

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СХОЖДЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ДВИЖЕНИИ

Процесс регулирования схождения управляемых колес автотранспортного средства рассмотрен как объект управления. Описаны новые способ и конструктивные решения системы для реализации такого регулирования в процессе движения.

Одним из перспективных направлений снижения износа шин управляемых колес автотранспортных средств (АТС) является непрерывное регулирование схождения этих колес в процессе движения [1].

Предлагаемые до настоящего времени системы и устройства для регулирования схождения управляемых колес в движении (патент США №3.498.630, авторские свидетельства СССР №652463, №746242, №905692, №927614, №1207876) имеют недостаточную надежность и точность и могут отрицательно влиять на поперечную устойчивость и управляемость АТС.

Авторами разработана система для непрерывного контроля и регулирования схождения управляемых колес в процессе движения, улучшающая эти показатели.

В качестве критерия оптимизации схождения управляемых колес в движении предложена *боковая реакция дороги на колесо*. В качестве правильного положения колес управляемого моста следует считать такое, когда боковая реакция дороги на колеса равна нулю.

Боковое скольжение шин и боковые реакции дороги отсутствуют для управляемых колес в двух случаях:

– при качении параллельно продольной оси автотранспортного средства и перпендикулярно опорной поверхности;

– при качении с развалом и схождением, компенсирующим этот развал, износ и деформации ходовой части, подвески и рулевого управления.

Отклонение управляемых колес от указанных положений приводит к боковому скольжению шин, возникновению боковых реакций дороги и дополнительному износу шин.

Однако устанавливаемое с применением различных стенов и приборов схождение,

которое мы будем называть *статическим*, способно компенсировать зазоры и деформации ходовой части, подвески, рулевого управления и развал управляемых колес лишь для одного или нескольких состояний автотранспортного средства, а для большинства состояний схождение оптимальным не является.

Величина деформаций деталей управляемого моста и рулевого привода зависит от нагрузки на мост и сил сопротивления движению. Последние зависят от дорожных условий, скорости и режимов движения (разгон, равномерное движение, накат, торможение), нагрузки, давления и разности давлений воздуха в шинах.

Следовательно, одновременно должно изменяться и схождение, причем составляющую, зависящую от эксплуатационных факторов, мы будем называть *динамическим* схождением.

При малых углах схождения между боковой реакцией дороги и углом схождения управляемых колес возможна линейная зависимость.

Рассмотрим процесс регулирования схождения управляемых колес автотранспортного средства в движении как объект управления. Процесс характеризуется большим количеством входных факторов и выходной величиной, которые представлены на рис. 1.

Вектор варьируемых параметров системы X составляют:

- входные регулируемые факторы x_p ;
- x_{p1} – установленное на стенде *статическое* схождение управляемых колес;
- x_{p2} – давление воздуха в шинах управляемых колес;
- x_{p3} – нормальная реакция дороги на управляемое колесо, обусловленная вертикальной нагрузкой;

x_{p4} – скорость движения автотранспортного средства;

x_{p5} – режимы движения автотранспортного средства (разгон, равномерное движение, накат, торможение);

– входные нерегулируемые факторы x_{np} :

x_{np1} – развал управляемых колес;

x_{np2} – зазоры в соединениях ходовой части, подвески и рулевого управления;

x_{np3} – деформации элементов ходовой части, подвески и рулевого управления;

x_{np4} – неуравновешенность инерционных масс (дисбаланс колес, ступиц, тормозных барабанов).

Вектор фиксированных внутренних (конструктивных) параметров системы, не зависящих от процесса движения, A составляют:

A_1 – конструктивные особенности управляемого моста;

A_2 – конструктивные особенности шин;

A_3 – применяемые шинные материалы.

Вектор возмущающих воздействий F включает следующие факторы:

f_1 – дорожные условия;

f_2 – климатические условия (прежде всего, температура окружающей среды).

Показателем, характеризующим эффективность процесса схождения управляемых колес в движении, принимаем Y – боковую реакцию дороги на эти колеса, свя-

занную с износом шин степенной зависимостью.

На рис. 1 (кроме расшифрованных обозначений): ΔX – корректирующее воздействие; Y_1 – боковая реакция дороги на управляемое колесо до управляющего воздействия.

