

DOI: [10.34220/2311-8873-2024-111-122](https://doi.org/10.34220/2311-8873-2024-111-122)



УДК 629.33.027.5

UDC 629.33.027.5

2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СХОЖДЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЁС АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В ПРОЦЕССЕ ДВИЖЕНИЯ

THE METHOD OF AUTOMATIC ADJUSTMENT OF THE CONVERGENCE OF THE CONTROLLED WHEELS A MOTOR VEHICLE IN MOTION

✉¹ **Рассоха Владимир Иванович**,
д.т.н., доцент, декан транспортного факультета,
Оренбургский государственный университет,
г. Оренбург, e-mail: cabin2012@yandex.ru

✉¹ **Rassokha Vladimir Ivanovich**,
doctor of technical sciences, associate professor, dean
of the faculty of transport, Orenburg state university,
Orenburg, e-mail: cabin2012@yandex.ru

Аннотация. Цель: автоматическое обеспечение параллельности плоскостей вращения управляемых колёс автотранспортного средства в процессе движения при различных режимах и условиях, что способствует минимальному износу шин, снижению сопротивления движению и расходу топлива. Основная идея: в системе управления схождением управляемых колёс регулирующее воздействие отключают до достижения оптимального значения схождения на промежуток времени (или угол поворота) инерционного дорегулирования, зависящий от режима и условий движения автотранспортного средства. Результаты: определены зависимости основных параметров (время или угол поворота) фазы инерционного дорегулирования для следующих режимов движения автотранспортного средства: равномерное движение, разгон, движение на подъёме, торможение, движение накатом. Полученные зависимости имеют научную новизну и практическую значимость для реализации автоматического регулирования схождения управляемых колёс автотранспортного средства в процессе движения.

Annotation. Purpose: automatic maintenance of the parallelism of the planes of rotation of the controlled wheels of the vehicle during movement under various modes and conditions, which contributes to minimal tire wear, reduced resistance to movement and fuel consumption. The main idea: in the control system for the convergence of the steering wheels, the regulating effect is turned off until the optimal convergence value is reached for the time interval (or angle of rotation) of the inertial adjustment, depending on the mode and driving conditions of the vehicle. Results: the dependences of the main parameters (time or angle of rotation) of the inertial control phase for the following modes of movement of the vehicle are determined: uniform movement, acceleration, movement on the rise, braking, rolling motion. The obtained dependences have scientific novelty and practical significance for the implementation of automatic control of the convergence of the controlled wheels of a motor vehicle in the process of movement.

Ключевые слова: АВТОТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, СХОЖДЕНИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС, СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ, ИНЕРЦИОННОСТЬ, РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ, РАЗГОН, ДВИЖЕНИЕ НА ПОДЪЕМЕ, ТОРМОЖЕНИЕ, ДВИЖЕНИЕ НАКАТОМ.

Keywords: MOTOR VEHICLE, CONVERGENCE OF CONTROLLED WHEELS, CONTROL SYSTEM, INERTIA, UNIFORM MOTION, ACCELERATION, MOVEMENT ON THE RISE, BRAKING, ROLLING MOTION.

¹ Автор для ведения переписки

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Обеспечение непрерывного контроля и регулирования схождения управляемых колёс автотранспортных средств в процессе их движения является необходимым, а зачастую и достаточным условием [1-7]:

- совершенствования ряда эксплуатационных свойств автотранспортного средства, таких, как устойчивость, управляемость и топливная экономичность;
- снижения износа шин и сопутствующих ему образования шинной пыли и выброса канцерогенных веществ в окружающую среду.

Однако обеспечение параллельности плоскостей вращения управляемых колёс автотранспортного средства в процессе движения при различных режимах и условиях представляет собой сложную задачу, в настоящее время не решённую.

Теоретическому и практическому решению указанной задачи посвящены публикации научной школы В. И. Рязанцева [6, 7-11], а также ряд патентов на изобретения. Результаты анализа предлагаемых решений, а именно – недостатки, препятствующие их использованию на практике, сведены в табл. 1.

Попытками устранения указанных в табл. 1 недостатков можно считать способ и два устройства автоматической установки схождения управляемых колёс в процессе движения, предложенные с участием автора [12-14].

