

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 13.03.2023 10:45:42

Уникальный идентификатор:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ)

Кафедра технологии материалов и транспорта



Гидравлические и пневматические системы автомобилей

Методические указания для выполнения лабораторных и самостоятельных работ для студентов специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

УДК 629.1.04

Составитель С.В. Пикалов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Е.В. Агеева*

Гидравлические и пневматические системы автомобилей: методические указания для выполнения лабораторных и самостоятельных работ для студентов специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.В. Пикалов. Курск, 2021. 73с.

Методические указания содержат весь необходимый материал для выполнения работ по курсу «Гидравлические и пневматические системы автомобилей» Приведены методика проведения работ, основные методы решения задач, что помогает усвоить и глубже понять теоретические положения курса. В методические указания включены вопросы для повторения пройденного материала. Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.03.2021. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. Уч.- изд. л Тираж 50 экз. Заказ 511 Бесплатно
Юго–Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Классификация тормозных систем.....	4
2. Устройство и принцип работы тормозных механизмов.....	7
Лабораторная работа №1 Изучение гидропривода тормозов	18
Лабораторная работа №2 Стояночная тормозная система	25
Лабораторная работа №4 Исследование неисправностей тормозного управления.....	26
Лабораторная работа №5 Антиблокировочная система тормозов	31
Лабораторная работа №6 Общебортовая диагностика гидравлики автомобиля	37
Лабораторная работа № 7 Эксплуатация лабораторного стенда.....	45
Самостоятельная работа студента.....	48
Тема 2. Гидростатическое давление и его свойства	50
Тема 3. Гидродинамика невязкой жидкости.....	52
Тема 4. Потери напора при равномерном движении жидкости	56
Тема 5.Потери напора при равномерном движении жидкости	59
Тема 6. Потери напора при неравномерном движении жидкости.....	60
Тема 7. Истечение жидкостей из отверстий и насадков	63
Тема 7. Гидромашины.....	63
Тема 8. Объемный гидропривод.....	67
Тема 9. Системы типовых гидросистем	70
Список литературы	73

ВВЕДЕНИЕ

Статистика дорожно-транспортных происшествий (ДТП) показывает, что наибольшее количество ДТП по причине технических неисправностей автомобиля приходится на тормозное управление. Поэтому контролю технического состояния тормозного управления должно уделяться особое внимание. Для этого студенту необходимо хорошо знать устройство, принцип работы и диагностирование тормозных систем автомобиля, в том числе с использованием современных методов диагностики.

В приведенной работе дается классификация тормозных систем, устройство и принцип работы барабанных и дисковых тормозных механизмов, устройство различных элементов гидропривода, причины и поиск неисправностей тормозного управления, назначение, общее устройство, принцип работы и диагностирование антиблокировочных тормозных систем (АБС).

Полученные в процессе проработки приведенных материалов теоретические знания студент закрепляет выполнением лабораторной работы на стенде тормозного управления гидравлической тормозной системы с АБС.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ

Эксплуатация любого автомобиля допускается только при исправной тормозной системе. Тормозная система необходима на автомобиле для снижения его скорости, остановки и удерживания на месте.

Тормозная сила возникает между колесом и дорогой по направлению, препятствующему вращению колеса. Максимальное значение тормозной силы на колесе зависит от возможностей механизма, создающего силу торможения, от нагрузки, приходящейся на колесо, и от коэффициента сцепления с дорогой. При равенстве всех условий, определяющих силу торможения, эффективность тормозной системы будет зависеть в первую очередь от особенностей конструкции механизмов, производящих торможение автомобиля.

На современных автомобилях в целях обеспечения безопасности движения устанавливают несколько тормозных систем. **В зависимости от назначения** они подразделяются на:

- рабочую;

– запасную; – стояночную; – вспомогательную.

Тормозное управление – это совокупность всех тормозных систем автотранспортного средства (АТС).

Рабочая тормозная система используется во всех режимах движения автомобиля для снижения его скорости до полной остановки. Она приводится в действие усилием ноги водителя, прикладываемым к педали ножного тормоза. Эффективность действия рабочей тормозной системы самая большая по сравнению с другими типами тормозных систем.

Запасная тормозная система предназначена для остановки автомобиля в случае отказа рабочей тормозной системы. Она оказывает меньшее тормозящее действие на автомобиль, чем рабочая система. Функции запасной системы может выполнять чаще всего исправная часть рабочей тормозной системы или полностью стояночная тормозная система.

Стояночная тормозная система служит для удерживания остановленного автомобиля на месте, чтобы исключить его самопроизвольное трогание (например, на уклоне). Управляется стояночная тормозная система рукой водителя через рычаг ручного тормоза.

Вспомогательная тормозная система используется в виде тормозазамедлителя на автомобилях большой грузоподъемности (МАЗ, КрАЗ, КаМАЗ) с целью снижения нагрузки на колесные тормозные цилиндры рабочей тормозной системы при длительном торможении, например при длительном спуске в горной или холмистой местности. Вспомогательная тормозная система (тормоз-замедлитель), обязательна для автобусов полной массой выше 5 т и грузовых автомобилей полной массой выше 12 т. На ряде автомобилей тормозом-замедлителем является двигатель, выпускная труба которого перекрывается специальной заслонкой и прекращается подача топлива: двигатель в этом случае работает в компрессорном режиме – компрессорный тормоз-замедлитель.

Для экстренного торможения на скоростных и гоночных автомобилях в качестве тормоза-замедлителя иногда применяют особые закрылки, увеличивающие воздушное сопротивление, или используют специальные парашюты (внеколесное торможение). Кроме того используются гидравлические и электрические тормозы-замедлители.

Каждая из перечисленных систем тормозных систем включает один или несколько тормозных механизмов и тормозной привод.

По виду энергоносителя различают приводы:

- механический (энергоносителями являются твердые тела, тяги, рычаги, тросы);
- гидравлический (энергоноситель – жидкость);

- пневматический (энергоноситель – воздух); ➤ электрический (ток и электромагнитное поле); ➤ смешанные.

Существуют также смешанные разновидности привода, в которых применяются несколько энергоносителей.

Механический тормозной привод используют в качестве обязательного привода стояночной тормозной системы.

Гидравлический тормозной привод применяют на всех легковых автомобилях и грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности.

На легковых автомобилях в зависимости от их класса возможны варианты привода: как с усилителем, так и без него. На грузовых автомобилях в гидроприводе устанавливают вакуумный усилитель.

Тормозной пневмопривод применяют для автомобилей большой грузоподъемности, кроме того, для этих автомобилей может быть использован комбинированный тормозной привод (на автомобиле «Урал-4320» пневмогидравлический привод).

В последние годы находит применение *электропневматический тормозной привод*.

Решающим фактором при выборе привода следует считать (учитывать) недостатки других приводов:

- механический – слишком податлив, склонен к появлению люфтов, трению, что делает его нелинейным и медленным;
- пневматический – сложность производства и обслуживания, сравнительно высокая стоимость, постоянная затрата мощности на привод компрессора, большое время срабатывания (в 5... 10 раз больше, чем у гидропривода);
- электрический – при современных бортовых источниках он не может быть достаточно мощным и применяется сегодня лишь для управления тормозами некоторых легковых прицепов;
- гидравлический – возможен выход из строя тормозной системы при местном повреждении привода и снижение КПД при низких температурах;
- смешанные – сложные, поэтому без особой надобности их не применяют.

Тормозные механизмы классифицируют:

- по форме трущихся поверхностей – на барабанные (ленточные или колодочные) и дисковые;
- по роду трения – на сухие (фрикционные) и работающие в масле («мокрые»);
- по месту расположения – в трансмиссии машины (трансмиссионные) или непосредственно в ее колесах (колесные).

Наиболее широко для автомобилей применяют фрикционные тормозные механизмы, принцип действия которых основан на силах трения вращающихся деталей о невращающиеся.

На легковых автомобилях большого класса часто используются только дисковые тормозные механизмы. На легковых автомобилях малого и среднего классов чаще всего используются дисковые тормозные механизмы на передних колесах и барабанные колодочные на задних колесах.

На грузовых автомобилях независимо от их грузоподъемности устанавливают барабанные колодочные тормозные механизмы. Лишь в последние годы наметилась тенденция использования дисковых тормозных механизмов для грузовых автомобилей.

Барабанные ленточные тормозные механизмы в настоящее время совсем не применяют. В редких случаях их используют как трансмиссионные для стояночной тормозной системы.

2. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Барабанный тормозной механизм с гидравлическим приводом (рис. 1) состоит из двух колодок 4 с фрикционными накладками, установленных на щите 11. Нижние концы колодок закреплены шарнирно, а верхние упираются через стальные сухари в поршни разжимного колесного цилиндра 6. Стяжная пружина 7 прижимает колодки к поршням цилиндра 6, обеспечивая зазор между колодками и тормозным барабаном в нерабочем положении тормоза. При поступлении жидкости из привода в колесный цилиндр 6 его поршни расходятся и раздвигают колодки до соприкосновения с тормозным барабаном, который вращается вместе со ступицей колеса 2. Возникающая сила трения колодок о барабан вызывает затормаживание колеса. После прекращения давления жидкости на поршни колесного цилиндра стяжные пружины 7 и 3 возвращают колодки в исходное положение и торможение прекращается.

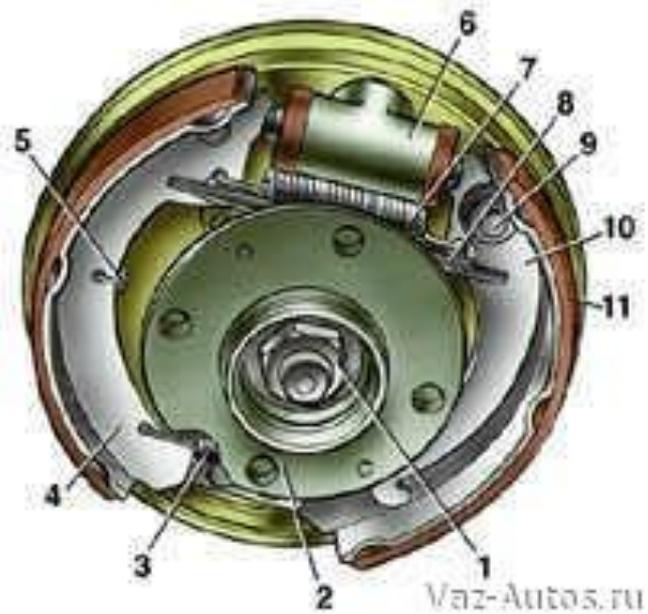


Рис. 1. Колесный барабанный тормозной механизм:

- 1 – гайка крепления ступицы; 2 – ступица колеса; 3 – нижняя стяжная пружина колодок; 4 – тормозная колодка; 5 – направляющая пружина; 6 – колесный цилиндр; 7 – верхняя стяжная пружина; 8 – разжимная планка; 9 – палец рычага привода стояночного тормоза; 10 – рычаг привода стояночного тормоза; 11 – щит тормозного механизма

Принципиальные схемы колодочных тормозов представлены на рис. 2.

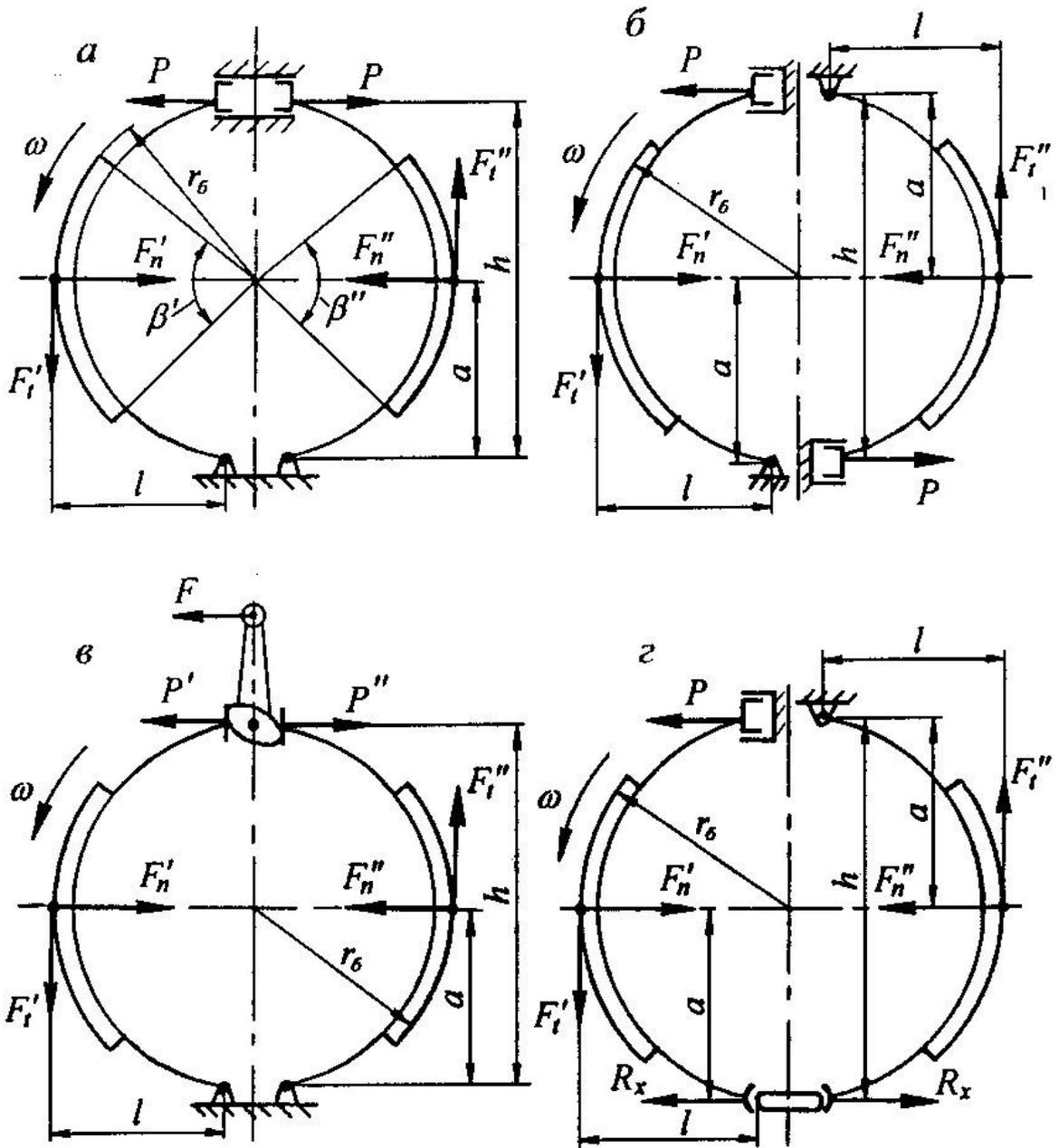


Рис. 2. Принципиальные схемы колодочных тормозов:

a – с равными приводными силами и односторонним расположением опор; *б* – с равными приводными силами и с разнесенными опорами; *в* – с равными перемещениями колодок; *г* – с большим сервоусилием: P – приводная сила, действующая на колодки; P' и P'' – приводные силы, действующие на левую и правую колодки, соответственно;

F_t' и F_t'' – силы трения левой и правой колодок, соответственно; F_n' и F_n'' – нормальные силы прижатия левой и правой колодок, соответственно; r_δ – радиус барабана

Схема колодочного тормоза с равными приводными силами и односторонним расположением опор приведена на рис. 2а. Приводное устройство тормозных колодок выполнено в виде двухстороннего гидравлического тормозного цилиндра, которое обеспечивает равенство приводных сил P , действующих на колодки. На схеме показаны силы, действующие на тормозные колодки и направление вращения тормозного барабана при переднем ходе машины.

Сила F_t' , действующая на левую колодку, поворачивает ее относительно нижней опоры и прижимает к нижнему барабану. Правая колодка под действием силы трения F_t'' , наоборот, стремится отжаться от тормозного барабана. В результате нормальные силы прижатия левой F_n' и правой F_n'' колодок различны. При этом $F_n' > F_n''$, что приводит к более интенсивному изнашиванию левой колодки тормоза и созданию радиальной нагрузки на опоры тормозного барабана. В результате тормозной момент левой колодки выше, чем правой.

Колодку, прижимаемую за счет силы трения к тормозному барабану, называют активной, а отжимаемую от барабана – пассивной. Таким образом, левая тормозная колодка является активной, так как за счет силы трения F_t' прижимается к тормозному барабану. Правая тормозная колодка является пассивной, так как за счет силы трения F_t'' отжимается от тормозного барабана.

Так как $F_n' > F_n''$, тормоз неуравновешен и нагружает опоры тормозного барабана. При этом давление на поверхности трения активной колодки выше, чем у пассивной. Следовательно, она быстрее изнашивается в эксплуатации. Для выравнивания интенсивности изнашивания накладок необходимо пассивную колодку делать короче активной, т.е. $\beta' > \beta''$.

При изменении направления вращения тормозного барабана на противоположное (задний ход машины) изменяется направление действия тормозных сил и левая колодка становится пассивной, а правая – активной. Следовательно, в таком тормозе величина тормозного момента не зависит от направления вращения тормозного барабана.

Схема колодочного тормоза с равными приводными силами и разнесенными опорами приведена на рис. 2б. Каждая тормозная колодка имеет свой привод, выполненный в виде гидравлического тормозного цилиндра. При переднем ходе машины (см. схему) обе тормозные колодки являются активными, так как за счет сил трения прижимаются к тормозному барабану. Эффективность тормоза в данном случае торможения выше, чем у ранее рассмотренной схемы колодочных тормозов. При заднем ходе машины обе тормозные колодки становятся пассивными, что приводит к снижению эффективности тормоза примерно в 2 раза. Тормоз полностью уравновешен ($F_n' = F_n''$). Эта схема широко

применяется в автомобилях для торможения передних колес. В тракторах такая схема не применяется.

Схема колодочного тормоза с равными перемещениями колодок приведена на рис. 26. Профиль разжимного кулака симметричен, поэтому перемещение колодок и деформация колодок, накладок и тормозного барабана одинаковы. Отсюда следует, что нормальные силы, а следовательно, и силы трения, одинаковы на обеих колодках. В результате накладки тормоза изнашиваются с одинаковой интенсивностью. Однако, приводные силы P' и P'' не равны, так как активная колодка воспринимает меньшую приводную силу по сравнению с пассивной.

При изменении направления вращения тормозного барабана эффективность тормоза не изменяется. Тормоз полностью уравновешен, так как он не создает радиальной силы на подшипниках тормозного барабана.

