

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное агентство по образованию**

**КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА «АВТОМОБИЛИ»**

**АНТИБЛОКИРОВОЧНАЯ СИСТЕМА
ТОРМОЗОВ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ
для студентов очной и заочной форм обучения
специальности 190201

КУРГАН 2005

Кафедра «Автомобили»

Дисциплина «Конструкция автомобиля и трактора»
Специальность 190201

Составил канд. техн. наук, доц. Петров А.П.

Утверждены на заседании кафедры 4 марта 2005 г.
Рекомендованы методическим советом университета

“ ____ “ _____ 2005 г.

Цель работы. Уяснить необходимость установки антиблокировочной системы тормозов на автомобиль. Ознакомиться с принципом работы АБС, с ее составом и основными элементами. Изучить конструкцию АБС с гидро- и пневматическим приводом.

Оборудование. Плакаты и схемы антиблокировочной системы тормозов.

1. НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЗОВ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АНТИБЛОКИРОВОЧНЫХ СИСТЕМ

Тормозное управление является важнейшим элементом обеспечения безопасности движения автомобиля. Для предотвращения юза и возможного заноса в тормозном управлении устанавливаются регуляторы тормозных сил, действие которых основано на ограничении тормозных сил на задних колесах, или ограничения давления в приводе передних колес при торможении с малой интенсивностью для сохранения управляемости на скользких дорогах. Регулятор тормозных сил должен задавать оптимальное распределение тормозных сил.

Регуляторы должны обеспечить при любой степени загрузки автомобиля и аварийном торможении на дорогах с коэффициентом 0,15...0,8 максимально возможное замедление при одновременной блокировке всех колес автомобиля или опережающей блокировке колес переднего моста. Однако наличие регулятора тормозных сил связано с некоторой потерей тормозной эффективности (на 10...15%), так как предотвращение юза задних колес достигается их недотормаживанием. Кроме того, при экстренном торможении, особенно на скользких дорогах, приводит к полной блокировке всех колес.

Новым этапом в совершенствовании тормозной системы стало создание антиблокировочных систем (АБС - ABS¹), которые обеспечивают повышение активной безопасности автомобиля. Принцип, заложенный в конструкцию любой АБС, заключается в

¹ Используются аббревиатуры от немецких названий систем: ABS — Antilock Bremssystem.

поддержании относительного скольжения тормозящих колес в узком диапазоне, обеспечивая высокое значение коэффициента сцепления колес с дорожным полотном при любом состоянии его покрытия, что позволяет сохранить устойчивость автомобиля при торможении и несколько сократить тормозной путь.

Коэффициент сцепления эластичного колеса зависит не только от состояния дорожной поверхности, но и от степени скольжения колеса относительно этой поверхности в процессе торможения, а также от других факторов.

Задачей АБС является поддержание тормозящего или ведущего колес в режиме оптимального относительного скольжения, при котором продольный коэффициент сцепления (φ_x) шины с опорной поверхностью получается максимальным. Это иллюстрируется так называемой φ - S диаграммой, представленной на рисунке 1, показывающей зависимость коэффициентов сцепления колеса с опорной поверхностью φ_x (сплошные кривые) и φ_y (штриховая кривая) соответственно в продольном и поперечном направлениях от относительного скольжения S при торможении на различных дорогах.

Относительное скольжение

$$S = (v - \omega_{Т.К} r_0) / v,$$

где v — скорость автомобиля; $\omega_{Т.К}$ — угловая скорость тормозящего колеса; r_0 — свободный радиус колеса.

Продольный коэффициент сцепления характеризуется отношением тормозной силы к нормальной реакции на колесо $\varphi_x = P_{\text{тор}} / R_z$. Это отношение называют также удельной тормозной силой.

Из графика видно, что при некотором значении относительного скольжения продольный коэффициент сцепления φ_x имеет максимум. Величина относительного скольжения, соответствующая максимуму, называется критической и обозначается $S_{\text{кр}}$, для большинства дорожных поверхностей $S_{\text{кр}} = 0,1 \dots 0,3$. В этих пределах и поперечный коэффициент сцепления φ_y имеет достаточно высокое значение, что обеспечивает устойчивое движение автомобиля при торможении, если на автомобиль действует боковая сила. Из графика также можно заключить, что при доведении тормозящих колес до юза ($S=1$) значительно снижается φ_x и φ_y , а

следовательно, и тормозная эффективность, устойчивость и управляемость автомобиля при торможении.

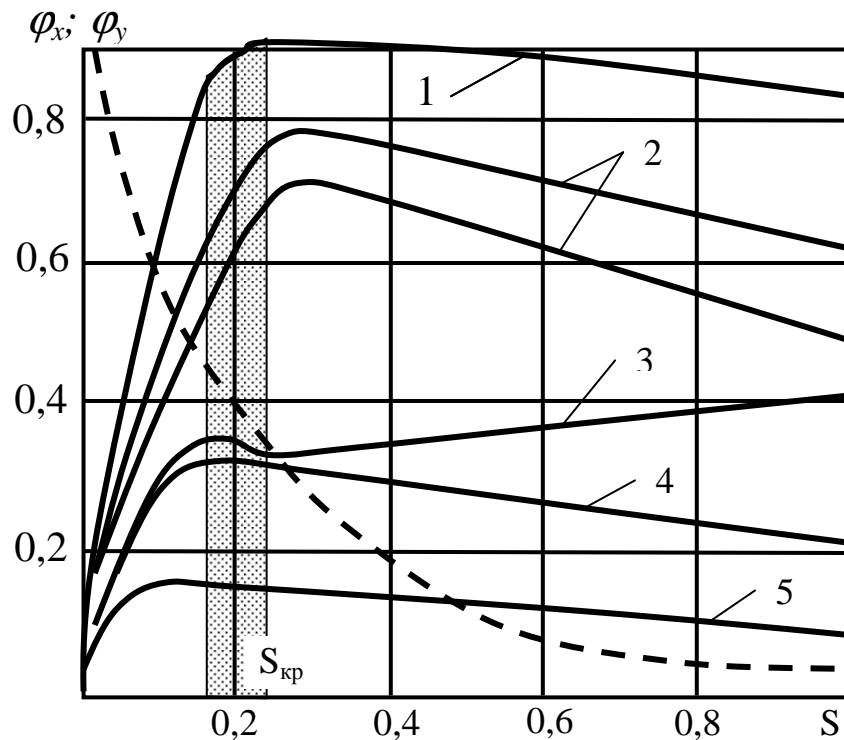


Рис. 1. Зависимости коэффициентов сцепления от коэффициента относительного скольжения:

1— сухой асфальт; 2— мокрый асфальт; 3— свежеснежный снег; 4— укатанный снег; 5— лед

Основной задачей ABS является поддержание в процессе торможения относительного скольжения колес в узких пределах вблизи $S_{кр}$. Антиблокировочные системы тормозов призваны обеспечить постоянный контроль за силой сцепления колес с дорогой и соответственно регулировать в каждый данный момент тормозное усилие, прилагаемое к каждому колесу. ABS производит перераспределение давления в ветвях гидропривода колесных тормозов так, чтобы не допустить блокирования колес и вместе с тем достичь максимальной силы торможения без потери управляемости автомобиля.

При некоторых состояниях дорожного покрытия, например, на твердом и сухом бетоне, система ABS может привести к некоторому увеличению тормозного пути автомобиля по сравнению с этим показателем для случая интенсивного торможения с выключением ABS.

ченной ABS. Однако в последнем случае устойчивость движения автомобиля не гарантирована, а износ колесной резины и тормозных колодок резко возрастает. В большинстве же случаев тормозная система с ABS значительно эффективнее классической тормозной системы.

