

Ю. Б. Беленький, Н. Ф. Метлюк,
В. П. Автушко, Л. Л. Борисов

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАЗОРОВ В ФРИКЦИОННЫХ ПАРАХ ТОРМОЗОВ

Эксплуатационная надежность автомобилей всех типов в значительной мере зависит от безаварийной работы тормозной системы. Обеспечение оптимального зазора между элементами трущихся пар тормозов необходимо для достижения минимального тормозного пути и сохранения прямолинейного движения при торможении. Необходимо также, чтобы зазоры между элементами фрикционных пар отдельных колес были взаимно равны. Увеличение зазоров влечет за собой увеличение времени полного срабатывания тормозов (вследствие повышения расхода рабочей среды на одно торможение), снижение эффективности торможения и, следовательно, увеличение тормозного пути. Различие в величине зазоров отдельных колес приводит к неодновременному схватыванию и различной эффективности тормозов, что может вызывать нарушение устойчивости движения автомобиля при торможении. Последнее объясняется тем, что в динамике работы тормозного привода давления равны только в местах разветвления привода, что является следствием общих свойств гидравлических и пневматических систем.

Падение эффективности тормозного механизма с пневмоприводом при увеличении зазоров в фрикционных парах происходит, как известно, вследствие уменьшения так называемой «эффективной рабочей площади» большинства применяемых тормозных пневмокамер по мере перемещения их штока и диафрагмы, а также вследствие некоторого уменьшения крутящего момента на валу разжимного кулака $M_{в.к}$ (при данном значении силы на штоке камеры $P_{шт}$) по мере отклонения рычага разжимного кулака от положения, перпендикулярного к оси штока тормозной камеры. Это отклонение рычага от перпендикулярного положения тем больше (при равных прочих условиях), чем больше величина зазоров в фрикционных парах тормоза.

Для обеспечения оптимальных величин зазоров необходимо регулировать зазоры по мере износа накладок. Это особенно важно для гидравлических систем, у которых запас жидкости ограничен. Поэтому регулировать такие гидравлические системы, как правило, приходится чаще.

Ручное регулирование зазоров в тормозах является трудоемкой операцией, и обслуживание тормозов влечет за собой значительное увеличение расходов на эксплуатацию автомобиля. Поэтому почти одновременно с появлением гидравлических тормозных приводов возникла необходимость автоматизации операций регулирования зазоров между фрикционными парами.

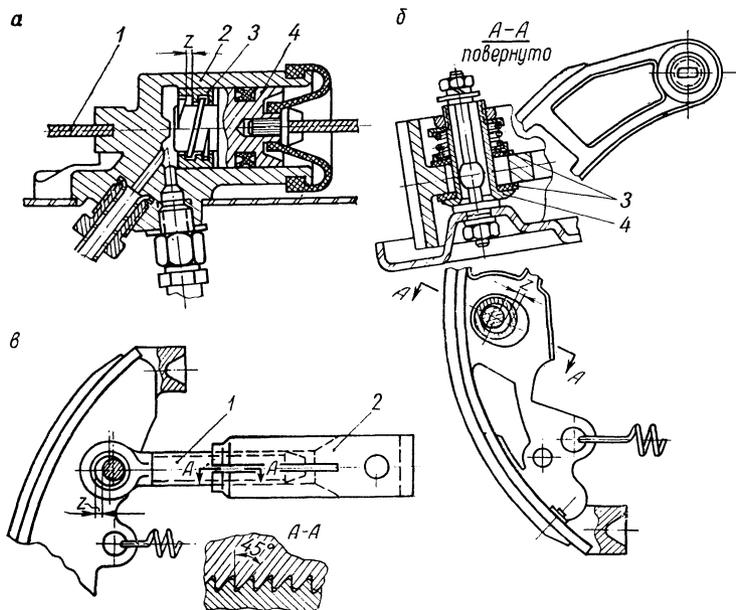


Рис. 1. Схемы автоматических механических регуляторов зазоров в колодочных тормозах с гидроприводом:

а — фрикционное кольцо на поршне цилиндра; *б* — фрикционные устройства в колодках; *в* — гребенчатое устройство со ступенчатым регулированием

В тормозах с гидравлическим приводом регулировочное устройство устанавливается внутри колодочного или дискового тормозного механизма и воздействует непосредственно на колодки (диски) или на поршни, раздвигающие колодки (диски). Возможны также варианты регулировочных устройств, устанавливаемых в магистрали гидропривода и действующих на поршни рабочего цилиндра тормоза посредством тормозной жидкости.

Следует отметить, что в обычных тормозах с пневмоприводом, имеющих тормозную камеру и разжимной кулак, регулировочное устройство (автоматическое или ручное) должно устанавливаться на участке между разжимным кулаком и диафрагмой тормозной камеры.

Автоматические регуляторы зазоров в тормозах с гидроприводом можно условно разделить на механические, гидравлические и смешанные. Примером механических регуляторов могут служить регуляторы, показанные на рис. 1 и 2.

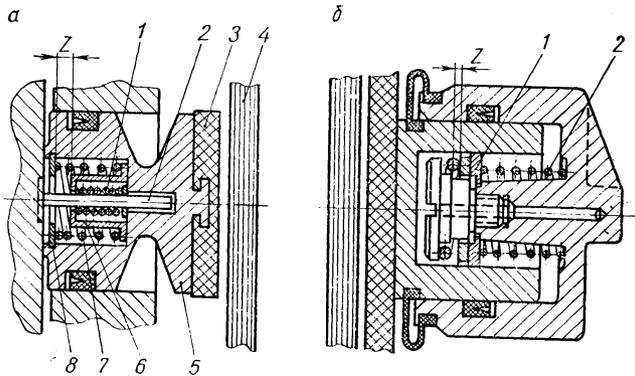


Рис. 2. Схемы механических автоматических регуляторов зазоров в дисковых тормозах с гидроприводом «Duplon» (а) и «Budd» (б)

На рис. 1, а представлена схема бесступенчатого регулятора с фрикционным пружинным кольцом в рабочем цилиндре. При торможении под действием давления жидкости в колесном цилиндре 2 поршень 4 за счет люфта z в специальной резьбе, соединяющей пружинное кольцо 3 и поршень, передвигается и прижимает колодку 1 к барабану. По мере износа фрикционной накладки поршень 4 под действием высокого давления в гидросистеме передвигает пружинное кольцо 3 относительно цилиндра 2 на величину износа накладки, преодолевая при этом силу трения кольца 3 в цилиндре. При оттормаживании поршень под действием пружины, стягивающей колодки, возвращается назад на величину зазора z в резьбах пружинного кольца и поршня. Стяжная пружина не может передвинуть кольцо, так как ее усилие меньше силы трения кольца в цилиндре. Следовательно, происходит ограничение обратного хода поршня и колодки.

Фрикционное устройство в колодках изображено на рис. 1, б. При торможении колодка 1 вместе с фрикционными шайбами 3 и втулкой 4 перемещается к барабану за счет зазора z между втулкой 4 и пальцем 2. При увеличении зазора между барабаном и фрикционной накладкой в результате износа перемещение колодки при максимальном торможении увеличивается и становится больше радиального зазора z . В этом случае втулка 4 упирается в палец 2 и происходит перемещение колодки относительно втулки 4, благодаря чему происходит корректировка зазора.

Регулятор с гребенчатым (или цанговым) устройством (рис. 1, в) работает следующим образом. При износе накладки шток 1 перемещается относительно цанги 2. В этом регуляторе в отличие от рассмотренных происходит ступенчатое регулирование зазоров.