Недостатком тормоза с равными перемещениями колодок является низкий КПД кулачкового привода (порядка 0,6 ... 0,8). При этом $P' \neq P''$, что приводит к неравномерному изнашиванию разжимного кулака. Для уменьшения трения между разжимным кулаком и тормозной колодкой иногда устанавливают ролик, что повышает КПД приводного устройства до 0,75 ... 0,9. На практике вследствие попадания грязи в опоры тормозного кулака и в оси, на которых вращаются ролики, КПД кулачкового приводного устройства не превышает 0,75. Следует отметить трудоемкость технического обслуживания такого тормоза ввиду необходимости периодически смазывать опоры кулака.

В современных конструкциях тормозов колодки разжимаются не кулаком, а клиновым приводным устройством. Преимуществами тормоза с клиновым приводным устройством являются более равномерный и меньший по величине износ деталей трущейся пары (клинового механизма по сравнению с разжимным кулаком), более высокий КПД, меньший размер пневматических камер, вследствие чего значительно меньше количество потребляемого сжатого воздуха. Клиновое приводное устройство имеет повышенную стоимость изготовления и отличается необходимостью хорошей защиты от грязи. Колодочные тормоза с равными перемещениями колодок получили широкое применение в колесных машинах.

Колодочный тормоз с большим сервоусилителем (рис. 22) имеет общий привод двух тормозных колодок, выполненный в виде гидравлического тормозного цилиндра, действующего с силой P на переднюю колодку по ходу движения машины (слева на схеме). На вторую тормозную колодку машины (справа на схеме) передается сила

$$R_x = F_{\Pi}' - P > P.$$

Передача силы от первой колодки на вторую осуществляется через подвижный сухарик, выполняющий одновременно функцию опор колодок и силопередающего устройства. Обе тормозные колодки при переднем ходе машины активны. В результате момент трения, создаваемый второй колодкой, больше чем у первой. Тормоз неуравновешен, так как $F_{\Pi}'' > F_{\Pi}'$. В данных конструкциях тормозов $R_x \approx 2P$.

При изменении направления вращения тормозного барабана обе колодки становятся пассивными. В результате момент трения снижается примерно в 3 раза. Данный тормоз, несмотря на большую эффективность при переднем ходе, обладает малой стабильностью.

На рис. 3 показано устройство колесного тормозного цилиндра барабанного тормозного механизма с автоматическим регулированием зазора между колодками и барабаном.

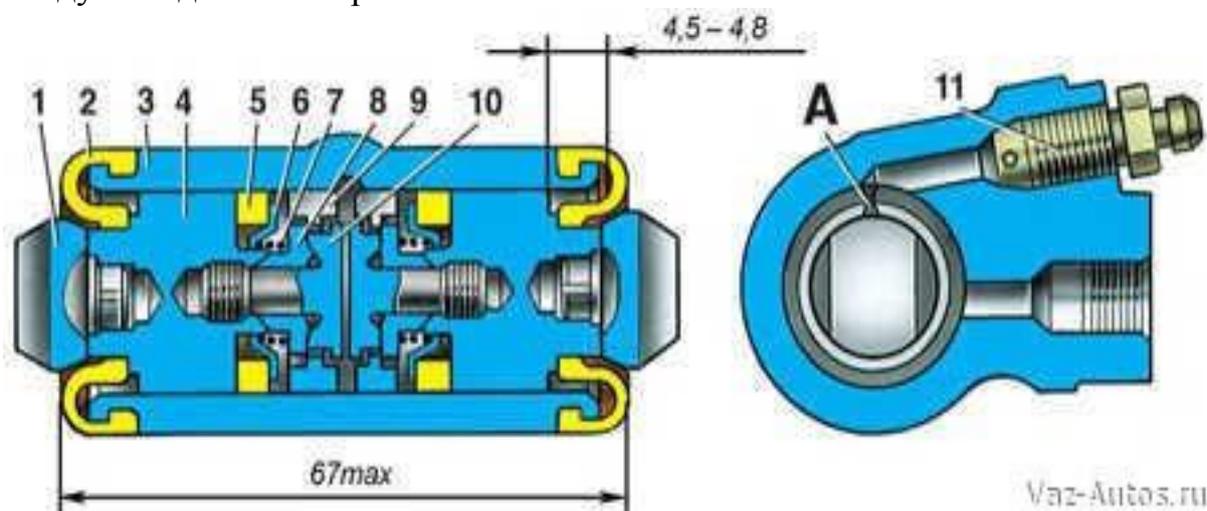


Рис. 3. Колесный цилиндр:

- 1 – упор колодки; 2 – защитный чехол; 3 – корпус цилиндра; 4 – поршень;
 5 – уплотнитель; 6 – опорная тарелка; 7 – пружина; 8 – сухари; 9 – упорное кольцо;
 10 – упорный винт; 11 – штуцер; А – прорезь на упорном кольце

Колесный тормозной цилиндр состоит из чугунного корпуса 3, внутри которого помещены два алюминиевых поршня 4 с уплотнительными резиновыми манжетами 5. В торцовую поверхность поршней для уменьшения изнашивания вставлены стальные сухари. Цилиндр с обеих сторон закрыт защитными резиновыми чехлами 2. Во время торможения внутри цилиндра создается давление жидкости, под действием которого поршень перемещается и отжимает тормозную колодку. Жидкость в полость цилиндра поступает через отверстие, в которое ввернут присоединительный штуцер 11. Для выпуска воздуха из полости цилиндра используется клапан прокачки, закрытый снаружи

резиновым колпачком. В цилиндре имеется устройство для автоматической регулировки зазора между колодками и барабаном, представляющее собой пружинное упорное кольцо 9, вставленное с натягом в корпус цилиндра между буртиком упорного винта 10 и двумя сухарями 8 с зазором 1,25...1,65 мм. Когда из-за износа накладок зазор 1,25...1,65 мм полностью выбирается, буртик на упорном винте 10 прижимается к буртику кольца 9, вследствие чего упорное кольцо сдвигается вслед за поршнем на величину износа. При обратном перемещении колодки под действием стяжной пружины упорное кольцо остается в новом положении, так как усилия стяжной пружины недостаточно, чтобы сдвинуть его назад. Таким образом достигается компенсация износа накладок и автоматически устанавливается минимальный зазор между колодками и барабаном.

Колесный дисковый тормозной механизм с гидроприводом (рис. 4) включает тормозной диск 1, закрепленный на ступице колеса. Тормозной диск вращается между половинками 8 и 9 скобы (суппорта), прикрепленной к стойке 4 передней подвески автомобиля. В каждой половине скобы выточены колесные цилиндры с большим 13 и малым 12 поршнями. Конструкции дисковых тормозных механизмов могут выполняться с неподвижной или плавающей скобой. В дисковом тормозном механизме с плавающей скобой скоба может перемещаться в пазах кронштейна, закрепленного на фланце поворотного кулака. В этом случае цилиндр (в некоторых конструкциях – два или три) расположен с одной стороны. При торможении перемещение поршня вызывает перемещение скобы в противоположную сторону, благодаря чему обе колодки прижимаются к тормозному диску. Плавающая скоба имеет значительно меньшую ширину по сравнению с неподвижной, что позволяет легко обеспечить отрицательное плечо обкатки. При плавающей скобе ход поршня в два раза больше, чем при неподвижной.

Появились конструкции дисковых тормозных механизмов с качающейся на маятниковом подвесе скобой и односторонним расположением цилиндра. Такая конструкция исключает заедания скобы, наблюдающегося иногда в конструкциях с плавающей скобой.

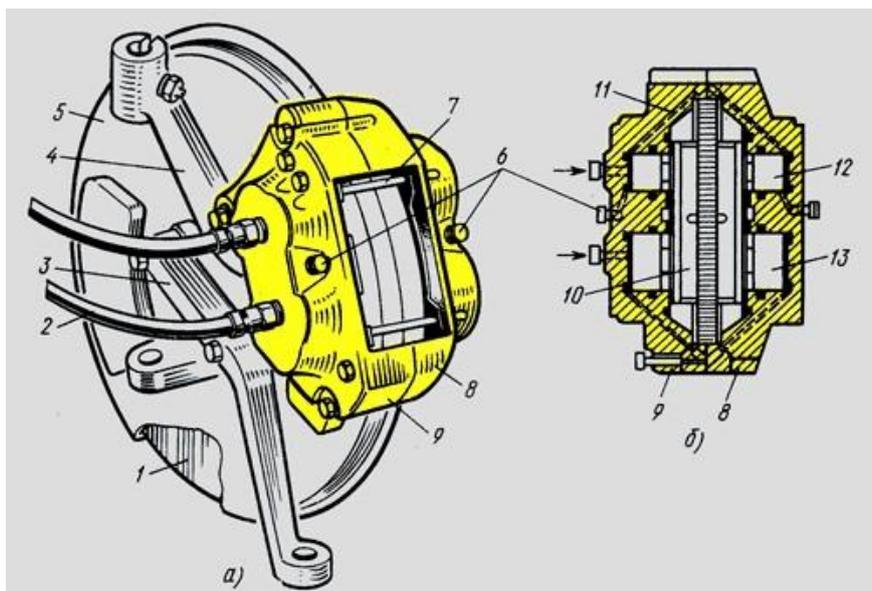


Рис. 4. Колесный дисковый тормозной механизм:

- a* – в сборе, *б* – разрез по оси колесных тормозных цилиндров; 1 – тормозной диск;
 2 – шланги; 3 – поворотный рычаг; 4 – стойка передней подвески;
 5 – грязезащитный диск; 6 – клапан выпуска воздуха; 7 – шпилька крепления колодок;
 8, 9 – половины скобы; 10 – тормозная колодка; 11 – канал подвода жидкости;
 12 – поршень малый; 13 – поршень большой

При нажатии на тормозную педаль жидкость из главного тормозного цилиндра перетекает по шлангам 2 в полости колесных цилиндров и передает давление на поршни, которые, перемещаясь с двух сторон, прижимают тормозные колодки 10 к диску 1, благодаря чему и происходит торможение.

Отпускание педали вызывает падение давления жидкости в приводе, поршни 13 и 12 под действием упругости уплотнительных манжет и осевого биения диска отходят от него, и торможение прекращается.

Преимущества дисковых тормозов:

- при повышении температуры характеристики дисковых тормозов довольно стабильны, тогда как у барабанных снижается эффективность;
- температурная стойкость дисков выше, в частности, из-за того, что они лучше охлаждаются;
- более высокая эффективность торможения позволяет уменьшить тормозной путь;
- меньшие вес и размеры;
- повышенная чувствительность тормозов;
- время срабатывания уменьшенное;

– изношенные колодки просто заменить, на барабанных приходится предпринимать усилия на подгонку колодок чтобы одеть барабаны;

– около 70 % кинетической энергии автомобиля гасится передними тормозами, задние дисковые тормоза позволяют снизить нагрузку на передние диски;

– температурные расширения не влияют на качество прилегания тормозных поверхностей.

Важнейшими элементами тормозных механизмов являются детали, составляющие пару трения – фрикционные накладки и тормозные барабаны или диски. До 1960 года в тормозных механизмах использовали металлические тормозные колодки, контактирующие с внутренней частью металлических барабанов. Почти вся высокая температура отводилась металлом и достаточно полно излучалась в окружающий воздух. Достаточное излучение достигалось, только когда барабаны были достаточно горячими, и в то же время, являясь металлическими, они при этом расширялись настолько, что отодвигались далеко от колодок, приводя к резкому провалу педали тормоза – классическая проблема «провала тормозной педали». Поэтому барабаны для гоночных автомобилей делались в основном из легкого сплава (лучший проводник высокой температуры) и оборудовались тормозными накладками (чтобы увеличить поверхностную площадь контакта и, как следствие, излучение), а колеса были сделаны настолько открытыми, насколько возможно, использовались спицы для подвода большего количества воздуха в контакт с барабанами. Даже при этом для достижения заданной эффективности барабаны получались огромными, добавляя неподрессоренного веса, который оказывал серьезное влияние на плавность хода, устойчивость и управляемость. Проблема провала тормоза была в значительной степени преодолена переходом на дисковые тормозные механизмы – диск не может далеко отходить от колодок, поэтому конструкция (в теории) защищена от исчезания трения. Однако когда дисковые тормозные механизмы долго работают, они становятся очень горячими. Ночные съемки гоночных автомобилей часто показывают дисковые тормозные механизмы ярко красными от высокой температуры. Необходимо отвести эту высокую температуру далеко от поверхностей трения, которые требуют огромной теплопроводности. Недостаток теплопроводности может привести к тому, что поверхности трения и суппорты могут перегреться. Если слишком много высокой температуры остается внутри суппорта, тормозная жидкость может закипеть, вызывая реакцию, очень похожую на провал тормоза в колодочном тормозном механизме, но даже более внезапно возникающую.

Современные тормозные колодки в значительной степени зависят от материала накладок – в сухих тормозах, как правило, используют фрикционные композитные полимерные материалы из комбинированных связующих. Они выдерживают высокую температуру (до 450...650 °С) и давление (до 3...5 МПа). Большинство высокой температуры, конечно, отводится непрерывно вращающимся диском. Самый большой шаг вперед был сделан с созданием более толстого диска, в котором смогли создать вентиляционные каналы, всасывающие воздух в центре диска и выводящие его за счет центробежной силы на периферии (рис. 5). Это создает огромное увеличение скорости теплопередачи и, следовательно, увеличивает количество энергии, которое может быть рассеяно.



Особенно в гоночных автомобилях большое внимание уделено подаче холодного воздуха под давлением внутрь каналов каждого вентилируемого диска. Большинство дорожных автомобилей имеют вентилируемые диски только спереди, потому что передние тормоза неизбежно воспринимают большую часть усилия торможения. Средний дорожный автомобиль так или иначе имеет больше веса на передних колесах: перераспределение вперед массы под действием резкого торможения приводит к тому, что передние тормозные механизмы выполняют 80 % работы торможения, это объясняет, почему передние тормоза (подобно передним шинам) изнашиваются быстрее, чем задние. Диск также может быть сделан из современных композитных материалов более прочных, чем литой металл. В течение многих лет самые быстрые самолеты использовали диски, сделанные из углеродистого волокна, потому что должны быть очень компактными и легкими. Стоимость изготовления при этом не является важным фактором. Эта технология была внедрена на гоночных автомобилях высшего класса «Формулы-1». Это, в свою очередь, заставило задуматься изготовителей легковых автомобилей высшего класса. Использование чистых углеродистых дисков осталось под вопросом, но получены некоторые существенные альтернативы используемых композитных «керамических» дисков в некоторых моделях автомобилей высшего класса Porsche и Mercedes-Benz. За счет своего состава (соединение углерода и керамики) они способны выдерживать очень высокие температуры и механические нагрузки.

Чтобы повысить надежность тормозной системы, на автомобилях применяют, как правило, двухконтурный гидравлический привод, который

состоит из двух независимых приводов (контуров), действующих от одного главного тормозного цилиндра на тормозные механизмы передних и задних колес. Такой привод позволяет использовать исправную часть тормозной системы (контура) в качестве запасной, если в другой части тормозной системы произошло нарушение герметичности.

На рис. 6 приведено общее устройство тормозного управления легкового автомобиля, имеющего рабочую тормозную систему с диагональным разделением контуров. Один контур гидропривода обеспечивает работу правого переднего и левого заднего тормозных механизмов, другой – левого переднего и правого заднего.

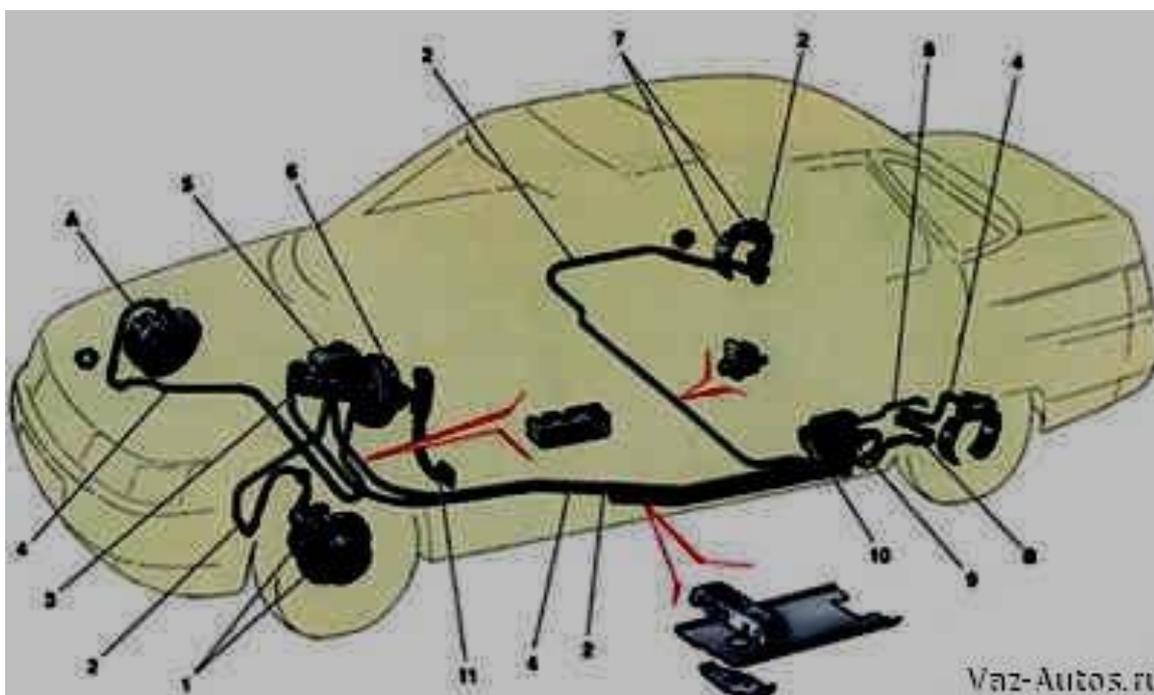


Рис. 6. Схема гидропривода тормозов:

- 1 – тормозной механизм переднего колеса; 2 – трубопровод контура «левый передний–правый задний тормоза»; 3 – бачок главного цилиндра гидропривода тормозов; 4 – трубопровод контура «правый передний–левый задний тормоза»; 5 – главный тормозной цилиндр с бачком; 6 – вакуумный усилитель; 7 – тормозной механизм правого заднего колеса; 8 – упругий рычаг привода регулятора давления; 9 – регулятор давления; 10 – рычаг привода регулятора давления; 11 – педаль тормоза;
 А – гибкий шланг переднего тормоза; В – гибкий шланг заднего тормоза

При отказе одного из контуров рабочей тормозной системы используется второй контур, обеспечивающий остановку автомобиля с достаточной эффективностью.

В гидравлический привод включены вакуумный усилитель 6 и двухконтурный регулятор 9 давления задних тормозов.

Стояночная тормозная система имеет привод на тормозные механизмы задних колес.