Процесс регулирования с помощью ABS торможения колеса циклический. Связано это с инерционностью самого колеса, привода, а также элементов ABS. Качество регулирования оценивается по тому, насколько ABS обеспечивает скольжение тормозящего колеса в заданных пределах. При большом размахе циклических колебаний давления нарушается комфортабельность при торможении («дергание»), а элементы автомобиля испытывают дополнительные нагрузки. Качество работы ABS зависит от принятого принципа регулирования («алгоритма функционирования»), а также от быстродействия системы в целом. Быстродействие определяет циклическую частоту изменения тормозного момента. Важным свойством ABS должна быть способность приспосабливаться к изменению условий торможения (адаптивность) и, в первую очередь, к изменению коэффициента сцепления в процессе торможения.

Разработано большое число принципов, по которым работают ABS (алгоритмов функционирования). Они различаются по сложности, стоимости реализации и по степени удовлетворения поставленным требованиям. Среди них наиболее широкое применение получил алгоритм функционирования по замедлению тормозящего колеса.

На рисунке 2 приведены графики, характеризующие изменение параметров торможения по времени. Описанный здесь процесс несколько идеализирован. Практически команда на растормаживание, затормаживание и фиксацию тормозного момента должна подаваться с некоторым опережением, с учетом инерционности системы в комплексе. Адаптивность ABS может быть обеспечена, если в блоке управления предусматривается коррекция, учитывающая ряд влияющих на торможение факторов, в частности скорости.

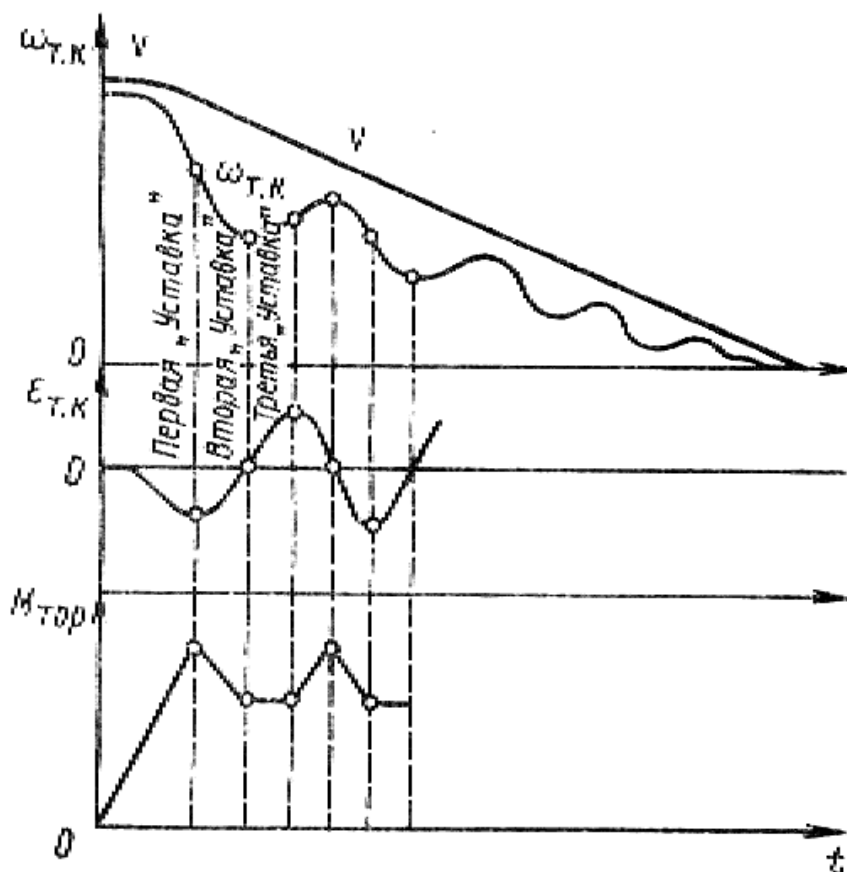


Рис. 2. График зависимости параметров торможения автомобиля с АБС от времени

2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ АНТИБЛОКИРОВОЧНЫХ СИСТЕМ

Из приведенных выше формул относительного скольжения колеса видно, что для поддержания требуемого скольжения необходимо знать значения линейной скорости автомобиля в каждый момент времени и угловую скорость колеса. Основную трудность представляет замер линейной скорости автомобиля. Непосредственный замер скорости автомобиля возможен локационными методами, но они достаточно сложны и дорогостоящи.

В настоящее время линейную скорость автомобиля определяют косвенным путем, например, по линейному замедлению с помощью деселерометра. Однако гораздо чаще для определения скорости автомобиля используют датчики угловой скорости колеса. В блоке управления производится сравнение линейной скорости автомобиля с окружной скоростью колеса. При достижении

величины заданного относительного скольжения (порогового значения) блоком управления подается команда исполнительному механизму.

Независимо от конструкции, любая АБС должна включать следующие элементы:

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, который после логической обработки поступившей информации дает команду исполнительным механизмам;

исполнительные механизмы (модуляторы давления), которые в зависимости от поступившей из блока управления команды снижают, повышают или удерживают на постоянном уровне давление в тормозном приводе колес.

Датчики. Во всех АБС замер угловой скорости колеса производится индуктивно-частотными датчиками. Датчик состоит из ротора в виде зубчатого диска (или перфорированного кольца), закрепленного на колесе, и катушки индуктивности, установленной неподвижно с некоторым зазором относительно зубцов диска.

Модулятор давления. Исполнительные механизмы (модуляторы) АБС могут иметь различное устройство: клапанное, золотниковое, диафрагменное, смешанное. Модуляторы по командам блока управления изменяют давление рабочего тела в тормозных цилиндрах, а в некоторых конструкциях поддерживают определенное время давление постоянным.

Различают модуляторы, работающие по двухфазовому (увеличение — сброс давления) и трехфазовому (сброс — выдержка — увеличение давления) рабочим циклам. Современные модуляторы часто имеют усложненный рабочий цикл. Например, фаза увеличения или уменьшения давления состоит из нескольких этапов, отличающихся темпом изменения давления. От частоты, с которой модулятор может осуществлять рабочий цикл, зависит диапазон регулирования относительного скольжения (буксования) колеса, а следовательно, в известной мере и качество работы АБС. Трехфазовый модулятор обеспечивает несколько меньший

расход рабочего тела. Модуляторы гидравлического тормозного привода АБС обеспечивают частоту циклов 4-12 Гц.

Одноканальные модуляторы давления выполняются как релейными, так и нерелейными (рис. 3). Релейные клапаны устанавливаются на полуприцепах и прицепах. Стандартная тормозная система для прицепа часто содержит релейные клапаны, которые могут быть заменены релейными клапанами АБС. Во всех других типах транспортных средств, то есть в автобусах, грузовых автомобилях и седельных автопоездах, а также в прицепах и автомобилях специального назначения используются нерелейные клапаны АБС. Оба типа клапанов управляются клапанами типа 3/2 (трехлинейными двухпозиционными). Следовательно, нерелейные клапаны управляют диафрагменными клапанами типа 2/2, которые имеют достаточно большое поперечное сечение. В ре-

