

СИСТЕМА АКТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СХОЖДЕНИЯ: МЕСТО, ЗАДАЧИ И РЕАЛИЗАЦИИ В ПРОБЛЕМЕ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Проведен анализ зависимостей между параметрами автомобильных шин и их эксплуатационными характеристиками; роли схождения управляемых колес в повышении срока службы шин; пассивных и активных методов регулирования схождения. Приведены направления и результаты совершенствования систем активного регулирования схождения, разработанных с участием автора.

Как справедливо указывается в работе [1], являющейся на сегодняшний день единственным источником междисциплинарной системы знаний об автомобильных шинах, эффективность работы автомобильного транспорта в настоящее время во многом зависит не только от организации перевозок и технического состояния подвижного состава, но и от эксплуатационных характеристик и срока службы шин. Интенсивное развитие автомобильного транспорта и повышение его роли во всех сферах хозяйственной деятельности человека выдвинули в число важнейших проблем увеличение срока службы шин.

Проблема эта очень непростая, что объясняется сложностью зависимостей между конструктивными и технологическими параметрами автомобильных шин и их эксплуатационными характеристиками, освоенными методически и инструментально. Схема этих зависимостей представлена на рисунке 1.

Выход из строя шины обычной конструкции не по износу, а вследствие нескольких повреждений является результатом недостатков конструкции, технологии изготовления или неправильной эксплуатации, поэтому такое событие нельзя считать типичным. Поэтому основной причиной выхода автомобильной шины из строя будем считать износ протектора. По этой причине выходят из строя 80-90% шин [1].

Кроме влияния на долговечность нельзя не отметить экологические последствия износа протектора шин. Общеизвестными являются отрицательные воздействия на здоровье человека шинной пыли и шума, образующихся при трении протектора о поверхность дороги. Интенсивность загрязнения окружающей среды только шинной пылью составляет несколько сотен тонн в час. На некоторых автомагистралях Европы ежегодно масса резиновой пыли достигает 250 кг на кило-

метр дороги, а почва в придорожных полосах содержит около 2% резиновых частиц [1].

Менее известен выявленный в результате последних исследований факт, что при изнашивании шин в окружающую среду попадает большое количество канцерогенных полиароматических углеводородов, прежде всего бенз[а]пирена, а также N-нитрозоаминов и других вредных для организма человека веществ, добавляемых производителями шин для улучшения эластичных и упруго-прочностных свойств резины [1].

Поэтому из всего многообразия параметров шин для рассмотрения выберем только технологические, а именно формируемые в процессе эксплуатации, а в качестве основного повреждения – износ протектора.

Проведенный анализ показывает, что с точки зрения оптимизации нагружения шины необходимо стремиться к тому, чтобы при качении колеса нормальные и касательные напряжения в контакте шины с опорной поверхностью распределялись по площади контакта равномерно и имели бы как можно меньшие значения. Проскальзывания выступов протектора в контакте шины и возникающая при этом работа трения также должны быть минимальны. Для этого управляемые колеса должны катиться в плоскостях, параллельных продольной оси автомобиля и перпендикулярных опорной поверхности. Соблюдение указанного при прочих равных условиях способствует минимальному износу протектора и максимальному сцеплению шины с дорогой.

Однако в эксплуатации, вследствие деформаций деталей и износа сопряжений моста и рулевого привода, происходит отклонение управляемых колес от указанного положения, что приводит к увеличению сопротивления движению. Для компенсации этих деформаций и из-

носов управляемые колеса автомобиля устанавливаются с развалом.

При наличии развала управляемые колеса стремятся катиться в стороны от прямолинейного движения автомобиля по дугам вокруг точек пересечения их осей с опорной поверхностью. Так как они связаны балкой моста, то такое качение сопровождалось бы боковым скольжением шин о дорогу, что увеличивало бы сопротивление движению. Для прямолинейного качения управляемых колес с развалом без бокового скольжения они должны быть установлены со сходимением.

