

## **Пневматическая тормозная система**

Движение любого транспортного средства обеспечивается за счет преобразования тепловой энергии сгораемого топлива в механическую энергию. Механическая энергия передается от двигателя на ведущие колеса с помощью сложной системы шатунов, валов и шестерней. Заключительным фактором, который перемещает автомобиль, является тяга, которая образуется при качении шины по поверхности дороги. Ускорение транспортного средства зависит от мощности двигателя и от количества тяги, которую развивают шины при качении. В результате движения двух соприкасающихся поверхностей относительно друг друга образуется сила трения. Для остановки транспортного средства тормозные колодки прижимаются к поверхности тормозного барабана, создавая силы трения. Сила трения вызывает повышение температуры соприкасающихся поверхностей. Таким образом, получается, что двигатель преобразует тепловую энергию в энергию движения, а тормоза в свою очередь наоборот преобразуют энергию движения в тепловую энергию. Эта тепловая энергия рассеивается поверхностью тормозных барабанов в атмосферу. Количество, тепла, которое могут поглотить тормозные барабаны, зависит от толщины металла, из которого они изготовлены.

Если двигатель с мощностью в 200 л.с. разгоняет автомобиль до 100 км/ч, то можно предположить, какая мощность потребуется, чтобы остановить это же транспортное средство. При этом следует иметь в виду, что в чрезвычайной ситуации для остановки должно потребоваться всего 6 секунд. Несложные вычисления показывают, что если для разгона до 100 км/ч за 1 минуту требуется 200 л.с., то для остановки на этой скорости за время в 10 раз меньшее потребуется 2000 л.с. Вот почему важно, чтобы тормоза всех колес срабатывали как это предусмотрено конструкцией. Если на каком либо колесе тормоз работает не правильно, то другие тормоза должны выполнять за него его работу. Это в свою очередь может привести их перегреву. Перегрев тормоза может стать причиной возникновения неисправности. Большинство тормозных накладок работают в диапазоне температур 250-450 С.

Расстояние, требуемое для остановки транспортного средства, зависит от его массы и скорости. Энергия, которая необходима, для остановки автомобиля, прямо пропорциональна его массе и квадрату скорости. Например, если собственная масса автомобиля в два раза меньше массы груза, то для остановки груженого автомобиля потребуется энергии в два раза больше чем, для остановки порожнего. В эпоху конных экипажей тормозами служили механические рычаги. Однако, для автомобильного транспорта, хоть он и стал потомком «самобеглых колясок», этого оказалось явно недостаточно. Поэтому были изобретены гидравлически и пневматические тормозные системы. Гидравлически тормоза в используются на легковых автомобилях. Грузовые транспортные средства и автобусы в целях обеспечения максимальной безопасности используют пневматические тормоза. Тормозная жидкость в гидравлической системе может внезапно закончиться в самый неподходящий момент. Этого не скажешь о пневматических тормозах. Даже если где-нибудь существует небольшая утечка, пневматические тормоза все равно сработают. Большинство современных грузовых автомобилей имеют двойную пневматическую систему, что повышает надежность тормозов.

### **Основные компоненты пневматической системы**

Простейшая пневматическая тормозная система состоит из 5 узлов:

1. Компрессор с регулятором (говернером);
2. Ресивер
3. Клапан с педальным управлением, который выпускает воздух из ресивера при торможении;
4. Тормозные камеры и регуляторы, которые передают усилие сжатого воздуха на тормоза;

## 5. Тормозные накладки и тормозные барабаны.

Рассмотрим подробнее, как функционирует каждый компонент тормозной системы. Как известно, сжатый воздух используется для передачи тормозного усилия. Компрессор, имея привод от двигателя транспортного средства, качает воздух в ресивер. Привод может быть осуществлен либо с помощью ремней или от шестеренчатой передачи. Если используются ремни, то их надо регулярно проверять. Компрессор имеет постоянный привод от двигателя. Всякий раз, когда двигатель работает, компрессор также работает. Рабочее давление в тормозной системе от 80 до 135 дюймов на фунт. Выше максимального давления нет смысла качать воздух. Этот процесс регулирует специальный механизм – говернер. У него существует два состояния «разгрузка» и «нагрузка». Когда давление в системе достигает максимума 115-135 дюймов на фунт говернер переводит компрессор в режим «разгрузка». Компрессор должен создавать рабочее давление в ресивере с 50 фунтов на дюйм до 90 фунтов на дюйм за 3 минуты. Если в течение этого времени давление не достигло указанной величины, значит компрессор не исправен.