Базовый вариант системы [2] включает (рис. 2) ступицы 12, в которых установлены подшипники колес 1, электрические датчики 13 состояния схождения колес, исполнительный механизм 9, гидронасос 5 и емкость 6 с рабочей жидкостью. Электрические датчики выполнены в виде плоских шайб и соединены в электрический мост 8. В статическом положении они имеют одинаковые электрические сопротивления. При воздействии на них осевых сил электрическое сопротивление датчиков меняется. Электрические датчики установлены на осях 11 колес свободно, но без возможности перемещения в осевом направлении. Точки А и В электрического моста соединены с источником электропитания 7, точки С и Д – с электрическими датчиками управляемых колес. Исполнительный механизм представляет собой гидравлический цилиндр двухстороннего действия, изменяющий длину поперечной тяги 10 и, следовательно, схождение управляемых колес. Питается система от бортовой электрической сети АТС. В качестве источника

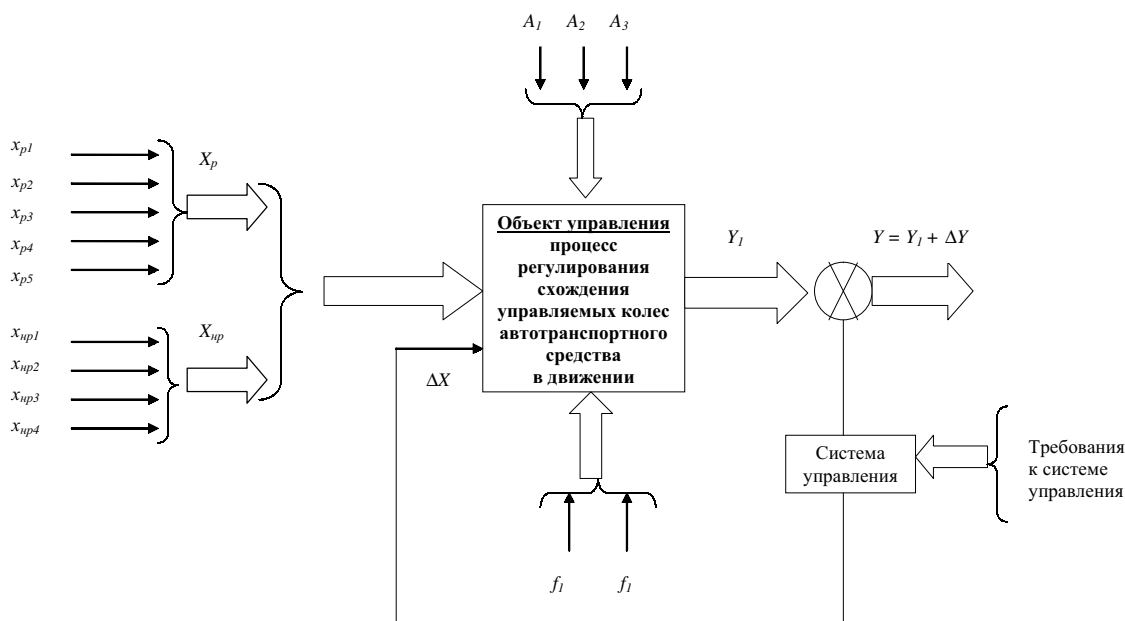


Рисунок 1. Структурная схема управления сходом управляемых колес автотранспортного средства в движении

Рисунок 2. Схема системы для непрерывного регулирования схождения управляемых колес АТС в движении (базовый вариант)

рабочей жидкости, с целью упрощения конструкции и уменьшения стоимости, могут быть использованы системы гидроусилителя рулевого управления, гидроподъемника кузова и прочие.

Работает предлагаемая система следующим образом.

При прямолинейном движении АТС и оптимальном схождении колес боковые реакции дороги на управляемые колеса отсутствуют, а сопротивления датчиков равны между собой, падение напряжения на сопротивлениях одинаковы, поэтому напряжение, снимаемое с точек С и Д электрического моста на электромагнитную катушку 3, равно нулю, и золотник 2 распределительного устройства 4 находится в нейтральном положении.

