

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВКИ ПРИВОДА НА РАБОТУ РЕГУЛЯТОРА ТОРМОЗНЫХ СИЛ

Смирнов Д.Н.¹, Кириллов А.Г.¹, Нуждин Р.В.¹

¹ ФГБОУ «Владимирский Государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, Россия (600000, г. Владимир, ул. Горького, д. 87), e-mail: SDN87@inbox.ru

В представленной статье рассматривается влияние регулировки привода на работу регулятора тормозных сил (ВАЗ-2108-351205211) переднеприводных автомобилей ВАЗ. Правильно отрегулированный заводом-изготовителем привод в процессе эксплуатации подвергается вибрационным нагрузкам, приводящим к изменению точки крепления привода. Для исследования были взяты регулятор тормозных сил и его механический привод, не имеющие наработки. На стенде снимались выходные параметры – давление тормозной жидкости, создаваемое на выходных отверстиях регулятора тормозных сил, при разных положениях точки крепления привода и двух режимах нагрузки, имитирующие снаряжённый и полный вес автомобиля. На основании полученных данных были построены рабочие характеристики регулятора тормозных сил. По результатам анализа были сделаны выводы о влиянии положения точки крепления привода регулятора тормозных сил на его работоспособность. Для подтверждения полученных лабораторных данных были исследованы механические приводы регулятора тормозных сил эксплуатируемых автомобилей ВАЗ. При анализе полученных данных была определена предельная наработка элементов крепления механического привода регулятора тормозных сил, на основании которой сформулированы рекомендации по техническому воздействию при обслуживании.

Ключевые слова: рабочая тормозная система, контуры тормозной системы, регулятор тормозных сил, механический привод регулятора тормозных сил.

INFLUENCE OF ADJUSTMENT OF THE DRIVE ON OPERATION OF THE REGULATOR OF BRAKE FORCES

Smirnov D.N.¹, Kirillov A.G.¹, Nuzhdin R.V.¹

¹ Vladimir State University of a Name of Alexander Grigoryevich and Nikolay Grigoryevich Stoletovykh, Vladimir, Russia (600000, Vladimir, Gorky Street), e-mail: SDN87@inbox.ru

In presented article influence of adjustment of the drive on operation of the regulator of brake forces (VAZ-2108-351205211) of front-wheel cars VAZ is considered. Drive correctly adjusted by manufacturer, in use is exposed to the vibration loadings leading to change of a point of fastening of the drive. For research the regulator of brake forces and its mechanical drive which don't have practices were taken. At the stand output parameters – pressure of brake fluid created on exhaust outlets of the regulator of brake forces were removed, at different provisions of a point of fastening of the drive and two modes the loadings imitating the equipped and full weight of the car. On the basis of the obtained data performance data of the regulator of brake forces were constructed. By results of the analysis conclusions were drawn on influence of provision of a point of fastening of the drive of the regulator of brake forces on its working capacity. For confirmation of the obtained laboratory data, mechanical drives of the regulator of brake forces of operated cars VAZ were investigated. In the analysis of the obtained data the limit operating time of elements of fastening of the mechanical drive of the regulator of brake forces on the basis of which recommendations about technical influence at service are formulated was defined.

Keywords: working brake system, contours of brake system, regulator of brake forces, mechanical drive of the regulator of brake forces.

Введение. Проводимые авторами исследования [3, 4, 5] работы регулятора тормозных сил (РТС) в условиях эксплуатации позволили установить, что на его работоспособность влияет изменение геометрических параметров элементов РТС. В процессе эксплуатации сопряжённые поверхности элементов конструкции РТС подвергаются механическому и коррозионно-механическому изнашиванию. Чем больше износ элементов, тем выше

вероятность отказа регулятора. На работоспособность РТС также оказывает влияние его привод.

Материалы и методы исследования. В конструкции привода РТС имеются четыре сопряжения элементов конструкции [4], которым в процессе эксплуатации присущи характерные дефекты или износ, приводящие к некорректной работе системы:

- неправильное взаимоположение торсиона и рычага привода регулятора;
- износ штифта двуплечего кронштейна рычага привода РТС;
- неправильная регулировка крепления привода РТС (позиция 4, рис. 1);
- износ головки штока дифференциального поршня.

