

Устройство и принцип работы компонентов пневматической тормозной системы

На рисунке 1 желтым цветом с красным контуром отмечены те компоненты пневматической тормозной системы тягача и прицепа, о которых мы будем вести разговор в этой главе учебно-практического пособия.

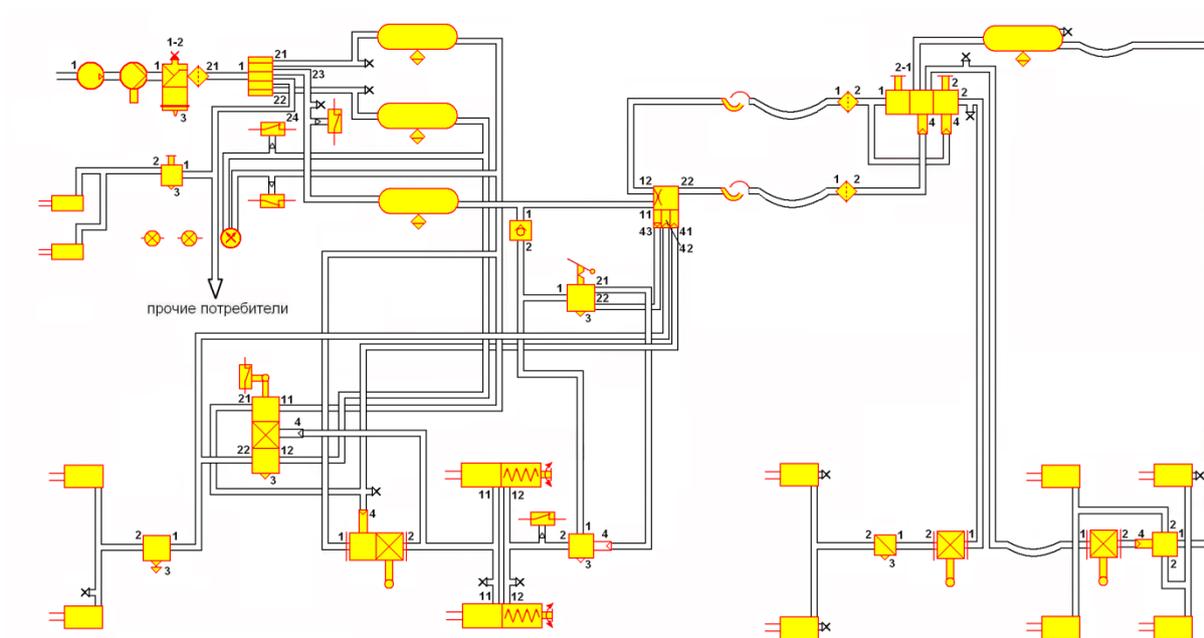


Рис. 1: Приборы пневматической тормозной системы, устройство, техническое обслуживание и контрольные проверки которых будут рассмотрены в этом разделе учебно-практического пособия; Источник: ТАК

**Приборы подготовки воздуха.
Влаговоздушный фильтр.**

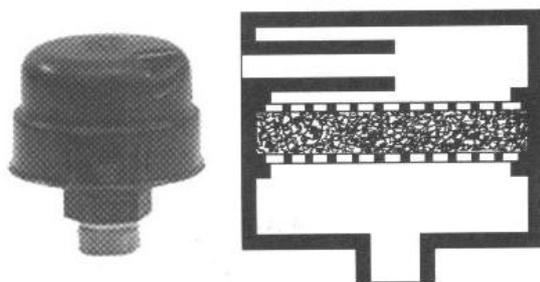


Рис. 2: Влаговоздушный фильтр; Источник Wabco

Влаговоздушный фильтр предназначен для предотвращения проникновения грязи и пыли, содержащейся в воздухе, в компрессор. Кроме того влаговоздушный фильтр играет роль гасителя шумов при всасывании и сбросе воздуха из приборов пневматических тормозных систем.

Воздух всасывается через отверстия в крышке, проходит через фильтровальную массу и, очищенный от пыли и грязи, попадает во всасывающий патрубок компрессора.

Масляно-воздушный фильтр.

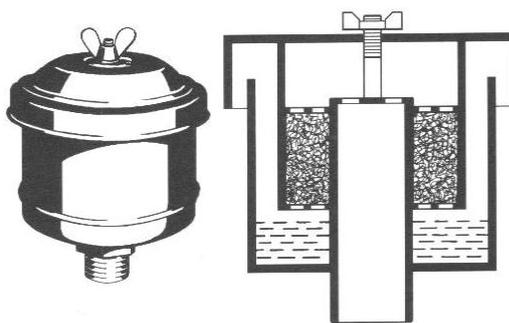


Рис. 3: Масляно-воздушный фильтр; Источник: ТАК

Масляно-воздушные фильтры применяются для очистки особо загрязненного воздуха.