Лабораторная работа №1 Изучение гидропривода тормозов

Главный тормозной цилиндр приводится в действие тормозной педалью, установленной на кронштейне кузова. Корпус главного цилиндра выполнен совместно с резервуаром для тормозной жидкости. У современных автомобилей гидравлический привод передних и задних колес осуществляется одновременно одним движением педали, но жидкость подается из разных бачков, и ее давление создается двумя поршнями (рис. 7).

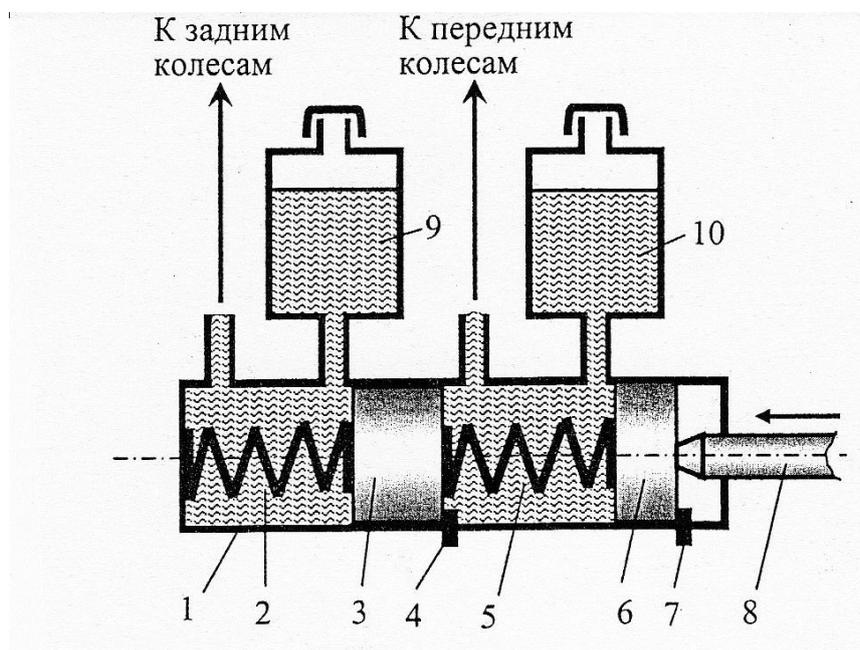


Рис. 7. Схема сдвоенного главного тормозного цилиндра:

1 – цилиндр; 2 – пружина; 3 – поршень; 4 – упор; 5 – пружина; 6 – поршень; 7 – упор; 8 – толкатель; 9 – бачок заднего тормоза; 10 – бачок переднего тормоза

Педаля тормоза действует на толкатель 8, который перемещает поршень 6 переднего тормоза, в результате чего жидкость вытесняется к цилиндрам передних тормозов. Сжимаясь, пружина 5 действует на поршень 3 и перемещает его, в результате чего жидкость под давлением поступает к задним тормозам. При движении толкателя назад (усилие с педали тормоза снято) поршни 3 и 6 приходят в исходное положение, определяемое положением упоров 4 и 7.

Работа такого сдвоенного цилиндра предполагает небольшое упреждение работы передних тормозов. Кроме того, в случае отказа одной пары тормозов в связи с потерей герметичности в соединениях трубопроводов, другая пара продолжает работать в штатном режиме, так

как гидравлические системы передних и задних тормозов в такой схеме всегда разделены поршнем 3.

На рис. 8 представлена конструкция сдвоенного главного тормозного цилиндра с последовательным расположением поршней.

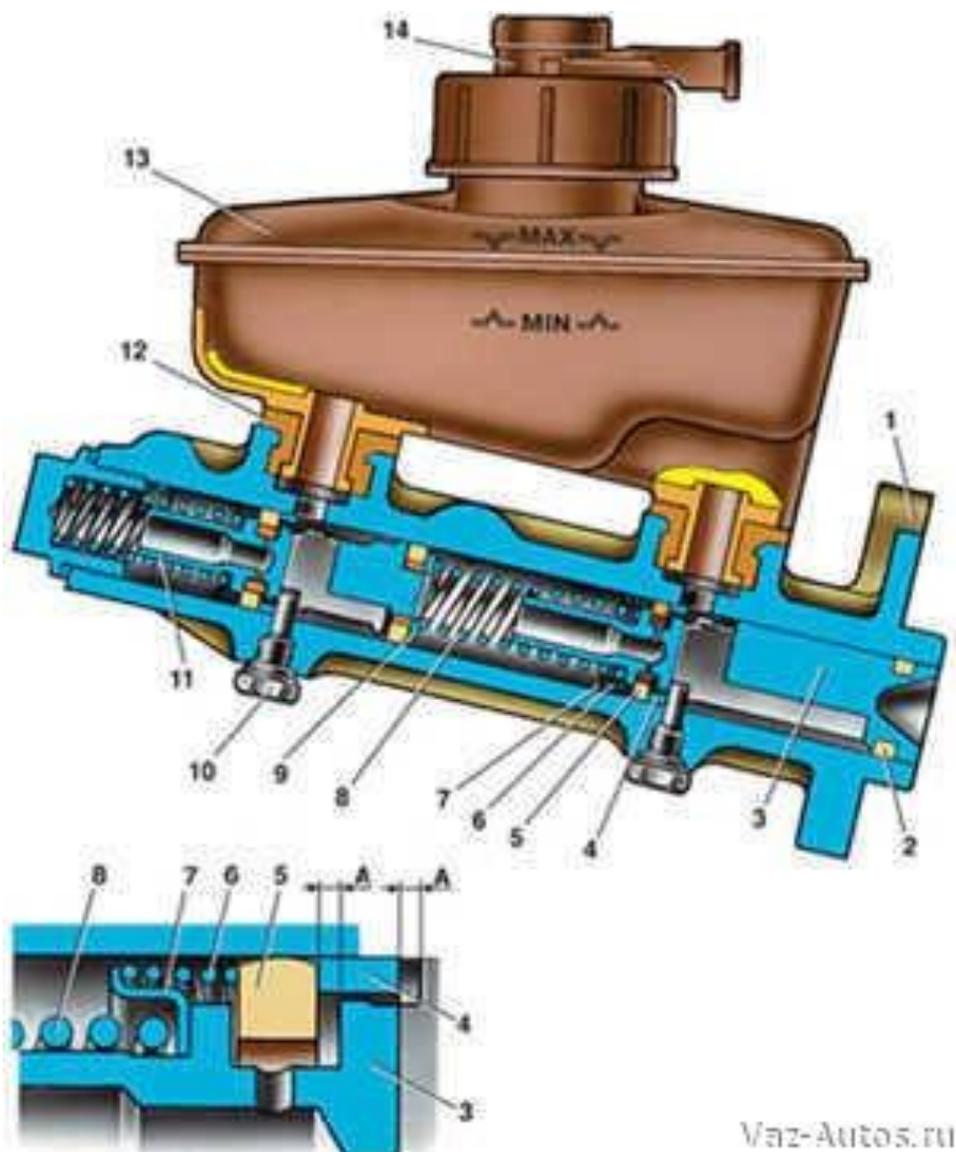


Рис. 8. Главный тормозной цилиндр с бачком:

- 1 – корпус главного цилиндра; 2 – уплотнительное кольцо низкого давления;
- 3 – поршень привода контура «левый передний – правый задний тормоза»;
- 4 – распорное кольцо; 5 – уплотнительное кольцо высокого давления;
- 6 – прижимная пружина уплотнительного кольца; 7 – тарелка пружины;
- 8 – возвратная пружина поршня; 9 – шайба; 10 – стопорный винт; 11 – поршень привода контура «правый передний – левый задний тормоза»;
- 12 – соединительная втулка; 13 – бачок; 14 – датчик аварийного уровня тормозной жидкости; А – зазор

На легковых автомобилях в зависимости от их класса возможны варианты привода как с усилителем, так и без него. На грузовых автомобилях в гидроприводе устанавливают вакуумный усилитель.

Вакуумный усилитель тормозов (рис. 9) является самым распространенным видом усилителя, который применяется в тормозной системе современного автомобиля. Он создает дополнительное усилие на педали тормоза за счет разряжения. Применение усилителя значительно облегчает работу тормозной системы автомобиля, и тем самым уменьшает усталость водителя.

Конструктивно вакуумный усилитель образует единый блок с главным тормозным цилиндром.

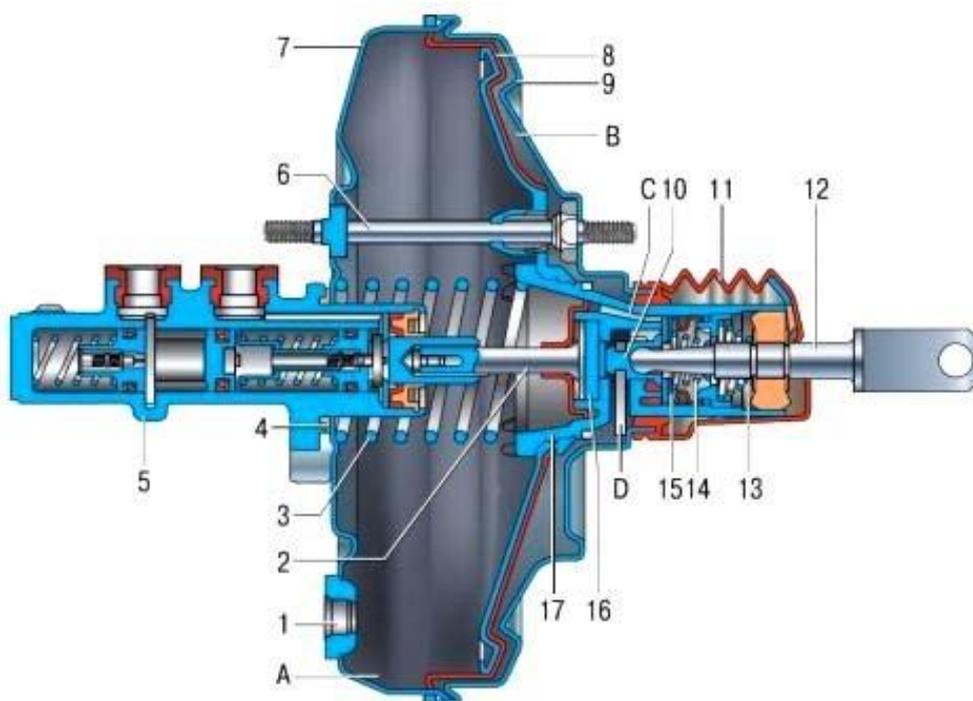


Рис. 9. Схема вакуумного усилителя тормозов:

- 1 – фланец крепления наконечника; 2 – шток; 3 – возвратная пружина диафрагмы;
- 4 – уплотнительное кольцо фланца главного цилиндра; 5 – главный цилиндр;
- 6 – шпилька усилителя; 7 – корпус усилителя; 8 – диафрагма; 9 – крышка корпуса усилителя; 10 – поршень; 11 – защитный чехол корпуса клапана; 12 – толкатель;
- 13 – возвратная пружина толкателя; 14 – пружина клапана; 15 – следящий клапан;
- 16 – буфер штока; 17 – корпус клапана

Корпус усилителя разделен диафрагмой на две камеры. Камера, обращенная к главному тормозному цилиндру, называется вакуумной. Противоположная к ней камера (со стороны педали тормоза) – атмосферная.

Вакуумная камера через обратный клапан соединена с источником разряжения. В качестве источника разряжения обычно используется область во впускном коллекторе двигателя после дроссельной заслонки. Для обеспечения бесперебойной работы вакуумного усилителя во всех режимах работы автомобиля в качестве источника разряжения может применяться вакуумный электронасос. На дизельных двигателях, где разряжение во впускном коллекторе незначительное, применение вакуумного насоса является обязательным. Обратный клапан разъединяет вакуумный усилитель и источник разряжения при остановке двигателя, а также при отказе вакуумного насоса.

Атмосферная камера с помощью следящего клапана соединяется: – в исходном положении – с вакуумной камерой; – при нажатой педали тормоза – с атмосферой.

Толкатель обеспечивает перемещение следящего клапана. Он связан с педалью тормоза.

Со стороны вакуумной камеры диафрагма соединена со штоком поршня главного тормозного цилиндра. Движение диафрагмы обеспечивает перемещение поршня и нагнетание тормозной жидкости к колесным цилиндрам.

Возвратная пружина по окончании торможения перемещает диафрагму в исходное положение.

Принцип действия вакуумного усилителя тормозов основан на создании разности давлений в вакуумной и атмосферной камерах. В исходном положении давление в обеих камерах одинаковое и равно давлению, создаваемому источником разряжения.

При нажатии педали тормоза усилие через толкатель передается к следящему клапану. Клапан перекрывает канал, соединяющий атмосферную камеру с вакуумной. При дальнейшем движении клапана атмосферная камера через соответствующий канал соединяется с атмосферой. Разряжение в атмосферной камере снижается. Разница давлений действует на диафрагму и, преодолевая усилие пружины, перемещает шток поршня главного тормозного цилиндра.

Конструкция вакуумного усилителя обеспечивает дополнительное усилие на штоке поршня главного тормозного цилиндра, пропорциональное силе нажатия на педаль тормоза. Другими словами, чем сильнее водитель нажимает на педаль, тем эффективнее будет работать усилитель.

При окончании торможения атмосферная камера вновь соединяется с вакуумной камерой, давление в камерах выравнивается. Диафрагма под действием возвратной пружины перемещается в исходное положение.

Максимальное дополнительное усилие, реализуемое с помощью вакуумного усилителя тормозов, обычно в 3–5 раз превышает усилие от ноги водителя. Дальнейшее повышение величины дополнительного усилия достигается увеличением числа камер вакуумного усилителя, а также увеличением размера диафрагмы.

Для эффективного торможения в экстренной ситуации в конструкцию вакуумного усилителя тормозов может быть включена система экстренного торможения, представляющая собой дополнительный электромагнитный привод штока.

Регулятор давления (рис. 10, 11) чаще устанавливается между передними и задними тормозами.

Он регулирует давление в гидравлическом приводе тормозных механизмов задних колес в зависимости от нагрузки на заднюю ось автомобиля. Он включен в оба контура тормозной системы, и через него тормозная жидкость поступает к обоим задним тормозным механизмам.

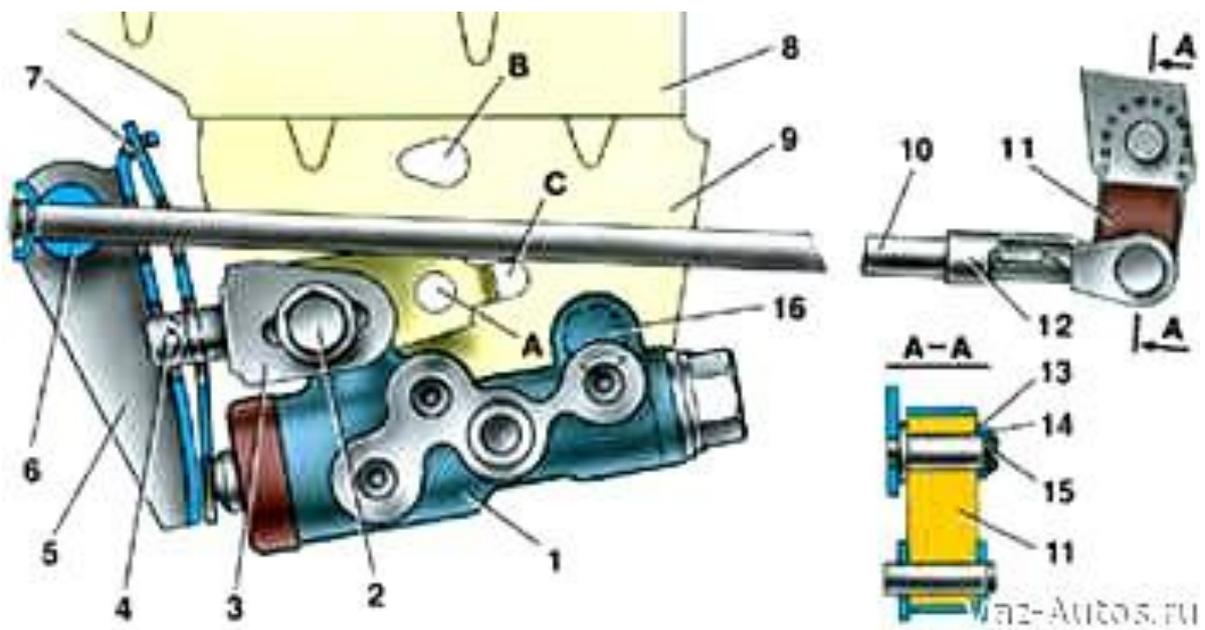


Рис. 10. Привод регулятора давления переднеприводных и полноприводных автомобилей ВАЗ:

1 – регулятор давления; 2, 16 – болты крепления регулятора давления; 3 – кронштейн рычага привода регулятора давления; 4 – штифт; 5 – рычаг привода регулятора давления; 6 – ось рычага привода регулятора давления; 7 – пружина рычага; 8 – кронштейн кузова; 9 – кронштейн крепления регулятора давления; 10 – упругий рычаг привода регулятора давления; 11 – серьга; 12 – скоба серьги; 13 – шайба; 14 – стопорное кольцо; 15 – палец кронштейна; А, В, С – технологические отверстия

Регулятор давления *1* (см. рис. 10) крепится к кронштейну *9* двумя болтами *2* и *16*. При этом передний болт *2* одновременно крепит вильчатый кронштейн *3* рычага *5* привода регулятора давления. На пальце этого кронштейна шарнирно штифтом *4* крепится двухплечий рычаг *5*. Его верхнее плечо связано с упругим рычагом *10*, другой конец которого через серьгу *11* шарнирно соединяется с кронштейном рычага задней подвески.

Кронштейн *3* вместе с рычагом *5* за счет овальных отверстий под болт крепления можно перемещать относительно регулятора давления. Этим самым регулируется усилие, с которым рычаг *5* действует на поршень регулятора.

В регуляторе имеются четыре камеры: *A* и *D* (см. рис. 11) соединяются с главным цилиндром, *B* – с левым, а *C* – с правым колесными цилиндрами задних тормозов.