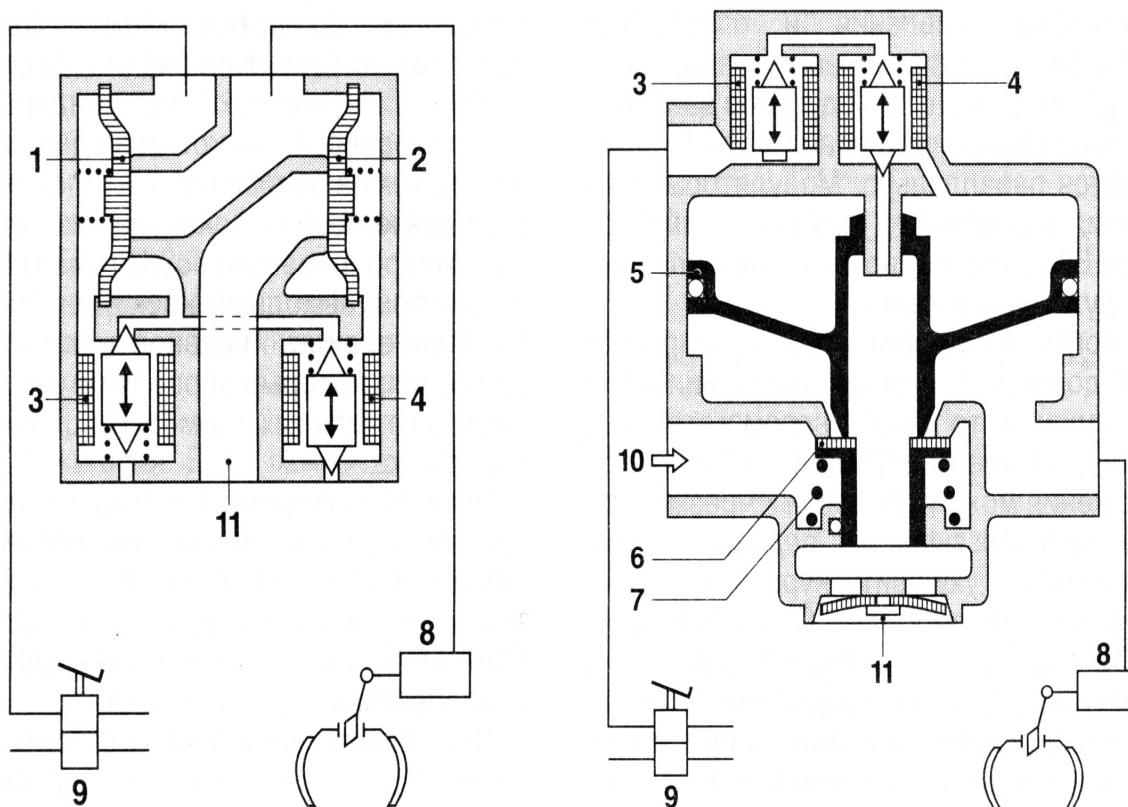


Рис. 3. Модуляторы давления диафрагменного и поршневого типа (релейный и нерелейный):

1 - клапан удержания давления; 2 - выпускной клапан; 3 - соленоидный клапан «поддержания давления»; 4 - соленоидный клапан «уменьшения давления»; 5 - управляющий поршень; 6 - пластинчатый клапан; 7 - пружина; 8 - тормозная камера; 9 - тормозной кран; 10 - подача воздуха; 11 - выпуск в атмосферу

лейных клапанах пилотные клапаны оказывают влияние на давление в управляющей камере клапана. При помощи блока ЕСУ передается управляющее воздействие на пилотные клапаны с целью достичь требуемых режимов поддержания или уменьшения давления.

3. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ АБС

В настоящее время на легковых автомобилях применяется достаточно большое количество самых разнообразных вариантов исполнения систем антиблокировки тормозов.

Тормозная динамика автомобиля в большой степени зависит от схемы установки элементов АБС на автомобиле. При этом возможно использование следующих принципов регулирования скольжения колес по осям:

— индивидуальное регулирование каждого колеса в отдельности (Individual Regelung) — IR;

— «низкопороговое» регулирование, т. е. регулирование, предусматривающее подачу команд на растормаживание и затормаживание обоих колес оси одновременно по сигналу датчика колеса, находящегося в худших по сцеплению условиях, — «слабого» колеса (Select Low)—SL;

— «высокопороговое» регулирование колес одной оси, когда сигнал подается датчиком «сильного» колеса, т. е. находящегося в лучших по сцеплению условиях (Select High) — SH;

— модифицированное индивидуальное регулирование—Modifizierte Individual Regelung (MIR) представляет собой компромиссное регулирование между SL и IR. Смысл MIR заключается в том, что вначале регулирование осуществляется по «низкопороговому», а затем постепенно происходит переход к индивидуальному регулированию. MIR целесообразно использовать при торможении на «миксте» (поверхности с различным сцеплением под левым и правым колесами — покрытие типа «микст», на повороте и поперечном уклоне.

Индивидуальное регулирование является оптимальным с точки зрения обеспечения наилучшей тормозной эффективности (минимального тормозного пути). Для этой цели каждое колесо оснащается датчиком угловой скорости, модулятором давления и имеет отдельный канал управления в электронном блоке

(рис. 4, а). Индивидуальное регулирование дает возможность получить оптимальный тормозной момент на каждом колесе в соответствии с локальными сцепными условиями и, как следствие, минимальный тормозной путь. Однако если колеса оси будут находиться в неодинаковых сцепных условиях, то тормозные силы на них также будут неодинаковыми. В этом случае возникает разворачивающий момент, приводящий к потере устойчивости. Управляемость автомобиля при этом сохраняется, так как колеса не заблокированы и запас боковой устойчивости остается достаточным. Схема с индивидуальным регулированием наиболее сложная и дорогая.

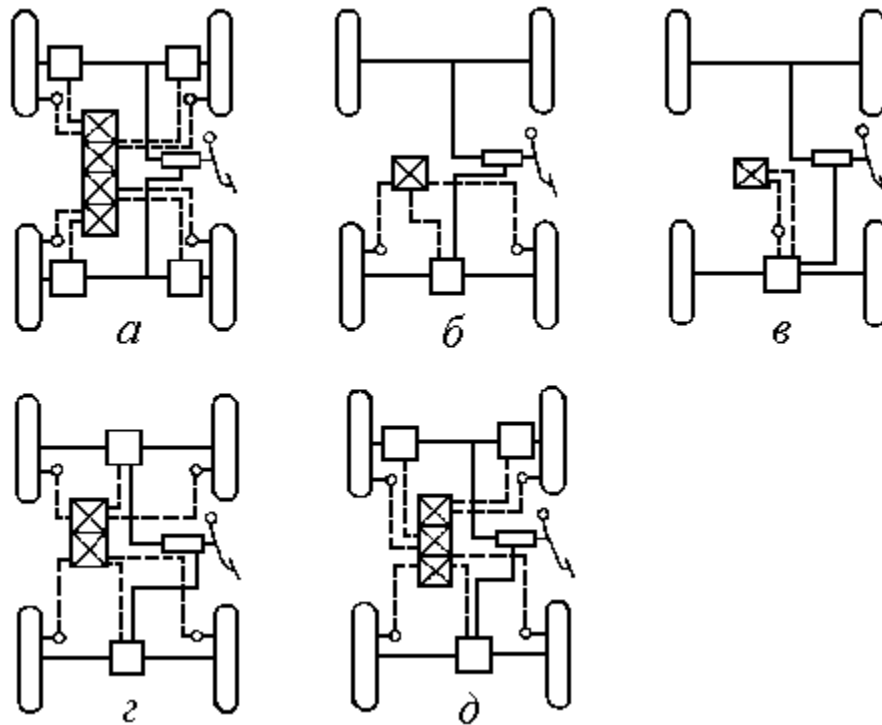


Рис. 4. Схема установки АБС на автомобиле:

- ⊗ - модулятор;
- - канал блока управления;
- - датчик угловой скорости

В целях упрощения схемы АБС предложены различные варианты установки элементов системы.

Одной из простых является схема, показанная на рисунке 4, б. Здесь используются два колесных датчика, один (общий для двух колес) модулятор и один канал блока управления. В схемах с об-

щим модулятором на оба колеса применяется либо «низкопороговое», либо «высокопороговое» регулирование.

При «низкопороговом» регулировании тормозные возможности колеса, находящегося на поверхности с большим коэффициентом сцепления, недоиспользуются и тормозная эффективность несколько снижается. В то же время создается равенство тормозных сил на обоих колесах, что способствует сохранению курсовой устойчивости автомобиля.

При «высокопороговом» регулировании тормозная эффективность улучшается, но устойчивость может несколько снизиться. Такое регулирование приводит к тому, что «слабое» колесо циклически блокируется.

Еще более простая схема показана на рисунке 4, в. В этой схеме применен всего один датчик угловой скорости, размещенный или на ведущей шестерне главной передачи, или на карданном валу, или на вторичном валу коробки передач. Имеется один общий для задних колес модулятор и блок управления с одним каналом. По резкому уменьшению угловой скорости карданного вала датчик определяет ситуацию, когда колесо, находящееся в худших сцепных условиях, стремится к блокированию. Таким образом, здесь имеет место «низкопороговое» регулирование. По сравнению с предыдущей эта схема имеет значительно меньшую чувствительность.