Воздух всасывается через расположенное в нижней части крышки ситовое полотно и центральную трубку, попадает на поверхность масла, где частицы пыли и грязи налипают на его поверхность. Отражаясь от поверхности масла, воздух поднимается вверх, проходит через пакет фильтров, на которых оседают ещё оставшиеся в воздухе частицы пыли и захваченные воздухом частицы масла. Из центрального патрубка воздух попадает во всасывающую полость компрессора.

Компрессор

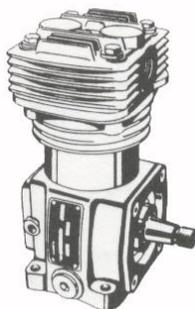


Рис. 4: Одноцилиндровый компрессор; Источник: ТАК

Поршневой компрессор, изображенный на рисунке 4, служит для производства необходимого для работы тормозной системы сжатого воздуха. Как правило, в тормозных системах грузовых транспортных средств применяются одноступенчатые одно- или двухцилиндровые компрессоры. Привод компрессора производится клиновым или зубчатым ремнем от шкива, установленного на коленчатом или распределительном валу двигателя.

В ряде случаев привод компрессора может производиться цилиндрической зубчатой передачей от шестерни привода распределительного вала двигателя.

Если передача вращения к компрессору производится ременной передачей, производители компонентов пневматических тормозных систем рекомендуют применять независимый от других агрегатов привод с собственной ременной передачей. Это позволяет применять относительно большие углы охвата ремнем шкива коленчатого вала компрессора, что позволяет снизить силу натяжения ремня и передаваемого на подшипники коленчатого вала усилия. Маленькие углы охвата и вместе с этим связанное повышенное натяжение приводного ремня могут повышать износ подшипников и приводить к поломкам вала кривошипа компрессора. Для натяжения приводного ремня компрессора необходима установка регулировочного приспособления.

Если на транспортном средстве устанавливается компрессор с воздушным охлаждением, место его установки должно быть выбрано таким образом, что компрессор охлаждался потоком воздуха, возникающего при движении транспортного средства или потоком воздуха от вентилятора системы охлаждения двигателя.

Для достижения хорошего теплового отвода поток воздуха, омывающего голову цилиндра и рубашку охлаждения цилиндра, должна иметь скорость вблизи охлаждаемых поверхностей не меньше 4 м/с.

При водяном охлаждении компрессора циркуляция охлаждающей жидкости через головку и рубашку охлаждения цилиндра компрессора должна обеспечивать как минимум двукратную смену массы охлаждаемой жидкости, занимающей объем рубашки охлаждения компрессора за одну минуту. Температура подаваемой в рубашку охлаждения компрессора жидкости не должна превышать 80°C. Так как в результате сжатия воздуха его температура в нагнетаемом патрубке компрессора по отношению к температуре наружного воздуха повышается приблизительно на 220°C, никакие волоконные уплотнители в штуцерном соединении нагнетательного патрубка применяться не могут. Рекомендуется применение цинковых уплотнений, которые могут выдерживать высокую термическую нагрузки.

Для обеспечения хорошего охлаждения нагнетаемого воздуха трубопровод между компрессором и регулятором давления должен иметь длину 1,5...2,0 метра. Поступающий в регулятор давления воздух не должен превышать температуру, указанную производителем транспортного средства, например, Mercedes-Benz ограничивает поступающий в регулятор воздух по температуре – не выше 150°C. Некоторые регуляторы давления могут надежно работать только при температуре поступающего воздуха не выше 80°C. Компрессор, как правило, закреплен на двигателе, а регулятор давления – на раме транспортного средства. Так как обе указанные выше части транспортного средства подвергаются колебаниям на различных частотах, особое внимание следует уделять состоянию трубопровода и его фланцевым и резьбовым соединениям, так как вибрация может вызвать излом трубопровода. Для предотвращения повреждений, вызванных вибрацией, в нагнетательный трубопровод устанавливается устойчивый к высокой температуре и вибрации гибкий шланг.

Смазывание моторным маслом под давлением присоединением к системе смазывания двигателя

На всех современных транспортных средствах смазывание деталей компрессора производится подачей смазочного масла под давлением из системы смазывания двигателя. На стороне, противоположной от привода, коленчатый вал компрессора опирается на подшипники скольжения. Смазочное масло поступает к опоре подшипника под давлением и по каналам, выполненным в коленчатом валу компрессора, подается к подшипнику скольжения шатуна. Вытекающее из подшипников смазочное масло скапливается в нижней части корпуса компрессора. Отлитый на нижней части шатуна выступ при каждом повороте коленчатого вала подхватывает часть масла, скопившегося в сборнике. Создаваемый разбрызгиванием масляный туман смазывает гильзу цилиндра и роликовый подшипник качения, установленный на коленчатом валу со стороны привода компрессора

Головка цилиндра компрессора с пластинчатым клапаном

Все современные компрессоры комплектуются распределительными механизмами с пластинчатыми клапанными элементами. Пластинчатый клапан, обеспечивающий герметичность впускного отверстия на такте сжатия, выполнен как единое целое с соответствующим уплотнителем между цилиндром и головкой цилиндра. Со стороны нагнетания устанавливается пластинчатый клапан, обеспечивающий герметичность линии нагнетания на такте всасывания (см. рис 5 и 6).

