергоаккумуляторе пневмоцилиндра (19). Теперь усилие, которое должно прикладываться к колесным тормозным механизмам, развивается за счет сил упругости пружин пневмоцилиндра. Одновременно сбрасывается давление воздуха в магистрали на участке от тормозного крана (16) с ручным управлением до крана управления тормозом прицепа (17). Затормаживание прицепа при остановке выполняется за счет подачи давления в управляющую магистраль. Поскольку в Директивах Совета Европейского экономического Сообщества (RREG) содержится требование, чтобы грузовой автопоезд (в составе грузового автомобиля и прицепа) мог удерживаться на месте только за счет тормозной системы грузового автомобиля, то в тормозной системе прицепа можно снова сбросить давление, переведя рычаг тормозного крана с ручным управлением в "Положение контроля". Это позволит проверить, отвечает ли тормозной механизм стояночной тормозной системы грузового автомобиля требованиям RREG.

**Вспомогательная тормозная система.** Благодаря очень высокой чувствительности тормозного крана с ручным управлением (16) при регулировании ступеней давления грузовой автопоезд при отказе рабочих тормозных контуров I и II можно затормозить с помощью пружинных энергоаккумуляторов пневмоцилиндров (19). Усилие торможения, необходимое для тормозных механизмов колес, развивается, как уже описывалось в разделе "Стояночная тормозная система", за счет силы упругости предварительно сжатых пружин энергоаккумуляторов пневмоцилиндров (19). Однако в данном случае давление в пневмоцилиндрах сбрасывается не полностью, а только до уровня, необходимого для создания требуемого усилия торможения.

**Торможение прицепа в автоматическом режиме.** В случае разрыва питающей магистрали давление мгновенно падает до атмосферного, в результате чего срабатывает тормозной кран (27) и начинается процесс экстренного торможения прицепа. В случае обрыва управляющей магистрали и срабатывания рабочей тормозной системы встроенный в клапан управления тормозом прицепа (17) двухходовой двухпозиционный клапан перекрывает проходное сечение в направлении соединительной головки (11) магистрали снабжения сжатым воздухом настолько, что разрыв магистрали управления тормозной системы вызовет быстрое падение давления в магистрали снабжения сжатым воздухом и в течение законодательно регламентированного времени (не более 2 секунд) сработает тормозной кран прицепа (27) и начнется процесс его автоматического торможения. Обратный клапан (13) предохраняет стояночную тормозную систему от случайного срабатывания при падении давления в магистрали подачи сжатого воздуха к тормозной системе прицепа.

**Компоненты ABS.** Обычно грузовой автомобиль оснащен тремя контрольными лампами (для противобуксовочной системы ASR еще одной дополнительной) для распознавания функции и текущего контроля системы, а также реле, инфомодулем и розеткой ABS (24). После включения зажигания загорается желтая контрольная лампа, если автомобиль с прицепом не имеет системы ABS или кабель питания разорван. Красная контрольная лампа гаснет, если автомобиль превышает скорость свыше 7 км/час и электронный блок ABS не обнаружил неисправности в системе.

**Управление тормозными системами прицепа без подключения к автомобилю-тягачу.** На рис. 2 представлена схема пневмопривода тормозных систем полуприцепа с контуром стояночной тормозной системой. Принцип действия данной схемы при рабочем торможении не отличается от вышеописанного процесса. В представленной ниже компоновке пневмопривода органы управления тормозными системами без автомобиля-тягача вынесены на отдельную панель: кнопка (I) черного цвета – для управления рабочей тормозной системой («верхнее положение» - прицеп заторможен, «нижнее положение» - при-

Работа антиблокировочной системы тормозов носит циклический характер. Цикл работы системы включает три фазы:

- удержание давления;
- сброс давления;
- увеличение давления.

На основании электрических сигналов, поступающих от датчиков угловой скорости, блок управления ABS сравнивает угловые скорости колёс. При возникновении опасности блокирования одного из колёс, блок управления закрывает соответствующий впускной клапан. Выпускной клапан при этом также закрыт. Происходит удержание давления в контуре тормозного цилиндра колеса. При дальнейшем нажатии на педаль тормоза давление в тормозном цилиндре колеса не увеличивается.

При продолжающейся блокировке колеса, блок управления открывает соответствующий выпускной клапан. Впускной клапан при этом остается закрытым. Тормозная жидкость перепускается в аккумулятор давления. Происходит сброс давления в контуре, при этом скорость вращения колеса увеличивается. При недостаточной емкости аккумулятора давления, блок управления ABS подключает к работе насос обратной подачи. Насос обратной подачи перекачивает тормозную жидкость в демпфирующую камеру, уменьшая давление в контуре. Водитель при этом ощущает пульсацию педали тормоза.

Как только угловая скорость колеса превысит определенное значение, блок управления закрывает выпускной клапан и открывает впускной. Происходит увеличение давления в контуре тормозного цилиндра колеса. Цикл работы антиблокировочной системы тормозов повторяется до завершения торможения или прекращения блокирования. Система ABS не отключается.