Дефекты во всех четырёх сопряжениях формируются параллельно, но проявляться они могут как отдельно друг от друга, так и одновременно. Наиболее распространённым дефектом является неправильная регулировка привода.

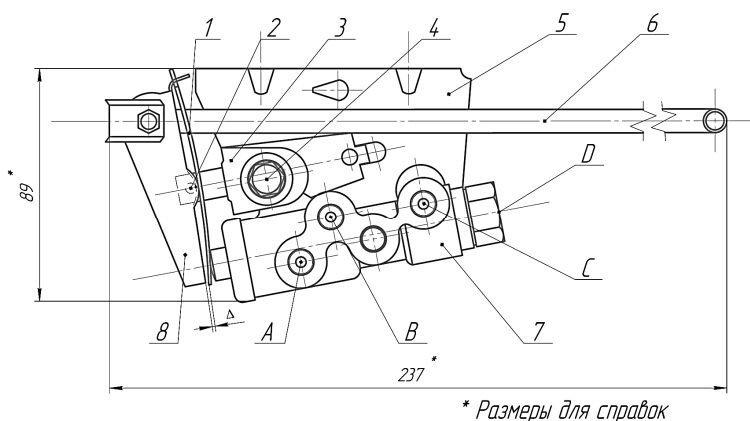


Рис. 1. Регулятор тормозных сил с приводом: 1 – пружина рычага; 2 – штифты; 3 – двуплечий кронштейн рычага привода РТС; 4 – крепление привода; 5 – кронштейн крепления регулятора к кузову автомобиля; 6 – упругий рычаг (торсион) привода РТС; 7 – РТС; 8 – рычаг привода регулятора; A, D – входные отверстия РТС; B, C – выходные отверстия РТС

Неправильная регулировка привода возникает при сдвиге влево или вправо относительно РТС двуплечего кронштейна рычага привода регулятора 3 (рис. 1), имеющего овальное отверстие в точке крепления 4 (длина большой оси 20 мм). Данный сдвиг может являться следствием эксплуатации (ослабление крепления при вибрационной нагрузке или постоянной

перегрузке автомобиля) или вмешательства некомпетентных лиц.

Рекомендуемая регулировка привода обеспечивается соблюдением зазора между нижней частью рычага 8 привода регулятора и пружиной 1 рычага. Данный зазор по рекомендациям завода-изготовителя должен быть в пределах $\Delta = 2...2,1$ мм [1] при снаряжённой массе автомобиля.

Результаты исследования и их обсуждения. Рассмотрим рабочие характеристики РТС при различной регулировке привода. Для исследования были взяты регулятор и его привод, которые не эксплуатировались на автомобиле. Выбор нового регулятора основан на отсутствии износа элементов РТС и его привода, что позволяет получить нормативные характеристики РТС.

Для получения рабочих характеристик РТС был использован стенд для определения статической характеристики регулятора тормозных сил [2].

На рис. 2, а представлены рабочие характеристики РТС при имитации снаряжённого состояния автомобиля в трёх положениях регулировки привода.

При рекомендуемой регулировке привода (линии 1, 2, рис. 2, а) ограничение давления тормозной жидкости происходит при величине $p_{0\text{хсп}} = 3,04$ МПа, что находится в допустимых пределах при сравнении с заводскими характеристиками (линии $вг$ и $нг$, рис. 2, а). Далее продолжается плавное нарастание давления за счёт дросселирования жидкости внутри РТС. В результате при давлении тормозной жидкости на входах А, $D_{РТС} p_0 = 9,81$ МПа, на выходе В – $p_1 = 4,61$ МПа, на выходе С – $p_2 = 4,90$ МПа, что тоже вписывается в допустимый коридор, установленный заводом-изготовителем (линии $вг$ и $нг$, рис. 2, а). Разница между выходными величинами давления тормозной жидкости p_1 и p_2 составляет $\Delta p = 0,29$ МПа, что соответствует допустимым пределам заводской характеристики [1].