Компрессоры с пластинчатым клапанным механизмом по сравнению с компрессором с отдельными пружинными клапанами имеют ряд преимуществ:

- большая цикловая подача при маленьком объеме клапанного пространства;
- высота головки цилиндра и габаритная высота компрессора значительно уменьшается;
- благоприятная скоростная характеристика;
- невысокая шумность работы;
- снижение нагарообразования на пластинчатом клапане

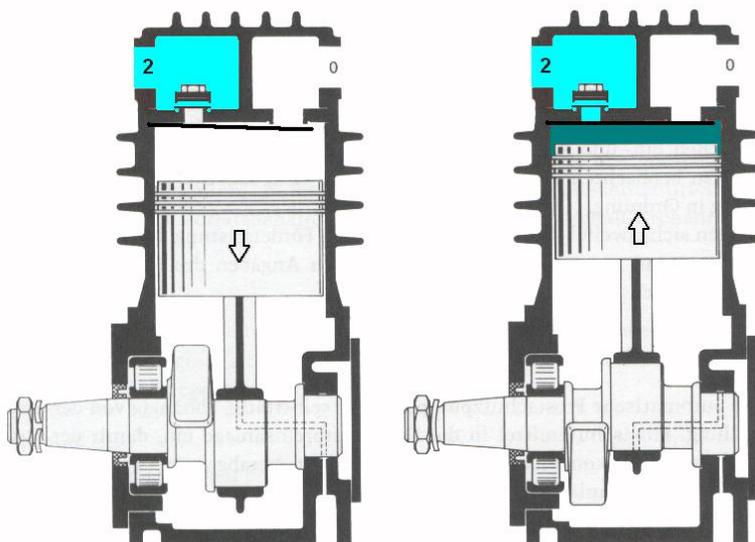


Рис. 5 (слева): смазывание компрессора под давлением, обеспечиваемым системой смазки двигателя. Процесс впуска свежей порции воздуха.

Рис. 6 (справа) Процесс сжатия и нагнетания сжатого воздуха

Источник: ТАК

Техническое обслуживание

К сожалению, изготовители транспортных средств в своих руководствах по эксплуатации дают указания, не совпадающие по содержанию с указаниями производителей компонентов пневматических систем, поэтому для обеспечения качественной работы рекомендуется выполнять специальные указания производителей пневматической аппаратуры. Тем не менее, при первом запуске двигателя с установленным на него новым или отремонтированным компрессором следует произвести указанные ниже действия:

Перед первым запуском картер компрессора нужно наполнить моторным маслом.

После примерно 30 минут работы компрессора, необходимой для его приработки, следует произвести натяжение приводного ремня.

После примерно 10 000 км пробега или 200 часов режима нужно проверить болты и гайки крепления на момент затяжки.

У компрессоров с собственной системой смазывания перед началом поездки следует проверить уровень смазочного масла в масляной ванне компрессора с помощью ручного масляного щупа.

Воздушные фильтры компрессора необходимо регулярно проверять на загрязнение, и, если это необходимо, производить их чистку или менять фильтрующий элемент при его загрязнении.

Смазочное масло компрессора меняют одновременно с заменой или чисткой воздушного фильтра компрессора.

При плановом техническом обслуживании производят проверку натяжения приводного ремня компрессора и при необходимости производят его натяжение рекомендуемым производителем транспортного средства способом.

После пробега 50000км или после 1000 часов работы компрессора необходимо провести проверку клапанов и патрубков нагнетания на наличие нагара (коксования). При необходимости следует произвести их очистку или замену.

Проверки

При периодическом техническом осмотре и промежуточных испытаниях тормозных систем транспортных средств, согласно предписаниям Директивы 2010/48/ЕС следует провести испытание компрессора на производительность. Проверку необходимо производить, придерживаясь рекомендаций производителя. Большинство производителей транспортных средств рекомендуют производить оценку производительности компрессора наблюдением за повышением давления при работе двигателя на средней частоте вращения, при этом решающим фактором является период время от начала наполнения пневматической системы сжатым воздухом до момента достижения давления прекращения подачи сжатого воздуха в пневматическую систему регулятором давления (давление выключения регулятора). При отчетливом повышении давления производительность компрессора считается удовлетворительной.