Способ [12] заключается в том, что в процессе движения автотранспортного средства:

- непрерывно измеряют и сравнивают с помощью электрического моста между собой боковые силы, действующие на каждое из управляемых колёс автотранспортного средства;
- дисбаланс моста вызывает подачу напряжения на катушку привода управляющего устройства;
- реверсивный механизм изменения рабочей длины поперечной рулевой тяги устраняет дисбаланс;
- привод, воздействующий на золотник распределительного устройства, включают импульсно, причём продолжительность включения составляет от 0,1 до 0,5 с, а паузы – от 0,5 до 1,5 с и зависит от величины дисбаланса и скорости движения автотранспортного средства;
- после каждого включения золотник распределительного устройства возвращается в среднее положение.

Для реализации способа необходимо, чтобы сердечник электромагнитной катушки (привод золотника распределительного устройства рабочей жидкости) возвращался в центральное положение. Для обеспечения этого условия были предложены два варианта реализации системы.

В первом из вариантов [13] сердечник электромагнитной катушки и золотник распределительного устройства рабочей жидкости соединены через упругий элемент в виде конусообразно закрепленной пластины, обеспечивающей возвращение золотника в центральное (нейтральное) положение.

Во втором варианте [14] управляющее устройство содержит две электромагнитные катушки, одна из которых предназначена для перемещения золотника распределительного

устройства рабочей жидкости и, следовательно, изменения рабочей длины поперечной рулевой тяги; а другая – для возвращения золотника в центральное (нейтральное) положение.

Таблица 1 – Результаты патентного поиска по проблеме

№ п/п	Реквизиты охранного документа	Авторы	Название	Недостатки
1	Patent US 3498630, 1970	Crawford С.А.	Automatic wheel alignment mechanism for automotive vehicles [8]	Возможность выработки датчиками вследствие износов и деформаций элемента конструкции, сигналов с ошибкой, в результате чего система будет поддерживать неправильное схождение управляемых колёс; устройство не обеспечивает схождение управляемых колёс при движении транспортного средства на повороте.
2	Авторское свидетельство 905692 СССР, 1982	Рязанцев В.И., Жуков А.М.	Устройство для автоматического регулирования схождения управляемых колёс транспортного средства [9]	Не обеспечивается создание на каждом управляемом колесе автотранспортного средства максимальной суммарной боковой реакции, препятствующей отклонению направления движения от заданного из-за воздействия внешних боковых сил, например, при движении на косогоре, повороте и т.д.
3	Авторское свидетельство 1107028 СССР, 1984	Рязанцев В.И., Жуков А.М.	Способ установки оптимального угла схождения управляемых колёс транспортного средства [10]	Низкая эксплуатационная надёжность системы управления, вызванная использованием реле с подвижными и неподвижными контактами и наличием втулок, установленных с возможностью их осевого перемещения вдоль цапфы управляемого колеса автотранспортного средства.
4	Авторское свидетельство 746242 СССР, 1980	Морозов М.В., Жирнов А.А., Судак Ф.М.	Способ установки схождения управляемых колёс транспортного средства [11]	Не учитывает инерционность системы регулирования, вследствие чего после достижения оптимального схождения управляемых колёс и прекращения процесса регулирования управляемые колёса будут продолжать некоторое время поворачиваться, что потребует нового цикла работы системы по устранению возникшего в результате перерегулирования обратного отклонения схождения, и т. д., что снижает эффективность регулирования схождения управляемых колёс в процессе движения.

Недостатком предложенных способа и устройств [12-14] является то, что заявляемая зависимость продолжительности включения привода, воздействующего на золотник распределительного устройства (от 0,1 до 0,5 с), и паузы между включениями (от 0,5 до 1,5 с) от величины дисбаланса и скорости движения автотранспортного средства не подтверждается расчётами. В результате, вследствие отсутствия учёта условий и режимов движения автотранспортного средства и инерционности системы регулирования, возможны недорегулирование или перерегулирование схождения управляемых колёс, что снижает эффективность его регулирования в процессе движения.

Таким образом, можно констатировать существующий пробел в проектировании и реализации качественных эксплуатационных характеристик средств активного регулирования схождения управляемых колёс автотранспортных средств.