На рисунке 4, г приведена распространенная схема, в которой применены датчики угловых скоростей на каждом колесе, два модулятора и два канала управления. В такой схеме может применяться как «низкопороговое», так и «высокопороговое» регулирование. В большинстве случаев используется смешанное регулирование (SL—для задней оси и SH—для передней оси). По сложности и стоимости эта схема занимает промежуточное положение.

В схеме, изображенной на рисунке 4, д, применены четыре датчика угловой скорости у колес, три модулятора и три канала управления. Как видно из схемы, передние колеса регулируются индивидуально, а задние — по «низкопороговому» или «высокопороговому» принципу. По сравнению с предыдущей, эта схема несколько усложнена, хотя дает определенный выигрыш в эффективности и устойчивости.

4. АНТИБЛОКИРОВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

4.1. Принцип работы АБС

Для уяснения принципа действия системы автоматической антиблокировки тормозов рассмотрим работу трехканальной трехпозиционной электроклапанной АБС с гидронасосом низкого давления.

Составными компонентами такой системы АБС являются:

- датчики вращения колес (КД);
- колесные тормозные цилиндры (КТЦ);
- центральный гидравлический узел системы АБС (центральный исполнительный механизм — ЦИМ);
- главный тормозной цилиндр (ГТЦ);
- электронный блок управления (ЭБУ-АБС);
- контрольная лампа АБС;
- датчик (ДЗ) замедления инерционного типа (для автомобилей 4 WD).

Главным функциональным узлом системы АБС является центральный исполнительный механизм (ЦИМ). Он состоит из:

- электрогидронасоса (Н);
- трех редуцированных гидроклапанов обратного действия К1, К2, К3;
- трехпозиционного электромагнитного гидроклапана (ГК), который включает в себя два запорных клапана К4 и К5.

На рисунке 5 приведена функциональная модель системы АБС для одного переднего колеса.

Схема в зависимости от режима торможения может находиться в пяти состояниях:

1. Режим «торможение без АБС». В этом случае:

- а) $V_{K1} = V_{K2} = V_{K3} = V_{K4} = V_a$, где $V_a = (V_{K1} + V_{K2} + V_{K3} + V_{K4})/4$;
- б) АБС включается педальным датчиком ПД, но не функционирует, так как нет рассогласования скоростей вращения колес;
- в) тормозная жидкость из ГТЦ поступает в канал М и далее через клапан К4 в колесный тормозной цилиндр КТЦ. Клапаны К1 и К3 закрыты и перекрывают каналы L и N. Клапан К5 также закрыт. Происходит обычное торможение без участия АБС;

г) когда педаль тормоза отпускается, то под обратным давлением жидкости из КТЦ клапан К3 открывается и перепускает тормозную жидкость обратно в ГТЦ.

2. Режим «снижения давления» в КТЦ (ослабление силы торможения колес).

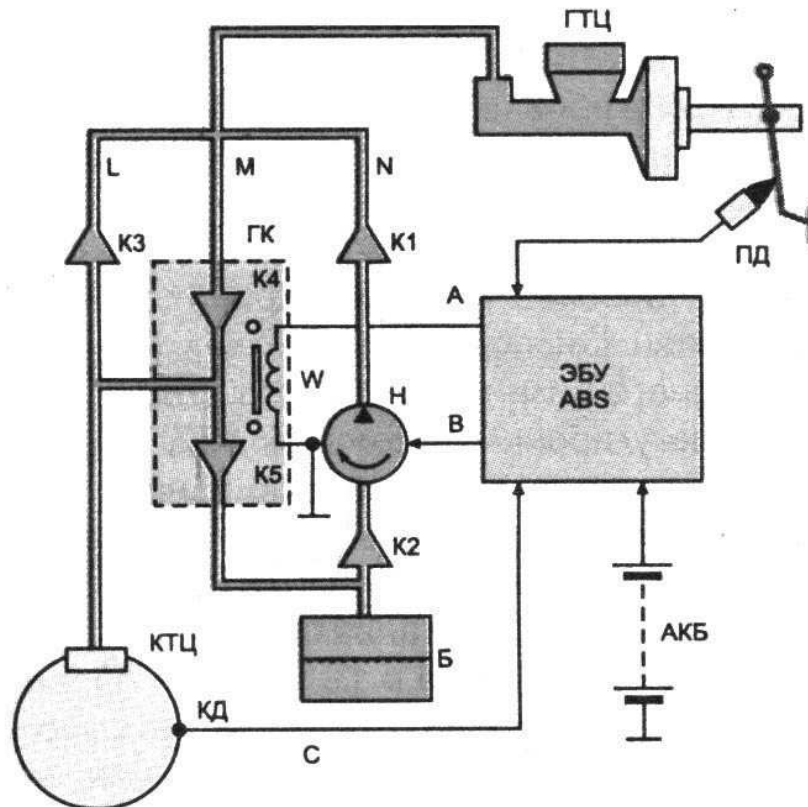


Рис. 5. Функциональная модель системы ABS (для одного колеса)

Этот режим возникает, когда от колесного датчика КД данного колеса в ЭБУ поступает сигнал «С» о замедлении вращения (состояние, близкое к блокировке колеса). При этом:

а) $V_a = (V_{K1} + V_{K2} + V_{K3} + V_{K4}) / 4 > V_{ki}$, так как $V_{ki} < (V_{K2} + V_{K3} + V_{K4}) / 3$;
 б) ЭБУ ABS по сигналу «С» выдает на контакт А напряжение $U_K = 10 \text{ В}$, и через соленоид W главного гидроклапана ГК начинает протекать ток 5 А (сопротивление $R_w = 2 \text{ Ом}$). Одновременно на контакт В с ЭБУ поступает напряжение $U_H = 12 \text{ В}$, от которого приходит во вращение гидронасос Н;

в) под напором гидронасоса Н обратные клапана К1 и К2 открываются, клапан К5 главного электрогидроклапана ГК также открывается, а клапан К4 закрывается под воздействием якоря соленоида W;

г) указанные переключения клапанов открывают обратный канал для тормозной жидкости из КТЦ в ГТЦ: через клапан К5, далее через клапаны К2 и К1 обратно в ГТЦ. При этом часть тормозной жидкости перепускается в бачок Б системы АБС.

3. Режим «удержания давления» в КТЦ.

Этот режим возникает, когда система АБС автоматически выходит из режима «снижение давления». Это происходит по сигналу «С» от колесного датчика, когда $V_{К1}$ снова становится равной V_a :

а) ЭБУ АБС на контакт А выдает напряжение 4 В, и ток в соленоиде W падает до 2 А. Гидронасос Н продолжает работать, так как на контакт В по-прежнему подается напряжение 12 В;

б) при токе 2 А (в соленоиде W) электромагнитный клапан закрывает оба рабочих клапана К4 и К5 и обеспечивает стабилизацию давления тормозной жидкости в КТЦ, так как в этом состоянии клапанов тормозная жидкость запирается клапанами К3, К4 и К5 в колесном цилиндре КТЦ. Электрогидронасос продолжает работать, создавая противодавление в ГТЦ и удерживая клапан К3 в закрытом состоянии.

4. Режим «увеличения давления» в КТЦ.

Этот режим возникает, когда от колесного датчика КД приходит сигнал «С» повышенной скорости вращения данного колеса, т.е. сигнал, при котором $V_{К1} > V_a$ (колеса со скоростью вращения $V_{К2}$, $V_{К3}$, $V_{К4}$ — тормозятся, а со скоростью $V_{К1}$ — вращаются свободно):

а) ЭБУ АБС по сигналу «С» выключает напряжение на контакте А ($I_w = 0$), но напряжение $U_H = 12$ В на гидронасос продолжает поступать с контакта В. При этом ГК выключается, занимает исходное положение, клапан К4 открывается, а К5 закрывается;

б) в колесном тормозном цилиндре КТЦ давление жидкости увеличивается, так как гидронасос Н подает жидкость из бачка Б в КТЦ через клапаны К1, К2 и К4, которые открыты.