Если производительность компрессора вызывает сомнения, необходимо провести детальное исследование с помощью более точных измерений, например, руководствуясь данными производителя ком-

понентов пневматических систем, или в соответствии с рекомендациями Приложения 7 ГОСТ Р 41.13-2007 (Правил ЕЭК ООН №13-10).

При низкой производительности рекомендуется проверить отсутствие утечки смазки через уплотнение коленчатого вала компрессора. Если детали цилиндропоршневой группы компрессора изношены, то будет происходить интенсивный прорыв сжатого воздуха под поршневое пространство компрессора. Это вызовет повышение давления в картере для хранения смазочного масла и нарушение герметичности уплотнений коленчатого вала со стороны привода.

Примечание: Объемный КПД поршневого компрессора не должен быть ниже 70%, а расход смазочного масла не должен превышать 0,3 г/ч.

Автоматический насос для предохранения от замерзания

Автоматический насос для предохранения от замерзания впрыскивает в пневматическую систему необходимый объем реагентов, снижающий температуру замерзания находящейся в сжатом воздухе атмосферной влаги. На рынок поступает множество автоматических насосов для предохранения от замерзания различных производителей: Bosch, Grau, Knorr и Wabco (см. рис. 9).

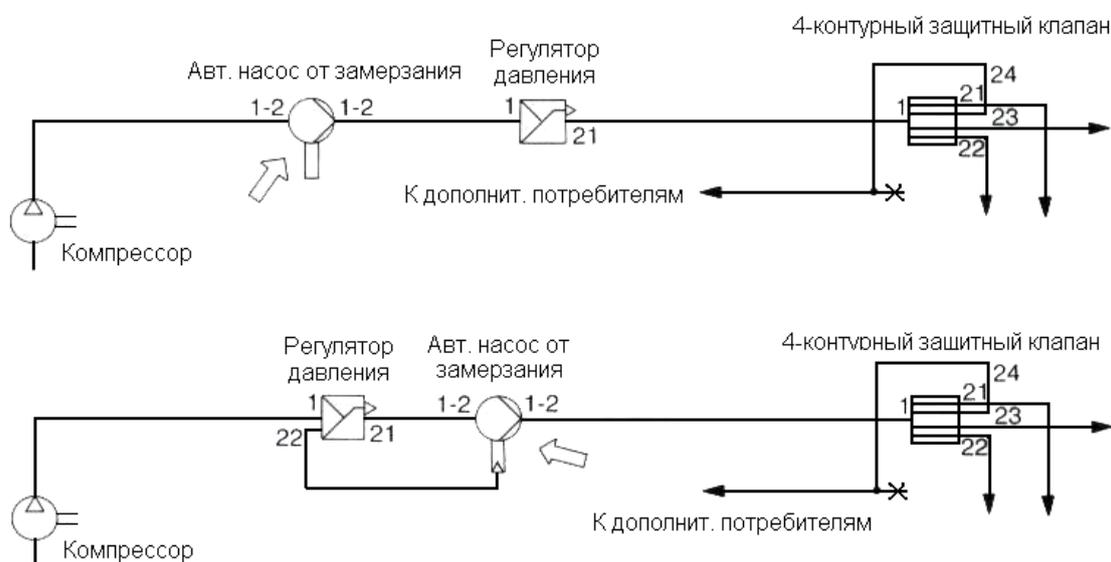


Рис. 7 (сверху): Автоматический насос для предохранения от замерзания, установленный между компрессором и регулятором давления (без подключения отдельного управляющего вывода)

Рис. 8 (снизу): Автоматический насос для предохранения от замерзания, установленный за регулятором давления (с подключением отдельного управляющего входа)

Источник: ТАК



Рис. 9: Частичный разрез автоматического насоса для предохранения от замерзания; Источник: ТАК

Если в системе устанавливается насос для предохранения от замерзания без отдельного управляющего вывода, подача антифриза в пневматическую систему производится управляющим импульсом при переключении регулятора давления с холостого хода на рабочую нагрузку. Такой насос для предохранения от замерзания устанавливают в линию подачи сжатого воздуха между компрессором и регулятором давления (см. рис. 7).

Другой вариант применения автоматического насоса для предохранения от замерзания – его установка в линию подачи сжатого воздуха за регулятором давления. Подобный насос предохранения от замерзания имеет дополнительный вывод, через который подается управляющее давление по дополнительной трубке от регулятора давления. Импульс управляющего давления в данном исполнении подается на вывод 4 насоса (см рис 8).

Зимняя эксплуатация (в положении подачи реагента)

При снижении температуры наружного воздуха ниже 5°C необходимо заправить резервуар насоса для предохранения от замерзания рекомендуемым производителем средством (антифризом), предотвращающим замерзание атмосферной влаги, попавшей в пневматическую систему. При переходе на зимнюю эксплуатацию запорный кран на корпусе насоса необходимо перевести из позиции «0» в позицию «1».