На рис. 2, а представлена схема автоматического регулятора зазоров в дисковых тормозах фирмы «Duplon». При максимальном

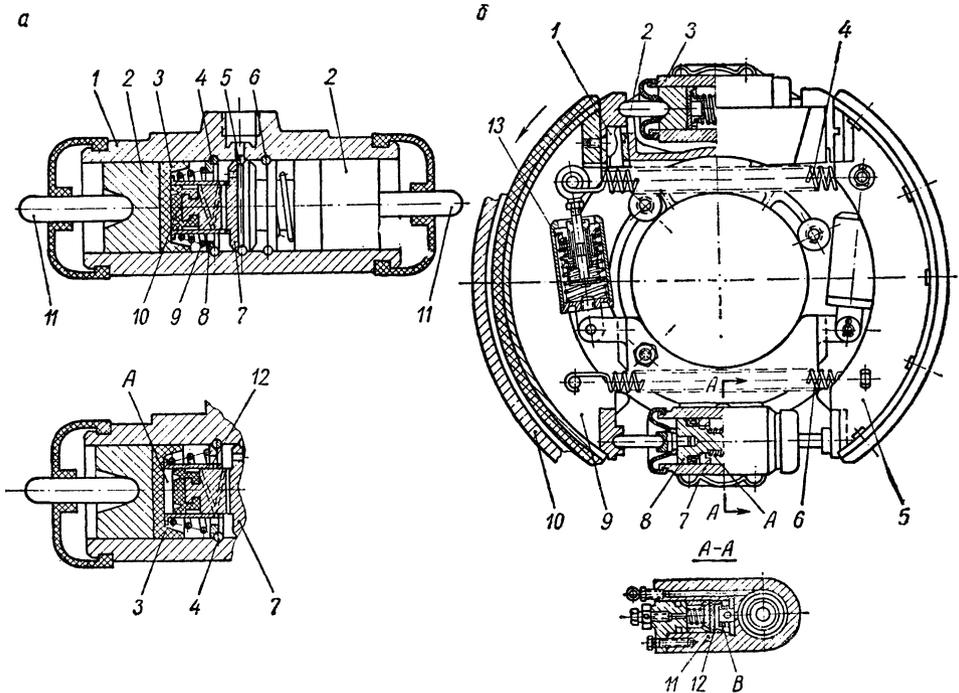


Рис. 3. Схемы автоматических регуляторов зазоров в тормозах с гидроприводом:

а — гидравлический регулятор; б — смешанный

торможении поршень 5 перемещается в крайнее правое положение на величину зазора z между накладкой 3 и тормозным диском 4, при этом сжимается возвратная пружина 7, и зазор между корпусом гильзы 6 и шайбой 8 выбирается. Установка зазора происходит следующим образом. При износе накладки 3 полное перемещение поршня 5 при максимальном торможении станвится больше величины z , вследствие чего шайба 8, воздействуя на гильзу 6, перемещает удерживающую пружину 1, которая одета с натягом на неподвижный стержень 2. Таким образом происходит приближение фрикционной накладки к тормозному диску.

В автоматическом регуляторе фирмы «Budd» (рис. 2, б) коррек-

тировка зазора при максимальном торможении происходит за счет перемещения поршня 2 относительно пружинной шайбы 1.

Примером гидравлического и смешанного регулятора могут служить регуляторы, показанные на рис. 3. Внутри цилиндра 1 (рис. 3, а) имеются перегородки 7, снабженные отверстиями для протекания жидкости к поршням с манжетами 10. Поршни могут перемещаться в гильзах, опирающихся на манжеты 3. Гильзы 12 прижимаются к манжетам 10 пружинами 9. Другим концом пружины 9 опираются на кольца 8, удерживаемые стопорными кольцами 4 и 6. Перегородки 7 правой и левой частей цилиндра имеют возможность передвигаться между стопорными кольцами 4 и 6.