В самых эффективных системах каждое колесо имеет индивидуальное регулирование давления тормозной жидкости.

#### **Система курсовой устойчивости (рис. 5)**

Система курсовой устойчивости (другое наименование - система динамической стабилизации) предназначена для сохранения устойчивости и управляемости автомобиля за счет заблаговременного определения и устранения критической ситуации.

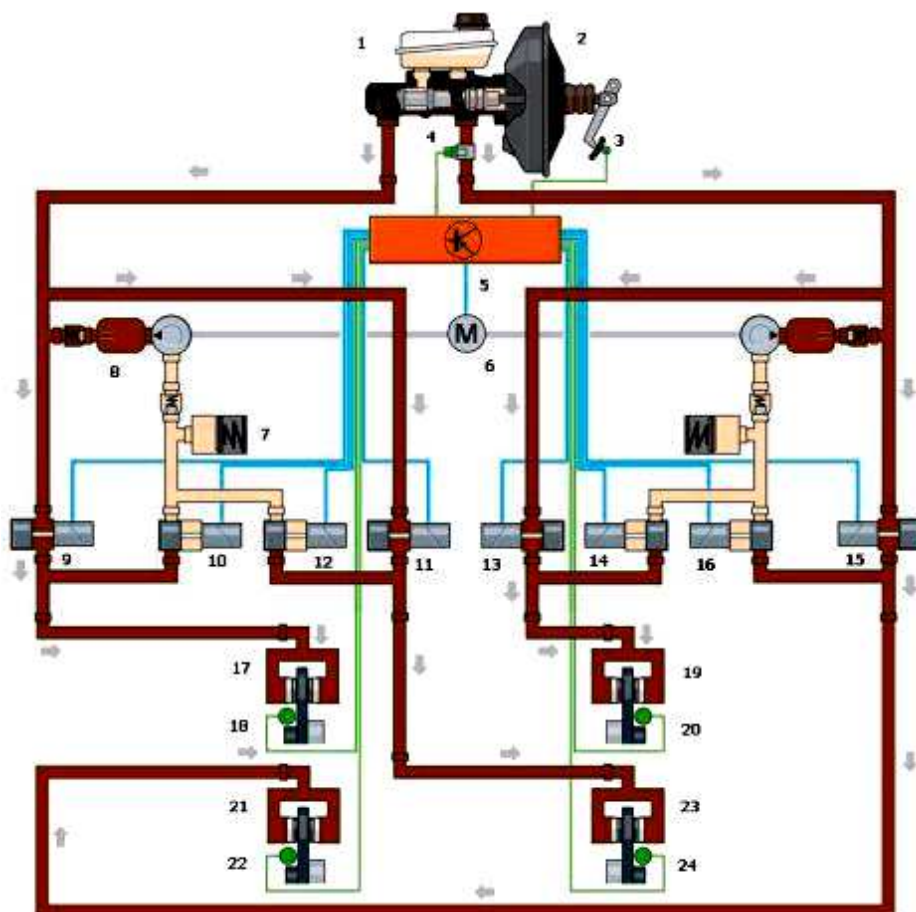


Рис. 4. ABS на основе гидропривода

- 1 - компенсационный бачок; 2 - вакуумный усилитель тормозов; 3 - датчик положения педали тормоза; 4 - датчик давления в тормозной системе; 5 - блок управления; 6 - насос обратной подачи; 7 - аккумулятор давления; 8 - демпфирующая камера; 9 - впускной клапан переднего левого тормозного механизма; 10 - выпускной клапан привода переднего левого тормозного механизма; 11 - впускной клапан привода заднего правого тормозного механизма; 12 - выпускной клапан привода заднего правого тормозного механизма; 13 - впускной клапан привода переднего правого тормозного механизма; 14 - выпускной клапан привода переднего правого тормозного механизма; 15 - впускной клапан привода заднего левого тормозного механизма; 16 - выпускной клапан привода заднего левого тормозного механизма; 17 - передний левый тормозной цилиндр; 18 - датчик частоты вращения переднего левого колеса; 19 - передний правый тормозной цилиндр; 20 - датчик частоты вращения переднего правого колеса; 21 - задний левый тормозной цилиндр; 22 - датчик частоты вращения заднего левого колеса; 23 - задний правый тормозной цилиндр; 24 - датчик частоты вращения заднего правого колеса

Система позволяет удерживать автомобиль в пределах заданной водителем траектории при различных режимах движения (разгоне, торможении, движении по прямой, в поворотах и при свободном качении).

Входные датчики фиксируют конкретные параметры автомобиля и преобразуют их в электрические сигналы. С помощью датчиков система динамической стабилизации оценивает действия водителя и параметры движения автомобиля. Блок управления системы ESP принимает сигналы от датчиков и формирует управляющие воздействия на исполнительные устройства подконтрольных систем активной безопасности:

- впускные и выпускные клапаны системы ABS;
- переключающие и клапаны высокого давления системы ASR;
- контрольные лампы системы ESP, системы ABS, тормозной системы.