При отклонении схождения в отрицательную сторону управляемые колеса за счет внутренних боковых реакций дороги через подшипники и втулки будут воздействовать на наружные электрические датчики $R_{\text{лн}}$ и $R_{\text{пн}}$ и увеличивать их электрическое сопротивление. Электрическое сопротивление ветвей электрического моста также увеличивается. Электрический ток в правой ($R_{\text{пн}}$ и $R_{\text{пв}}$) и левой ($R_{\text{лн}}$ и $R_{\text{лв}}$) ветвях моста будет одинаково уменьшаться. При этом величина падения напряжения на внешних электрических датчиках ($R_{\text{лн}}$ и $R_{\text{пн}}$) увеличивается, а на внутренних датчиках ($R_{\text{лв}}$ и $R_{\text{пв}}$) боковой реакции до-

роги – уменьшается. При этом в точке Д будет больший положительный потенциал, а в точке С – меньший. Между точками С и Д электрического моста возникает электрическое напряжение. По электромагнитной катушке течет ток, и возникает магнитный поток, сердечник втягивается в электромагнитную катушку и перемещает золотник распределительного устройства влево, обеспечивая подачу рабочей жидкости от насоса в правую полость исполнительного механизма системы. При этом его поршень со штоком перемещается влево и, увеличивая длину поперечной тяги, восстанавливает схождение управляемых колес.

При отклонении схождения в положительную сторону возникают внешние боковые реакции дороги на управляемые колеса, которые также через подшипники и втулки воздействуют теперь уже на внутренние электрические датчики $R_{\text{лв}}$ и $R_{\text{пв}}$ и увеличивают их электрическое сопротивление и сопротивление ветвей моста. Величина электрического тока в ветвях моста уменьшается, падение напряжения на датчиках $R_{\text{лв}}$ и $R_{\text{пв}}$ увеличивается, а на датчиках $R_{\text{лн}}$ и $R_{\text{пн}}$ уменьшается. При этом в точке Д будет меньший положительный потенциал, а в точке С – больший. Между точками С и Д электрического моста возникает электрическое напряжение противоположной полярности. По электромагнитной катушке течет ток, воз-

никает магнитный поток. Сердечник выходит из электромагнитной катушки и перемещает золотник распределительного устройства вправо. При этом рабочая жидкость от гидронасоса поступает в левую полость исполнительного механизма системы. В результате его поршень со штоком перемещается вправо и уменьшает длину поперечной тяги, Схождение управляемых колес восстанавливается.

Система обладает внутренней автоматичностью и является самонастраивающейся.

Исследования показали, что предложенная система может хорошо работать при значительном отклонении схождения управляемых колес, однако ее недостатком являются низкая чувствительность, точность и надежность, так как датчики боковой реакции дороги реагируют также и на осевые силы, возникающие в обоймах конических подшипников колес от вертикальных нагрузок, которые могут превышать боковые реакции дороги, а при малом отклонении в схождении управляемых колес, являющимся преимущественным в процессе движения, и, следова-

тельно, малом дисбалансе в мостовой схеме, магнитный поток катушки недостаточен для перемещения сердечника и золотника распределительного устройства и практически не устраняет отклонения схождения.

Для устранения выявленных недостатков, повышения чувствительности при малом дисбалансе в мостовой схеме, а также точности и надежности, были предложены три варианта реализации системы, отличающихся конструкцией отдельных элементов.

На рис. 3 представлена ось управляемого колеса в сборе, иллюстрирующая изменения в варианте 2 [3] Отличия заключаются в том, что конические подшипники 4 и 5 управляемых колес (наружные обоймы не показаны) с телами качения 6 установлены на втулки 1 с буртиками, которые посажены на осях 3 управляемых колес, а датчики боковой реакции дороги выполнены в виде тензодатчиков 2, закрепленных на торцевых поверхностях буртиков втулок. Зазор в подшипниках регулируется гайкой с шайбой 7. Втулка 1 крепится гайкой с шайбой 8 на оси 3, которая переходит в кулак 9.

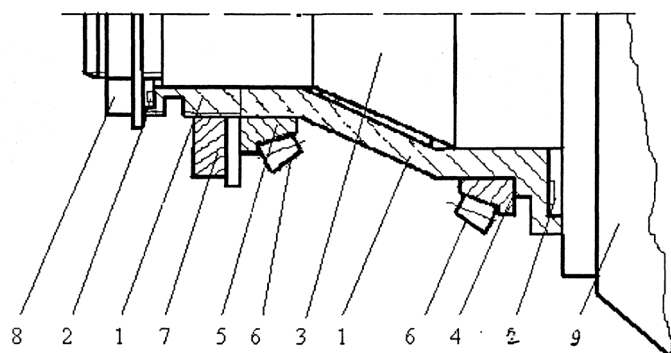


Рисунок 3. Ось управляемого колеса в сборе (вариант 2 со втулкой с буртиками)