При регулировке привода в крайнем левом положении (линии 3, 4, рис. 2, а) отсутствует полное срабатывание РТС, но присутствует момент начала его срабатывания, которое наблюдается при $p_{0\text{хлев}} = 4,12$ МПа. Этот факт объясняется тем, что зафиксированный в крайнем левом положении привод воздействует на шток поршня с большим усилием $P_{п}$, которое выше результирующего усилия на головку поршня при максимальном значении p_0^{max} (как показали измерения $p_0^{\text{max}} \gg 9,81$ МПа). В конечном итоге при давлении тормозной жидкости на входах А, $D_{РТС} p_0 = 9,81$ МПа на выходе В создается давление $p_1 = 6,77$ МПа и на выходе С – $p_2 = 7,45$ МПа. Разница между выходными величинами давления тормозной жидкости составляет $\Delta p = 0,69$ МПа, что превышает допустимое значение на 0,29 МПа.

Эксплуатация автомобиля при таких условиях опасна по двум причинам:

- давление тормозной жидкости в тормозных механизмах задней оси выходит за верхнюю границу коридора рекомендуемых значений, что приведёт при экстренном торможении к первоочередному блокированию колёс задней оси при всех значениях ϕ ;
- неравномерность тормозного усилия задней оси, вызванная разностью давлений, может привести к потере устойчивости автомобиля при экстренном торможении вне зависимости от состояния покрытия.

Регулировка привода в крайнем правом положении создаёт зазор $\Delta = 6...6,1$ мм между

нижней частью рычага 8 привода регулятора (рис. 1) и пружиной 1 рычага. Данная величина зазора делает бесполезным механический привод РТС при снаряжённой массе автомобиля, т.к. привод не обеспечивает усилия на головке штока поршня, что и показывает рабочая характеристика (линии 5, 6, рис. 2, а). Точка срабатывания РТС отсутствует для выхода С, а для выхода В она находится в нуле. Рост давления тормозной жидкости p_2 на выходе С не наблюдается, т.к. клапан пробки РТС находится в закрытом положении. При входном давлении (отверстия А, D, рис. 1) $p_0 = 9,81$ МПа давление тормозной жидкости на выходе В будет ограничено до $p_1 = 2,45$ МПа. Разница между выходными величинами давления тормозной жидкости p_1 и