Важно отметить, что воздух, который поступает в компрессор, должен быть максимально чистым. Поэтому воздух должен сначала пройти через фильтр, чтобы удалились все микрочастицы. Фильтр необходимо регулярно менять. Хотя у большинства компрессоров смазка поступает от системы транспортного средства, некоторые модели имеют свою систему смазки, которую необходимо периодически проверять.



**Компрессор**



**Говернер**

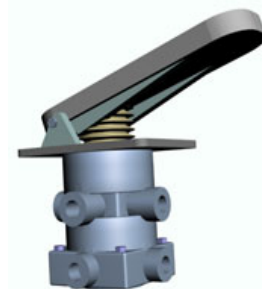
Ресиверы хранят закачанный сжатый воздух. Число и размер ресиверов на транспортном средстве зависит от числа тормозных камер и их размеров, а также от конфигурации стояночного тормоза. Большинство транспортных средств оборудованы больше, чем одним ресивером. Когда воздух сжимается, то он становится горячим. Этот воздух в ресивере охлаждается, что приводит к образованию конденсата. Эта вода в совокупности с маслом, которое попадает через поршневые кольца компрессора, образует отстой, который скапливается на дне ресивера. Если этот отстой бы постоянно скапливался, то он попал бы в тормозную систему и вызвал бы неисправности клапанов и других узлов. Кроме того, эта смесь может зимой замерзнуть, что также может привести к неисправностям клапанов. Ресиверы оборудованы клапанами дренажа. Необходимо ежедневно проводить слив отстоя через дренажные клапаны, чтобы не допустить его скапливание. Для слива всегда надо начинать с самого влажного ресивера. Сначала стравливается давление воздуха, а затем уже осуществляется слив. У некоторых ресиверов существует несколько отделений, в каждом из которых есть свой дренажный клапан. Некоторые ресиверы оборудованы автоматическими дренажными клапанами. Их надо ежедневно проверять и при необходимости немедленно устранять обрывы проводов, если они образуются. Если тормозная система имеет два ресивера, то первый называют «влажным», т.к. он расположен ближе к компрессору и в нем больше собирается влаги.

Второй ресивер, расположенный дальше от компрессора содержит более сухой и чистый воздух.

Осушитель воздуха может быть установлен между компрессором и «влажным» ресивером с целью удаления излишней влаги из воздуха. Осушитель может быть частично заполнен специальным материалом, хорошо удаляющим влажность из воздуха. У клапана осушителя может быть установлен нагревательный элемент, которые не допускает замерзание влаги в зимнее время года. В этом случае необходимо проверять провода нагревающего элемента, чтобы своевременно обнаружить обрыв.



**Клапан с педальным управлением**



**Ресивер**

Педаля тормоза в кабине водителя составляет единый узел клапаном, который выпускает воздух при торможении. Степень нажима на педаль определяет давление воздуха, которое будет задействовано. Однако, это давление не может быть больше, чем давление в ресиверах.