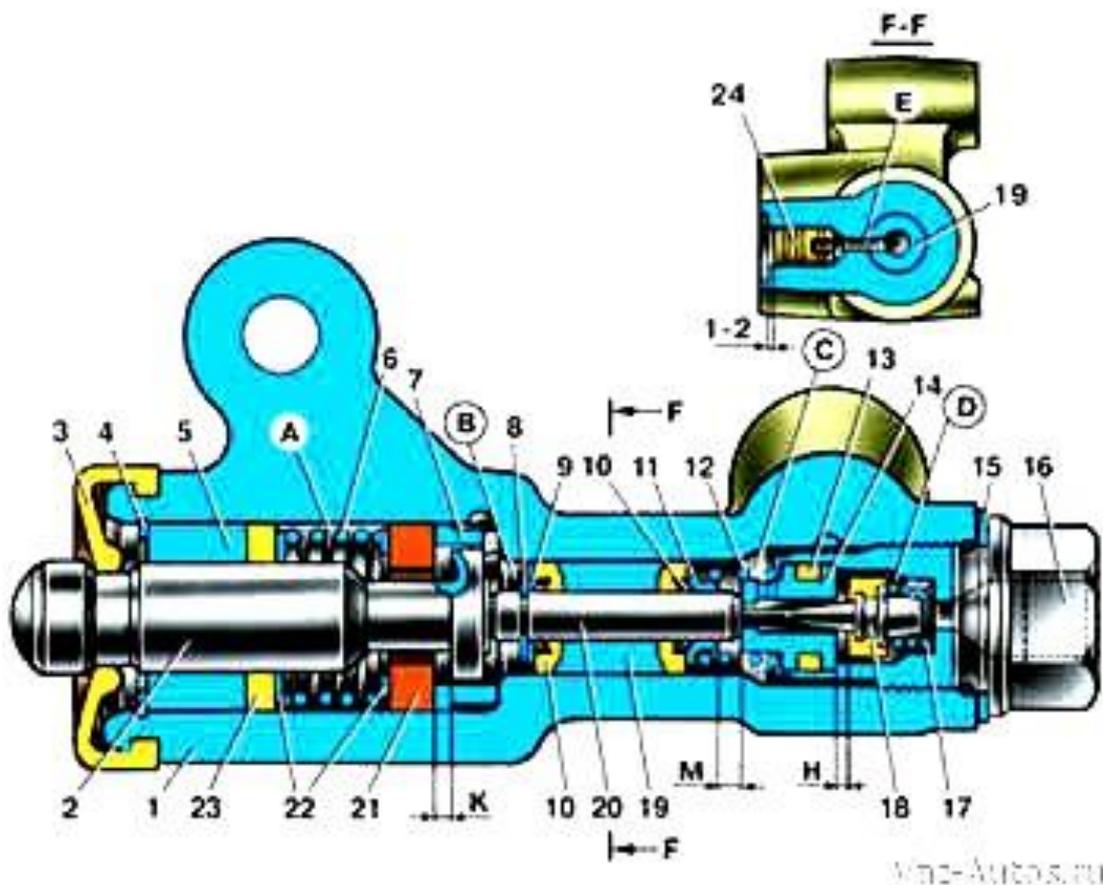


Рис. 11. Регулятор давления:

1 – корпус регулятора давления; *2* – поршень; *3* – защитный колпачок; *4, 8* – стопорные кольца; *5* – втулка поршня; *6* – пружина поршня; *7* – втулка корпуса; *9, 22* – опорные шайбы; *10* – уплотнительные кольца толкателя; *11* – опорная тарелка; *12* – пружина втулки толкателя; *13* – кольцо уплотнительное седла клапана; *14* – седло клапана; *15* –уплотнительная прокладка; *16* – пробка; *17* – пружина клапана; *18* – клапан;

19 – втулка толкателя; 20 – толкатель; 21 – уплотнитель головки поршня; 23 – уплотнитель штока поршня; 24 – заглушка; *A, D* – камеры, соединенные с главным цилиндром; *B, C* – камеры, соединенные с колесными цилиндрами задних тормозов; *K, M, H* – зазоры

В исходном положении педали тормоза поршень 2 (см. рис. 11) поджат рычагом 5 (см. рис. 10) через пластинчатую пружину 7 (см. рис. 10) к толкателю 20 (см. рис. 11), который под этим усилием поджимается к седлу 14 клапана 18 (рис. 11). При этом клапан 18 отжимается от седла, и образуются зазоры *H* и *K* между головкой поршня и уплотнителем 21. Через эти зазоры камеры *A* и *D* сообщаются с камерами *B* и *C*.

При нажатии на педаль тормоза жидкость через зазоры *K* и *H* и камеры *B* и *C* поступает в колесные цилиндры тормозных механизмов. При увеличении давления жидкости возрастает усилие на поршне, стремящееся выдвинуть его из корпуса. Когда усилие от давления жидкости превысит усилие от упругого рычага, поршень начинает выдвигаться из корпуса, а вслед за ним перемещается под действием пружин 12 и 17 толкатель 20 вместе с втулкой 19 и кольцами 10. При этом зазор *M* увеличивается, а зазоры *H* и *K* уменьшаются. Когда зазор *H* выберется полностью и клапан 18 изолирует камеру *D* от камеры *C*, толкатель 20 вместе с расположенными на нем деталями перестает перемещаться вслед за поршнем. Теперь давление в камере *C* будет изменяться в зависимости от давления в камере *B*. При дальнейшем увеличении усилия на педали тормоза давление в камерах *D, B* и *A* возрастает, поршень 2 продолжает выдвигаться из корпуса, а втулка 19 вместе с уплотнительными кольцами 10 и тарелкой 11 под усиливающимся давлением в камере *B* сдвигается в сторону пробки 16. При этом зазор *M* начинает уменьшаться. За счет уменьшения объема камеры *C* давление в ней, а значит, и в приводе тормоза нарастает и практически будет равно давлению в камере *B*. Когда зазор *K* станет равен нулю, давление в камере *B*, а значит, и в камере *C* будет расти в меньшей степени, чем давление в камере *A* за счет дросселирования жидкости между головкой поршня и уплотнителем 21. Зависимость между давлением в камерах *B* и *A* определяется отношением разности площадей головки и штока поршня к площади головки.

При увеличении нагрузки автомобиля упругий рычаг 10 (см. рис. 10) нагружается больше, и усилие от рычага 5 на поршень увеличивается, то есть момент касания головки поршня и уплотнителя 21 (см. рис. 11) достигается при большем давлении в главном тормозном цилиндре. Таким образом эффективность задних тормозов с увеличением нагрузки увеличивается.

При отказе контура тормозов «левый передний – правый задний тормоза» уплотнительные кольца *10*, втулка *19* под давлением жидкости в камере *B* сместятся в сторону пробки *16* до упора тарелки *11* в седло *14*. Давление в заднем тормозе будет регулироваться частью регулятора, которая включает в себя поршень *2* с уплотнителем *21* и втулкой *7*. Работа этой части регулятора, при отказе названного контура, аналогична работе при исправной системе. Характер изменения давления на выходе регулятора такой же, как и при исправной системе.

При отказе контура тормозов «правый передний – левый задний тормоза» давлением тормозной жидкости толкатель *20* с втулкой *19*, уплотнительными кольцами *10* смещается в сторону поршня, выдвигая его из корпуса. Зазор *M* увеличивается, а зазор *H* уменьшается. Когда клапан *18* коснется седла *14*, рост давления в камере *C* прекращается, то есть регулятор в этом случае работает как ограничитель давления. Однако достигаемая величина давления достаточна для надежной работы заднего тормоза.

В корпусе *1* выполнено отверстие, закрытое заглушкой *24*. Течь жидкости из-под заглушки при ее выдавливании свидетельствует о негерметичности колец *10*.

Лабораторная работа №2 Стояночная тормозная система

Стояночная тормозная система с механическим приводом (рис. 12) действует на тормозные механизмы задних колес. Привод стояночного тормоза состоит из рычага *2*, регулировочной тяги *4*, уравнивателя *5*, троса *8*, рычага *10* (см. рис. 1) ручного привода колодок и разжимной планки *8*.

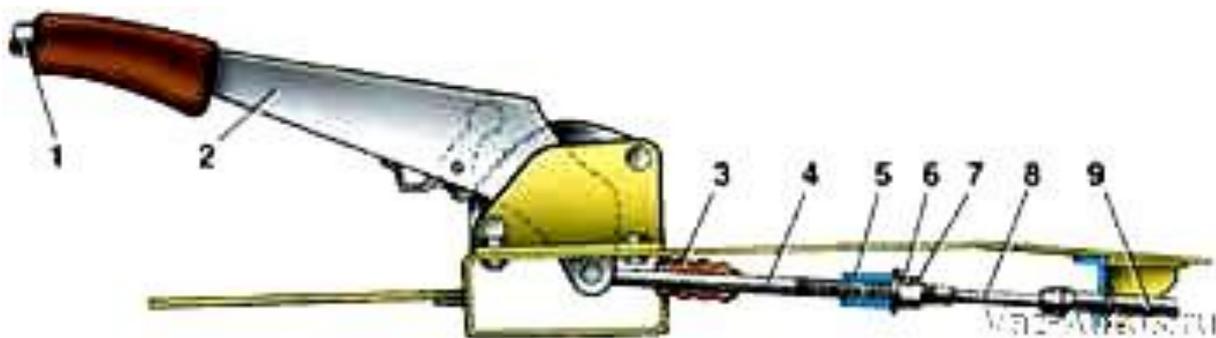


Рис. 12. Привод стояночной тормозной системы:

- 1* – кнопка фиксации рычага; *2* – рычаг привода стояночного тормоза; *3* – защитный чехол;
4 – тяга; *5* – уравниватель троса; *6* – регулировочная гайка; *7* – контргайка; *8* – трос;
9 – оболочка троса

Лабораторная работа № 3 Датчик аварийного уровня тормозной жидкости

Датчик аварийного уровня тормозной жидкости механического типа (рис. 13). Корпус 2 датчика с уплотнителем 4 и основание 3 с отражателем 6 поджимаются зажимным кольцом 5 к торцу горловины бачка.

Через отверстие основания проходит толкатель 7, соединенный с поплавком 9 при помощи втулки 8. На толкателе расположен подвижный контакт 11, а на корпусе датчика – неподвижные контакты 10. Полость контактов герметизируется защитным колпачком 1.

При понижении уровня тормозной жидкости в бачке до предельно допустимого подвижный контакт опускается на неподвижные контакты и замыкает цепь лампы аварийной сигнализации на щитке приборов.

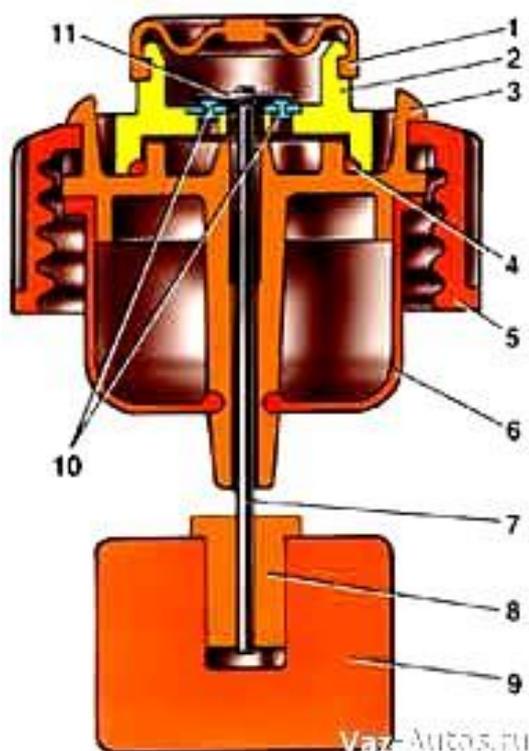


Рис. 13. Датчик аварийного уровня тормозной жидкости:

1 – защитный колпачок; 2 – корпус датчика; 3 – основание датчика; 4 – уплотнительное кольцо; 5 – зажимное кольцо; 6 – отражатель; 7 – толкатель; 8 – втулка; 9 – поплавок; 10 – неподвижные контакты; 11 – подвижный контакт

Лабораторная работа №4 Исследование неисправностей тормозного управления

Причина неисправности	Способ устранения
Увеличенный рабочий ход педали тормоза	
Утечка тормозной жидкости из колесных цилиндров	Замените вышедшие из строя детали колесных цилиндров, промойте и просушите колодки, диски и барабаны, прокачайте систему гидропривода
Воздух в тормозной системе	Удалите воздух из системы

Повреждены резиновые уплотнительные кольца в главном тормозном цилиндре	Замените кольца и прокачайте систему
Повреждены резиновые шланги гидропривода тормозов	Замените шланги и прокачайте систему
Повышенное биение тормозного диска (более 0,15 мм)	Прошлифуйте диск; если толщина диска менее 17,8 мм, замените его
Утечка жидкости через уплотнительные кольца толкателя регулятора давления	Замените уплотнительные кольца
Недостаточная эффективность торможения	
Замасливание накладок колодок тормозных механизмов	Промойте и просушите колодки
Заклинивание поршней в колесных цилиндрах	Устраните причины заклинивания, поврежденные детали замените, прокачайте систему

Полный износ накладок тормозных колодок	Замените тормозные колодки
Перегрев тормозных механизмов	Немедленно остановитесь и дайте остынуть тормозным механизмам
Применение колодок с несоответствующими накладками	Применяйте, только рекомендуемые заводом-изготовителем колодки
Неправильная регулировка регулятора давления	Отрегулируйте привод регулятора давления
Потеря герметичности одного из контуров (сопровождается частичным провалом педали тормоза)	Замените поврежденные детали, прокачайте систему

Неполное растормаживание всех колес

Отсутствует свободный ход педали тормоза	Отрегулируйте свободный ход педали
Нарушено выступание регулировочного болта штока вакуумного усилителя относительно плоскости крепления главного цилиндра	Отрегулируйте выступание $1,25_{-0,2}$ мм регулировочного болта
Разбухание резиновых уплотнителей главного цилиндра вследствие попадания в жидкость бензина, минеральных масел и т. п.	Тщательно промойте всю систему тормозной жидкостью, замените резиновые детали, прокачайте систему гидропривода

Заклинивание поршня главного цилиндра	Проверьте и при необходимости замените главный цилиндр, прокачайте систему
Притормаживание одного колеса при отпущенной педали	
Поломалась или ослабла стяжная пружина колодок заднего тормоза	Замените пружину
Заедание поршня в колесном цилиндре вследствие загрязнения или коррозии корпуса цилиндра	Разберите цилиндр, очистите и промойте детали, поврежденные замените, прокачайте систему
Разбухание уплотнительных колец колесного цилиндра из-за попадания в жидкость бензина, минеральных масел и т. п.	Замените кольца, промойте тормозной жидкостью систему гидропривода тормозов, прокачайте систему
Нарушение положения суппорта относительно тормозного диска при ослаблении болтов крепления направляющей колодок к поворотному кулаку	Затяните болты крепления, при необходимости замените поврежденные детали
Неправильная регулировка стояночной тормозной системы	Отрегулируйте стояночную тормозную систему

Занос или увод автомобиля в сторону при торможении

Заклинивание поршня колесного цилиндра	Проверьте и устраните заедание поршня в цилиндре, при необходимости замените поврежденные детали, прокачайте систему
--	--

Закупоривание какой-либо стальной трубки вследствие вмятины или засорения	Замените трубку или прочистите ее и прокачайте систему
Загрязнение или замасливание дисков, барабанов и накладок	Очистите детали тормозных механизмов
Неправильная регулировка привода регулятора давления	Отрегулируйте привод
Неисправен регулятор давления	Отремонтируйте или замените регулятор
Нарушены углы установки колес	Отрегулируйте углы установки колес
Разное давление в шинах	Установите нормальное давление
Не работает один из контуров тормозной системы (сопровождается ухудшением эффективности торможения и увеличенным ходом педали)	Замените поврежденные детали и прокачайте систему
Увеличенное усилие на педали тормоза при торможении	
Неисправен вакуумный усилитель	Замените усилитель
Поврежден шланг, соединяющий вакуумный усилитель и впускную трубу двигателя, или ослабло его крепление на штуцерах	Замените шланг или подтяните хомуты его крепления

Разбухание уплотнителей цилиндров из-за попадания в жидкость бензина, минеральных масел и т. п.	Тщательно промойте всю систему, замените резиновые детали, прокачайте систему
Писк или вибрация тормозов	
Ослабление стяжной пружины тормозных колодок заднего тормоза	Проверьте стяжную пружину, при необходимости замените новой
Появление овальности тормозных барабанов	Расточите барабан
Замасливание фрикционных накладок	Зачистите накладки металлической щеткой, применяя теплую воду с моющими средствами. Устраните причину попадания жидкости или смазки на тормозные колодки
Износ накладок или включение в них инородных тел	Замените колодки
Чрезмерное биение тормозного диска или его неравномерный износ (ощущается по вибрации тормозной педали)	Прошлифуйте диск, при толщине менее 17,8 мм замените его

Лабораторная работа №5 Антиблокировочная система тормозов

7.1. Назначение и общее устройство

При экстренном торможении автомобиля возможна блокировка одного или нескольких колёс. В этом случае весь запас сцепления колеса с дорогой используется в продольном направлении. Заблокированное колесо перестает воспринимать боковые силы, удерживающие автомобиль на заданной траектории, и скользит по дорожному покрытию. Автомобиль теряет управляемость и малейшее боковое усилие приводит его к заносу.

Антиблокировочная система тормозов (АБС, ABS, Antilock Brake System) предназначена предотвратить блокировку колес при торможении и сохранить управляемость автомобиля, повышая эффективность торможения на различном дорожном покрытии.

АБС служит для регулирования давления в тормозных механизмах как правило всех колес при торможении в сложных дорожных условиях, предотвращая блокировку колес.

Функции АБС:

- сохранение устойчивости направления. Предотвращение заноса задней части автомобиля из-за блокировки задних колес при резком торможении;

- сохранение устойчивости управления. Позволяет сохранить управляемость без бокового сноса даже при торможении во время поворота. Кроме того, когда на пути движения неожиданно возникает помеха, одновременно с резким торможением позволяет изменить направление движения без блокировки передних колес и объехать препятствие;

- уменьшение тормозного пути, так как управление позволяет достичь максимальной силы трения между колесами и дорожным покрытием;

- предотвращение неравномерного износа шин. Если при торможении заблокируются колеса и в этом состоянии будут продолжать скользить, возникает неприятный шум шин и износ поверхности шин. Однако торможением в несколько десятков раз в секунду можно избежать блокировки колес и вместе с предотвращением износа увеличить срок службы шин;

- об отказе АБС водитель информируется световым индикатором на приборном щитке. АБС не препятствует работе тормозной системы в обычном режиме;

- работа АБС не ухудшает комфортабельность автомобиля. Изменение тормозных сил на колесах не приводит к неприятным для пассажиров толчкам;

- АБС способствует увеличению срока службы автомобиля.

АБС выпускается с 1978 года. С 1985 года система интегрирована с антипробуксовочной системой. Ведущим производителем системы АБС является фирма Bosch.

Наиболее перспективной является АБС с индивидуальным регулированием скольжения каждого колеса. Для этого необходимо установить на каждое колесо датчик, в тормозном приводе модулятор давления и блок управления «Индивидуальное регулирование» позволяет получить оптимальный тормозной момент на каждом колесе в

соответствии с дорожными условиями и, как следствие, минимальный тормозной путь.