При торможении жидкость действует на всю поверхность манжеты 3, так как в пространство А жидкость проникает через специальные канавки в манжете 10, отгибая язычки манжеты. Поэтому при торможении в пространстве А давление приблизительно равно давлению в тормозном трубопроводе. Перегородки 7 при торможении передвигаются от кольца до стопорных колец 4 и 6. Гильза 12 все время прижимается к манжете 3 пружиной 9. Сила, разжимающая колодки, равняется силе обычных колесных тормозных цилиндров.

Возвращение поршней 2 при оттормаживании происходит в два этапа. На первом этапе поршни 2, манжеты 3, гильзы 12 и перегородки 7 с поршнями и манжетами 10 передвигаются до тех пор, пока перегородки 7 не подойдут к стопорным кольцам 4 и 6. По окончании первого этапа возможно протекание рабочего процесса в двух направлениях. Первый, когда между накладками и барабаном уже установился зазор, и второй, когда зазора нет и колодки поджимаются барабаном. В первом случае в пространстве А устанавливается давление, созданное упругой силой пружин, стягивающих колодки, при этом необходимо удельное давление между фланцем гильзы 12 и манжетой 3 выбирать большим, чем давление в полости А, чтобы жидкость не перетекала из пространства А в общую полость цилиндра.

Первый случай соответствует торможению с небольшими усилиями, так как при применении описываемой конструкции расстояние между стопорными кольцами 4, 5 и 6 выбирается небольшим.

Во втором случае сумма деформаций тормозного механизма, приведенных к оси тормозного цилиндра, больше, чем возможное перемещение перегородки 7 между стопорными кольцами 4 и 5. В этом случае барабан, форма которого после окончания торможения восстанавливается, оказывает весьма значительное давление на тормозные колодки, толкатели 11, поршни 2, манжеты 3 и стремится переместить все перечисленные детали и гильзу 12 в сторону уменьшения объема А. Благодаря этому в полости А повышается давление, которое становится большим, чем давление между фланцем гильзы 8 и манжетой 3. Давление в полости А заставляет часть

жидкости перетечь в общую полость цилиндра. Это влечет за собой возникновение зазора между барабаном и накладками.

Для колодочных тормозных механизмов с воздействием одной колодки на другую разработана специальная система регулирования (рис. 3, б). Регулирование в этой системе происходит при низком давлении. При повышении давления в тормозной магистрали тормозная жидкость поступает в верхний рабочий цилиндр 3 и в нижний регулировочный цилиндр 7. Пружина 4 рассчитана на значительно большую упругую силу, чем пружина 6, поэтому поршни нижнего цилиндра начинают расходиться и прижимать нижние концы колодок, в то время как поршни верхнего цилиндра и соответственно верхние концы колодок еще не раздвигаются.

На первом этапе работы устройства жидкость, поступающая в нижний цилиндр, передвигает поршень 11 до упора и в случае износа накладок пропускает через манжету 12 необходимое количество жидкости в пространство В и оттуда в пространство А, что и вызывает расхождение поршней 8 нижнего регулировочного цилиндра. Только после того как нижние концы колодок лягут своими накладками на барабан, давление в верхнем и нижнем цилиндрах может стать больше давления, равного частному от деления силы пружины на площадь поршня верхнего цилиндра. После этого раздвигаются поршни верхнего цилиндра и система работает, как описано выше.

Необходимо отметить, что реакция от колодки 9, передаваемая через поршни нижнего цилиндра на колодку 5, заставит поршни 8 несколько сойтись за счет обратного хода вспомогательного поршня 11 до упора в крышку. После этого жидкость внутри цилиндра 7 оказывается запертой, и каждому перемещению одного поршня будет соответствовать равное перемещение противоположащего поршня того же цилиндра. Колодка 9 под воздействием толкателя верхнего цилиндра и сил трения несколько переместится по направлению стрелки и заставит сдвинуться колодку 5, точка опоры которой лежит на площадке 2, жестко связанной с суппортом.