Тормозная камера – круглый контейнер, разделенный в середине гибкой диафрагмой. Тормозная камера преобразует энергию сжатого воздуха в механическое тормозное усилие. Когда водитель нажимает на педаль тормоза, давление воздуха, распространяясь по тормозной системе, доходит до камеры и оказывает воздействие на диафрагму. Диафрагма под давлением воздуха смежается и движет толкатель. Когда давление воздуха выпущено, диафрагма под воздействием пружины возвращается на место, торможение прекращается. Сила торможения зависит от размеров диафрагмы и давления воздуха. Если в диафрагме существует утечка, то эффективность торможения снижается. Передние тормозные камеры, как правило, меньше, поскольку передняя ось имеет меньшую нагрузку. Тормозные камеры устанавливаются на осях у каждого колеса. Давление воздуха подается через входной порт. Давление двигает диафрагму и прикрепленный к ней толкатель. Толкатель другим концом с помощью серьги связан с регулировочным рычагом (slack adjuster). Этот рычаг с помощью кривошипа преобразует продольное движение толкателя в крутящее движения тормозного кулачка для уменьшения зазора между колодками и тормозным барабаном. После того как весь воздух выпущен при торможении, пружина возвращает диафрагму в исходное состояние.

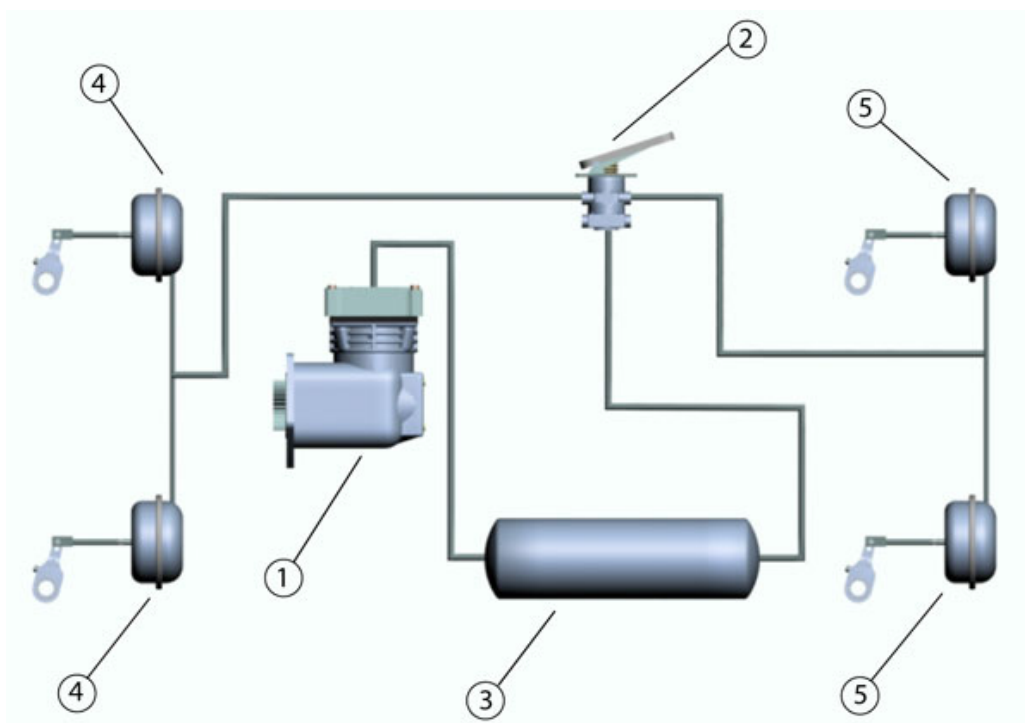


**Тормозная камера**



**Регулировочный рычаг (slack adjuster)**

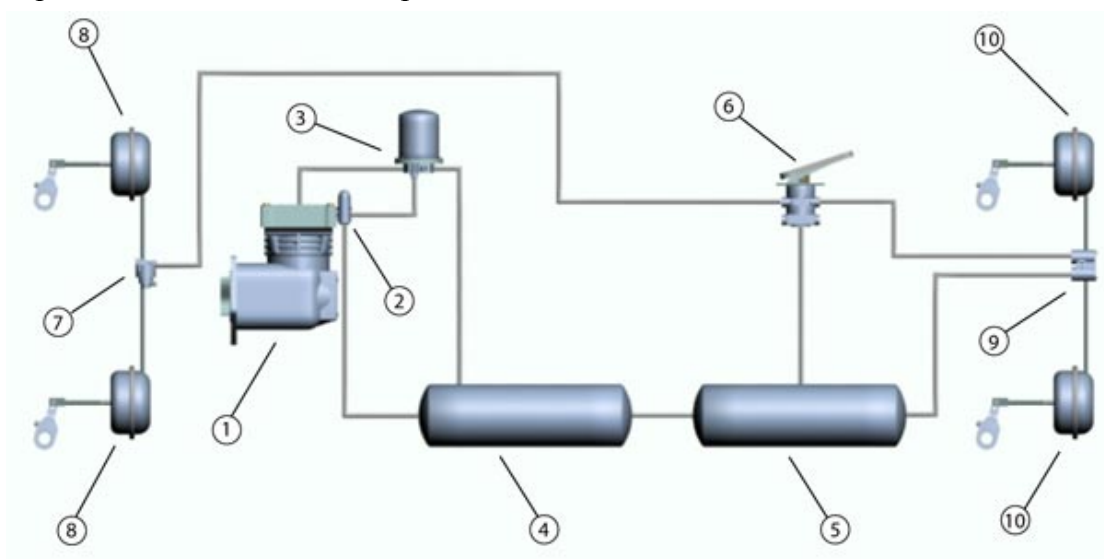
Рассмотрим работу простейшей пневматической тормозной системы. Воздух нагнетается компрессором в ресивер. Когда давление воздуха составит 115-135 дюймов на фунт (793-931 кПа) говернер переводит компрессор в режим «разгрузка». Когда водитель нажимает на педаль тормоза поток воздуха устремляется к тормозным камерам. Давление воздуха двигает диафрагму в камере и прикрепленный к ней толкатель, который в свою очередь воздействует на регулировочный механизм (slack adjuster). Далее тормозное усилие передается на кривошип, который прижимает тормозные колодки к тормозному барабану. Когда водитель отпускает педаль тормоза, давление стравливается через ножной клапан, возвращая диафрагму в тормозной камере в исходной состоянии. Торможение прекращается.



1- компрессор, 2- педаль тормоза с ножным клапаном, 3- ресивер, 4 - передняя тормозная камера, 5 - задняя тормозная камера