В своей работе блок управления ESP взаимодействует с блоком управления системой управления двигателем и блоком управления автоматической коробки передач. Для работы системы динамической стабилизации используется гидравлический блок системы ABS/ASR со всеми компонентами.

#### *Принцип работы системы курсовой устойчивости*

Определение наступления аварийной ситуации осуществляется путем сравнения действий водителя и параметров движения автомобиля. В случае, когда действия водителя (желаемые параметры движения) отличаются от фактических параметров движения автомобиля, система ESP распознает ситуацию как неконтролируемую и включается в работу. Стабилизация движения автомобиля с помощью системы курсовой устойчивости может достигаться несколькими способами:

- подтормаживанием определенных колес;
- изменением крутящего момента двигателя
- изменением угла поворота передних колес (при наличии системы активного рулевого управления);
- изменением степени демпфирования амортизаторов (при наличии адаптивной подвески).

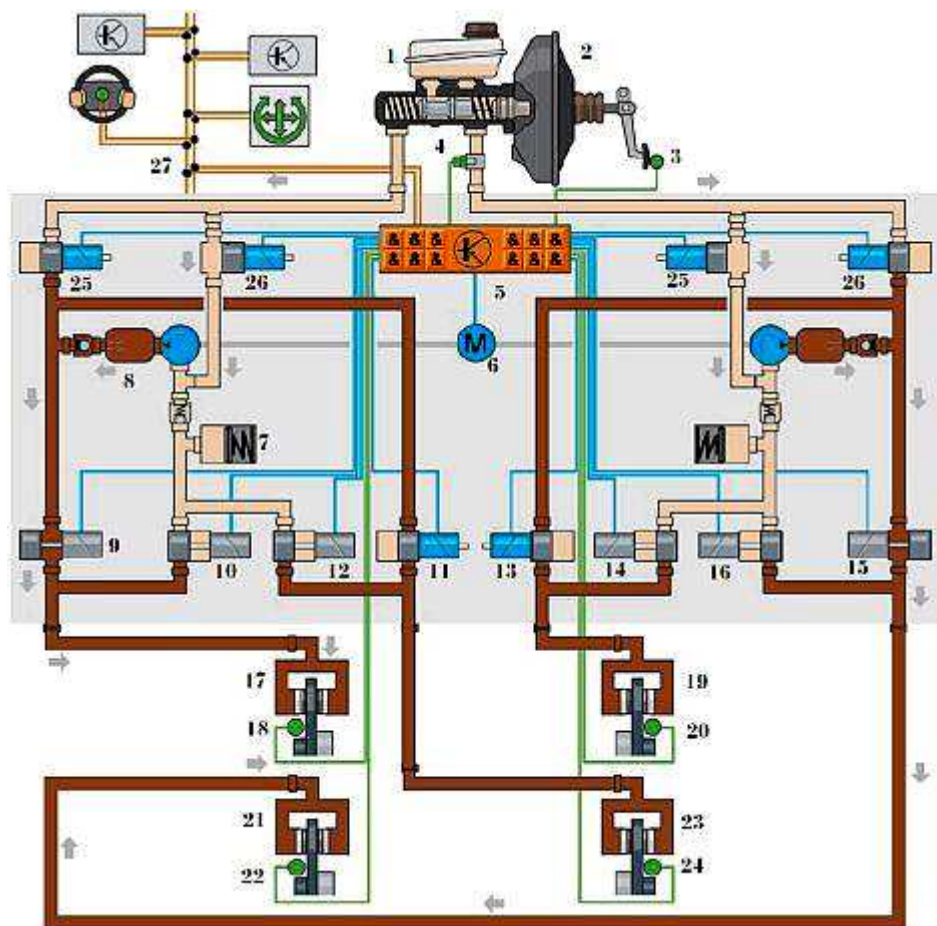


Рис. 5. Система курсовой устойчивости

1 - компенсационный бачок; 2 - вакуумный усилитель тормозов; 3 - датчик положения педали тормоза; 4 - датчик давления в тормозной системе; 5 - блок управления; 6 - насос обратной подачи; 7 - аккумулятор давления; 8 - демпфирующая камера; 9 - впускной клапан переднего левого тормозного механизма; 10 - выпускной клапан привода переднего левого тормозного механизма; 11 - впускной клапан привода заднего правого тормозного механизма; 12 - выпускной клапан привода заднего правого тормозного механизма; 13 - впускной клапан привода переднего правого тормозного механизма; 14 - выпускной клапан привода переднего правого тормозного механизма; 15 - впускной клапан привода заднего левого тормозного механизма; 16 - выпускной клапан привода заднего левого тормозного механизма; 17 - передний левый тормозной цилиндр; 18 - датчик частоты вращения переднего левого колеса; 19 - передний правый тормозной цилиндр; 20 - датчик частоты вращения переднего правого колеса; 21 - задний левый тормозной цилиндр; 22 - датчик частоты вращения заднего левого колеса; 23 - задний правый тормозной цилиндр; 24 - датчик частоты вращения заднего правого колеса; 25 - переключающий клапан; 26 - клапан высокого давления; 27 - шина обмена данными