При помощи описанного гидравлического регулятора производится регулировка зазоров в нижней части колодок. Зазоры в верхней части тормоза регулируются двумя цанговыми регуляторами 13.

На рис. 4 показан автоматический регулятор зазоров в тормозе с пневмоприводом. Для этого типа регулятора характерно применение храпового устройства или муфты свободного хода, расположенных между тягой диафрагмы и разжимным кулаком. При торможении рычаг 1 под действием штока тормозной камеры поворачивается по часовой стрелке и усилие через собачку 3 передается обойме 7 и валу разжимного кулака 2, которые при максимальном торможении поворачиваются на угол δ относительно храпового колеса 4. По мере износа накладок обойма 7 поворачивается на угол,

больший δ ; вместе с ней перемещается храповое колесо 4 и фиксируется в новом положении собачкой 5, закрепленной на неподвижной опоре 6. При оттормаживании обойма 7 поворачивается назад против часовой стрелки на угол δ , обеспечивающий необходимый зазор между колодками и барабаном.

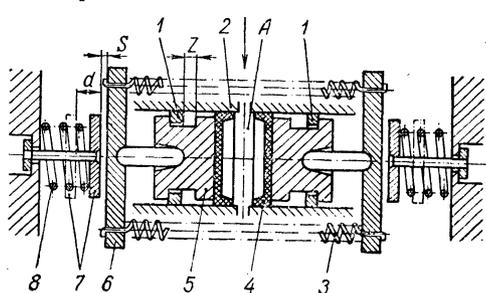
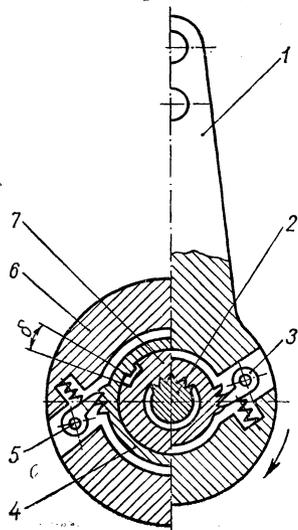


Рис. 5. Теоретическая модель автоматического регулятора зазоров:

1 — кольцо; 2 — цилиндр; 3 — стягивающие пружины; 4 — манжета; 5 — поршень; 6 — колодки; 7 — барабан; 8 — упругость барабана и накладок

Рис. 4. Автоматический регулятор зазоров в тормозе с пневмоприводом

Из теоретической модели автоматического регулирования зазоров (рис. 5) видно, что приведенный зазор в регуляторе z , приведенный регулируемый зазор между фрикционными парами тормоза s и сумма приведенных деформаций барабана и других силовых элементов тормоза d находятся в зависимости

$$s = z - d. \quad (1)$$

Величина d состоит из силовой деформации d_Q , т. е. деформации силовых элементов (барабана, колодок и др.) тормоза, происходящей от силового воздействия поршней на колодки и барабан, и из тепловой деформации d_t . С учетом этих деформаций выражение (1) примет вид

$$s = z - (d_Q + d_t). \quad (2)$$

Величина z устанавливается в рассмотренных и во всех известных автоматических регуляторах исходя из максимального значения d'_Q , получаемого при торможении с максимальной эффективностью, с учетом максимальной температурной деформации d'_t . Эти величины деформаций d'_Q и d'_t являются переменными в широких пределах. Величина d'_Q зависит от многих факторов, в

частности, от величины максимального давления рабочей среды (воздуха или жидкости) в тормозной системе, от случайных возможных изменений коэффициента трения μ фрикционной пары тормоза, от толщины и материала накладки и т. д. Максимальное давление воздуха в пневмосистеме изменяется в пределах регулирования, задаваемых автоматическим регулятором давления, а в отдельных случаях может оказываться и меньше нижнего предела регулирования. У легковых автомобилей с гидравлическим тормозным приводом без усиления максимальное давление зависит от физической силы водителя.