АБС включает следующие элементы (независимо от конструкции):

- датчики, функцией которых является выдача информации (в зависимости от принятой системы регулирования) об угловой скорости колеса, давлении рабочего тела в тормозном приводе, замедлении автомобиля и др;

- блок управления, обычно электронный, куда поступает информация от датчиков. После логической обработки поступившей информации блок дает команду исполнительным механизмам;

- исполнительные механизмы (гидравлический блок), в состав которого входят модуляторы давления, которые в зависимости от поступившей из блока управления команды, снижают, повышают или удерживают на

постоянном уровне давление в тормозном приводе колес;

- контрольная лампа на панели приборов, которая сигнализирует о неисправности системы.

Современная АБС большинства автомобилей имеет следующее устройство:

- датчики угловой скорости колёс;
- датчик давления в тормозной системе;
- блок управления;
- гидравлический блок;
- контрольная лампа на панели приборов.

Датчик угловой скорости устанавливается как правило на каждое колесо. Он фиксирует текущее значение частоты вращения колеса и преобразует его в электрический сигнал.

На основании сигналов датчиков блок управления выявляет ситуацию блокирования колеса. В соответствии с установленным программным обеспечением блок формирует управляющие воздействия на исполнительные устройства.

Гидравлический блок объединяет следующие конструктивные элементы (рис. 14):

- впускные и выпускные электромагнитные клапаны;
- аккумуляторы давления;
- насос обратной подачи с электродвигателем; – демпфирующие камеры.

В гидравлическом блоке каждому тормозному цилиндру колеса соответствует один впускной и один выпускной клапаны, которые управляют торможением в пределах своего контура.

Аккумулятор давления предназначен для приема тормозной жидкости при сбросе давления в тормозном контуре.

Насос обратной подачи подключается, когда емкости аккумуляторов давления недостаточно. Он увеличивает скорость сброса давления.

Демпфирующие камеры принимают тормозную жидкость от насоса обратной подачи и гасят ее колебания.

В гидравлическом блоке устанавливаются два аккумулятора давления и две демпфирующие камеры по числу контуров гидропривода тор- мозов.

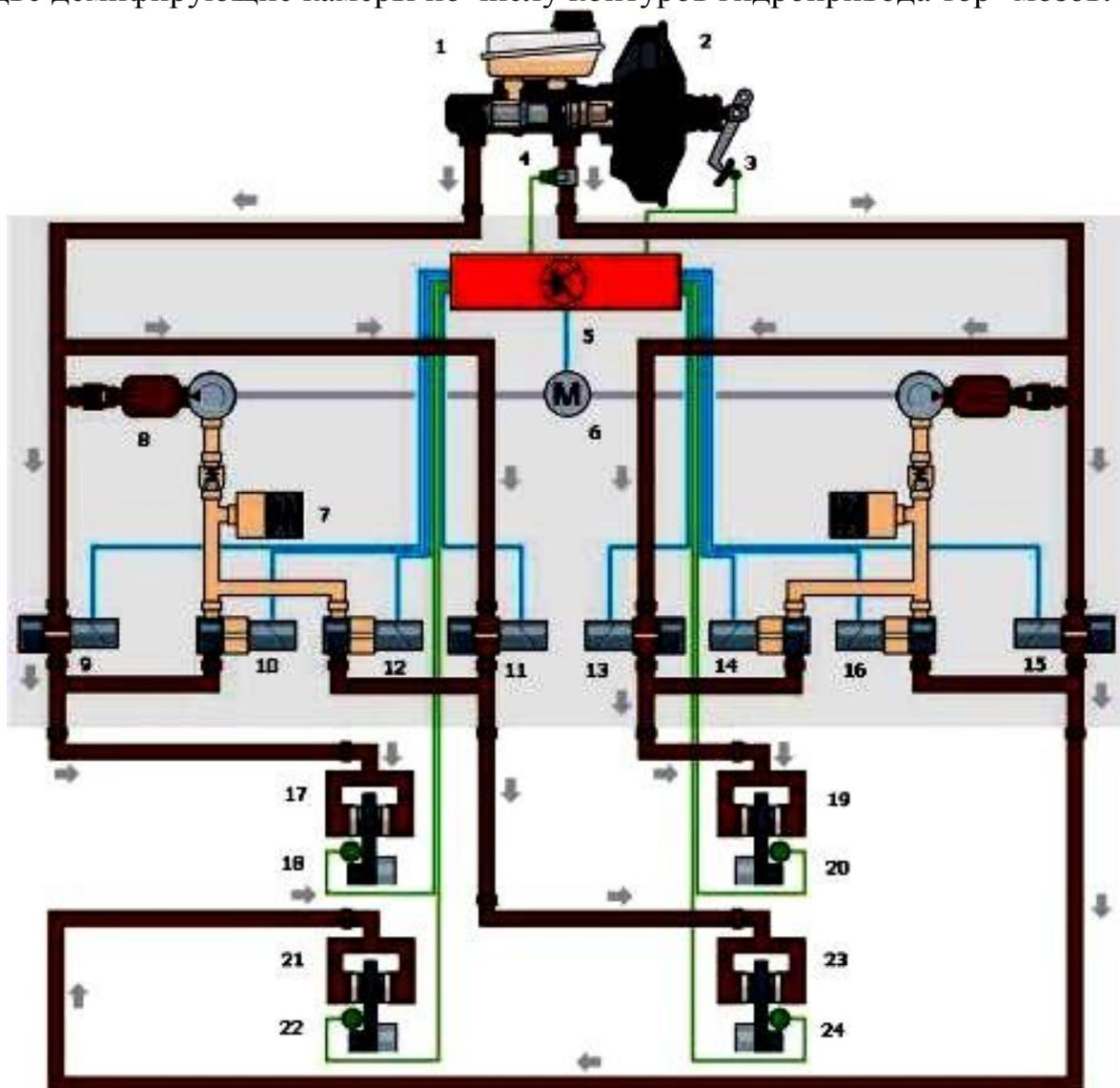


Рис. 14. Схема антиблокировочной системы тормозов:

1 – 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 привода 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

7.2. Принцип работы антиблокировочной системы тормозов

Процесс работы АБС может проходить по двух- или трехфазному циклу.

При двухфазовом цикле:

– первая фаза – нарастание давления; – вторая фаза – сброс давления.

При трехфазовом цикле:

– первая фаза – нарастание давления;
– вторая фаза – сброс давления;
– третья фаза поддержание давления на постоянном уровне.

На основании электрических сигналов, поступающих от датчиков угловой скорости, блок управления АБС 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 АБС 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 определённое 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. Достоинством трехфазного цикла считается меньший расход рабочего тела, но сам модулятор получается более сложным, чем при двухфазовом цикле.

При установке АБС возможны два вида тормозного гидропривода замкнутый и разомкнутый.

Замкнутый или закрытый (гидростатический) тормозной гидропривод работает по принципу изменения объема тормозной системы в процессе торможения (рис. 15). Такой привод отличается от обычного установкой модулятора давления с дополнительной камерой. Модулятор работает по двухфазному циклу.

Фаза 1 – нарастание давления: обмотка электромагнита 1 отключена от источника тока. Якорь 3 с плунжером 4 находится под действием пружины 2 в крайнем правом положении. Клапан 6 пружиной 5 отжат от своего гнезда. При нажатии на тормозную педаль давление жидкости, создаваемое в главном цилиндре (вывод II), передается через вывод I к рабочим тормозным цилиндрам. Тормозной момент растет.

Фаза 2 – сброс давления: блок управления подключает обмотку электромагнита 1 к источнику питания. Якорь 3 с плунжером 4 перемещается влево, увеличивая при этом объем камеры 7. Одновременно клапан 6 также перемещается влево, перекрывая вывод I к рабочим тормозным цилиндрам колес. Из-за увеличения объема камеры 7 давление в рабочих цилиндрах падает, а тормозной момент снижается. Далее блок управления дает команду на нарастание давления, и цикл повторяется.

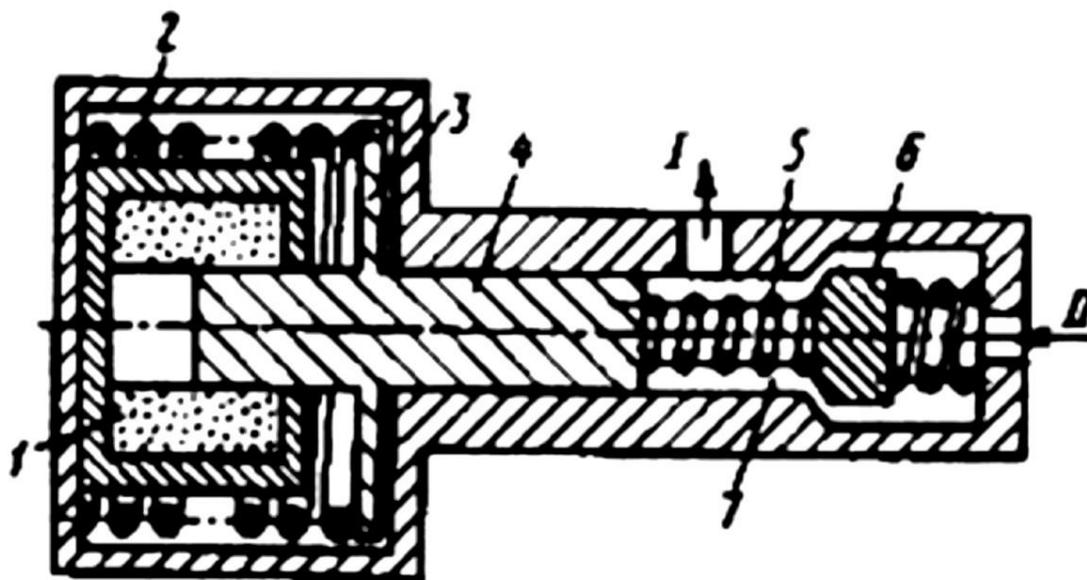


Рис. 15. Схема модулятора давления гидростатического тормозного привода с АБС:

1 – обмотка электромагнита; 2 – пружина; 3 – якорь; 4 – плунжер; 5 – пружина; 6 – клапан; 7 – камера модулятора

Разомкнутый или открытый (привод высокого давления) имеет внешний источник энергии в виде гидронасоса высокого давления, обычно в сочетании с гидроаккумулятором. В настоящее время отдается предпочтение гидроприводу высокого давления, более сложному по сравнению с гидростатическим, но обладающим необходимым быстродействием.

С 1991 г. все автомобили Европейского производства выпускаются с антиблокировочной тормозной системой. ABS стала основой для создания других систем активной безопасности. В 1988 году была разработана система регулирования тягового усилия на колесах (TCS), ее также называют противобуксовочной системой – ПБС. ABS имеет много общего с ПБС, чье действие могло бы рассматриваться как «ABS наоборот», так как ПБС работает по принципу обнаружения момента начала быстрого вращения одного из колес по сравнению с другим (момента начала пробуксовывания) и подачи сигнала на притормаживание этого колеса. Датчики скорости колеса могут быть общими, и поэтому тормозные импульсы могут быть получены от блока клапанов ABS.

EBD (Electronic Brake Distribution) – тормозная система с электронным перераспределением тормозной силы по осям автомобиля. EBD распределяет тормозную силу по осям автомобиля в зависимости от нагрузки на заднюю ось, позволяя получить идеальное распределение давления в контурах передних и задних тормозов. В результате предотвращается опережающая блокировка задних колес и обеспечивается более высокая эффективность срабатывания тормозов.

Системы ABS, EBD и TCS могут быть объединены в один блок управления системами ABS/ EBD/ TCS.

Лабораторная работа №6 Общебортовая диагностика гидравлики автомобиля

С 1996 г. все продаваемые в США автомобили стали соответствовать **OBD – II** (общебортовая диагностика второго поколения). Требования стандарта **OBD – II** предусматривают:

1. Стандартный диагностический разъем.
2. Стандартное размещение диагностического разъема.
3. Стандартный протокол обмена данными между сканером и авто- мобильной бортовой системой диагностики.
4. Стандартный список кодов неисправностей.

5. Сохранение в памяти ЭБУ кадра значений параметров при появлении кода ошибки («замороженный» кадр).

6. Мониторинг бортовыми диагностическими средствами компонентов, отказ которых может привести к увеличению токсичных выбросов в окружающую среду.

7. Доступ как специализированных, так и универсальных сканеров к кодам ошибок, параметрам, «замороженным» кадрам, тестирующим процедурам и т. д.

8. Единый перечень терминов, сокращений, определений, используемых для элементов электронных систем автомобиля и кодов ошибок.

В Европе аналогичные документы принимаются с запаздыванием по отношению к США. Аналогичные правила **EOBD** (Европейская общепортовая диагностика) вступили в силу с 2000 г. для автомобилей с бензиновыми двигателями и с 2004 г. – для автомобилей с дизельными двигателями.

В рамках OBD-II используются пять протоколов обмена данными между сканером и автомобилем: ISO 9141, ISO 14230 (также именуется KWP2000), PWM, VPW и CAN (каждый из протоколов имеет несколько разновидностей, например, разновидности отличаются по скорости обмена информацией). Перечень марок и моделей автомобилей и поддерживаемые ими OBD-II-протоколы можно найти в Интернете.

В соответствии со стандартом **OBD – II** коды ошибок алфавитноцифровые, содержат пять символов, например, **P0112**:

а) буква показывает назначение (область применения) неисправного устройства: P – трансмиссия (двигатель и КПП); C – шасси (ходовая часть); B – «кузовные системы» (подушки безопасности, центральный замок электростеклоподъемников и т. д); U – система взаимодействия между электронными блоками (например, шина CAN);

б) первая цифра кода после буквы обозначает либо группу общих кодов по SAE – (0), либо группу специализированных кодов производителя – (1). Цифры 2 и 3 зарезервированы для последующего использования за **SAE**;

в) вторая цифра кода после буквы (цифры от 0 до 9) обозначает конкретную систему автомобиля, в которой присутствует неисправность. Например, если областью применения является трансмиссия (двигатель и КПП) – (P), то для нее определены следующие 8 систем: 1 – топливная система и система воздухоподдачи, 2 – топливная система (только виды неисправностей в цепи форсунок), 3 – система зажигания или пропуск вспышек в цилиндрах, 4 – дополнительная система управления снижением токсичности, 5 – система управления скоростью автомобиля и система

управления оборотами коленчатого вала двигателя, 6 – цепи различных электронных систем управления, 7 и 8 – трансмиссия (коробка передач), 9,0 – зарезервировано за *SAE*;

г) остальные 2 цифры обозначают конкретный компонент системы.
Пример.

Код ***P0112*** расшифровывается с учетом сказанного следующим образом: *P* – неисправность систем управления силовым агрегатом; *0* – код установлен *SAE*; *1* – система подачи топлива и воздуха; *12* – сигнал низкого уровня в цепи датчика температуры воздуха на впуске (система ***EOBD***).

Коды возможных неисправностей систем *ABS/ EBD/ TCS*

Код	Неисправность	Место/причина неисправности
C1103	Повышенное или пониженное напряжение питания	1. Разъем или цепь блока. 2. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1200	Обрыв или короткое замыкание в цепи датчика частоты вращения переднего левого колеса	1. Датчик частоты вращения колеса. 2. Разъем или цепь датчика. 3. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1201	Неверный сигнал датчика частоты вращения переднего левого колеса	1. Неправильная установка датчика частоты вращения. 2. Датчик частоты вращения колеса. 3. Ротор датчика частоты вращения колеса. 4. Разъем или цепь датчика. 5. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1202	Отсутствие сигнала датчика частоты вращения переднего левого колеса	1. Неправильная установка датчика частоты вращения. 2. Датчик частоты вращения колеса. 3. Ротор датчика частоты вращения колеса. 4. Разъем или цепь датчика. 5. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>

C1203	Обрыв или короткое замыкание в цепи датчика частоты вращения переднего правого колеса	<ol style="list-style-type: none"> 1. Датчик частоты вращения колеса. 2. Разъем или цепь датчика. 3. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1204	Неверный сигнал датчика частоты вращения переднего правого колеса	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неправильная установка датчика частоты вращения. 2. Датчик частоты вращения колеса. 3. Ротор датчика частоты вращения колеса. 4. Разъем или цепь датчика. 5. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>

Код	Неисправность	Место/причина неисправности
C1205	Отсутствие сигнала датчика частоты вращения переднего правого колеса	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неправильная установка датчика частоты вращения. 2. Датчик частоты вращения колеса. 3. Ротор датчика частоты вращения колеса. 4. Разъем или цепь датчика. 5. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1206	Обрыв или короткое замыкание в цепи датчика частоты вращения заднего левого колеса	<ol style="list-style-type: none"> 1. Датчик частоты вращения колеса. 2. Разъем или цепь датчика. 3. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1207	Неверный сигнал датчика частоты вращения заднего левого колеса	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неправильная установка датчика частоты вращения. 2. Датчик частоты вращения колеса. 3. Ротор датчика частоты вращения колеса. 4. Разъем или цепь датчика. 5. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1208	Отсутствие сигнала датчика частоты вращения заднего левого колеса	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неправильная установка датчика частоты вращения. 2. Датчик частоты вращения колеса. 3. Ротор датчика частоты вращения колеса. 4. Разъем или цепь датчика. 5. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>

C1209	Обрыв или короткое замыкание в цепи датчика частоты вращения заднего правого колеса	1. Датчик частоты вращения колеса. 2. Разъем или цепь датчика. 3. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1210	Неверный сигнал датчика частоты вращения заднего правого колеса	1. Неправильная установка датчика частоты вращения. 2. Датчик частоты вращения колеса.

Код	Неисправность	Место/причина неисправности
		3. Ротор датчика частоты вращения колеса. 4. Разъем или цепь датчика. 5. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1211	Отсутствие сигнала датчика частоты вращения правого колеса	1. Неправильная установка датчика частоты вращения. 2. Датчик частоты вращения колеса. 3. Ротор датчика частоты вращения колеса. 4. Разъем или цепь датчика. 5. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1604	Внутренний сбой блока управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>	1. Разъем или цепь блока. 2. Гидравлический блок. 3. Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1605	Неисправность шины данных CAN	Блок управления системами <i>ABS/EBD/ TCS</i>
C1610	Некорректный сигнал bus-off шины данных CAN	Обрыв или короткое замыкание шины данных CAN

C1611	Превышено время ожидания сигнала EMS шины данных CAN	1. Время ожидания сигнала EMS от электронного блока управления КПП превышает 500 мс. 2. Ошибка сигнала EMS от электронного блока управления КПП
C1612	Превышено время ожидания сигнала TCU шины данных CAN	1. Время ожидания сигнала EMS от электронного блока управления КПП превышает 500 мс. 2. Ошибка сигнала EMS от электронного блока управления КПП
C1613	Неверный сигнал шины данных CAN от электронного блока управления КПП	1. Время ожидания сигнала EMS от электронного блока управления КПП превышает 500 мс.