Угол схождения управляемых колес определяется как угол между плоскостями левого и правого колес и принимается положительным в случае, если эти плоскости пересекаются перед автомобилем. Каждому углу развала соответствует определенный угол схождения, при котором сопротивление движению будет наименьшим. Как показано в работе [2], величина угла схождения управляемых колес прямо пропорциональна синусу угла их развала.

Упругая деформация элементов моста с увеличением загрузки автомобиля уменьшает существующий угол развала управляемых колес и восстанавливает его с уменьшением загрузки. Одновременно должно изменяться и схождение.

Кроме того, схождение зависит и от сил сопротивления движению, определяемых дорожными условиями, скоростью и режимами движения.

Зависимость от скорости движения и дорожных условий поясняют следующие факты. Экспериментально установлено [3], что на автомобиле ГАЗ-24 каждые 50 Н дополнительного сопротивления качению уменьшают схождение на 0,16 мм. При равномерном движении на шоссе с асфальто-бетонным покрытием со скоростями 5; 70 и 120 км/час уменьшение схождения управляемых колес составляет соответственно 0,2; 0,4 и 0,8 мм. При

разгоне автомобиля уменьшение схождения управляемых колес составляет 0,5 мм, при служебных торможениях – 0,5-3,0 мм. Испытания при указанных скоростях на гравийных и грунтовых дорогах, где коэффициент сопротивления качению значительно выше, дают значительно большие значения уменьшения схождения.

Зависимость схождения от режимов движения в прямолинейном направлении – движения накатом, с тяговым усилием или с торможением – объясняется деформациями элементов подвески и рулевого привода из-за действия продольных тяговых и тормозных сил. Максимальная тормозная сила, определяемая максимальным коэффициентом сцепления и коэффициентом перераспределения вертикальных сил при торможении, примерно в 100 раз превышает силу сопротивления качению автомобильно-



Рисунок 1. Схема зависимостей между параметрами автомобильных шин и их основными эксплуатационными характеристиками

го колеса. Как следствие, имеет место деформация упругих связей в подвеске и рулевом приводе с соответствующими перемещениями колес, в том числе и угловыми перемещениями по курсу. Угловое перемещение колеса при этом может достигать примерно 1 градуса [4].

Нельзя не отметить и влияние таких факторов, как неправильная настройка оборудования, использующегося при контроле и регулировании схождения при техническом обслуживании; некорректные действия при этом человека; длительная эксплуатация автомобиля без контроля и регулирования схождения.

Проведенные исследования интенсивности изменения схождения управляемых колес грузовых автомобилей ГАЗ показали, что при начальном схождении управляемых колес от 4 до 6 мм интенсивность изменения схождения составила около 0,3 мм на 1000 км пробега, при начальном схождении 1,0 мм – около 0,7 мм на 1000 км пробега, а при отрицательном начальном значении угла схождения управляемых ко-

лес интенсивность изменения схождения достигает 1,3 мм на 1000 км пробега.

Схематично факторы, влияющие на положение автомобильного колеса при движении, представлены на рисунке 2.

Начиная с 80-х годов прошлого века конструкторы занимаются разработкой кинематики подвески для создания благоприятных углов поворота колес автомобиля на отдельных режимах движения.

Так, для улучшения управляемости на поворотах и снижения износа шин увеличивают углы поворота наружного колеса по сравнению со значениями, рассчитанными по формуле котангенсов. Считается, что это улучшает распределение боковых сил по наружному и внутреннему колесам. На автомобиле SAAB 99 для улучшения устойчивости при прохождении поворотов с высокими скоростями наружное колесо поворачивается даже на больший угол, чем внутреннее.

Другие конструкции направлены на компенсацию уменьшения угла схождения, возникающего при торможении автомо-

биля и свойственного большинству конструкций из-за упругих деформаций и перемещений, вызванных наличием зазоров в шарнирных соединениях. В европейской подвеске «вайсзах» реализована специальная конструкция направляющего устройства подвески, способного автоматически доворачивать колеса в положительном направлении при увеличении тормозной силы [5] за счет введения в рычажный механизм дополнительного подвижного звена и шарнира. При этом обеспечивается оптимальный угол схождения при торможении на прямолнейных участках.