5. Во всех четырех состояниях функциональная схема при обратном ходе тормозной педали работает на возврат тормозной жидкости обратно в ГТЦ через обратный клапан К3.

Когда тормозная педаль поднимается вверх до отказа, концевой выключатель ПД выключает ЭБУ и система АБС перестает функционировать.

Таким образом, выключатель ПД является датчиком включения и выключения системы АБС.

На некоторых моделях автомобилей дополнительно к ПД на шоферском пульте управления устанавливают второй выключатель системы АБС, которая в таком случае может быть выключена водителем.

4.2. АБС 2S фирмы Bosch

Эта система (рис. 6) встраивается в качестве дополнительной в обычную тормозную систему. Между главным тормозным цилиндром и колесными цилиндрами устанавливается электромагнитный клапан, который либо поддерживает давление на постоянном уровне, либо снижает давление в приводах колес или в контурах. Электромагнитные клапаны приводятся в действие блоком управления (БУ), обрабатывающим информацию, поступающую от четырех колесных датчиков.

ЭБУ, куда непрерывно поступают данные о скорости вращения каждого колеса и ее изменениях, определяет момент возникновения блокировки, затем, при необходимости, производит сброс давления, включает гидронасос, который возвращает часть тормозной жидкости обратно в питательный бачок главного цилиндра. В модуляторе АБС (рис. 7) скомпонованы электромагнитные клапаны, гидронасос с аккумуляторами давления жидкости, реле электромагнитных клапанов и реле гидронасоса. Работа системы происходит по программе, подразделяющейся на три фазы: 1 — нормальное или обычное торможение; 2 — удержание давления на постоянном уровне; 3 — сброс давления. Фаза *нормального торможения* (рис. 8). При обычном торможении напряжение на электромагнитных клапанах отсутствует, из главного цилиндра тормозная жидкость под давлением свободно проходит через открытые электромагнитные клапаны и приводит в действие тормозные механизмы колес. Гидронасос не работает.

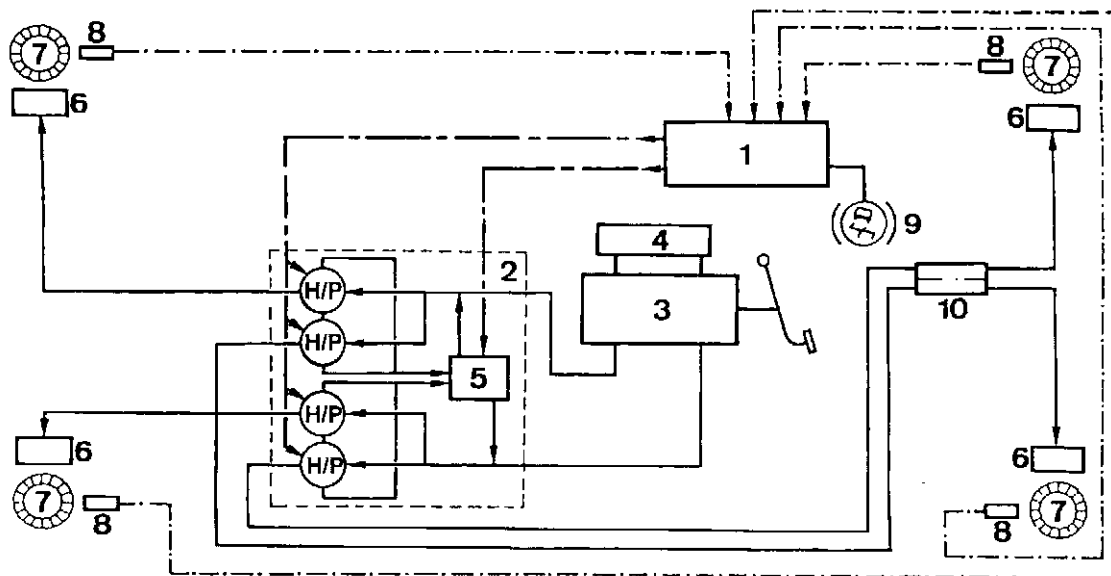


Рис. 6. Функциональная схема АБС Bosch 2S:

1—блок управления (ЭБУ); 2—модулятор; 3—главный цилиндр; 4—питательный бачок; 5—электрогидронасос; 6— колесный цилиндр; 7— ротор колесного датчика; 8—колесный датчик; 9—сигнальная лампа в комбинации приборов; 10—регулятор тормозных сил; Н/Р—нагнетательный и разгрузочный электромагнитные клапаны;

· · · · · — входные сигналы ЭБУ;

— — — — — — выходные сигналы ЭБУ;

————— — тормозной трубопровод

Фаза удержания давления на постоянном уровне (рис. 9). При появлении признаков блокировки одного из колес БУ, получив соответствующий сигнал от колесного датчика, переходит к выполнению программы цикла удержания давления на постоянном уровне путем разъединения главного и соответствующего колесного цилиндра. На обмотку электромагнитного клапана подается ток силой 2 А. Поршень клапана перемещается и перекрывает поступление тормозной жидкости из главного цилиндра. Давление в рабочем цилиндре колеса остается неизменным, даже если водитель продолжает нажимать на педаль тормоза.

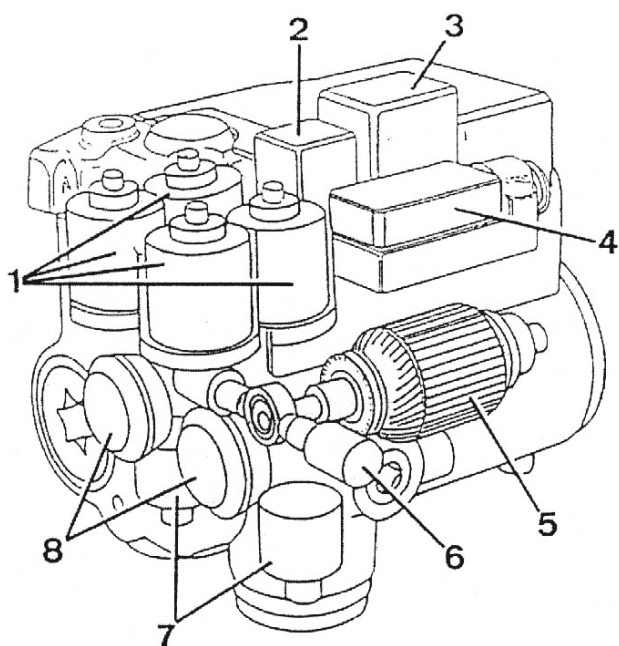


Рис. 7. Схема модулятора:
 1 - электромагнитные клапаны; 2 - два реле гидронасоса; 3 - реле электромагнитных клапанов; 4 - электрический разъем; 5 - электродвигатели гидронасоса; 6 - радиальный поршневой элемент насоса; 7 - аккумулятор давления; 8 - глушитель

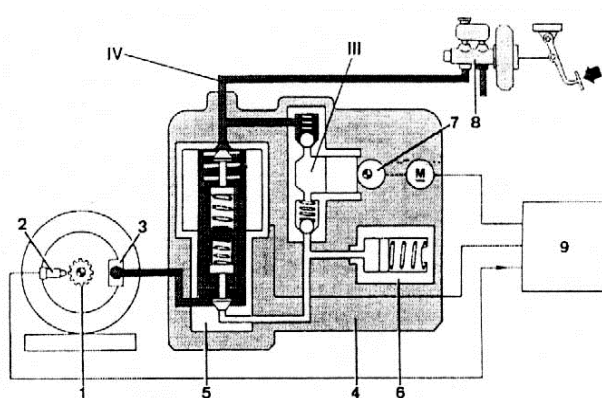


Рис. 8. Фаза обычного торможения:
 1—ротор колесного датчика; 2—колесный датчик; 3— колесный (рабочий) цилиндр; 4—модулятор; 5—электромагнитный клапан; 6—аккумулятор давления; 7—нагнетательный насос; 8—главный цилиндр с соосными поршнями; 9—блок управления