Код	Неисправность	Место/причина неисправности
		2. Ошибка сигнала EMS от электронного блока управления КПП
C2112	Неисправность реле электромагнитных клапанов или предохранителя	1. Реле электромагнитных клапанов. 2. Разъем или цепь реле. 3. Блок управления системами ABS/EBD/TCS . 4. Гидравлический блок
C2114	Неисправность блока управления системами ABS/EBD/TCS	Блок управления системами ABS/EBD/TCS

C2402	Неисправность электродвигателя насоса ABS	1. Гидравлический блок. 2. Разъем или цепь блока. 3. Блок управления системами ABS/EBD/ TCS
-------	--	---

На моделях автомобилей, оборудованных системой **ABS**, время от времени могут возникнуть отклонения, не являющиеся признаками наличия неисправностей.

1. Звук проверки работоспособности системы. После запуска двигателя иногда может появляться глухой звук из моторного отсека. Это является признаком контрольных процедур проверки работоспособности **ABS**.

2. Звуки работы системы **ABS**:

а) звук работы электродвигателя насоса внутри гидравлического блока **ABS** (воющий звук);

б) звук, сопровождаемый вибрацией тормозной педали (скобление);

в) звуки в ходовой части автомобиля в результате периодического нажатия и опускания педали тормоза.

Примечание: глухой стук в ходовой части обычно исходит от подвески, а писк – от шин.

3. Работа системы **ABS** (длинный тормозной путь). На гравийных и заснеженных дорогах тормозной путь автомобиля с **ABS** может иногда превышать тормозной путь автомобиля со стандартными тормозами. Поэтому рекомендуется водителям не быть слишком самоуверенными и в целях безопасности снижать скорость при движении по таким дорогам.

4. Ощущение вибрации на педали тормоза. Вибрация на педали тормоза происходит из-за срабатывания электромагнитных клапанов **ABS** и является признаком нормальной работы системы **ABS**.

Проверка индикатора АБС

1. Переведите ключ замка зажигания в положение «ON» и убедитесь в том, что индикатор «АБС» загорелся на две секунды и погас.
2. Убедитесь в том, что индикатор не горит во время движения авто- мобиля. Если индикатор горит, то это говорит о наличии неисправности.

Считывание кодов неисправностей с помощью тестера 1.

- Установите ключ в замке зажигания в положение «OFF».
2. Подсоедините тестер к диагностическому разъему.
3. Переведите ключ в замке зажигания в положение «ON».
4. С помощью тестера считайте диагностические коды неисправно- стей (согласно таблице).
5. Определите неисправность по считанному коду и произведите необходимый ремонт или исправление неисправности.
6. Удалите коды неисправностей из памяти электронного блока управления кнопкой сброса тестера.
7. Отсоедините тестер.

Лабораторная работа № 7 Эксплуатация лабораторного стенда

На панели лабораторного стенда расположены основные элементы гидравлической тормозной системы с антиблокировочной системой тормозов (рис. 16).



Рис. 16. Устройство лабораторного стенда:

- 1 – датчик положения коленчатого вала; 2 – панель управления стендом; 3 – приборная панель; 4 – манометр 1-го тормозного контура; 5 – манометр 2-го тормозного контура; 6 – манометр вакуумного усилителя; 7 – главный тормозной цилиндр с вакуумным усилителем; 8 – сигнализатор торможения; 9 – гидроагрегат; 10 – дисковый тормозной механизм; 11 – рычаг стояночной тормозной системы (СТС); 12 – барабанный тормозной механизм

Цель работы

1. Изучить устройство тормозного управления и антиблокировочной системы тормозов легковых автомобилей;
2. Ознакомиться с методикой стендовых испытаний антиблокировочной системы тормозов;
3. Провести испытания тормозной системы с АБС.

Содержание работы

1. Используя лабораторный стенд для проверки антиблокировочной системы тормозов произвести испытание опытного образца тормозной системы с АБС согласно предложенной методике;
2. На основании данных, полученных при испытании антиблокировочной системы тормозов, сделать выводы о ее принципе действия и технической исправности.

Методика выполнения работы

1. В присутствии преподавателя произведите внешний осмотр лабораторного стенда и убедитесь в отсутствии отключенных разъемов датчиков и механических повреждений.

2. Ознакомьтесь с назначением органов управления лабораторным стендом, расположенных на передней панели стенда. Перед подключением к сети убедитесь, что клавиша «Сеть» находится в положении выключено.

3. Подключите стенд к внешней сети 220 В с помощью сетевого шнура.

4. Подключите воздушный компрессор к лабораторному стенду.

5. Запустите воздушный компрессор для наполнения системы лабораторного стенда воздухом до срабатывания регулятора давления.

6. Нажмите клавишу «Сеть».

7. Нажмите клавишу «Пуск».

8. Выберите режим работы лабораторного стенда с помощью клавиши «Режим».

9. Откройте клапан регулятором для наполнения системы воздухом и создания разряжения в вакуумном усилителе тормозов.

10. Зафиксируйте показания вакуумметра.

11. Несколько раз с различными усилиями нажмите на педаль привода рабочей системы тормозов.

12. Зафиксируйте показания манометров 1-го и 2-го контуров.

13. Проведите имитацию экстренного торможения, резко нажав на педаль привода рабочей системы тормозов.

14. Зафиксируйте и опишите полученный результат.

Наличие реально действующего тормозного привода и системы введения неисправностей позволяет выполнить следующие контрольнодиагностические работы:

- проверку герметичности тормозного привода, состояние шлангов и трубок, уровня жидкости в бачке;
- проверку состояния фрикционных накладок колодок тормозных механизмов;
- проверку работы вакуумного усилителя;
- проверку регулировки положения педали тормоза (свободный и рабочий ход);
- проверку работы СТС;
- проверку работы регулятора тормозных сил;
- проверку работоспособности АБС;
- получение диагностических кодов АБС.

При необходимости можно выполнить следующие работы по техническому обслуживанию:

- замену в тормозных механизмах колодок с фрикционными накладками;
- регулировку положения педали тормоза;
- регулировку привода СТС;
- проверку работоспособности регулятора тормозных сил;
- обеспечение герметичности и регулировку штока вакуумного усилителя;
- прокачку тормозного привода рабочей тормозной системы (РТС);
- смену тормозной жидкости в приводе РТС.

Содержание отчета

В отчет помещается схема испытания гидравлической тормозной системы с антиблокировочной системой тормозов, кратко описывается принцип работы гидравлической тормозной системы с антиблокировочной системой тормозов и ход выполнения лабораторной работы.

В отчете необходимо дать заключение о проделанных испытаниях.

Самостоятельная работа студента

Содержание: Краткая история развития гидравлики. Связь гидравлики с другими отраслями знаний. Основные понятия и определения. Основные физические свойства жидкостей.

Цель занятия: рассчитать основные физические свойства жидкостей.

Вопросы для самоконтроля

1. Краткая история развития гидравлики.
2. Какие законы жидкостей изучаются в разделах «Гидростатика» и «Гидродинамика»?
3. Что понимают под сплошной средой?
4. Основные понятия и определения гидростатики.
5. Какими свойствами обладают капельные жидкости?
6. Что понимают под коэффициентом объёмного температурного расширения? В каких единицах он измеряется?
7. Что понимают под коэффициентом сжатия для жидкостей? В каких единицах он измеряется?

8. Что понимают под вязкостью жидкости? В какой жидкости отсутствуют силы внутреннего трения?
9. Как определяют динамический и кинематический коэффициенты вязкости?
10. Приборы для измерения вязкости.

Задачи

Задача 1.1. Определить объем воды, который необходимо дополнительно подать в водовод диаметром $d = 500$ мм и длиной 1 км для повышения давления до $\Delta p = 5 \cdot 10^6$ Па. Водовод подготовлен к гидравлическим испытаниям и заполнен водой при атмосферном давлении. Деформацией трубопровода можно пренебречь.

Задача 1.2. В отопительной системе (котел, радиаторы и трубопроводы) небольшого дома содержится $0,4$ м³ воды. Сколько воды дополнительно войдет в расширительный сосуд при её нагревании от 20 до 90°C ?

Задача 1.3. Определить изменение плотности воды при её сжатии от давления $p_1 = 1 \cdot 10^5$ Па до давления $p_2 = 5 \cdot 10^7$ Па.

Задача 1.4. Для периодического аккумулирования дополнительного объема воды, получающегося при изменении температуры, к системе водяного отопления в верхней ее точке присоединяют расширительные резервуары, сообщающиеся с атмосферой. Определить наименьший объем расширительного резервуара, чтобы он полностью не опорожнялся. Допустимое колебание температуры воды во время перерывов в работе отопительного котла $\Delta t = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}$. Объем воды в системе равен $0,55$ м³.

Задача 1.5. В отопительный котел поступает объем воды 50 м³ при температуре 70°C . Какой объем воды будет выходить из котла при нагреве воды до температуры 90°C ?

Задача 1.6. Определить изменение плотности воды при нагревании ее от $t_1 = 7^\circ\text{C}$ до $t_1 = 97^\circ\text{C}$.

Задача 1.7. Определить давление внутри капли воды диаметром $d = 0,001$ м, которое создают силы поверхностного натяжения. Температура воды равна $t = 20^\circ\text{C}$.

Задача 1.8. Определить высоту подъема воды в стеклянном капилляре диаметром $d = 0,001$ м при изменении её температуры от $t_1 = 20^\circ\text{C}$ до $t_1 = 80^\circ\text{C}$.

Задача 1.9. Как изменится плотность бензина $A=92$, если температура окружающей среды изменится от 20°C до 70°C ?

Задача 1.10. Чему равны удельные объёмы и относительные плотности морской воды, ртути и нефти?

Задача 1.11. С увеличением температуры коэффициент объёмного сжатия воды увеличивается или уменьшается? (Допускаем изменение температуры от 0°C до 30°C).

Задача 1.12. Определить изменение давления в закрытом резервуаре с бензином, если температура изменяется от 20°C до 70°C.

Задача 1.13. На сколько процентов увеличится объём при увеличении температуры на 10°C для воды, спирта и нефти?

Тема 2. Гидростатическое давление и его свойства

Содержание: Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики и его приложения. Поверхности равного давления. Закон Паскаля. Давление на дно и стенки сосуда.

Цель занятия: рассчитать гидравлический пресс, гидравлический подъёмник и аккумулятор.

Вопросы для самоконтроля

1. Гидростатическое давление и его свойства.
2. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости.
3. Основное уравнение гидростатики.
4. Поверхности равного давления.
5. Приложения основного уравнения гидростатики: сообщающиеся сосуды, закон Паскаля, закон Архимеда, гидростатический парадокс.
6. Давление жидкости на плоские стенки, центр давления.
7. Приборы для измерения давления.
8. Равновесие тела в покоящейся жидкости.
9. Какие силы действуют на жидкость в случае абсолютного и относительного покоя?
10. Какими свойствами обладает гидростатическое давление?
11. В каких единицах измерения выражается гидростатическое давление?
12. Какие приборы используют для измерения давления?
13. Как определить абсолютное давление в сосуде?
14. Что выражает основное уравнение гидростатики?
15. Как записывается уравнение поверхности уровня?
16. Как рассчитать силу давления на дно сосуда и вертикальную стенку?
17. От чего зависит выигрыш в силе в гидравлических прессах?

18. Опишите поверхности равного давления в покоящейся жидкости, находящейся под действием только силы тяжести, для случая относительного покоя жидкости.

Задачи

Задача 2.1. Определить абсолютное и избыточное давление на дно открытого резервуара, заполненного водой, если высота жидкости в резервуаре равна 3,0 м?

Задача 2.2. Определить абсолютное и избыточное давление на дно открытого резервуара, заполненного водой. Высота жидкости в резервуаре $h = 3,0$ м.

Задача 2.3. Вакуумметр показывает вакуум в аппарате, равный 500 мм рт. ст. Атмосферное давление равно 750 мм рт. ст. Определить абсолютное давление в аппарате (в Па). На какую высоту поднимется вода в барометрической трубе?

Задача 2.4. Отстойная центрифуга с барабаном диаметром $D = 300$ мм и высотой $H_0 = 260$ мм равномерно вращается относительно вертикальной оси с частотой $n = 620$ об/мин. Какой объем продукта останется в центрифуге, если диаметр закраины $d_1 = 150$ мм (рис. 2.1). На какую часть объема барабана следует заполнить центрифугу продуктом перед ее включением?

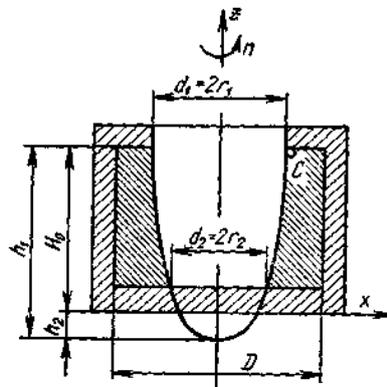


Рисунок 2.1. Положение продукта в отстойной центрифуге

Задача 2.5. Известно, что допустимая высота подъема жидкости в барабане центрифуги не должна превышать 80% высоты аппарата. Определить соответствующую этому условию частоту вращения барабана диаметром $D = 0,5$ м и высотой $H = 0,6$ м.

Задача 2.6. Определить силу q_0 , которую необходимо приложить к концу рычага малого поршня гидравлического пресса, чтобы создать усилие прессования $P_2 = 1200$ кН. Диаметр малого поршня $d = 0,1$ м,

диаметр большого поршня $D = 0,6$ м, расстояние между точкой приложения силы q_0 (A) и точкой опоры рычага (O) $OA = a+b = 0,9$ м; между точкой опоры рычага (O) и точкой (B) $OB = b = 0,2$ м (рис. 2.2).

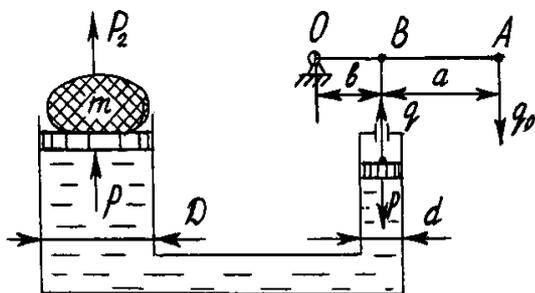


Рисунок 2.2. Схема гидравлического подъемника

Задача 2.7. Определить высоту h_1 цилиндрического поплавка, предназначенного для автоматического поддержания уровня $H = 700$ мм. Масса поплавка с клапаном в сборе составляет $m = 300$ г, диаметр поплавка $D = 300$ мм, диаметр клапана $d_k = 80$ мм. Поплавок погружен в жидкость плотностью $\rho = 1020$ кг/м³ на $4/5$ высоты (рис. 2.3).

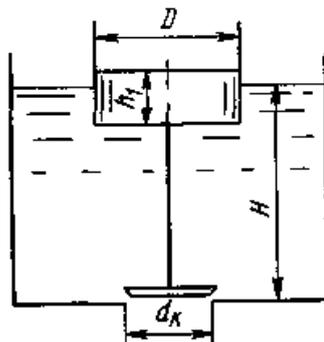


Рисунок 2.3. Схема поплавкового регулятора уровня

Задача 2.8. Чему равна высота подъема воды в закрытом пьезометре, если точка его присоединения заглублена на 5 м под уровень воды, а абсолютное давление над свободной поверхностью составляет 0,6 атм?

Задача 2.9. Имеется цилиндрическая поверхность АВ с радиусом 1 м, шириной 2 м и глубиной воды 4 м. На поверхность жидкости действует избыточное давление, равное примерно 10^4 Па. Чему равна вертикальная составляющая силы весового гидростатического давления?

Тема 3. Гидродинамика невязкой жидкости

Содержание: Уравнения движения невязкой жидкости, уравнение Бернулли для установившегося движения несжимаемой жидкости, энергетическая

интерпретация уравнения Бернулли.

Цель занятия: рассчитать основные характеристики элементов потока жидкости.

Вопросы для самоконтроля

1. Задачи и методы гидродинамики.
2. Основные понятия и определения гидродинамики.
3. Гидравлические элементы потока.
4. Что называют площадью живого сечения?
5. Как определяют объёмный и массовый расходы?
6. Что понимают под средней скоростью потока жидкости и как её определяют?
7. Под действием каких сил жидкость движется по трубопроводам и каналам?
8. В чем отличие неустановившегося движения от установившегося?
9. Когда за расчетный линейный размер принимают эквивалентный диаметр?
10. В чем сущность закона неразрывности потока жидкости?
11. В каком виде записывают дифференциальные уравнения движения невязкой жидкости – уравнения Эйлера?
12. Какие приняты допущения при выводе основного уравнения гидродинамики?
13. Какие выводы можно сделать из рассмотрения уравнения Бернулли?
14. Дифференциальные уравнения движения жидкости.
15. Дифференциальное уравнение неразрывности.
16. Интеграл Бернулли.
17. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости.
18. Физическая сущность уравнения Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости.
19. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости

Задачи

Задача 3.1. Определить эквивалентный диаметр межтрубного пространства в кожухотрубном теплообменнике с внутренним диаметром кожуха $D_B = 1$ м. Трубы диаметром $d_n = 55$ мм расположены на трубной решетке по вершинам правильных треугольников. На диаметре решетки расположено 12 труб.

Задача 3.2. Рассчитать скорость воды в трубах кожухотрубного теплообменника и определить режим движения, если расход воды равен $8 \text{ м}^3/\text{ч}$, размер труб $d_{\text{тр}} = 32 \times 2 \text{ мм}$, в одном пучке находится 8 труб.

Задача 3.3. Определить эквивалентный диаметр кольцевого канала теплообменника типа «труба в трубе», если расход воды равен $4 \text{ м}^3/\text{ч}$, внутренний диаметр наружной трубы 112 мм и наружный диаметр внутренней трубы 75 мм.

Задача 3.4. Вода протекает по водомеру Вентури (рис. 3.1), состоящему из трубы диаметром $D_1 = 20 \text{ см}$, в которую вставлен участок трубы диаметром $D_2 = 10 \text{ см}$. Пренебрегая сопротивлениями, определить расход воды, если в пьезометрах Π_1 и Π_2 разность показаний $h = 0,25 \text{ м}$.