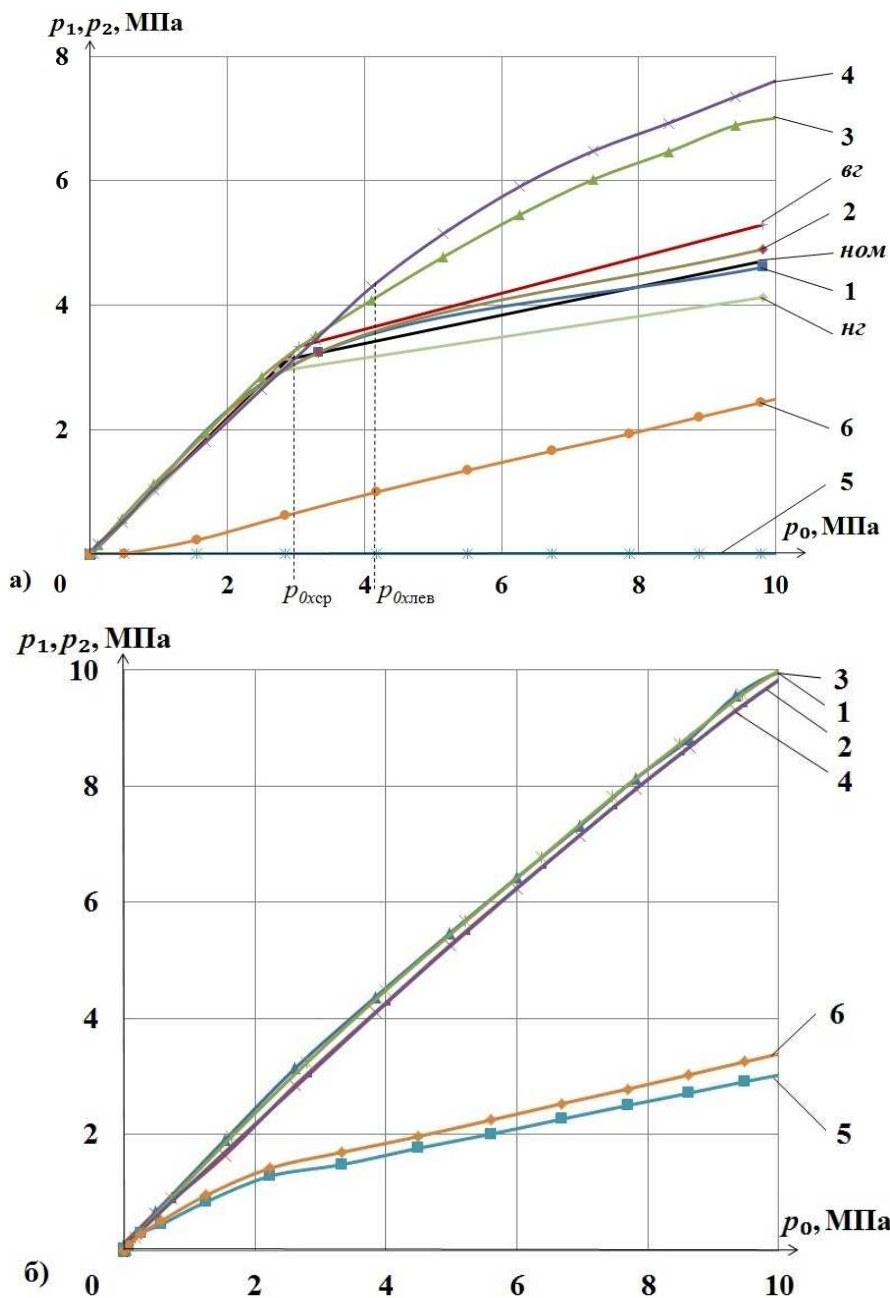


Рис. 2. Рабочие характеристики РТС при разной фиксации привода: а) – при снаряжённой массе автомобиля; б) – при полной массе автомобиля; p_0 – величина давление тормозной жидкости на входных отверстиях РТС, МПа; p_1, p_2 – величина давления тормозной жидкости на выходных отверстиях РТС; 1, 2 – правильная фиксация привода; 3, 4 – фиксация привода в крайнем левом положении; 5, 6 – фиксация привода в крайнем правом положении; 1, 3, 6 – изменение давления тормозной жидкости на тормозном механизме заднего левого колеса автомобиля; 2, 4, 5 – изменение давление тормозной жидкости на тормозном механизме заднего правого колеса автомобиля; $v_{г}, n_{г}$ – верхняя и нижняя границы допустимых значений рабочих характеристик; ном – номинальное значение рабочей характеристики; $p_{0хсп}, p_{0хлев}$ – давление тормозной жидкости, при котором происходит срабатывание РТС, при правильной фиксации привода и фиксации в крайнем левом положении, соответственно

p_2 превышает допустимое значение $\Delta p = 2,06$ МПа, установленное заводом-изготовителем.

Эксплуатация автомобиля при регулировке привода РТС в крайнем правом положении опасна по тем же причинам, что и при регулировке в крайнем левом положении.

На рис. 2, б представлены рабочие характеристики РТС в трёх положениях фиксации привода при имитации полной нагрузки автомобиля.

При рекомендуемом положении регулировки привода (линии 1, 2, рис. 2, б) характеристики давлений тормозной жидкости на выходах РТС имеют практически линейный вид. Разница между выходными величинами давления p_1 и p_2 тормозной жидкости составляет $\Delta p = 0,39$ МПа (например, при давлении на входах $p_0 = 2,94$ МПа) – в допустимых пределах [1]. Ограничения давления на выходах *B* и *C* не происходит, т.к. при имитации полной загрузки автомобиля механический привод воздействует на шток поршня с усилием, которое выше результирующего усилия на головку штока дифференциального поршня при максимальном значении p_0^{\max} .

При регулировке привода в крайнем левом положении рабочие характеристики РТС имеют тот же вид (линии 3, 4, рис. 2, б), что и рабочие характеристики при рекомендуемой регулировке привода. Ограничение давления тормозной жидкости на выходах РТС не происходит. В результате при входных величинах давления тормозной жидкости $p_0 = 9,81$ МПа, на выходах РТС будет $p_1 = 9,81$ МПа, $p_2 = 9,61$ МПа. Разница выходных давлений $\Delta p = 0,20$ МПа в допустимых пределах.