2 Материалы и методы

Для учёта инерционности элементов разработанной системы при регулировании схождения было предложено процесс регулирования (восстановления оптимального схождения) условно представить протекающим в две фазы:

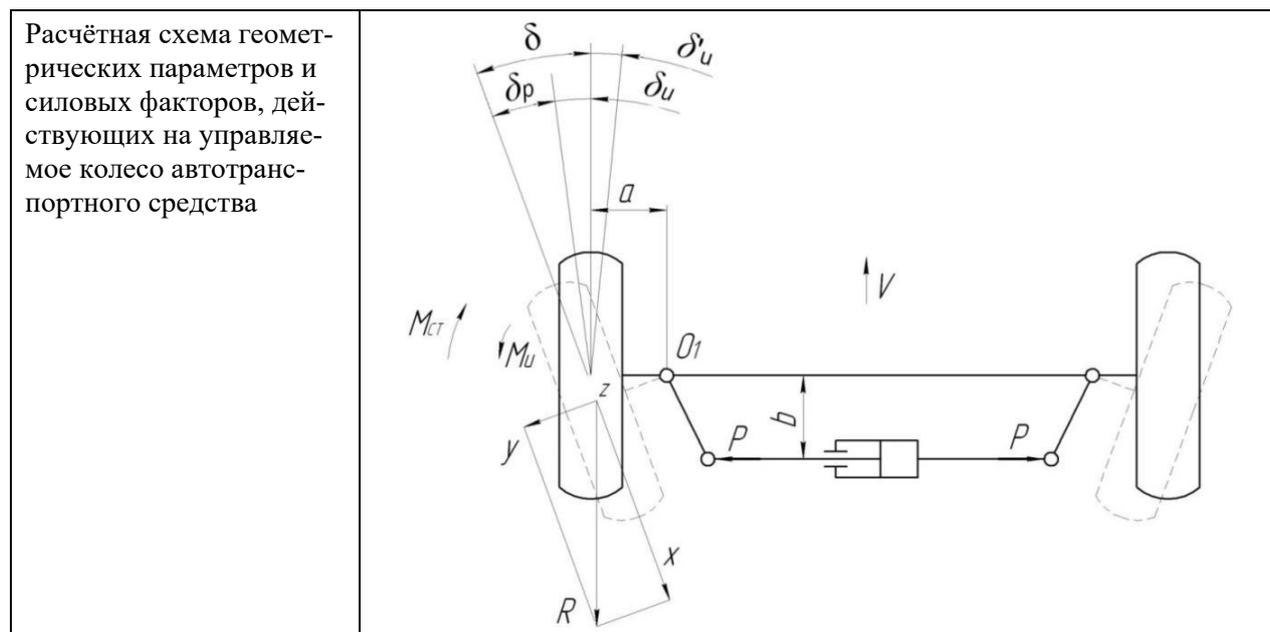
- силового восстановления части отклонения текущего схождения управляемых колёс от оптимального за счёт воздействия исполнительного механизма;
- инерционного дорегулирования до оптимального схождения управляемых колёс за счёт инерции элементов системы.

Были проведены исследования по выявлению зависимостей параметров указанных фаз от состояния автотранспортного средства и условий и режимов движения по следующей укрупнённой методике:

- 1) составляются уравнения всех силовых факторов, действующих на управляемое колесо автотранспортного средства в процессе движения относительно центра поворота колеса для фазы силового восстановления и фазы инерционного дорегулирования;
- 2) решением уравнений определяется угловая скорость управляемого колеса с осью в сборе относительно центра поворота колеса в момент окончания силовой и начала инерционной фазы восстановления правильного схождения управляемых колёс;
- 3) определяются время фазы силового восстановления и угол, на который должно повернуться управляемое колесо в этой фазе, а также время фазы инерционного дорегулирования и угол, на который поворачивается управляемое колесо до достижения оптимального схождения.

В табл. 2 приведены система уравнений и итоговые зависимости параметров фаз процесса восстановления оптимального схождения управляемых колёс для равномерного движения автотранспортного средства.