Летняя эксплуатация (в положении отключения подачи реагента)

При переходе на летнюю эксплуатацию запорный кран на корпусе насоса необходимо перевести из позиции «1» в позицию «0». Впрочем, при отсутствии в резервуаре насоса предохранителя антифриза, позиция запорного крана не играет никакой роли. Средство против замерзания (антифриз) прекращает подаваться из резервуара насоса-предохранителя в линию нагнетания. При плюсовых температурах наружного воздуха необходимости в заправке резервуара насоса для предохранения от замерзания антифризом нет, однако отсутствие антифриза может вызвать сухую коррозию механизмов переключения насоса-предохранителя.

Техническое обслуживание

Согласно рекомендациям производителя компонентов пневматических систем WABCO, какого-либо обслуживания насос для предохранения от замерзания не требует. Однако если запорный кран насоса установлен в позицию «1», необходимо ежедневно контролировать уровень антифриза в расходном резервуаре автоматического насоса предохранения от замерзания.

Проверки

Проверяют функционирование и отсутствие утечек.

- Заполняют резервуар средством против замерзания (антифризом).
- Переставляют запорный кран насоса-предохранителя в позицию «1», соответствующую зимней эксплуатации.
- При холостом ходе регулятора давления не должно происходить образование пузырей в резервуаре насоса для предохранения от замерзания. Корпус резервуара выполнен из полупрозрачного материала, поэтому существует возможность наблюдения за появлением пузырьков воздуха в антифризе.
- Снижают давление в тормозной системе до того уровня, когда регулятор давления включит подачу сжатого воздуха в пневматическую систему.
- На режиме подачи сжатого воздуха в пневматическую систему должны появиться пузырьки воздуха, проходящего через антифриз в резервуаре насоса. Это свидетельствует о перемещениях деталей подачи антифриза в результате повышения давления в полости за управляющей мембраной насоса.

Регулятор давления

Регулятор давления (см. рис. 10) поддерживает давление в резервуарах для хранения сжатого воздуха в пневматической системе транспортного средства на предписанном уровне.

Верхнее предельное значение давления называют давлением выключения регулятора, а нижнее значение давления называют давлением включения подачи. Разница давлений выключения регулятора и включения подачи называют уровнем рабочего давления в пневматической системе транспортного средства. При достижении давления выключения регулятор давления переключает компрессор на холостой ход, при котором транспортируемый компрессором воздух выпускается в атмосферу (см. рис. 11).

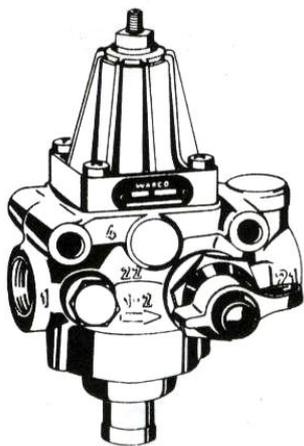


Рис. 10: Регулятор давления воздуха; Источник ТАК

При торможении или ином изъятии сжатого воздуха потребителями давление в пневматической тормозной системе снижается до тех пор, пока давление в камере под диафрагмой регулятора не опустится ниже уровня давления включения подачи. Мембрана регулятора давления под действием пружины регулятора опустится вниз, прекращая выброс транспортируемого компрессором воздуха в атмосферу. Производится повторная подача сжатого воздуха к 4-конурному защитному клапану и далее в ресиверы контуров пневматической системы транспортного средства. Подача сжатого воздуха будет производиться до тех пор, пока в ресиверах не будет достигнуто давление выключения регулятора (см. рис. 11).

В современных регуляторах давления наряду с ограничением подачи сжатого воздуха в пневматическую систему транспортного средства регулятором реализуются и ряд других функций, например, воз-

возможность подключения к регулятору шланга для накачки шин сжатым воздухом, управление режимом регенерации осушителя сжатого воздуха и управление подачей в нагнетаемый воздух антифриза.

Присоединение для подключения шланга накачки шин со встроенным клапаном позволяет изымать сжатый воздух непосредственно из компрессора, не вызывая снижения давления воздуха в пневматической системе транспортного средства. Присоединение 1-2 закрывается предохранительным колпаком, который надо снять перед подключением шланга для накачки шин. Накладная гайка шланга накачки шин должна заворачиваться на резьбовое присоединение 1-2 до тех пор, пока клапан не перекроет подачу сжатого воздуха от присоединения 1 к присоединению 21 регулятора. В этом случае регулятор будет находиться в положении подачи сжатого воздуха, не переходя в положение холостого хода (см. рис. 12)

Рис.11: Выключенное положение регулятора давления (положение холостого хода)