Усложним конструкцию нашей тормозной системы, добавив некоторые дополнительные устройства.

1. **Манометр.** Транспортные средства с пневматической тормозной системой оборудованы манометром, который показывает давление воздуха в первичном и вторичном ресиверах. Манометр устанавливается в кабине водителя. Кроме того, может быть установлен дополнительный манометр, который показывает давление непосредственно во время торможения.
2. **Сигнализатор низкого давления (Low Pressure Warning Device).** Как правило, у всех транспортных средств, оборудованных пневматической тормозной системой присутствует специальное устройство, которое предупреждает водителя, если давление в системе упадет до опасно низкого уровня. Этот сигнализатор привлекает внимание водителя звуковым сигналом и миганием лампочки на панели приборов. Сигнализатор срабатывает когда давление становится меньше 55 фунтов на дюйм. Он имеет электропневматическое устройство, т.е. при срабатывании замыкает электрическую цепь.
3. **Клапан быстрого оттормаживания (Quick Release Valve).** Как уже ранее было сказано, когда водитель отпускает педаль тормоза, прекращая торможение, необходимо, чтобы давление воздуха быстро сброшено. В том случае, когда воздушные магистрали довольно протяженные, возникает некоторая задержка в сбросе давления при прекращении торможения. Чтобы воздух из тормозных камер выходил быстро, устанавливается специальный клапан быстрого оттормаживания.
4. **Ускорительный клапан (Relay Valve).** Педаль тормоза вместе ножным краном находится в кабине водителя, ближе к передней оси и в достаточном удалении от задней оси или осей. Поэтому при нажатии на педаль тормоза происходит определенное запаздывание или так называемая задержка торможения. Для устранения этой ситуации у задней оси устанавливается ускорительный клапан, который напрямую связан с ресивером воздушной магистралью большого диаметра. Работа механизма ускорительного клапана позволяет срабатывать задним тормозным камерам без задержки.
5. **Ограничительный клапан передней оси (front axle limiting valve, ratio valve).** Известно, что для более эффективного торможения на скользкой дороге необходимо уменьшить тормозное усилие на передних колесах. Для этого используют специальные ограничительные клапаны различных конструкций, которые уменьшают тормозное давление в передних тормозных камерах при торможении на скользкой дороге.