При регулировке привода в крайнем правом положении (линии 5, 6, рис. 2, б) рабочие характеристики имеют вид рабочих характеристик, полученных при имитации снаряжённого состояния автомобиля и рекомендуемой регулировке привода (линии 1, 2, рис. 2, а). Но есть одно существенное отличие: ограничение давления тормозной жидкости происходит очень рано, и точка срабатывания может лежать в интервале $p_{0x} = 0 \dots 0,39$ МПа. Это приведёт к значительному сокращению ресурса колодок и шин передних колёс, т.к. при полной нагрузке автомобиля передние тормозные механизмы постоянно будут перегружены при возрастающей тормозной силе.

Для сбора статистических данных, связанных с изменением регулировки привода РТС, были исследованы автомобили, находящиеся в эксплуатации в центральном федеральном округе РФ на автомобильных дорогах обычного типа категории II, III, IV и V. Автомобили имели разный срок эксплуатации, варьирующийся от 3 до 70 тыс. км. Исследованию подвергалось 55 автомобилей, имеющих в тормозном приводе РТС маркировки ВА3-2108-351205211.

Анализируя собранные статистические данные о надёжности механического привода и вероятности его отказа по причине изменения кинематики, был получен график зависимости изменения положения регулировки ΔS крепления привода от наработки привода РТС (рис. 3).

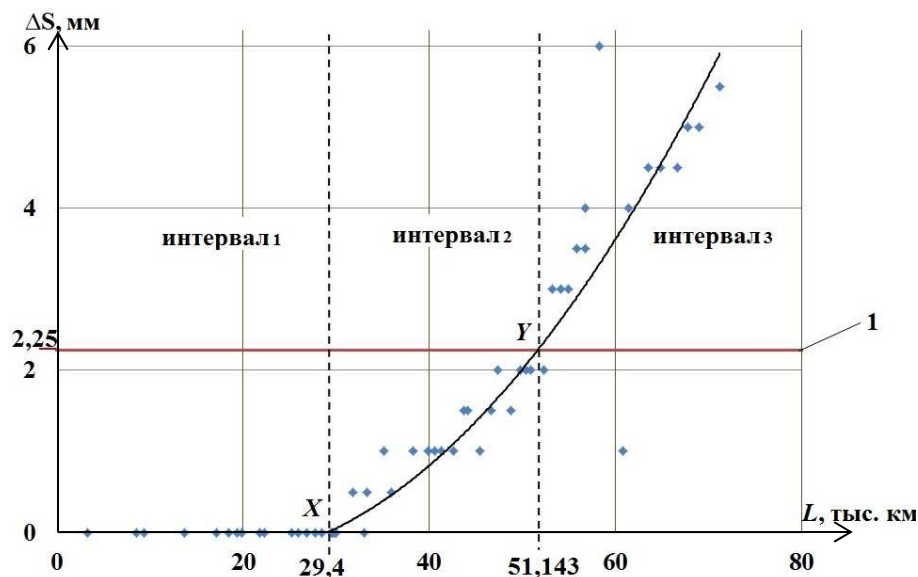


Рис. 3. График зависимости сдвига крепления механического привода от величины наработки: ΔS – величина изменения положения регулировки крепления привода, мм; L – наработка привода РТС, тыс. км; X – точка начала сдвига; Y – точка критической величины сдвига; 1 – линия, характеризующая максимально допустимую величину смещения крепления привода РТС; уравнение зависимости: $\Delta S = 0,0021L^2 - 0,0675L + 0,2128$

$\pm 0,220$ тыс. км (41,8% выборки) начинает проявляться изменение положения регулировки ΔS крепления привода в сторону крайнего правого положения. На пробеге $L = 51,143 \pm 0,220$ тыс. км наблюдается величина изменение положения регулировки $\Delta S = 2,25$ мм крепления привода, при этом зазор между нижней частью рычага 8 (рис. 1) привода регулятора и пружиной 1 рычага $\Delta = 3,5 \dots 3,6$ мм. При таком зазоре клапан пробки РТС, отвечающий за ограничение давления тормозной жидкости в приводе к заднему правому рабочему цилиндру и имеющий ход 1,5 мм, будет закрыт при снаряжённой массе автомобиля. В результате на колёсах задней оси возникнет разность тормозных сил, что приведёт к потере устойчивости автомобиля при торможении.

На рис. 4 представлена прямая зависимость зазора Δ от изменения положения регулировки ΔS крепления привода РТС, а на рис. 5 – зависимость динамического коэффициента преобразования W_d РТС от изменения положения регулировки ΔS крепления привода РТС. Величина максимально допустимого изменения положения регулировки ΔS крепления привода РТС в правую сторону, определённая двумя способами, имеет одно значение $\Delta S = 2,25$ мм.