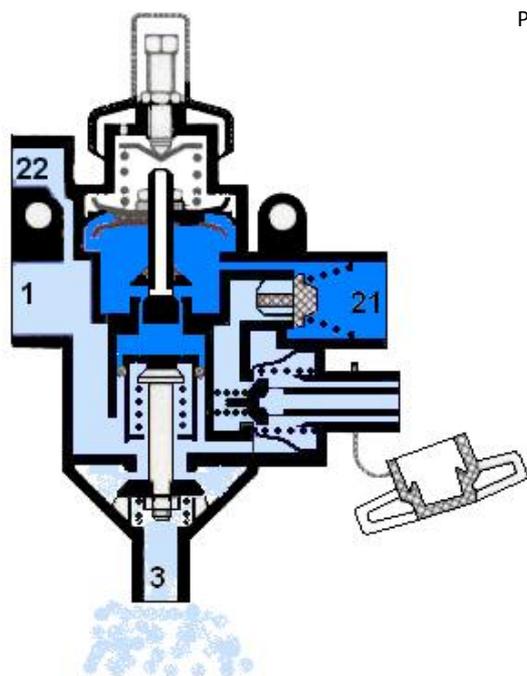
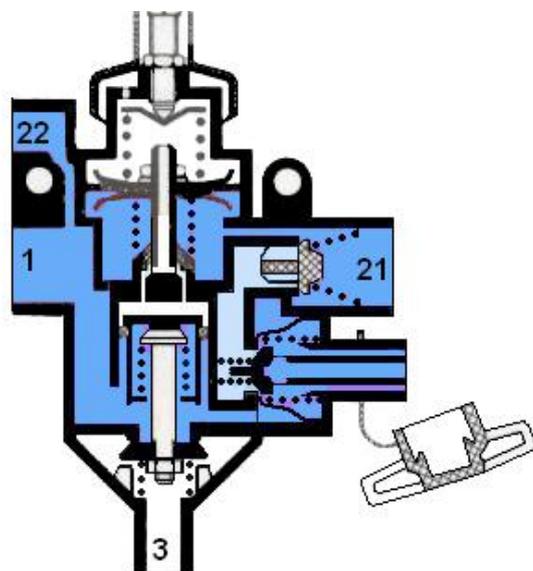


Рис. 12: Отбор сжатого воздуха через присоединение для шланга накачки шин



Функция предохранения компрессора от перегрузки при прямой подаче сжатого воздуха от присоединения 1 к присоединению 1-2 утрачивается, так как произведено отключение подачи сжатого воздуха на присоединение 21 регулятора, тем самым блокируется возможность перевода компрессора в режим холостого хода.

Для предохранения компрессора от повреждения производители транспортных средств устанавливают в линию подачи сжатого воздуха компрессором механические предохранительные клапаны, ограничивающие давление в нагнетательной линии пневматической системы до допустимой максимальной величины. Механический предохранительный клапан при достижении давления в линии накачки шин примерно 10...13 bar потеряет герметичность, и произойдет сброс подаваемого компрессором воздуха в атмосферу. Через шланг для накачки шин, установленный на присоединение 1-2, можно производить заполнение пневматической системы транспортного средства от постороннего источника сжатого воздуха, например, при неработающем двигателе. В этом случае накладную гайку шланга для накачки шин не следует заворачивать до упора, при котором будет прерываться соединение между присоединением 1 и присоединением 21. Клапан должен занять промежуточное положение, при котором сжатый воздух от присоединения 1-2 сможет поникать к присоединению 21, и далее через 4-контурный защитный клапан в ресиверы пневматической системы транспортного средства. В этом случае комбинированные тормозные цилиндры с пружинным энергоаккумулятором переводятся в положение, позволяющее движение транспортного средства, например, для его буксирования. В промежуточном положении клапана, установленного в присоединении 1-2, сжатый воздух может поступать к присоединению 21, поэтому все функции регулятора давления сохраняются (см. рис. 13).

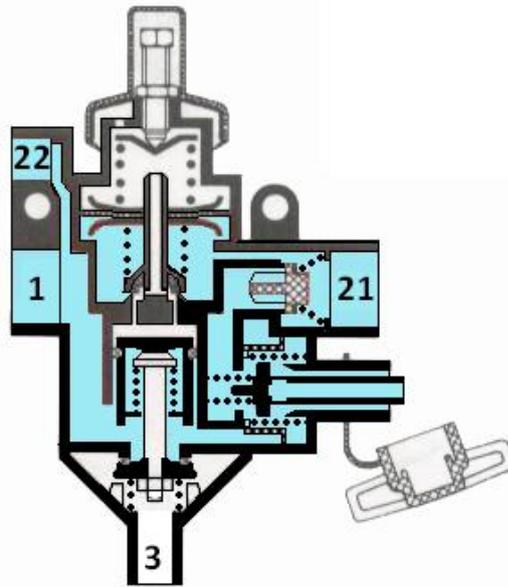


Рис. 13: Заполнение пневматической системы транспортного средства через шланг накачки шин; Источник: TAK

Давление выключения регулируется вращением регулировочного винта с шестигранной головкой, установленного в верхней части корпуса регулятора, после ослабления контргайки. Если необходимо повысить давление выключения, винт с шестигранной головкой ввинчивается в корпус регулятора. При вывинчивании регулировочного винта с шестигранной головкой из корпуса регулятора происходит снижение уровня давления выключения регулятора. После настройки регулятора контргайку следует затянуть. Давление включения подачи сжатого воздуха при регулировке не меняется, оно определено конструкцией регулятора, и отстоит от давления выключения регулятора приблизительно на 10%.