Таблица 2 – Система уравнений и итоговые зависимости параметров фаз процесса регулирования схождения управляемых колёс для режима равномерного движения автотранспортного средства



<p>Уравнение силовых факторов, действующих на управляемое колесо автотранспортного средства</p>	<p>а) В силовой фазе восстановления правильного схождения управляемых колёс:</p> $M_x + M_u - M_p = 0;$ $M_x = X a = Z_k f a;$ $Z_k = (0,5 G_l + G_k) m_{p1};$ $f = f_0 (1 + V^2 / 20000);$ $M_u = I_k \varepsilon_1;$ $I_k = m_k a^2;$ $M_p = P b;$ $P = p \pi d_u^2 / 4;$ $X a + m_k a^2 \varepsilon_1 - P b = 0.$ <p>б) В инерционной фазе восстановления правильного схождения управляемых колёс:</p> $M_x - M_u = 0;$ $X a - m_k a^2 \varepsilon_2 = 0.$
<p>Зависимости угловых скорости и ускорения управляемого колеса с осью в сборе относительно центра поворота колеса</p>	<p>а) В силовой фазе восстановления правильного схождения управляемых колёс:</p> $\varepsilon_1 = (P b - X a) / m_k a^2;$ $\delta_p = \varepsilon_1 t_p^2 / 2;$ $d\delta_p / dt = 2 \varepsilon_1 t_p / 2;$ $t_1 = \omega_o / \varepsilon_1;$ $\delta_p = \omega_o^2 / 2 \varepsilon_1.$ <p>б) В инерционной фазе восстановления правильного схождения управляемых колёс:</p> $\varepsilon_2 = X / m_k a;$ $\omega = \omega_o - \varepsilon_2 t_u;$ $t_u = \omega_o / \varepsilon_2;$ $\delta_u = \omega_o^2 / 2 \varepsilon_2;$ $\delta = \delta_p + \delta_u = (\omega_o^2 / 2 \varepsilon_1) + (\omega_o^2 / 2 \varepsilon_2);$ $\omega_o = \{2 \delta X (P b - X a) / P b m_k a\}^{1/2}.$
<p>Итоговые зависимости для определения параметров фаз силового восстановления и инерционного дорегулирования</p>	$t_p = \{\delta G_o m_p f m_k a^3 / P b (P b - 0,5 G_o m_p f a)\}^{1/2};$ $t_u = \{2 \delta m_k a (P b - P_f a) / P b P_f\}^{1/2};$ $\delta_p = \delta G_o m_p f a / 2 P b;$ $\delta_u = \delta (P b - P_f a) / P b.$

Обозначения	<p> M_u – инерционный момент управляемых колёс; $M_{ст}$ – стабилизирующий момент; M_x – момент, создаваемый касательной реакцией дороги на управляемое колесо; M_p – момент от усилия в гидроцилиндре поперечной рулевой тяги; P – усилие, создаваемое исполнительным механизмом в поперечной рулевой тяге; p – давление рабочей жидкости в системе; d_u – рабочий диаметр гидроцилиндра исполнительного механизма; Z_k – нормальная реакция дороги на колесо; X – касательная реакция дороги на управляемое колесо; Y – боковая реакция дороги на управляемое колесо; R – суммарная реакция дороги на колесо, действующая в плоскости дороги; G_1 – вес автотранспортного средства, приходящийся на управляемую ось; G_k – вес управляемого колеса в сборе с осью; m_k – масса управляемого колеса в сборе с осью; f – коэффициент сопротивления качению; f_0 – коэффициент, зависящий от дорожного покрытия; I_k – момент инерции управляемого колеса с осью в сборе; a – расстояние от центра поворота до средней плоскости управляемых колёс; b – расстояние от оси поперечной тяги до центра поворота управляемых колёс с осью; O_1 – центр поворота управляемого колеса; ω_0 – угловая скорость управляемого колеса с осью относительно O_1 в момент окончания силовой и начала инерционной фазы восстановления правильного схождения управляемых колёс; δ – угол отклонения схождения управляемых колёс от оптимального положения; δ_p – угол силового восстановления части отклонения схождения управляемых колёс от оптимального за счёт воздействия исполнительного механизма системы; δ_u – угол инерционного дорегулирования до оптимального схождения управляемых колёс за счёт инерции элементов системы; δ_u' – угол возможного «перерегулирования» схождения управляемых колёс за счёт инерционности элементов системы в случае прекращения воздействия исполнительного механизма в момент достижения оптимального схождения; ε_1 – угловое ускорение управляемых колёс с осью относительно центра поворота O_1 в фазе силового восстановления; ε_2 – угловое ускорение управляемых колёс с осью относительно центра поворота O_1 в фазе инерционного дорегулирования; V – скорость движения автотранспортного средства; t_p – время фазы силового восстановления схождения управляемых колёс за счёт действия исполнительного механизма; t_u – время фазы инерционного дорегулирования, за которое нужно прекратить силовое воздействие исполнительного механизма для восстановления оптимального схождения управляемых колёс. </p>
-------------	--