Таким образом, на многих современных автомобилях уже осуществлено регулирование угла схождения управляемых колес за счет конструктивной коррекции направляющего аппарата подвески, вариаций элементов рулевого привода и т.д. Пассив-

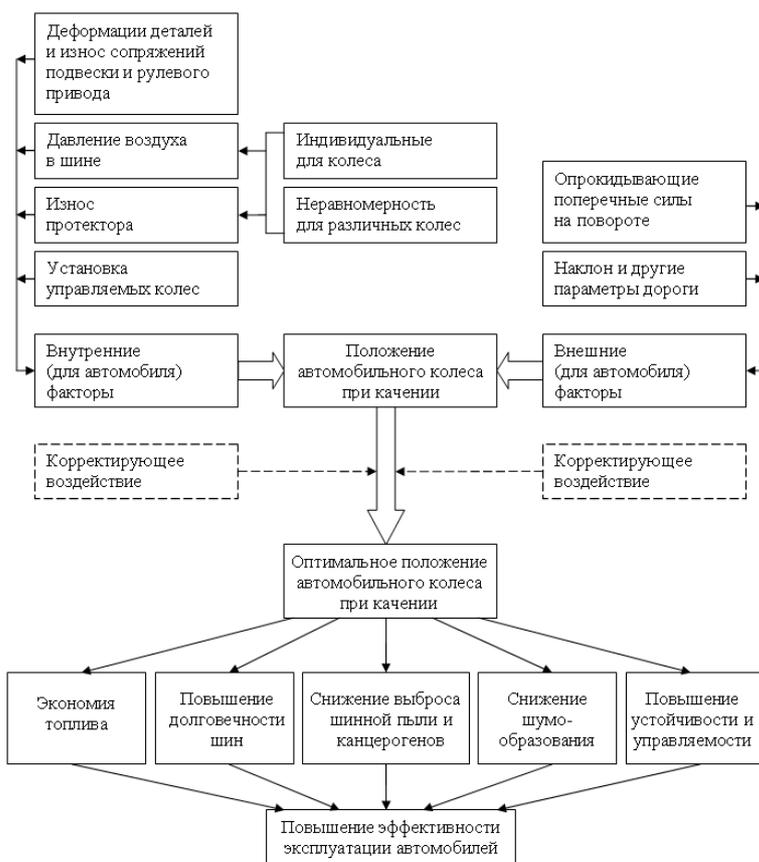


Рисунок 2. Факторы, влияющие на положение автомобильного колеса при движении

ными методы называются потому, что для выполнения регулирования не используется энергия стороннего источника.

Однако за счет пассивных методов невозможно решить проблему полностью. Они не компенсируют отклонений угла схождения вследствие эксплуатационных износов и перегрузок, приводящих к остаточным деформациям элементов конструкции подвески и рулевого управления [5].

Единственным возможным способом решения проблемы является *активное* регулирование схождения колес автомобиля в движении.

Теоретические вопросы влияния изменения установочных углов управляемых колес на эксплуатационные свойства автомобиля рассматривались многими исследователями. Среди них А.М. Жуков, В.Н. Задорнов, Н.М. Кислицын, В.Е. Кленников, В.И. Кнороз, А.В. Копаев, Р.П. Кушвид, В.В. Редчиц и С.В. Редчиц, В.И. Рязанцев.

Кроме теоретических исследований начиная с 60-х годов прошлого века предпринимались попытки практического создания систем с активным регулированием схождения в процессе движения автомобиля. Хронологически первым было предложение использовать систему активного регулирования с датчиками положения колес. Однако в дальнейшем в качестве преимущественного критерия была признана боковая сила, обеспечивающая возможность более качественного регулирования схождения и позволяющая избежать ошибок, возможных в системе, работающей по положению колеса.