Принцип работы регулятора давления

Целью установки регулятора давления сжатого воздуха в пневматической магистрали транспортного средства является регулировка рабочего давления в пневматической системе и защита трубопроводов и клапанов от загрязнения.

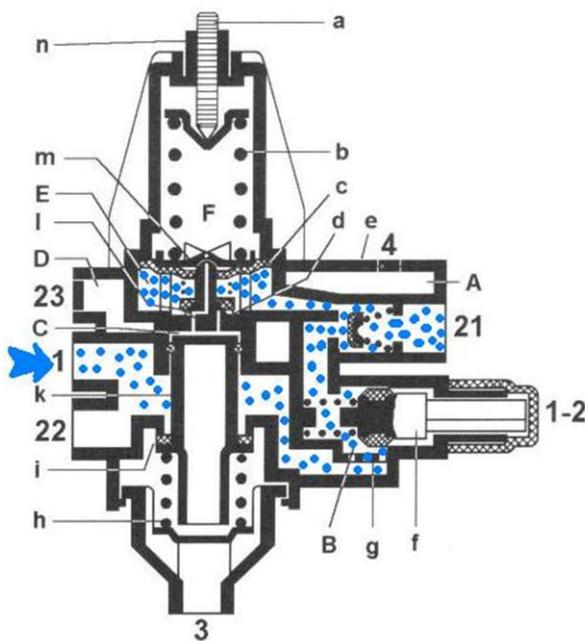


Рис. 14: Регулятор в режиме подачи сжатого воздуха; Источник: Wabco

Сжатый воздух, подаваемый компрессором через впускной канал (1) и фильтр (q), стремится в камеру (B). После открытия обратного клапана (e) воздух через трубопровод, подключенный к выводу (21), попадает в ресиверы, а так же в камеру (E).

Впускной канал (22) предназначен для подключения дополнительного насоса, обеспечивающего сжатый воздух парами спиртосодержащей жидкости, предохраняющими систему от замерзания.

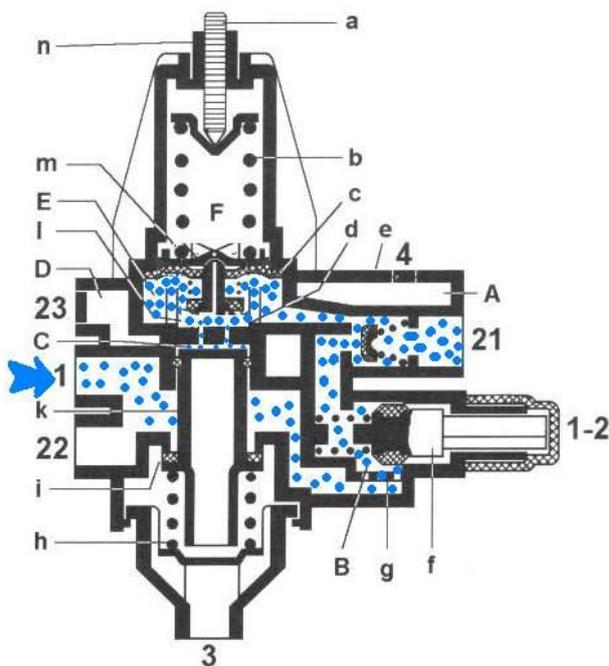


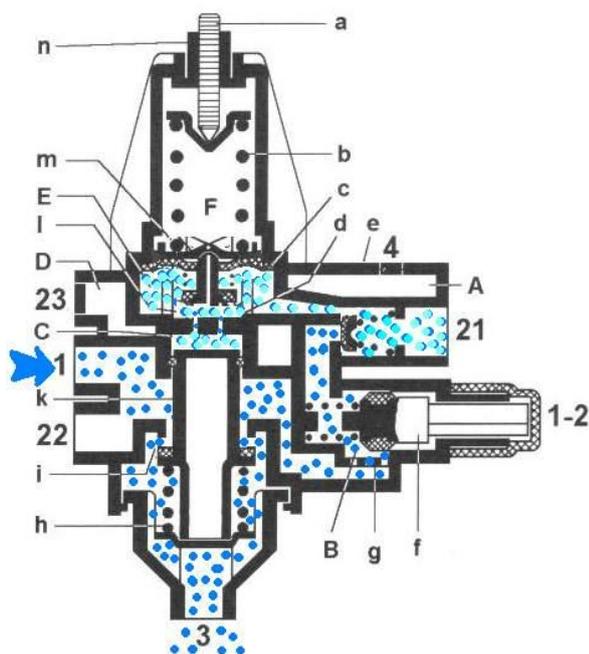
Рис. 15: Регулятор в режиме начала прекращения подачи сжатого воздуха; Источник: Wabco

В камере (E) сжатый воздух воздействует на диафрагму (c). Как только сила давления воздуха становится больше усилия сжатия пружины (b), установленного регулировочным винтом (a), диафрагма (c) прогибается вверх, увлекая за собой поршень (m).