При дальнейшей эксплуатации автомобиля (более $L = 51,143 \pm 0,220$ тыс. км, интервал 3) возрастает вероятность отказа РТС по причине отсутствия усилия P_n со стороны привода.

В интервале 1 (рис. 3) наработки (29,1% исследованных автомобилей) причиной отказов является нарушение технологии изготовления и сборки. Изменение положения регулировки ΔS крепления привода на интервале 1 отсутствует.

На интервале 2 (рис. 3) наработки L от $29,400 \pm 0,220$ до $51,143$

В ходе исследований наблюдались случаи, не соответствующие естественному

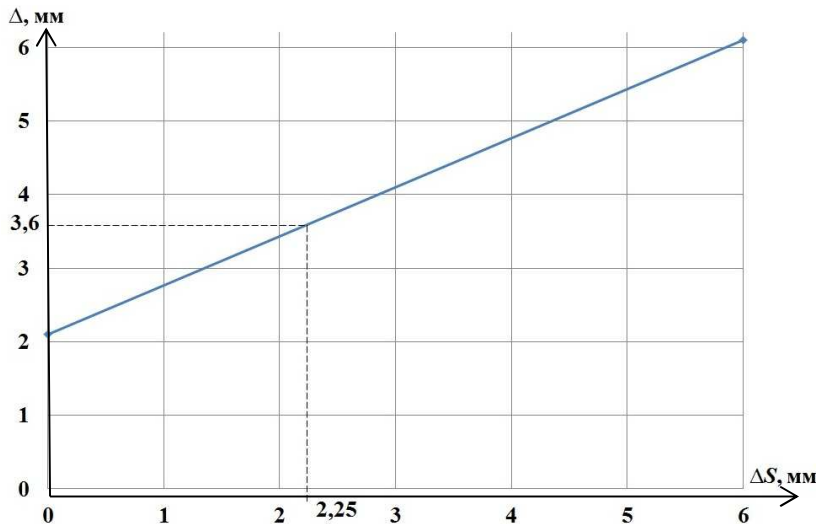


Рис. 4. График зависимости зазора Δ между нижней частью рычага привода регулятора и пружиной рычага от изменения положения крепления ΔS привода РТС; уравнение зависимости: $\Delta = 0,6667\Delta S + 2,1$

эксплуатационному изменению положения крепления привода РТС (5,5% исследуемых автомобилей): 1) на автомобиле, имеющем $L = 27,775$ тыс. км наработки, изменение положения крепления привода составило 6 мм в сторону крайнего левого положения; 2) на автомобиле, имеющем пробег $L = 58,318$ тыс. км с начала

эксплуатации, изменение положения крепления привода был в сторону крайнего правого положения на 6 мм; 3) на автомобиле, имеющем $L = 60,762$ тыс. км наработки, изменение положения крепления привода составил 1 мм в сторону крайнего правого положения фиксации привода РТС.

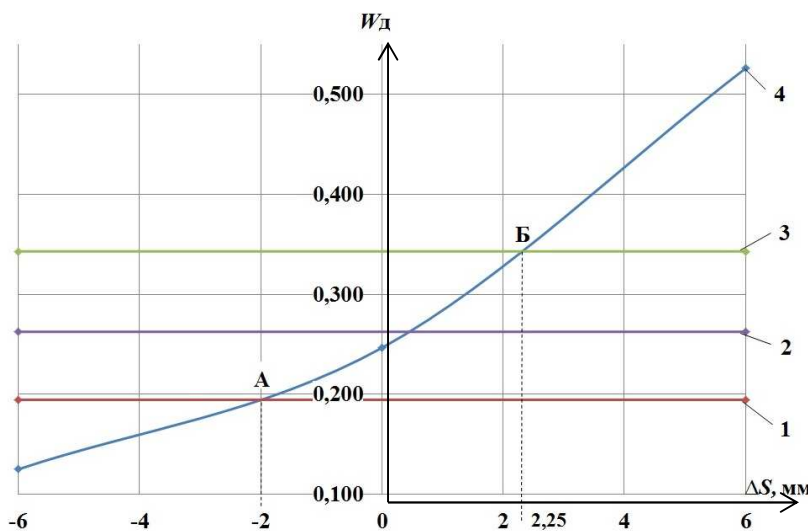


Рис. 5. График зависимости динамического коэффициента преобразования W_d РТС от изменения положения крепления ΔS привода РТС: 1, 2, 3 – нижняя граница, номинальное значение и верхняя граница динамического коэффициента преобразования РТС соответственно; 4 – изменение динамического коэффициента преобразования от крайней левой фиксации привода к крайней правой; А, Б – максимально допустимые значения сдвига привода РТС в левую и правую сторону соответственно