3 Результаты исследований

В табл. 3 приведены расчётные схемы и итоговые зависимости для определения параметров фазы инерционного дорегулирования для остальных рассмотренных режимов движения автотранспортного средства – разгона, движения на подъёме, торможения, движения накатом.

Зависимость параметров фаз процесса регулирования схождения управляемых колёс от большого количества факторов, определяемых как состоянием самого автотранспортного средства и его системы регулирования, так и условиями и режимами движения (вес автотранспортного средства, приходящийся на управляемую ось при различной загрузке; скорость и ускорение его движения; угол подъёма дороги, тип и состояние дорожного покрытия и т.д.) делает каждый цикл регулирования схождения уникальным, поэтому представление в табл. 2 и 3 числовых значений параметров нецелесообразно.

На основе полученных зависимостей был предложен способ автоматического регулирования схождения управляемых колёс в процессе движения, заключающийся в том, что:

- привод, воздействующий на золотник распределительного устройства, включается управляющим устройством при достижении рассогласования между боковыми силами порогового значения;

- управляющее устройство по показаниям датчиков идентифицирует режим движения автотранспортного средства (равномерное движение, разгон, движение на подъёме, торможение, движение накатом);

- управляющее устройство рассчитывает время регулирующего воздействия, необходимое для обеспечения требуемого схождения управляемых колёс и, в зависимости от режима и условий движения автотранспортного средства, определяет момент времени, в который регулирующее действие необходимо прекратить, чтобы за счёт инерционного дорегулирования обеспечить требуемое схождение управляемых колёс.

Таблица 3 – Итоговые зависимости параметров фазы инерционного дорегулирования для режимов разгона, движения на подъёме, торможения, движения накатом автотранспортного средства

Режим движения автотранспортного средства на подъёме	
Расчётная схема	
Зависимости для определения параметров фазы инерционного дорегулирования	$t_u = \{ 2 \delta [P b \eta_{pm} - a (G_k \sin \alpha - P_f)] / P b [a (G_k \sin \alpha + P_f) + P b (1 - \eta_{pm})] \}^{1/2};$ $\delta_u = \delta [P b \eta_{pm} - a (G_k \sin \alpha - P_f)] / P b.$

Режим разгона автотранспортного средства	
Расчётная схема	
Зависимости для определения параметров фазы инерционного дорегулирования	$t_u = \{2 \delta [P b - a (P_f + m_k j)] (P_f + m_k j) / P b m_k a\}^{1/2};$ $\delta_u = \delta [P b - a (P_f + m_k j)] / P b.$
Режим торможения автотранспортного средства	
Расчётная схема	
Зависимости для определения параметров фазы инерционного дорегулирования	$t_u = \{2 \delta m_k a^2 [P b \eta_{pm} - a (0,5 G_o m_p f + P_f - m_k j)] / P b [a (0,5 G_o m_p f + P_f - m_k j) + P \cdot b \cdot (1 - \eta_{pm})]\}^{1/2};$ $\delta_u = 2 \delta a [P b \eta_{pm} - a (0,5 G_o m_p f + P_f - m_k j)] / P b.$