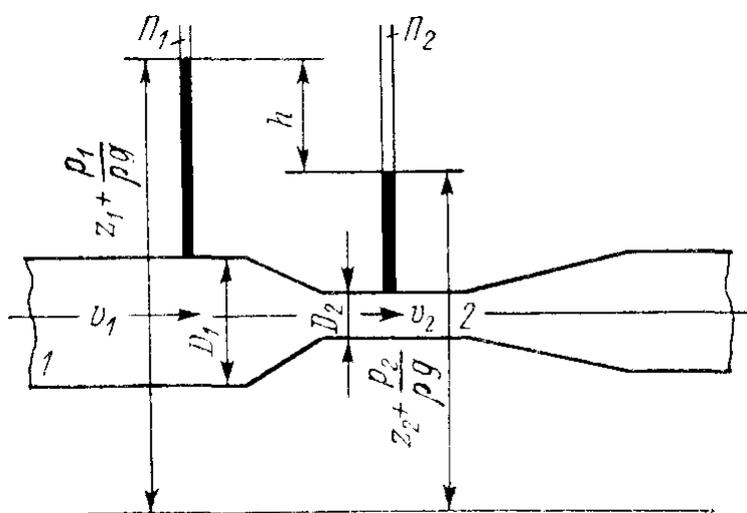


Рисунок 3.1. Расходомер Вентури

Задача 3.5. Горизонтальная часть эжектора расположена на высоте $h = 2 \text{ м}$ от свободной поверхности жидкости в резервуаре. Диаметр горловины эжектора $d = 20 \text{ мм}$, а диаметр выходного сечения $D = 60 \text{ мм}$ (рис. 3.2).

Рассчитайте давление в минимальном сечении эжектора и максимальный расход, при отсутствии расхода в трубке А.

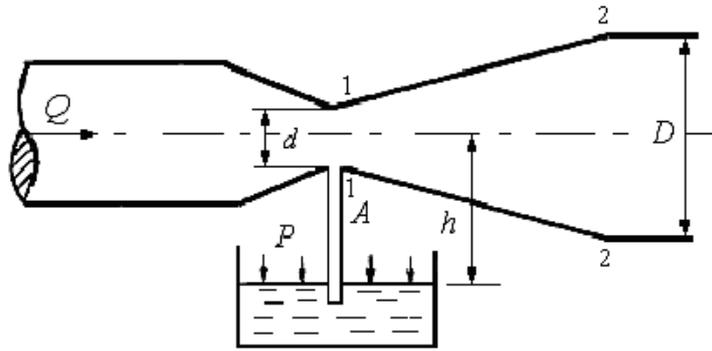


Рисунок 3.1. Эжектор

Задача 3.6. Чему равен расход воды в трубе круглого сечения, если ее гидравлический радиус равен 0,5 м, а средняя скорость составляет 2 м/с?

Задача 3.7. Чему равна средняя скорость жидкости в трубе круглого сечения с гидравлическим радиусом, равным 1 м, при расходе $5 \text{ м}^3/\text{с}$?

Тема 4. Потери напора при равномерном движении жидкости

Содержание: Напряжения в движущейся вязкой жидкости, уравнение Бернулли для реальной вязкой жидкости, режимы движения жидкости.

Цель занятия: рассчитать режимы движения жидкости для различных условий.

Вопросы для самоконтроля

1. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости.
2. Физическая сущность уравнения Бернулли для потока реальной жидкости
3. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли для потока реальной жидкости.
4. Измерение расходов и скоростей движения жидкости.
5. Опыт Рейнольдса.
6. Режимы движения жидкости.

Задачи

Задача 4.1. Как изменяется число Рейнольдса при переходе трубопровода от меньшего диаметра к большему и при сохранении постоянного расхода $Q = \text{const}$.

Задача 4.2. Определить критическую скорость, отвечающую переходу от ламинарного режима к турбулентному в трубе диаметром $d = 0,03$ м при движении воды, воздуха и глицерина при температуре 25°C .

Задача 4.3. Определить число Рейнольдса и режим движения воды в водопроводной трубе диаметром $d = 300$ мм, если расход протекающий по ней воды равен $Q = 0,136$ м³/с. Температура воды 10°C .

Задача 4.4. Применяемые в водоснабжении и канализации трубы имеют минимальный диаметр $d_{\min} = 12$ мм, максимальный диаметр $d_{\max} = 350$ мм. Расчетные скорости движения воды в них от $0,5$ м/с до $4,0$ м/с. Определить минимальное и максимальное значение чисел Рейнольдса и режим течения воды в этих трубопроводах.

Задача 4.5. Конденсатор паровой турбины, установленный на тепловой электростанции оборудован 8186 охлаждающими трубками $d = 0,025$ м. В нормальных условиях работы через конденсатор пропускается 13600 м³/ч циркуляционной воды с температурой $12,5-13^\circ\text{C}$. Будет ли при этом обеспечен турбулентным режим движения в трубках?

Задача 4.6. Определить режим движения жидкости в межтрубном пространстве теплообменника типа «труба в трубе», если внутренняя труба

теплообменника имеет диаметр 25×2 мм, наружная – $51 \times 2,5$ мм, массовый расход воды 4000 кг/ч, плотность воды 1000 кг/м³, вязкость воды $1,0$ мПа·с.

Задача 4.7. Определить режим движения молока в межтрубном пространстве теплообменника типа «труба в трубе», если внутренний диаметр внешней трубы $D = 125$ мм, наружный диаметр внутренней трубы $d = 60$ мм (рис. 4.1). Расход молока $G = 4$ м³/ч, динамический коэффициент вязкости молока при средней температуре в теплообменнике $t = 65^\circ\text{C}$ следует определить по таблице Приложений.

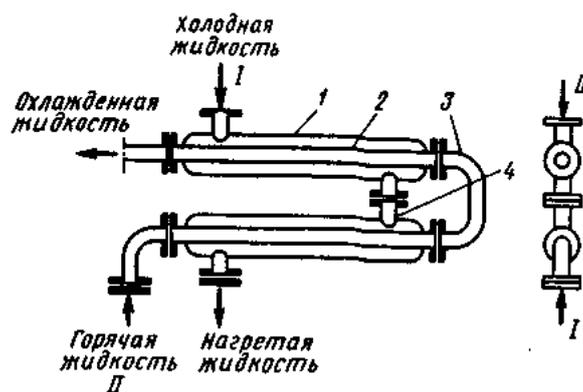


Рисунок 4.1. Теплообменник типа «труба в трубе»:
 1 – наружная труба; 2 – внутренняя труба; 3 – колесо;
 4 – патрубок; I, II - теплоносители

Задача 4.8. Покажите на рисунке 4.2 пьезометрическую линию и линию скоростного напора.

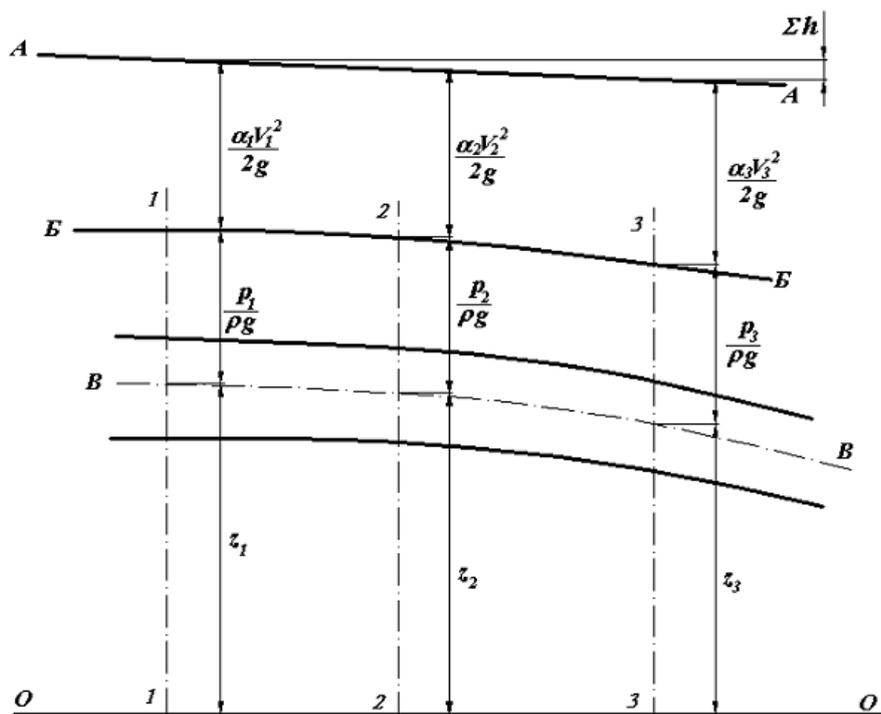


Рисунок 4.2. Геометрическая иллюстрация уравнения Бернулли

Тема 5. Потери напора при равномерном движении жидкости

Содержание: Классификация потерь напора, равномерное и неравномерное движение жидкости. Потери напора при равномерном движении жидкости. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости.

Цель занятия: рассчитать потери напора при установившемся ламинарном и турбулентном режиме движения жидкости.

Вопросы для самоконтроля

1. Ламинарный режим в круглой цилиндрической трубе.
2. Потери напора при ламинарном режиме.
3. Механизм турбулентного потока.
4. Шероховатость стенок.
5. Гидравлическое сопротивление.
6. На преодоление каких сил при движении жидкости затрачивается движущая сила и как она определяется?
7. Какие дополнительные силы, действующие на жидкость, учитываются дифференциальными уравнениями Навье – Стокса по сравнению с уравнениями Эйлера?
8. Перечислите факторы, от которых зависит коэффициент гидравлического сопротивления.
9. Для каких расчетов используют уравнение Дарси – Вейсбаха?
10. Как рассчитывают коэффициент гидравлического сопротивления?
11. Как определить коэффициенты местных сопротивлений?
12. Что такое относительная шероховатость стенок трубы?
13. В чем заключается отличие ламинарного режима движения жидкости от турбулентного?
14. Какие вы знаете законы ламинарного движения жидкости?

Задачи

Задача 5.1. Определите потери напора по длине при равномерном движении жидкости со средней скоростью $v_{\text{ср}} = 0,4$ м/с, если коэффициент кинематической вязкости рассматриваемой жидкости $\nu = 0,94 \cdot 10^{-6}$ м²/с, диаметр трубопровода $d = 100$ мм и его длина $l = 1000$ м.

Задача 5.2. Определите потери напора по длине в трубопроводе диаметром $d = 150$ мм и длиной $l = 800$ м, в котором транспортируется плодовое пюре относительной плотностью $\delta = 0,94$ и коэффициентом кинематической вязкости $\nu = 1,34 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Задача 5.3. Горизонтальный отстойник для осветления сточных вод представляет собой прямоугольный в плане резервуар. Глубина его 2,5 м,

ширина 6,0 м. Температура воды 20°C. Определить среднюю скорость и режим движения сточной жидкости, если ее расчетный расход $Q = 0,08 \text{ м}^3/\text{с}$. При какой скорости движения жидкости в отстойнике будет наблюдаться ламинарный режим движения жидкости?

Задача 5.4. Рассчитать потери по длине для потока жидкости, если длина трубы 200 м, расход жидкости $0,40 \text{ м}^3/\text{с}$, диаметр трубы 0,5 м, а коэффициент гидравлического трения составляет 0,03.

Задача 5.5. Если коэффициент гидравлического трения составляет 0,08, а режим движения ламинарный, то чему равно число Рейнольдса для потока жидкости?

Задача 5.6. Чему равен коэффициент гидравлического трения для потока жидкости при расходе жидкости равном $40 \text{ см}^3/\text{с}$, диаметре трубы 0,03 м и коэффициентом вязкости $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$?

Задача 5.7. Если длина трубы 40 м, расход жидкости $0,20 \text{ м}^3/\text{с}$, диаметр трубы 0,25 м, а коэффициент гидравлического трения составляет 0,04, то чему равны потери напора по длине (в метрах) для потока жидкости?

Тема 6. Потери напора при неравномерном движении жидкости

Содержание: Местные сопротивления. Потери напора в местных сопротивлениях. Расчет простых и сложных трубопроводов.

Цель занятия: рассчитать потери напора в местных сопротивлениях, рассчитать общие потери напора в простом и сложном трубопроводе.

Вопросы для самоконтроля

1. Местные сопротивления.
2. Движение тел в потоке жидкости.
3. Сопротивления при обтекании тел.
4. Назначение и классификация трубопроводов.
5. Расчет простого трубопровода.
6. Сложные трубопроводы.
7. Гидравлические характеристики трубопроводов.
8. Кавитация.
9. Гидравлический удар в трубах.
10. В чем заключается расчет трубопроводов?
11. От каких параметров зависит модуль расхода?

12. Как определяются общие потери напора в случае последовательного соединения участков при расчете длинного трубопровода?
13. В каком случае трубопровод можно считать коротким?

Задачи

Задача 6.1. Определить потери напора в змеевике, по которому протекает вода при температуре $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ со скоростью $0,8\text{ м/с}$, вязкость воды при данной температуре равна $0,8\text{ мПа}\cdot\text{с}$. Змеевик изготовлен из стальной трубы диаметром $43\times 2,5\text{ мм}$ с лёгкими следами коррозии, абсолютная шероховатость поверхности равна $0,21\text{ мм}$. Диаметр витка змеевика равен $1,0\text{ м}$, число витков равно 10 .

Задача 6.2. Определить предельно допустимую бескавитационную скорость движения воды в стальном трубопроводе $v_{пр}$ перед регулирующим клапаном при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, если коэффициент местного сопротивления клапана $\xi = 1$. Диаметр трубопровода $d = 0,05\text{ м}$, расстояние от входа в трубопровод до клапана 10 м , давление на входе в трубопровод $p_0 = 10^5\text{ Па}$.

Задача 6.3. Требуется определить предельно допустимую скорость течения воды в отводе, если давление воды в трубопроводе перед отводом $p_1 = 1,2\cdot 10^5\text{ Па}$. Температура воды $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, критическое число кавитации для отвода $x_{кр} = 2$.

Задача 6.4. Определить расход воды по сложному трубопроводу, схема которого изображена на рис.6.1, если высота уровня воды в резервуаре $H = 20\text{ м}$, абсолютная шероховатость труб $\Delta = 0,5\text{ мм}$, длины трубопроводов: $l_1 = 80\text{ м}$, $l_2 = 240\text{ м}$, $l_3 = 260\text{ м}$, диаметры труб: $d_1 = 250\text{ мм}$, $d_2 = 100\text{ мм}$, $d_3 = 125\text{ мм}$. Местными сопротивлениями пренебречь.

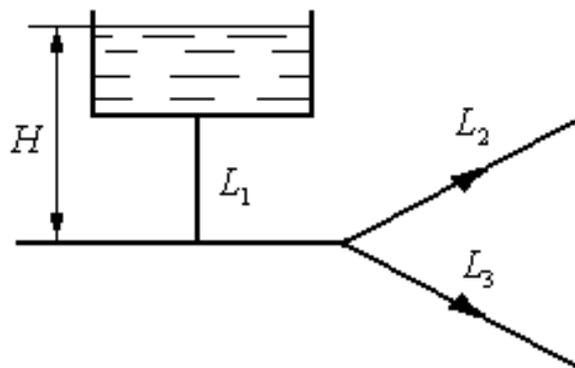


Рисунок 6.1. Схема трубопровода

Задача 6.5. Сложный, горизонтальный трубопровод, состоящий из двух параллельных ветвей, транспортирует воду объемным расходом $Q = 20$ л/с (рис. 6.2). Рассчитайте расходы Q_1 и Q_2 в параллельных ветвях.

Дано: $l_1 = 30$ м, $l_2 = 50$ м, $d_1 = 35$ мм, $d_2 = 50$ мм.

Коэффициенты потерь напора на трение $\lambda_1 = 0,04$ и $\lambda_2 = 0,04$ и $\lambda_3 = 0,02$ коэффициент местных потерь $\xi_{\text{крана}} = 1,6$.

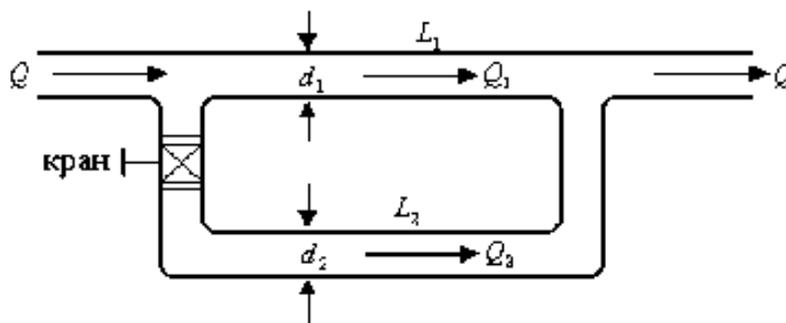


Рисунок 6.2. Схема трубопровода

Задача 6.6. Две горизонтальные трубы – одна диаметром $d_1 = 0,075$ м и другая диаметром $d_2 = 0,1$ м соединены фланцами, между которыми поставлена тонкая пластинка с отверстием диаметром $d = 0,05$ м, центр которого совпадает с осью трубы.

Ртутный U-образный манометр присоединен с помощью наполненных водой трубок на таком расстоянии выше и ниже отверстий, где течение можно считать выровненным. Отсчет по манометру $H = 349$ мм рт. ст. при расходе воды $Q = 0,014$ м³/с. Считая, что потери напора происходят только при расширении струи ниже отверстия, определить коэффициент сжатия струи в отверстии.

Задача 6.7. Определить повышение давления при гидравлическом ударе в трубе диаметром $d = 0,05$ м и толщиной стенки $\delta = 2$ мм. Скорость потока в трубе $v = 7,0$ м/с. Модуль упругости жидкости $E_{\text{ж}} = 2700$ МПа, плотность жидкости $\rho = 970$ кг/м³. Модуль упругости материала трубы $E_{\text{тр}} = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Задача 6.8. Если два закрытых бака соединены простым длинным трубопроводом постоянного диаметра 100 мм (модуль расхода $K = 53,9$ л/с), длина трубы составляет 100 м, перепад уровней в баках равен 8 м, избыточное давление над уровнем жидкости в первом баке составляет 0,25 атм, во втором баке 0,45 атм, то чему равна скорость воды в трубопроводе?

Задача 6.9. Чему равен коэффициент сопротивления при резком расширении потока, если диаметр круглой трубы увеличивается в 2 раза, а коэффициент отнесен к скоростному напору до расширения?

Тема 7. Истечение жидкостей из отверстий и насадков

Содержание: Истечение через малое незатопленное отверстие, коэффициент сжатия струи, скорости и расхода. Истечение через насадки.

Цель занятия: рассчитать объёмный расход, скорость истечения, коэффициенты сжатия струи, скорости и расхода при истечении из различных типов отверстий и насадков.

Вопросы для самоконтроля

1. Истечение из донного отверстия в тонкой стенке.
2. Коэффициенты расхода, скорости и сжатия при истечении жидкости из разных типов отверстий и насадков.
3. Истечение из отверстия в боковой стенке.
4. Истечение при переменном напоре.
5. Истечение через насадки.
6. Как рассчитать скорость истечения жидкости из отверстия в дне сосуда при постоянном напоре?
7. В каком случае время истечения будет больше, и на сколько больше при истечении одного и того же количества жидкости из резервуара при постоянном и при переменном напорах?
8. Какой предельный вакуум создается при истечении жидкости через внешний цилиндрический насадок?
9. Давление струи жидкости.