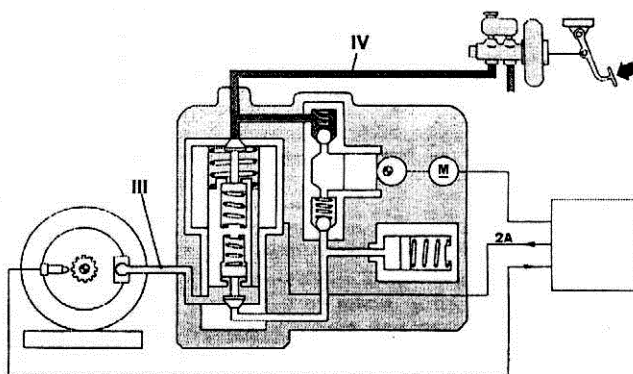


Рис. 9. Фаза удержания давления на постоянном уровне

Фаза сброса давления (рис. 10). Если опасность блокировки колеса сохраняется, ЭБУ подает на обмотку электромагнитного

клапана ток большей силы: 5 А. В результате дополнительного перемещения поршня клапана открывается канал, через который тормозная жидкость сбрасывается в аккумулятор давления жидкости. Давление в колесном цилиндре падает. ЭБУ выдает команду на включение гидронасоса, который отводит часть жидкости из аккумулятора давления. Педаль тормоза приподнимается.

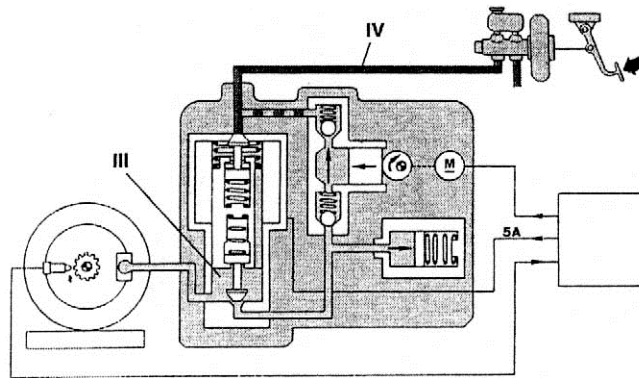


Рис. 10. Фаза сброса давления

«Биение» тормозной педали, ощущаемое водителем, — явление совершенно нормальное. Оно происходит вследствие периодической перекачки тормозной жидкости гидронасосом. Для водителя оно служит указанием о включении в работу АБС.

5. АНТИБЛОКИРОВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И АВТОБУСОВ

5.1. Принцип работы АБС с пневмоприводом

В противоположность легковым автомобилям грузовые имеют пневматические тормозные системы. Тем не менее, функциональное описание цепей управления АБС для легковых автомобилей применимо также к грузовым автомобилям.

На рисунке 11 показана упрощенная схема двухконтурного тормозного привода с АБС, регулирующей торможение отдельно задних колес и передней оси. Для этого установлен модулятор колес передней оси 9 и модулятор задних колес 10, блок управления 7 и четыре датчика 8 у колес.

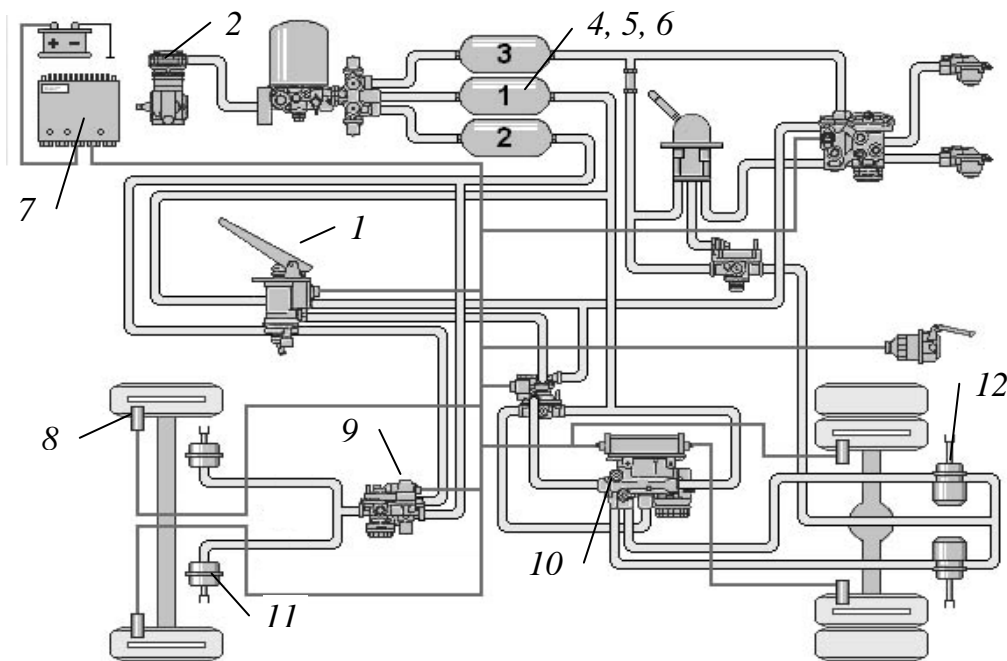


Рис. 11. Пневматически тормозной привод с АБС:
 1— -тормозной кран; 2— компрессор; 3— тройной защитный клапан; 4, 5, 6— ресиверы; 7— блок управления; 8— датчики; 9— модулятор давления передних колес; 10— модулятор давления задних колес; 11— тормозные камеры; 12— тормозные камеры и энергоаккумуляторы

5.2. АБС фирмы WABCO

Типичная схема установки четырехканальной АБС WABCO показана на рисунке 12. Эта система состоит из блока управления, соединенного с колесными датчиками и модуляторами.

Одноканальный модулятор АБС WABCO диафрагменной конструкции, имеет более высокое (15 мс) быстродействие по сравнению с поршневой (30...40 мс), выполняемой на базе ускорительного клапана.

В тормозном приводе модулятор АБС устанавливается не далее 1,5 м от тормозных камер и подключается к ним трубопроводом диаметром более 10 мм.

Модулятор WABCO (рис. 13) имеет два электроклапана 1 и 6 и два пневмоклапана 3 и 5.

Выходы модулятора подключены: I - к тормозному крану, II - к тормозной камере, III - к атмосфере.

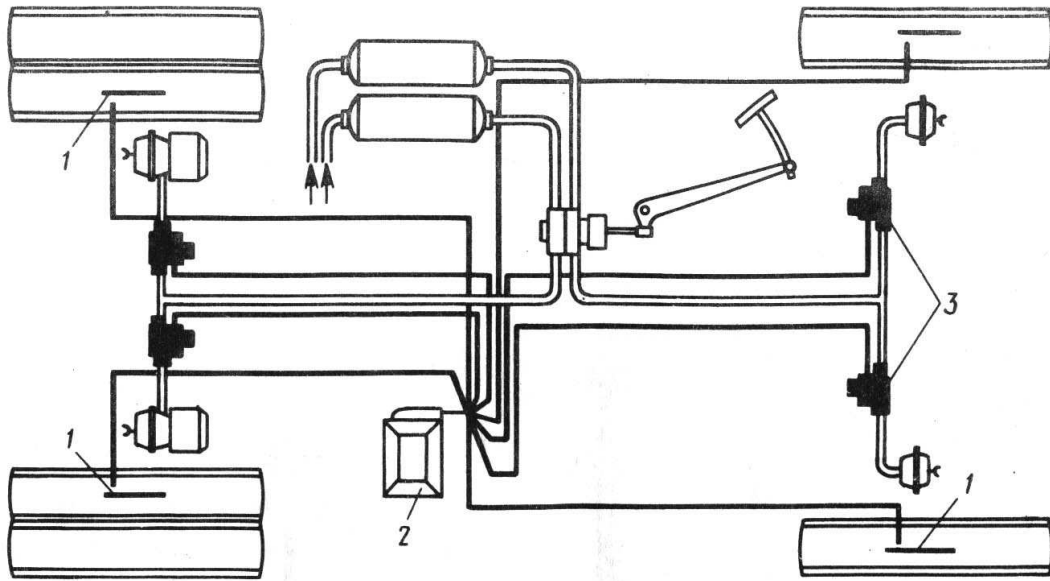


Рис. 12. Схема установки четырехканальной АБС WABCO:

1 - датчик угловой скорости; 2 - электронный блок управления; 3 - модулятор

При торможении без срабатывания АБС воздух поступает от крана в выход I, отжимает диафрагму клапана 3 и проходит к выходу II. Одновременно он поступает через канал 4 к пневмоклапану 5, который дополнительно прижимается к своему седлу, перекрывая атмосферный выход. Пневмоклапан 3 находится в открытом положении, так как полость А соединена с атмосферой через электроклапан 1. При растормаживании тормозным краном воздух проходит через модулятор в обратном направлении, от выхода II к выходу I.