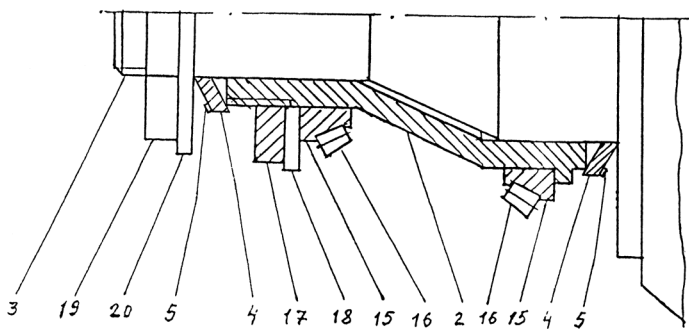


Рисунок 4. Ось управляемого колеса в сборе (вариант 3 с конусными шайбами)

Воздействие боковой реакции дороги передается через шину, диск, ступицу колеса, наружную и внутреннюю обоймы подшипников, тела качения на втулку, вызывая деформацию ее торцов, которая приводит к деформации укрепленных на них тензодатчиков, изменению их сопротивления и нарушению баланса моста.

Кроме того, между диагональю моста и электромагнитной катушкой, сердечник которой связан с золотником распределительного устройства, установлен усилитель электрического сигнала.

Варианты 3 [4] и 4 [5] отличаются тем, что конические подшипники 15 управляемых колес установлены на втулки 2, которые посажены на осях 3 управляемых колес соответственно вместе с наружными и внутренними конусными шайбами 4 (рис. 4), или наружными и внутренними кольцами 4 (рис. 5), а датчики боковой реакции дороги выполнены в виде тензодатчиков 5, закрепленных на боковых по-

верхностях этих шайб (колец) и соединенных по электрической мостовой схеме. Усилитель электрического сигнала установлен как в варианте 2.

Исследования базового варианта системы выявили также инерционность действия. Кроме того, сердечник электромагнитной катушки (привод золотника устройства распределения жидкости механизма изменения рабочей длины поперечной рулевой тяги) не фиксируется в среднем (нейтральном) положении.

Для устранения недостатков были предложены способ и два варианта реализации системы.

Способ [6] заключается в том, что привод, воздействующий на золотник распределительного устройства, включается импульсно, и после каждого включения золотник распределительного устройства возвращается в среднее (нейтральное) положение.

Конструкции системы отличаются тем, что в варианте 5 (рис. 6) сердечник электромагнитной катушки 8 и золотник 9 распределительного устройства 10 соединены через упругий элемент 15 в виде консольно закрепленной пластины [7], а в варианте 6 (рис. 7) устройство содержит две электромагнитные катушки – 8 для перемещения золотника распределительного устройства (изменения рабочей длины поперечной рулевой тяги) и 15 для его возвращения в среднее (нейтральное) положение [8].

Таким образом, преимущества предлагаемой системы для непрерывного контроля и регулирования схождения управляемых колес АТС в процессе движения позволят обеспечить правильное схождение колес даже при незначительном дисбалансе на диагонали электрического моста, что подтверждено в лабораторных условиях. В настоящее время для подтверждения работоспособности и возможностей системы планируются ее дорожные испытания.