В течение прошедших десятилетий был разработан ряд устройств, осуществляющих контроль и (или) регулирование схождения управляемых колес автомобиля в движении: Зыковым А.Н. и Зыковым В.Н. (а. с. 453604); Кислицыным Н.М. и Максимовым Ю.В. (а. с. 477331); Морозовым М.В., Жирновым А.А и Судаком Ф.М. (а. с. 652463, 746242, 927614); Рязанцевым В.И. и Жуковым А.М. (а. с. 905692, 1107028); Мамонтовым А.В., Хижняком Ю.Г., Мургулия Ф.Г. и Пастерна-

ком В.Я. (а. с. 1207876); Редчиц С.В., Плотниковым В.И., Прохиным С.А. и Дроновым С.М. (патенты РФ 2186703, 2211780); Плотниковым В.И., Баевым М.Н., Сажиним Ю.Н. и Нагорновым Ю.М. (патент РФ 2259296). Однако, как показывает анализ, все они имеют недостаточную надежность и точность и могут отрицательно влиять на поперечную устойчивость и управляемость автомобиля.

Ведущая роль в продвижении идеи непрерывного активного регулирования схождения колес автомобиля в движении принадлежит В.И. Рязанцеву [3-7]. По сути, на основе этой идеи им разработаны основные положения нового научного подхода к решению проблемы активной безопасности автомобиля, более конкретно – его устойчивости и управляемости.

При несомненной значимости научных и практических результатов, полученных В.И. Рязанцевым, следует отметить, что предложенная система активного регулирования



Рисунок 3. Этапы проектирования системы непрерывного регулирования схождения управляемых колес автомобиля в движении