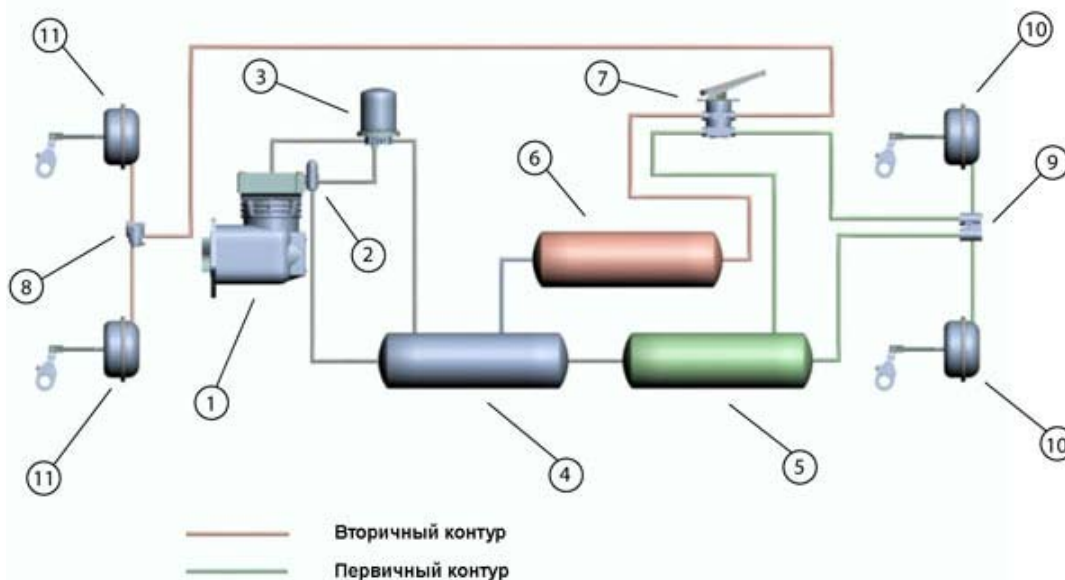
1 - компрессор, 2 - говернер, 3 - осушитель воздуха, 4 - первичный ресивер, 5 - вторичный ресивер, 6 - педаль тормоза с ножным клапаном, 7 - ограничительный клапан передней

оси, 8 - передняя тормозная камера, 9 - ускорительный клапан, 10 - задняя тормозная камера

### Двухконтурная пневматическая тормозная система

В настоящее время подавляющее большинство современных грузовых автомобилей оснащено двухконтурной пневматической тормозной системой. Использование такой системы значительно повышает надежность в случае какого-либо отказа одного из контуров. Фактически это интеграция двух тормозных систем. На первый взгляд такая конструкция покажется достаточно сложной для понимания, но если был изучен принцип работы простейшей тормозной системы, то и двухконтурная система будет воспринята. Вообще говоря следует представлять, что в двухосном транспортном средстве один контур обеспечивает торможение колес передней оси, а второй контур выполняет торможение колес второй оси. В случае отказа одного из контуров, функцию торможения будет выполнять другой.