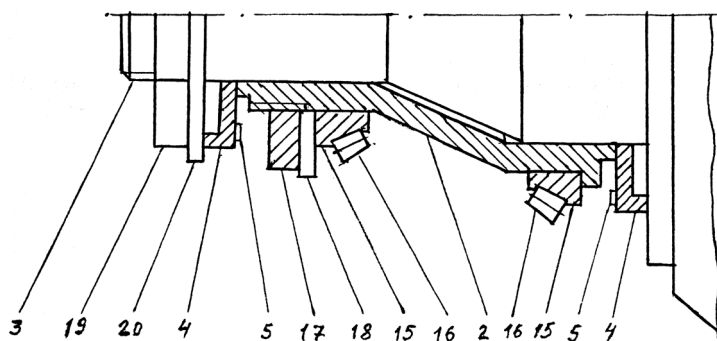


Рисунок 5. Ось управляемого колеса в сборе

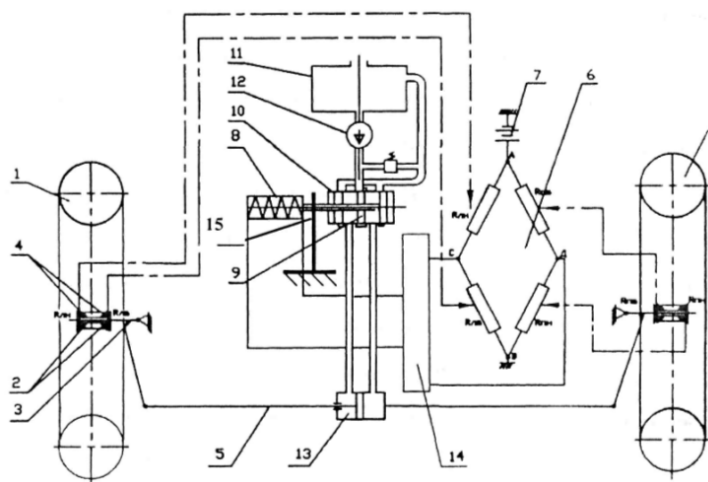


Рисунок 6. Схема устройства для непрерывного регулирования схождения управляемых колес АТС в движении (вариант 5 с упругим элементом)

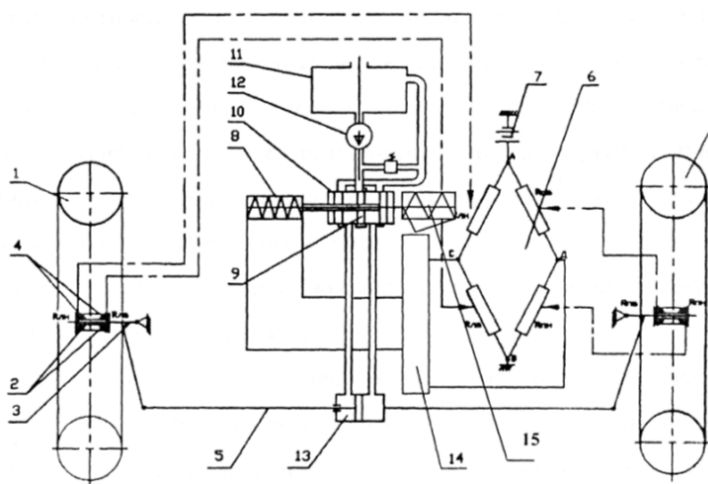


Рисунок 7. Схема устройства для непрерывного регулирования схождения управляемых колес АТС

Список использованной литературы:

1. Бондаренко, Е.В. К вопросу регулирования установки управляемых колес автотранспортных средств: сборник докладов VII российской научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» / Е.В. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев В.Т.– Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005.– С. 67-70.
2. Пат. 49257 Российская Федерация, МПК 7 G 01 M 17/06. Устройство для автоматического регулирования схождения управляемых колес в процессе движения / Бондаренко Е.В., Бондаренко В.А., Рассоха В.И., Исайчев В.Т., Килов А.С.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». – №2005119566; заявл. 23.06.05; опубл. 10.11.05, Бюл. №31. – 2 с.: ил.
3. Пат. 2309867 Российская Федерация, МПК 7 B 62 D 6/04; B 62 D 17/00; G 01 M 17/06. Устройство для автоматического регулирования схождения управляемых колес в процессе движения / Бондаренко Е.В., Бондаренко В.А., Рассоха В.И., Исайчев В.Т., Килов А.С.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». – №2005141086; заявл. 27.12.05; опубл. 10.11.07, Бюл. №31. – 4 с.: ил.
4. Приоритетная справка по заявке на изобретение №2007127411/11 (029833) от 17.07.2007 г. Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес в движении / Е.В. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев.
5. Приоритетная справка по заявке на изобретение №2007129277/11 (031880) от 30.07.2007 г. Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес транспортного средства в движении / Е.В. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев.
6. Приоритетная справка по заявке на изобретение №2006105921/11 (006412) от 26.02.2006 г. Способ автоматической установки схождения управляемых колес в процессе движения / Е.В. Бондаренко, В.А. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев, А.С. Килов.
7. Приоритетная справка по заявке на изобретение №2007113391/11 (014543) от 10.04.2007 г. Устройство для автоматической установки схождения управляемых колес в процессе движения / Е.В. Бондаренко, В.А. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев, А.С. Килов.
8. Приоритетная справка по заявке на изобретение №2007113393/11 (014545) от 10.04.2007 г. Устройство для автоматической установки схождения управляемых колес в процессе движения / Е.В. Бондаренко, В.А. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев, А.С. Килов.

Статья рекомендована к публикации 10.12.07