На основании результатов исследования можно рекомендовать включить в регламентные технические воздействия следующие виды работ по приводу РТС:

- при проведении технического обслуживания (ТО) на пробеге 30 тыс. км уделять повышенное внимание состоянию РТС и его механического

привода. Проверить изменение положения крепления привода, корректировать необходимое его положение путём замера зазора Δ между нижней частью рычага 8 (рис. 1) привода регулятора и пружиной 1 рычага;

- при проведении ТО на пробеге 45 тыс. км заменить элементы крепления привода: болт М8×50 крепления привода 4 (рис. 1), кронштейн 5 крепления регулятора к кузову. Установить необходимый зазор Δ между нижней частью рычага 8 (рис. 1) привода регулятора и пружиной 7 рычага;
- при каждом последующем ТО с периодичностью 15 тыс. км проводить работы по обслуживанию механического привода РТС, описанные в пункте 1, а с периодичностью 45 тыс. км – работы, описанные в пункте 2.

Данные рекомендации согласуются с периодичностью проведения ТО автомобиля ВАЗ по сервисной книжке.

Выводы. Таким образом, положение регулировки привода оказывает существенное влияние на рабочие процессы РТС. Как показали исследования, при полной нагрузке автомобиля изменение положения регулировки привода РТС в меньшей степени влияет на активную безопасность, чем при снаряжённой массе. При снаряжённой массе опасна эксплуатация автомобиля при изменении положения регулировки привода от рекомендуемой, т.к. происходит первоочередное блокирование колёс задней оси автомобиля, и дальнейшая эксплуатация может привести к дорожно-транспортному происшествию. При исследовании выборки автомобилей было выявлено, что изменения в настройках привода РТС начинают возникать при $L = 29,400 \pm 0,220$ тыс. км эксплуатации. В большинстве случаев (70,9% выборки) изменение положения крепления привода происходит в сторону крайнего правого положения. Поэтому необходимо проводить комплекс мероприятий, направленных на обслуживание механического привода РТС при достижении автомобилем пробега 30 тыс. км, а при ТО на пробеге 45 тыс. км необходимо заменить элементы крепления механического привода РТС.

Список литературы

1. ВАЗ-2110i, -2111i, -2112i. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту. – М.: Издательский Дом Третий Рим, 2008. – 192 с.;
2. Патент на полезную модель №130936 «Стенд для определения статической характеристики регулятора тормозных сил» / Д.Н. Смирнов, С.В. Курочкин, В.А. Немков // Патентообладатель ВлГУ, зарегистрирован 10 августа 2013 г.;
3. Смирнов Д.Н. Исследование износа элементов конструкции регулятора тормозных сил // Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования». – 2013. - №2. SSN-1817-6321 / <http://www.science-education.ru/108-9059>.

4. Смирнов Д.Н., Кириллов А.Г. Исследование работоспособности привода регулятора тормозных сил // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: материалы XIV Международной научно-практической конференции / под ред. А.Г. Кириллова. – Владимир: ВлГУ, 2011. – 334 с. ISBN 978-5-9984-0237-1;
5. Смирнов Д.Н., Немков В.А., Маюнов Е.В. Стенд для определения статической характеристики регулятора тормозных сил // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: материалы XIV Международной научно-практической конференции / под ред. А.Г. Кириллова. – Владимир: ВлГУ, 2011. – 334 с. ISBN 978-5-9984-0237-1.

Рецензенты:

Гоц А.Н., д.т.н., профессор кафедры «Тепловые двигатели и энергетические установки» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), г. Владимир.

Кульчицкий А.Р., д.т.н., профессор, главный специалист ООО «Завод инновационных продуктов», г. Владимир.