Задачи

Задача 7.1. Определить время опорожнения бака диаметром 1,2 м и высотой 2,6 м, если он заполнен водой на высоту 2,2 м. Истечение происходит через отверстие диаметром 8 см в дне бака.

Задача 7.2. Определить давление струи жидкости на неподвижную стенку, наклоненную к горизонту на 15° . Струя вытекает из конического сходящегося насадка диаметром 1 мм с давлением 20 МПа. Плотность жидкости $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$.

Тема 7. Гидромашины

Содержание: Поршневые и центробежные насосы. Схемы и основные характеристики насосных установок.

Цель занятия: изучить конструкции, принцип действия поршневых и центробежных насосов, схемы насосных установок.

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация насосов.
2. Типовая схема и основные характеристики насосной установки.
3. Предельная геометрическая высота всасывания насосов, их мощность и КПД.
4. Принцип действия и классификация поршневых насосов.
5. Закон движения поршня.
6. Индикаторная диаграмма поршневого насоса.
7. Регулирование производительности поршневого насоса.
8. Принцип действия поршневого насоса.
9. Типы центробежных насосов.
10. Основное уравнение центробежного насоса.
11. Характеристики центробежного насоса.
12. Работа насоса на сеть (последовательное и параллельное включение).
13. На какие типы делятся насосы по принципу действия?
14. Какие вы знаете основные параметры работы насосов?
15. Как определить напор насоса?
16. Как рассчитать высоту всасывания?
17. До какого значения можно снижать давление всасывания в насосе?
18. Что такое кавитация?
19. По какому принципу работают поршневые насосы?
20. Назовите способы уменьшения неравномерности подачи поршневых насосов.
21. Как определить дефекты в работе поршневых насосов?
22. На каком принципе основана работа центробежных насосов?
23. Что описывает основное уравнение центробежных насосов?
24. От каких размеров насоса зависит напор центробежного насоса?
25. При каком угле наклона лопаток напор будет теоретически максимальным?
26. Как зависят напор, подача и мощность насоса от частоты вращения рабочего колеса?
27. В чем заключается подобие центробежных насосов?
28. Что такое частная характеристика центробежного насоса, универсальная характеристика?
29. С какой целью соединяют насосы параллельно и последовательно при работе на сеть?
30. В каких случаях применяют центробежные и поршневые насосы?
31. Какие преимущества и недостатки имеют центробежные насосы по сравнению с поршневыми?

32. В каких случаях применяют ротационные объёмные насосы?
 33. В каких случаях применяют шестерённые насосы?

Задачи

Задача 8.1. Требуется перекачать за время 1 ч количество воды 20 т из бака с атмосферным давлением в реактор, в котором поддерживается избыточное давление, равное 10кПа. Диаметр трубопровода 89 мм, толщина стенки 4 мм, длина 30 м. На трубопроводе установлены: диафрагма (диаметр отверстия 51,3 мм), две задвижки и четыре отвода под углом 90°. Высота подъёма жидкости равна 15 м, вязкость воды при температуре 20 °С равна 1,0 мПа·с. Определить мощность насоса, если его КПД равен 0,65.

Задача 8.2. Требуется перекачивать 4500 кг в час плодового пюре с содержанием сухих веществ $X = 11\%$ из сборника, в котором поддерживается атмосферное давление, в выпарной аппарат, в котором поддерживается избыточное давление, равное 150 кПа. Внутренний диаметр трубопровода 75 мм, длина 28 м. На трубопроводе установлены две задвижки и четыре отвода под углом 90°. Высота подъема жидкости $h_c = 9,2$ м. Вязкость плодового пюре при средней температуре в трубопроводе $t = 75^\circ\text{C}$ следует определить по таблицам Приложений. Рассчитать мощность насоса (рис. 8.1).

Задача 8.3. Определить мощность насоса в начале трубопровода, по которому из сборника при температуре $t = 55^\circ\text{C}$ транспортируется томатная паста в количестве 10500 кг/ч. Содержание сухих веществ в томатной пасте $X = 35\%$, плотность томатной пасты следует рассчитать по таблицам Приложений. Длина трубопровода 60 м, диаметр 0,1 м, высота подъема $h = 5$ м. На трубопроводе установлены две задвижки и четыре отвода под углом 90° (рис. 8.2).

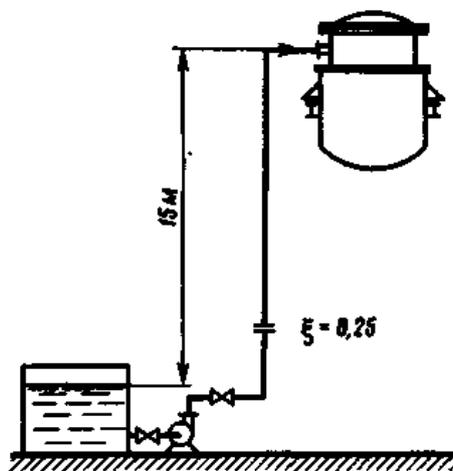


Рисунок 8.1. Схема установки для перекачивания плодового пюре

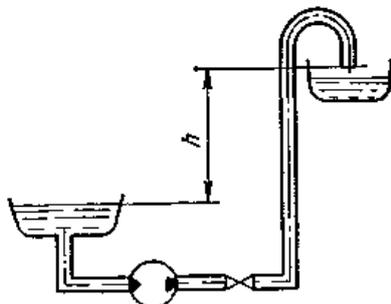


Рисунок 8.2. Схема установки для транспортирования томатной пасты

Задача 8.4. Насос с подачей $Q = 0,01 \text{ м}^3/\text{с}$ забирает воду из колодца, сообщающегося с водоемом чугунной трубой диаметром 150 мм длиной 100 м. (рис. 8.3). На входе во всасывающую трубу установлена сетка. Температура воды в водоеме 20°C . Найти перепад уровней воды Δh в водоеме и колодце.

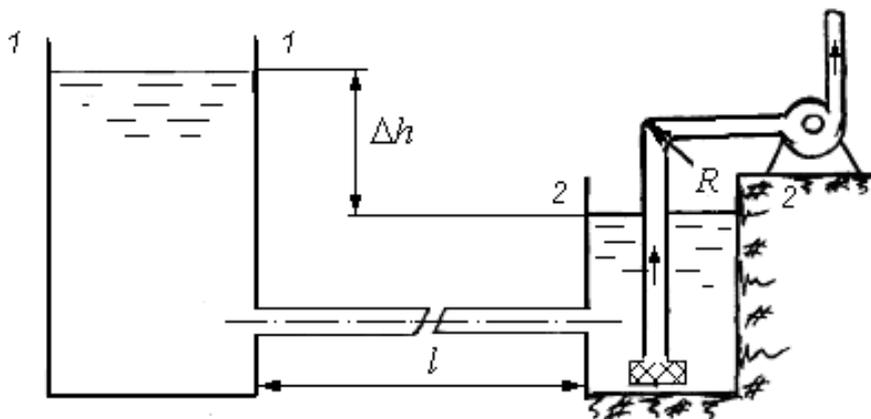


Рисунок 8.3. Схема подачи воды из колодца

Задача 8.5. Насос забирает из водоема воду с температурой 20°C в количестве $Q = 50 \text{ л/с}$. Определить максимальную высоту расположения горизонтального вала насоса над свободной поверхностью воды H_1 (рис. 8.4), если давление перед насосом $p_2 = 0,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$. На всасывающей чугунной трубе диаметром 0,25 м и длиной 50 м имеется заборная сетка, плавный поворот радиусом $R = 0,5 \text{ м}$ и регулирующая задвижка, открытая на 45% площади проходного сечения.

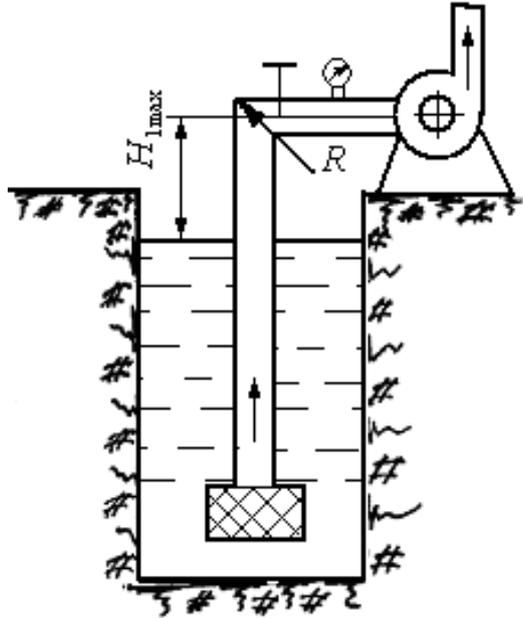


Рисунок 8.4. Схема подачи воды из водоёма

Тема 8. Объемный гидропривод

Содержание: Объемные гидродвигатели. Гидроаппаратура. Объемный гидропривод.

Цель занятия: изучить конструкции, принцип действия объёмных гидродвигателей и гидроаппаратуры.

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация объемных гидродвигателей.
2. Гидроцилиндры с двусторонним штоком.
3. Трехскоростной гидроцилиндр.
4. Телескопический гидроцилиндр.
5. Гидроцилиндр с концевыми дроссельными тормозами и защитным штоком.
6. Поворотные гидродвигатели.
7. Гидроаппараты: гидрораспределители, клапаны, дроссели.
8. Двухпозиционный золотниковый распределитель.
9. Клапанный распределитель.
10. Крановый пробковый распределитель.
11. Гидроклапаны; конический клапан прямого действия; редуционный клапан.
12. Гидравлические дроссели.

13. Основные понятия и определения гидропривода.
14. Принципиальные схемы гидроприводов.
15. КПД нерегулируемого гидропривода.
16. Регулирование объемного гидропривода: объемное регулирование, дроссельное регулирование гидропривода.
17. Гидроусилители.

Задачи

Задача 9.1. Определить площадь рабочего окна дросселя, установленного в напорной линии магистрали, давление в которой $p_n = 10$ МПа. Давление на сливе $p_c = 0,5$ МПа. Расход через дроссель $Q = 800$ см³/с и плотность $\rho = 900$ кг/м³.

Задача 9.2. Для объемной гидропередачи технологической машины, гидравлическая схема которой изображена на рис. 9.1, необходимо выбрать насос и гидромотор, если нагрузочный момент на валу $M = 5700$ Н·м, а скорость вращения должна изменяться в пределах 10 – 80 об/мин.

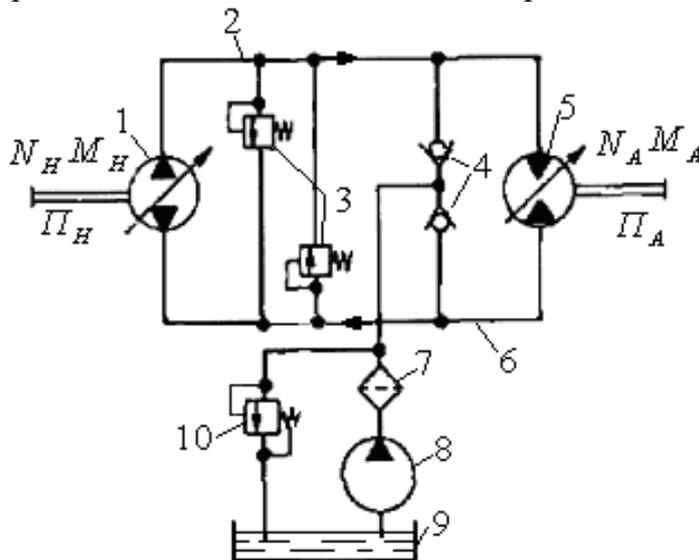


Рисунок 9.1. Гидравлическая схема технологической машины

Задача 9.3. В гидравлической сети насос с подачей 37,8 л/мин поддерживает циркуляцию масла имеющего вязкость 110 сстпри температуре 49°С и плотность $\rho = 880$ кг/м³. Внутренние диаметры трубопроводов и их длины приводятся на рис. 9.2. Провести гидравлический расчет сети.

Тема 9. Системы типовых гидросистем

Содержание: Напряжения в движущейся вязкой жидкости, уравнение Бернулли для реальной вязкой жидкости, режимы движения жидкости.

Цель занятия: рассчитать режимы движения жидкости для различных условий.

Вопросы для самоконтроля

7. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости.
8. Физическая сущность уравнения Бернулли для потока реальной жидкости
9. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли для потока реальной жидкости.
10. Измерение расходов и скоростей движения жидкости.
11. Опыт Рейнольдса.
12. Режимы движения жидкости.

Задачи

Задача 4.1. Как изменяется число Рейнольдса при переходе трубопровода от меньшего диаметра к большему и при сохранении постоянного расхода $Q = \text{const}$.

Задача 4.2. Определить критическую скорость, отвечающую переходу от ламинарного режима к турбулентному в трубе диаметром $d = 0,03$ м при движении воды, воздуха и глицерина при температуре 25°C .

Задача 4.3. Определить число Рейнольдса и режим движения воды в водопроводной трубе диаметром $d = 300$ мм, если расход протекающий по ней воды равен $Q = 0,136$ м³/с. Температура воды 10°C .

Задача 4.4. Применяемые в водоснабжении и канализации трубы имеют минимальный диаметр $d_{\min} = 12$ мм, максимальный диаметр $d_{\max} = 350$ мм. Расчетные скорости движения воды в них от $0,5$ м/с до $4,0$ м/с. Определить минимальное и максимальное значение чисел Рейнольдса и режим течения воды в этих трубопроводах.

Задача 4.5. Конденсатор паровой турбины, установленный на тепловой электростанции оборудован 8186 охлаждающими трубками $d = 0,025$ м. В нормальных условиях работы через конденсатор пропускается 13600 м³/ч циркуляционной воды с температурой $12,5-13^\circ\text{C}$. Будет ли при этом обеспечен турбулентным режим движения в трубках?

Задача 4.6. Определить режим движения жидкости в межтрубном пространстве теплообменника типа «труба в трубе», если внутренняя труба

теплообменника имеет диаметр 25×2 мм, наружная – $51 \times 2,5$ мм, массовый расход воды 4000 кг/ч, плотность воды 1000 кг/м³, вязкость воды $1,0$ мПа·с.

Задача 4.7. Определить режим движения молока в межтрубном пространстве теплообменника типа «труба в трубе», если внутренний диаметр внешней трубы $D = 125$ мм, наружный диаметр внутренней трубы $d = 60$ мм (рис. 4.1). Расход молока $G = 4$ м³/ч, динамический коэффициент вязкости молока при средней температуре в теплообменнике $t = 65^\circ\text{C}$ следует определить по таблице Приложений.

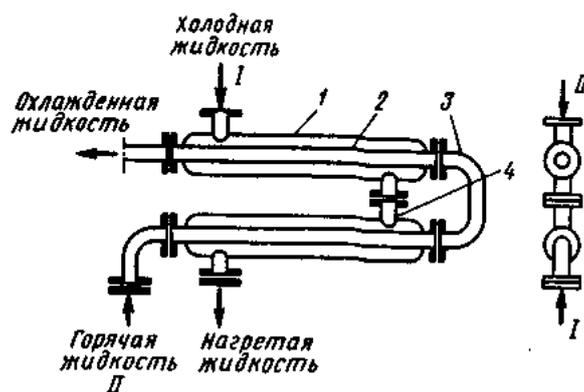


Рисунок 4.1. Теплообменник типа «труба в трубе»:
 1 – наружная труба; 2 – внутренняя труба; 3 – колесо;
 4 – патрубок; I, II - теплоносители

Задача 4.8. Покажите на рисунке 4.2 пьезометрическую линию и линию скоростного напора.

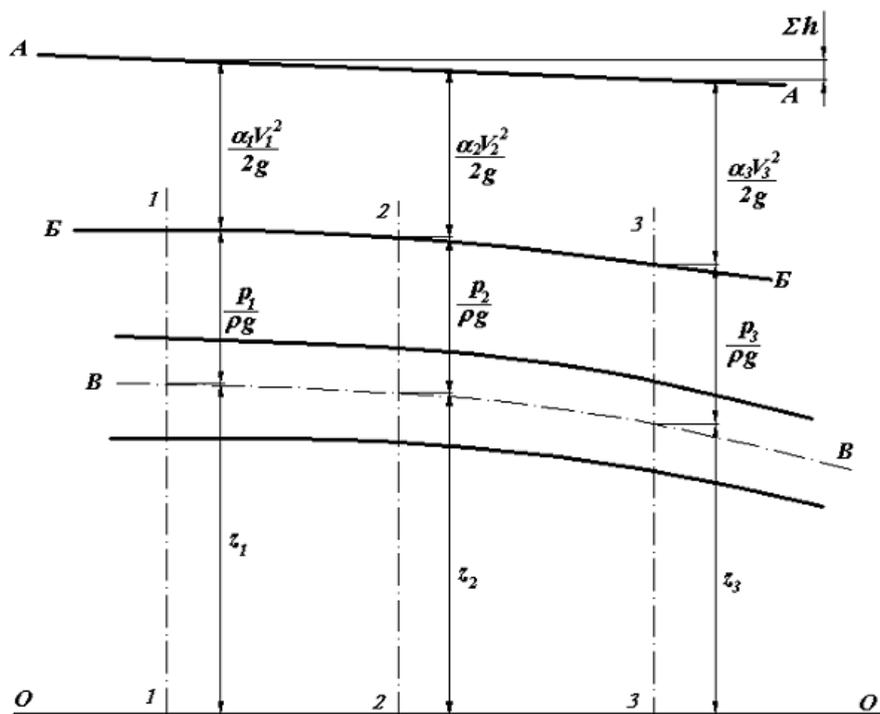


Рисунок 4.2. Геометрическая иллюстрация уравнения Бернулли

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Башта Т.М. и др. Гидравлика, гидромашины и гидропривод. – М.: «Издательский дом Альянс», 2010. – 432 с.
2. Белевич, М.Ю. Гидромеханика. Основы классической теории: учеб. пособие для вузов/ М. Ю. Белевич- М.: Дрофа, 2009.
3. Ухин, Б.В. Гидравлика: учебное пособие/ Б. В. Ухин. - М.: ИД "ФОРУМ", 2009.

Дополнительная литература:

4. Ухин, Б.В. Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод: учеб. пособие/ Б. В. Ухин- М.: ИД "ФОРУМ", 2011.
5. Метревели В.Н. Сборник задач по курсу гидравлики с решениями: Учебное пособие для вузов / В.Н. Метревели. – М.: Высшая школа, 2007. – 192 с.