Открываются отверстия, ранее закрытые уплотнителем, расположенным на торцевой части поршня (m).

Рис. 16: Регулятор в режиме сброса «лишнего» воздуха в атмосферу; Источник: Wabco

Воздух проникает в камеру (C) и, оказывая действие на поршень, смещает его вниз. При этом открывается выпускное отверстие (i), через которое воздух из компрессора выходит в атмосферу. Одновременно, воздух через боковое отверстие в камере (C) поступает в полость (D), откуда по трубопроводу поступает в осушитель воздуха, включая режим продувки адсорбера.



По достижении величины давления выключения сброса воздуха, впуск (i) закрывается, а выпуск (d) открывается. Находящийся в камере (C) сжатый воздух через осевое отверстие в поршне (m) выходит в атмосферу.

В результате снижения давления в камере (B), закрывается обратный клапан (e) и воздух из ресивера не имеет возможности выйти через выпускное отверстие (3).

Компрессор работает в режиме холостого хода, выпуская сжимаемый воздух в атмосферу до тех пор, пока давление в устройстве не опустится ниже давления включения регулятора. При этом усилие от давления сжатого воздуха в камере (E), воздействующее на диафрагму (c) тоже снижается. Вследствие этого клапан (m) вновь закрывается и процесс нагнетания воздуха в систему повторяется.

Таблица 1.1
Значения давления, согласно DIN 74277

Давление выключения Номинальное давление p_e в bar	Допуск Δp в bar	Разность давлений между номинальным давлением выключения и усилием при включении (интервал переключений)
От 6,5 до 8,5	$\pm 0,2$	От 0,5 до 1,1
От 8,5 до 12,0	$\pm 0,3$	От 0,6 до 1,5
От 12,0 до 17,0	$\pm 0,4$	От 1,0 до 2,5

Указанные уровни давления актуальны в интервале температур от $+20^\circ\text{C}$ до $+80^\circ\text{C}$.

Допустимая область применения компонентов пневматических тормозных систем, согласно DIN 74277 составляет от -40°C до $+150^\circ\text{C}$.

Предпочтительнее установка верхнего предела рабочего давления согласно указаниям производителя транспортного средства.

Замечания по обслуживанию

В отношении обслуживания указанных выше компонентов пневматических тормозных систем никаких конкретных указаний производителя не имеется.

Несмотря на отсутствия особых указаний по обслуживанию компрессора, рекомендуется производить регулярную очистку или замену воздушного фильтра, особенно перед проведением испытаний тормозных систем при проведении периодических технических осмотров.

Проверки

Усилие включения и давление выключения во время испытаний определяются указаниями производителя (см. табл. 1.2).

Интервал включения и отключения регулятора давления сжатого воздуха проверяется при проведении периодических технических проверок. Пневматическую систему транспортного средства наполняют до выключения регулятора давления, то есть до того момента, когда регулятор давления начинает сброс воздуха. Показания давления считывают по манометру, установленному в кабине водителя. Давление выключения должно совпадать с указаниями производителя транспортного средства. Затем давление в ресиверах, например с помощью торможения, отпускают до тех пор, пока регулятор давления не возобновит подачу сжатого воздуха в пневматическую систему транспортного средства. Усилие при включении должно совпадать с указаниями производителя транспортного средства.

Упрощенная формула:

Перепад давлений должен составлять приблизительно 10% от давления выключения. Естественно, предприятием изготовителем транспортного средства могут устанавливаться отличные от определенных упрощенной формулой значений. Это зависит в первую очередь от типа транспортного средства и его назначения.

Таблица 1.2
Часто-применяемые значения давлений (указания производителей транспортных средств)

Давление выключения p_e в bar	Интервал давлений Δp в bar
$5,3 \pm 0,3$	$0,5 + 0,3$
$7,3 \pm 0,2$	$0,6 + 0,4$
$8,1 \pm 0,2$	$0,6 + 0,4$
$9,5 \pm 0,3$	$0,7 + 0,5$
$10,0 \pm 0,3$	$0,7 + 0,6$
$12,5 \pm 0,3$	$0,8 + 0,8$
$16,0 \pm 0,5$	$1,0 + 1,5$