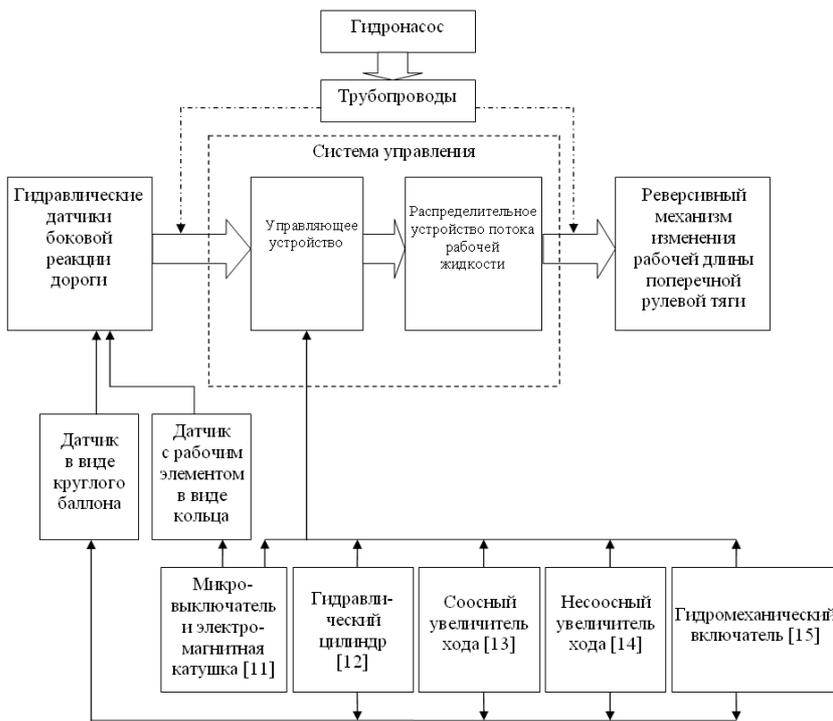


Рисунок 4. Совершенствование варианта системы на основе гидравлических датчиков

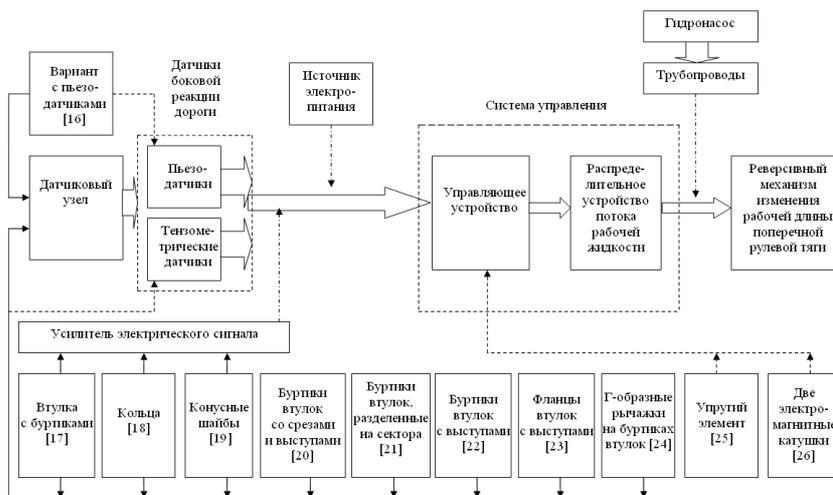


Рисунок 5. Совершенствование варианта системы на основе электрических датчиков

ка на результаты, прежде всего касающиеся конструкции и алгоритмов работы предложенной системы.

В рамках задачи устранения указанных выше недостатков существующих систем и устройств при участии автора была разработана система для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в процессе движения [8-27].

Схематично основные этапы проектирования системы представлены на рисунке 3.

В результате предложены два принципиально отличающихся варианта реализации системы – на основе гидравлических и электрических (пьезо- и тензометрических) датчиков. Подробнее конструкции вариантов системы описаны в работах [8-10]. При проектировании особое внимание уделялось повышению чувствительности, точности и надежности системы, прежде всего за счет варьирования нестандартными элементами. Все конструктивные предложения либо защищены патентами [11, 12, 16, 17, 18, 19, 25, 26, 27], либо в настоящее время проходят экспертизу

схождения колес автомобиля в движении рассматривалась им в связи со снижением износа автомобильных шин только на начальном этапе исследований [3]. Уже в работе [6] наметилось смещение акцентов, и в дальнейшем вектор исследований был направлен на повышение активной безопасности автомобиля, более конкретно – устойчивости и управляемости [7]. Это не могло не наложить отпечат-

на получение патентов на изобретения [13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24]. Схематичные представления направлений совершенствования вариантов системы на основе гидравлических и электрических датчиков приведены на рисунке 4 и 5 соответственно.

В настоящее время проводятся лабораторные испытания нестандартных элементов системы. Последующими этапами запланированы

дорожные испытания системы и оценка ее технико-экономических показателей.

В заключение следует отметить, что использование автоматических систем контроля и регулирования схождения управляемых колес автомобилей в движении является единственно возможным и вполне осуществимым

способом комплексного улучшения таких эксплуатационных свойств автомобиля, как устойчивость, управляемость и топливная экономичность, и обеспечения снижения износа шин и сопутствующих ему образования шинной пыли и выброса канцерогенных веществ в окружающую среду.

Список использованной литературы:

- Третьяков, О.Б. Автомобильные шины. Конструкция, механика, свойства, эксплуатация / О.Б. Третьяков, В.А. Гудков, А.А. Вольнов, В.Н. Тарновский. – М.: КолосС, Химия, 2007. – 432 с.: ил.
- Редчиц, С.В. Расчет оптимального соотношения углов развала и схождения управляемых колес / С.В. Редчиц, В.В. Редчиц, В.И. Плотноков, А.А. Голобородько // Автомобильная промышленность. - 2000. - № 11. - С. 15-16.
- Рязанцев, В.И. О регулировании угла схождения управляемых колес транспортных средств / В.И. Рязанцев, А.М. Жуков // Экономия нефтяных топлив на автомобильном транспорте : межвузовский сборник научных трудов. - М.: ВЗМИ, 1986. - С. 111-122.
- Рязанцев, В.И. Прогнозирование устойчивости движения автомобиля с активно управляемым схождением колес : автореферат дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.03 / Рязанцев В.И. - М., 2008. - 34 с.
- Рязанцев, В.И. Математическая модель системы автоматического регулирования угла схождения управляемых колес автомобиля / В.И. Рязанцев, А.В. Копаев // Вестник машиностроения. – 2001. № 7. – С. 14-18.
- Рязанцев, В.И. Активная система регулирования схождения колес / В.И. Рязанцев // Автомобильная промышленность. – 1998. № 10. – С. 35-36.
- Рязанцев, В.И. Активное управление схождением колес автомобиля / В.И. Рязанцев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 212 с.
- Бондаренко, Е.В. Система автоматического регулирования схождения управляемых колес автотранспортных средств в движении / Е.В. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев // Прогрессивные технологии в транспортных системах : сборник докладов VII Российской научно-практической конференции. - Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005. - С. 70-73.
- Рассоха, В.И. Разработка системы для непрерывного регулирования схождения управляемых колес автотранспортных средств в движении / В.И. Рассоха, Е.В. Бондаренко, В.Т. Исайчев // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2008. - № 2. - С. 138-143.
- Рассоха, В.И. Система регулирования схождения управляемых колес автотранспортных средств в движении / В.И. Рассоха, Е.В. Бондаренко, В.Т. Исайчев // Наука и технологии : краткие сообщения XXVIII Российской школы по проблемам науки и технологий. Секция 4 : Динамика и управление. – Екатеринбург: РАН, 2008. - С. 60-62.
- Решение о выдаче патента на изобретение от 27.06.2008 г. по заявке №2007121970 от 13.06.2007 г. Устройство для автоматического регулирования схождения управляемых колес автотранспортного средства в процессе движения / Е.В. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев.
- Пат. 2309078 Российская Федерация, МПК В 62 D 6/04; В 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. - № 2005131824; заявл. 13.10.05; опубл. 27.10.2007, Бюл. № 30. - 4 с. : ил.
- Приоритетная справка по заявке на изобретение № 2008133442 от 14.08.2008 г. Устройство для автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в процессе движения / В.И. Рассоха, Е.В. Бондаренко, В.Т. Исайчев.
- Приоритетная справка по заявке на изобретение № 2008133443 от 14.08.2008 г. Устройство для автоматического регулирования схождения управляемых колес автотранспортного средства в движении / В.И. Рассоха, Е.В. Бондаренко, В.Т. Исайчев.
- Приоритетная справка по заявке на изобретение № 2008133444 от 14.08.2008 г. Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес автотранспортного средства в движении / В.И. Рассоха, Е.В. Бондаренко, В.Т. Исайчев.
- Пат. 49257 Российская Федерация, МПК 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. - № 2005119566; заявл. 23.06.05; опубл. 10.11.05, Бюл. № 31. – 2 с. : ил.
- Пат. 2309867 Российская Федерация, МПК В 62 D 6/04; В 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. - № 2005141086; заявл. 27.12.05; опубл. 10.11.2007, Бюл. № 31. - 4 с. : ил.
- Решение о выдаче патента на изобретение от 30.07.2008 г. по заявке №2007129277 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.
- Решение о выдаче патента на изобретение от 30.07.2008 г. по заявке №2007127411 от 17.07.2007 г. Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес в движении / Е.В. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев.
- Приоритетная справка по заявке на изобретение № 2007149201 от 29.12.2007 г. Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в движении / Е.В. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев.
- Приоритетная справка по заявке на изобретение № 2008102903 от 25.01.2008 г. Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в движении / Е.В. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев.
- Приоритетная справка по заявке на изобретение № 2008149028 от 11.12.2008 г. Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в движении / В.И. Рассоха, К.В. Щурин, Е.В. Бондаренко, В.Т. Исайчев.

23. Приоритетная справка по заявке на изобретение № 2009100436 от 11.01.2009 г. Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в движении / В.И. Рассоха, К.В. Щурин, Е.В. Бондаренко, В.Т. Исайчев.
24. Приоритетная справка по заявке на изобретение № 2009100611 от 29.01.2009 г. Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в движении / В.И. Рассоха, К.В. Щурин, Е.В. Бондаренко, В.Т. Исайчев.
25. Решение о выдаче патента на изобретение от 09.10.2008 г. по заявке №2007113391 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.
26. Решение о выдаче патента на изобретение от 08.08.2008 г. по заявке №2007113393 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.
27. Пат. 2333470 Российская Федерация, МПК G 01 M 17/06. Способ автоматической установки схождения управляемых колес в процессе движения / Бондаренко Е.В., Бондаренко В.А., Рассоха В.И., Исайчев В.Т., Килов А.С. - №2006105921; заявл. 26.02.2006; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 25. – 3 с.