Температурная деформация d'_t при максимальном торможении также величина переменная и зависит от режима торможения, температуры окружающей среды, режима движения автомобиля, температуры деталей тормоза в результате частичного торможения, предшествовавшего данному максимальному торможению, при котором происходит регулировка зазора, и т. д. При эксплуатации автомобиля величина зазора s изменяется в зависимости от режимов следующих друг за другом торможений, обуславливающих износ накладок. По мере износа накладок при частичных служебных торможениях (максимальные торможения в практике встречаются сравнительно редко) зазор s увеличивается.

Таким образом, можно отметить следующие основные недостатки описанных и других известных автоматических регуляторов, корректирующих зазоры при максимальном торможении: 1) вследствие неизбежных по указанным причинам деформаций d'_Q и d'_t в широких пределах при максимальном торможении невозможно достигнуть при таких регуляторах приемлемой стабильности зазоров s в тормозах; 2) высокая степень влияния величин d'_Q и d'_t на зазор s , так как величина зазора s , будучи очень малой (0,1—0,5 мм), возникает вследствие разности сравнительно больших величин z , d'_Q и d'_t , значения которых во многих случаях достигают 10 мм и более; 3) при применении регуляторов, устанавливающих зазоры в зависимости от максимального тормозного усилия, неизбежно увеличение зазоров s вследствие износа накладок при служебных частичных торможениях.

Сравнительный анализ различных схем автоматических регуляторов зазоров позволил установить, что для обеспечения надежного и стабильного регулирования зазоров и устранения указанных недостатков регуляторов необходимо применение таких новых регуляторов, которые регулировали бы зазор при малом постоянном давлении в рабочих органах тормозов. Такой регулятор должен удовлетворять следующим основным требованиям: 1) регулировку зазора следует производить при возможно более низком давлении P_p , которое, однако, должно быть выше давления, создаваемого пружинами, стягивающими колодки. При соблюдении данного тре-

бования корректировка зазора происходит при каждом, даже малом, служебном торможении, благодаря чему достигается стабильность заданной величины зазора s при любых износах фрикционных накладок; 2) давление p_p , при котором прекращается действие регулятора, должно быть постоянным, так как изменение величины давления p_p в процессе эксплуатации влечет за собой соответствующее изменение величины регулируемого зазора s ; 3) тепловые изменения в тормозной жидкости и в деталях тормоза не должны вызывать самопроизвольного частичного притормаживания; 4) рабочие характеристики регулятора в процессе эксплуатации должны быть стабильны; 5) регулятор должен отличаться не только простой конструкции, но и низкой стоимостью эксплуатации.

Примером регулятора, корректирующего зазор при низком давлении, может служить гидравлический регулятор, показанный на рис. 3.

Выводы

1. Рассмотренные автоматические регуляторы, корректирующие зазоры только при максимальном торможении, в большинстве случаев являются неприемлемыми. Они могут использоваться только в тех случаях, когда обеспечивается постоянство силовых d'_q и температурных d'_t деформаций при максимальном торможении и когда сравнительно часто имеют место такие торможения, при которых происходит срабатывание регулятора.

2. Для обеспечения стабильного заданного значения зазора s в тормозах вне зависимости от режимов торможения и возможных колебаний максимальных давлений в тормозном приводе при максимальных торможениях необходимо применение автоматических регуляторов, производящих корректирование требуемого зазора s при низком давлении p_p в рабочих органах тормозов. Причем давление, при котором происходит автоматическая настройка регулятора на требуемый зазор s , должно быть, с одной стороны, возможно малым, чтобы малые служебные торможения не вызывали нежелательных отклонений зазора s от заданного значения, а с другой стороны, должно быть выше давления, создаваемого пружинами, стягивающими колодки, чтобы исключалось влияние этих пружин на работу регулятора.