При работе АБС модулятор обеспечивает трехфазовый рабочий цикл. В фазе сброса давления на оба электроклапана модулятора подается напряжение от электронного блока управления. Электроклапан 1 закрывает атмосферный выход и одновременно пропускает воздух из выхода I через канал 2 в полость А. Давление с обеих сторон диафрагмы пневмоклапана 3 выравнивается и он усилием пружины закрывается. Одновременно вследствие срабатывания электроклапана 6 открывается пневмоклапан 5. Через него воздух из тормозных камер выходит в атмосферу.

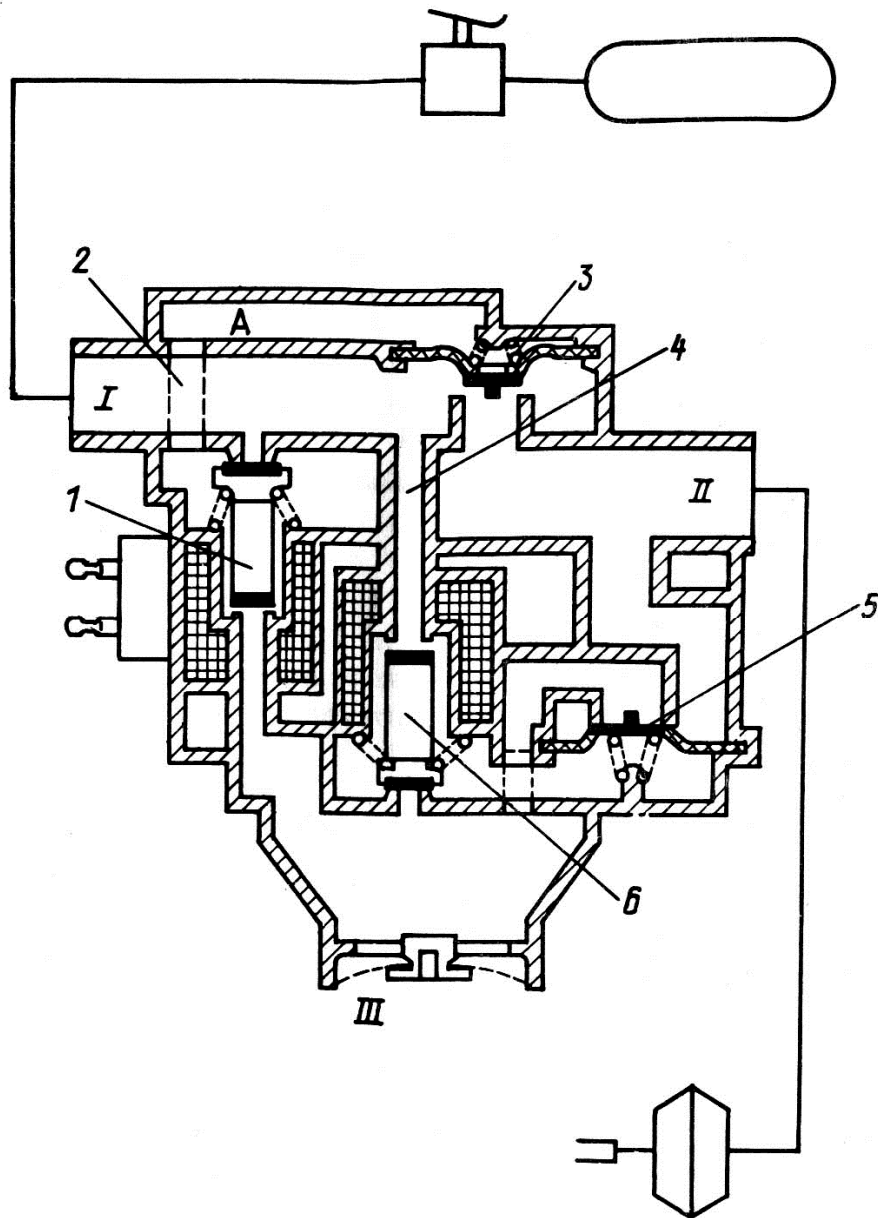


Рис. 13. Схема модулятора WABCO:

1, 6 - электроклапаны; 2, 4 - каналы модулятора;
3, 5 – пневмоклапаны;

A - полость модулятора I - выход к тормозному крану; II - выход к тормозной камере; III - выход в атмосферу

Выдержка тормозного давления (вторая фаза) на постоянном уровне производится при подаче напряжения только на электроклапан 1. В этом случае оба пневмоклапана закрыты.

Для третьей фазы - увеличения давления - модулятор переводится в положение, показанное на рисунке 13. Электрокла-

паны в этом случае обесточены, и воздух проходит из тормозного крана в тормозную камеру.

Установка трехфазовых модуляторов WABCO у каждого колеса АТС позволяет реализовать любой принцип регулирования. В своих конструкциях фирма отдает предпочтение принципам MIR, IR и реже - SL.

Электронный блок управления АБС обрабатывает поступающую от датчиков информацию об угловой скорости колес и формирует команды на электроклапаны модулятора в соответствии с заложенным алгоритмом. АБС работает в циклическом режиме изменения тормозного давления.

На рисунке 14 показаны графики рабочего цикла АБС WABCO.

В алгоритме используются уставки по замедлению колеса "+а" и "-а" и уставки по относительному скольжению λ_1 и λ_2 . Это объясняется тем, что хотя регулирование по замедлению колеса и позволяет приспособливаться к изменению сцепных условий, однако при торможении на снегу или по льду, когда величина замедления незначительна и не превышает уставку "-а", происходит блокирование колеса. Регулирование только по скольжению также не обеспечивает качества процесса, особенно при ступенчатом изменении коэффициента сцепления ϕ . Удовлетворительный процесс регулирования был достигнут при использовании одновременно уставок по замедлению и скольжению. Переход при низких скоростях движения на алгоритм с регулированием по скольжению позволяет избежать блокирования колеса почти до остановки.

Относительное скольжение колеса определяется сравнением скорости автомобиля V_a с окружной скоростью тормозящих колес. Так как текущее значение скорости автомобиля во время торможения не может быть замерено непосредственно, то оно определяется расчетным путем. Для этого в момент начала блокирования любого колеса производится опрос всех колесных датчиков. Принимается, что скорость автомобиля в этот момент (начальная скорость цикла) соответствует максимальной из скоростей V_k колес, определенных в результате опроса. В последующие моменты времени рабочего цикла текущее значение скорости автомобиля (так называемая опорная скорость

V_{on}) рассчитывается по начальной скорости цикла и замедлению автомобиля, величина которого заложена заранее в алгоритм АБС.

При торможении в точке 1 (см. рис. 14) замедление j_k колеса начинает превышать замедление автомобиля. Начинается расчет опорной скорости.