Режим движения автотранспортного средства накатом	
Расчётная схема	
Зависимости для определения параметров фазы инерционного дорегулирования	$t_u = \{2 \delta (G_k j a - P_f a + P b \eta_{pm}) \cdot m_k \cdot a^2 / P b [P_f a - G_k j a + P b (1 - \eta_{pm})]\}^{1/2},$ $\delta_u = \delta (G_k j a - P_f a + P b \eta_{pm}) / P b.$
Обозначения (кроме символов, расшифрованных в табл. 2)	<p>$M_{тр}$ – момент трения в шкворневом соединении;</p> <p>P_u – сила инерции управляемого колеса с осью и поворотным кулаком в сборе;</p> <p>P_m – тормозная сила на колесе;</p> <p>P_f – касательная реакция дороги на управляемое колесо;</p> <p>$G_{кz}$ – составляющая веса управляемого колеса в сборе, действующая параллельно поверхности дороги;</p> <p>$G_{кн}$ – составляющая веса управляемого колеса в сборе, действующая перпендикулярно поверхности дороги;</p> <p>G_o – вес автотранспортного средства, приходящийся на управляемую ось; $G_o = m g$;</p> <p>m – масса автотранспортного средства, приходящаяся на управляемую ось;</p> <p>g – ускорение свободного падения;</p> <p>α – угол подъёма дороги;</p> <p>r_k – радиус качения управляемых колёс;</p> <p>m_p – коэффициент перераспределения нормальных реакций дороги на управляемое колесо;</p> <p>P_f – сила сопротивления качению, лежащая в плоскости дороги и средней плоскости управляемого колеса, являющаяся касательной реакцией дороги на управляемое колесо $P_f = Z f$, где Z – нормальная реакция дороги на управляемое колесо,</p> <p>$Z = G_o / (m_p \cos \alpha)$;</p> <p>$\eta_{pm}$ – коэффициент, оценивающий потери на трение в шкворневых узлах управляемых колёс;</p> <p>j – ускорение автотранспортного средства.</p>

4 Обсуждение и заключение

Несмотря на то, что зависимости получены с использованием известных математических методов, они явным образом не следуют из уровня знаний специалистов, а поэтому имеют научную новизну и практическую значимость для реализации автоматического регулирования схождения управляемых колёс автотранспортного средства в процессе движения. Предлагаемый способ повышает точность регулирования параллельности плоскостей вращения управляемых колёс при различных режимах и условиях движения автотранспортного средства.

Результаты исследований В. И. Троицкого [15] позволяют оценить эффект от реализации непрерывного регулирования схождения управляемых колёс автотранспортных средств как результат снижения износа шин на 25-33,7 %. Оценка вклада в это снижение непосредственно от применения предлагаемого способа повышения точности регулирования, а также в снижение сопротивления движению автотранспортного средства и расходу им топлива может быть определена при экспериментальных исследованиях.

Список литературы

- 1 Автомобильные шины. Конструкция, механика, свойства, эксплуатация / О.Б. Третьяков [и др.]. – М.: КолосС, Химия, 2007. – 432 с.: ил.
- 2 Рассоха, В. И. Разработка системы для непрерывного регулирования схождения управляемых колёс автотранспортных средств в движении / В.И. Рассоха, Е.В. Бондаренко, В.Т. Исайчев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2008. – № 2. – С. 138-143.
- 3 Рассоха, В. И. Система активного регулирования схождения: место, задачи и реализации в проблеме ресурсосбережения автомобильных шин / В.И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 2. – С. 154-160.
- 4 Рассоха, В. И. Повышение срока службы автомобильных шин за счёт регулирования схождения управляемых колёс в процессе движения: монография / В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2015. – 202 с.: ил.
- 5 Рассоха, В. И. Совершенствование системы активного регулирования схождения управляемых колёс автотранспортных средств: монография [Электронное издание] / В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев. – Оренбург: ОГУ, 2023. – 225 с.: ил.
- 6 Рязанцев, В. И. Активное управление схождением колес автомобиля: монография / В.И. Рязанцев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 212 с.
- 7 Нгуен Чи Конг. Моделирование движения по прямолинейной и криволинейной траекториям автомобиля с активным управлением схождением колёс / Нгуен Чи Конг, В.И. Рязанцев // Известия вузов. Машиностроение. – 2009. – № 1. – С 52-61.
- 8 Patent US 3498630 A [B 62 D 17/00](#). Automatic wheel alignment mechanism for automotive vehicles / [Charles A. Crawford](#). – Declared 06.05.1968; published 03.03.1970. – URL: <https://patents.google.com/patent/US3498630A/en> (дата обращения: 14.11.2023).
- 9 Авторское свидетельство 905692 СССР, МКИ G 01 M 17/06. Устройство для автоматического регулирования схождения управляемых колёс транспортного средства / В.И. Рязанцев, А.М. Жуков. – № 2886317; заявл. 22.02.80; опубл. 15.02.82, Бюл. № 6. – 4 с.: ил.
- 10 Авторское свидетельство 1107028 СССР, МКИ G 01 M 17/06. Способ установки оптимального угла схождения управляемых колёс транспортного средства / В.И. Рязанцев, А.М. Жуков. – № 3554488; заявл. 18.02.83; опубл. 07.08.84, Бюл. № 29. – 5 с.: ил.
- 11 Авторское свидетельство 746242 СССР, МКИ G 01 M 17/06. Способ установки схождения управляемых колёс транспортного средства / М.В. Морозов, А.А. Жирнов, Ф.М. Судак. – № 2614505; заявл. 15.05.78; опубл. 07.07.80, Бюл. № 25. – 3 с.: ил.
- 12 Патент 2333470 РФ, МПК G 01 M 17/06. Способ автоматической установки схождения управляемых колёс в процессе движения / Е.В. Бондаренко, В.А. Бондаренко, В.И.