Итак, воздух закачивается компрессором во «влажный» ресивер, который защищен от избыточного давления предохранительным клапаном. Затем сжатый воздух поступает из «влажного» ресивера в первичный «сухой» ресивер и далее во вторичный «сухой» ресивер. С этого момента двухконтурная тормозная система готова к работе. По воздушным магистралям сжатый воздух из первичного «сухого» ресивера подведен к ножному клапану с тормозной педалью. Аналогичная ситуация и со вторичным «сухим» ресивером, от которого воздух также поступает к ножному клапану. При этом ножной клапан состоит фактически из двух разделов, т.е. представляет собой два клапана в одном. Один из отделов обслуживает первичный тормозной контур, а второй отдел обслуживает вторичный тормозной контур. Когда выполняется торможение, воздух из первичного ресивера через ножной клапан подается на задние тормозные камеры. В то же время воздух из вторичного ресивера через подается на передние тормозные камеры. При утечке воздуха в первичном контуре, вторичный будет оставаться работоспособным, и наоборот. Первичный и вторичный контуры снабжены сигнализаторами о низком давлении, которые расположены в кабине. Кроме того, каждый грузовик, тягач или автобус оборудуется аварийным или стояночным тормозом. Принцип его работы основан на использовании мощной пружины для приложения тормозного усилия. Дело в том, что существует вероятность утечки воздуха из тормозной системы. В аварийном тормозе давление воздуха не дает пружине разжаться и произвести торможение. При утечке воздуха, когда давление в системе будет 20-30 фунтов на дюйм, пружина разожмется и тормоза автоматически сработают, транспортное средство остановится. Аварийный тормоз сильно зависит от регулировки пружины.



1 - компрессор, 2 - говернер, 3 - осушитель воздуха, 4 - "влажный" ресивер, 5 - первичный ресивер, 6 - вторичный ресивер, 7 - педаль тормоза с ножным клапаном, 8 - ограничительный клапан передней оси, 9 - ускорительный клапан, 10 - задняя тормозная камера, 11 - передняя тормозная камера,

Несколько более сложная тормозная система используется в автопоездах, т.е. в сцепке тягача с полуприцепом. Тормозная система полуприцепа подключается к системе тягача с помощью специальных гибких магистралей с разъемами, которые не допускают утечки воздуха. Перед подключением необходимо убедиться, что разъемы не загрязнены

Состав входят также специальные предохранительные клапаны, которые не допускают утечку воздуха в тормозах тягача, если полуприцеп случайно оторвется. Кроме того на полуприцепе устанавливается ресивер, который обеспечивает нормальное или аварийное торможение, и некоторые другие клапаны.

Современные коммерческие транспортные средства оснащаются интегрированными электронными системами, к которым относятся антиблокировочная система (ABS - anti-lock brake system). ABS контролирует скорость вращения каждого колеса. Если во время торможения какое-либо колесо блокируется, то ABS уменьшает тормозное усилие на это колесо тем самым не позволяя колесу скользить на влажной или скользкой дороге, а также во время прохождения поворотов. В состав типичной ABS входят датчики и зубчатые кольца, электронный блок управления (ECU - electronic control unit), клапаны. ECU является мозгом системы. Датчики, установленные на каждом колесе, посылают в ECU информацию о скорости вращения колеса и при необходимости ECU дает команду об уменьшении тормозного усилия на это колесо. Как правило, в кабине водителя срабатывает специальная лампа, сигнализирующая о работе ABS. На полуприцепе может быть также установлена ABS.

Кроме ABS на транспортном средстве могут присутствовать и другие системы, обеспечивающие безопасность дорожного движения. Например, система автоматического управления тягой (ATC - automatic traction control), которая также как ABS отслеживает скорость вращения каждого колеса. При этом сравниваются скорости вращения задних ведущих и передних ведомых колес. Если какое-либо колесо вращается быстрее остальных, например, при попадании на скользкий участок дороги, то ATC его притормаживает.

Эффективным техническим решением стала система курсовой устойчивости (ESP - Electronic Stability Program), которая предотвращает занос или опрокидывание транспортного средства, а также «складывание» автопоезда. Система имеет три датчика, которые измеряют угол рыскания (отклонение от курса), поперечное ускорение и положение рулевого колеса. ECU анализирует эти данные и при необходимости притормаживает одно или несколько колес.