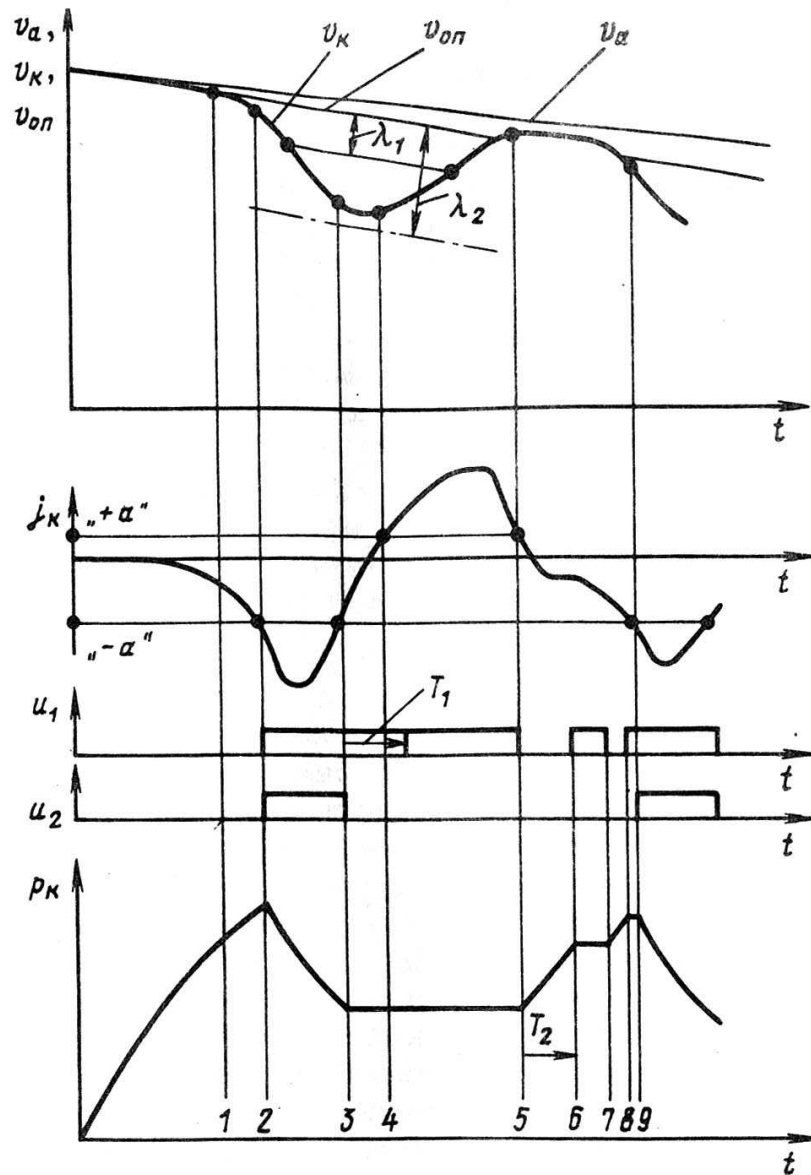


Рис. 14. Графики рабочего цикла АБС WABCO:

V_a – скорость автомобиля; V_k – окружная скорость колеса; V_{on} – опорная скорость; J_k – замедление колеса; p_k – давление в тормозной камере; $''-a''$, $''+a''$, λ_1 , λ_2 – установки; T_1 , T_2 – пороговые интервалы времени; u_1 , u_2 – команды электроклапанам

В точке 2 превышает уставка "-а" по замедлению колеса. Подаются команды u_1 и u_2 на электроклапаны модулятора и начинается уменьшение давления p_k в тормозных камерах. Уменьшение давления может начаться также в том случае если уставка "-а" не превышена, но достигнута уставка λ_1 по скольжению колеса. Этот случай характерен для торможения на дорогах с малым коэффициентом сцепления ϕ .

В течение некоторого времени после начала сброса давления замедление j_k колеса продолжает возрастать. Это происходит вследствие инерции колеса и уменьшения значения ϕ с ростом скольжения. Колесо находится в критической зоне $\phi - S$ диаграммы и может заблокироваться за 30 мс. Если сброс давления начат своевременно, то полного блокирования не происходит и через некоторое время колесо начинает разгоняться.

Растормаживание прекращается в точке 3 (достигается уставка "-а"). Начиная с этого момента, давление выдерживается постоянным в течение времени T_1 . Как правило, в течение этого времени ускорение колеса превышает уставку "+а" (точка 4). Давление в тормозной камере выдерживается постоянным, пока уставка остается превышенной. Если уставка за время T_1 не достигнута (например, на льду, когда колесо разгоняется медленно), то растормаживание будет продолжено согласно уставке λ_2 по скольжению колеса.

Сигнал на повторное затормаживание подается в точке 5 (уставка "+а"). К этому времени ϕ находится на левой ветви диаграммы. Увеличение давления сначала продолжается время T_2 . При этом преодолевается гистерезис тормозного механизма. Величина T_2 задается для первого цикла, а для последующих рассчитывается заново. После первого интенсивного повышения давления начинается ступенчатое увеличение с более низким общим градиентом. Минимальная величина одного импульса роста давления составляет в АБС WABCO 0,03 МПа.

Описанный цикл повторяется с частотой до 5 Гц. Алгоритм может оперативно корректироваться в зависимости от характера блокирования колеса на дорогах с различным коэффициентом сцепления, т.е. АБС является адаптивной.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. В чем заключается недостаточная эффективность использования регулятора тормозных сил в приводе тормозов?
2. Какие необходимы условия обеспечения оптимальной эффективности тормозов?
3. На каком принципе основано действие антиблокировочной системы?
4. Основные элементы АБС.
5. Принципы регулирования скольжения колес по осям, достоинства и недостатки этих принципов.
6. Основные схемы АБС, их достоинства и недостатки.
7. Конструкция АБС с гидроприводом, назначение основных элементов системы.
8. Объяснить принцип работы АБС с гидравлическим приводом: без включения АБС; в режиме снижения давления; в режиме удержания давления; в режиме увеличения давления.
9. Какие процессы проходят в тормозной системе на всех режимах торможения?
10. Функциональная схема АБС фирмы Bosch, принцип работы модулятора.
11. Достоинства и недостатки модуляторов давления диафрагменного и поршневого типов.
12. Схема пневматического тормозного привода с АБС.
13. Принцип работы модулятора фирмы WABCO, алгоритм его работы на всех режимах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильный справочник/ Перевод с англ. Первое русское издание. – М.: Издательство «За рулем», 2000. – 896 с.
2. Тормозные системы. Диагностика неисправностей. АБС. (Устройство, принцип действия, проверка и регулировка) /Ассоциация независимых издательств. - М., 1998.
3. Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета: Учебник для студентов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М.:

- Машиностроение, 1989. – 304с.
4. Фрумкин А.К., Попов А.И., Алышев И.И. Современные антиблокировочные системы и противобуксовочные системы грузовых автомобилей, автобусов и прицепов. – М.: ЦНИТЭИАвтопром. 1990. – 57 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЗОВ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АНТИБЛОКИРОВОЧНЫХ СИСТЕМ	3
2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ АНТИБЛОКИРОВОЧНЫХ СИСТЕМ	7
3. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ АБС	10
4. АНТИБЛОКИРОВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	13
4.1. Принцип работы АБС	13
4.2. АБС 2S фирмы Bosch	16
5. АНТИБЛОКИРОВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ и АВТОБУСОВ	19
5.1. Принцип работы АБС с пневмоприводом	19
5.2. АБС фирмы WABCO	20
6. Вопросы для контроля	26
Список литературы	26
СОДЕРЖАНИЕ	27

Петров Александр Павлович

АНТИБЛОКИРОВОЧНАЯ СИСТЕМА ТОРМОЗОВ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов очной и заочной форм обучения
специальности 190201

Редактор Т.В. Тимофеева

Подписано в печать	Формат 60×84 1/16	Бумага тип. №1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 1,75	Уч-изд. л. 1,75
Заказ	Тираж 80	Цена свободная

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя 25.
Курганский государственный университет.