Рассоха, В.Т. Исайчев, А.С. Килов; заявитель и патентообладатель ОГУ. – № 2006105921; заявл. 26.02.2006; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 25. – 3 с.: ил.

13 Патент 2349892 РФ, МПК G 01 M 17/06; B 62 D 17/00. Устройство для автоматической установки схождения управляемых колёс в процессе движения / Е.В. Бондаренко, В.А. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев, А.С. Килов; заявитель и патентообладатель ОГУ. – № 2007113393; заявл. 10.04.2007; опубл. 20.03.2009. Бюл. № 8. – 3 с.: ил.

14 Патент 2353912 РФ, МПК G 01 M 17/06; B 62 D 17/00. Устройство для автоматической установки схождения управляемых колёс в процессе движения / Е.В. Бондаренко, В.А. Бондаренко, В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев, А.С. Килов; заявитель и патентообладатель ОГУ. – № 2007113391; заявл. 10.04.2007; опубл. 27.04.2009. Бюл. № 12. – 3 с.: ил.

15 Троицкий, В. И. Снижение износа шин управляемых колёс обеспечением рационального соотношения углов их поворота при эксплуатации легкового автомобиля в условиях города (на примере автомобиля ГАЗ-24 «Волга»): дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10, 05.05.03 / В.И. Троицкий. – М., 1984. – 200 с.

References

1 Car tires. Design, mechanics, properties, operation / O.B. Tretyakov [et al.]. – М.: KolosS, Chemistry, 2007. – 432 p.: ill.

2 Rassokha, V. I. Development of a system for continuous regulation of the convergence of controlled wheels of motor vehicles in motion / V.I. Rassokha, E.V. Bondarenko, V.T. Isaichev // Bulletin of the Orenburg State University. – 2008. – No. 2. – pp. 138-143.

3 Rassokha, V. I. The system of active convergence regulation: place, tasks and implementation in the problem of resource saving of automobile tires / V.I. Rassokha // Bulletin of the Orenburg State University. – 2009. – No. 2. – pp. 154-160.

4 Rassokha, V. I. Increasing the service life of automobile tires by adjusting the convergence of controlled wheels during movement: monograph / V.I. Rassokha, V.T. Isaichev. Orenburg: IPK Universitet LLC, 2015. – 202 p.: ill.

5 Rassokha, V. I. Improvement of the system of active regulation of the convergence of controlled wheels of motor vehicles: monograph [Electronic edition] / V.I. Rassokha, V.T. Isaichev. – Orenburg: OSU, 2023. – 225 p.: ill.

6 Ryazantsev, V. I. Active control of the convergence of car wheels: monograph / V.I. Ryazantsev. – М.: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2007. – 212 p.

7 Nguyen Chi Kong. Modeling of movement along rectilinear and curved trajectories of a car with active wheel convergence control / Nguyen Chi Kong, V.I. Ryazantsev // Izvestiya vuzov. Mechanical engineering. – 2009. – No. 1. – С 52-61.

8 Patent US 3498630 A B 62 D 17/00. Automatic wheel alignment mechanism for automotive vehicles / Charles A. Crawford. – Declared 05/06/1968; published 03/03/1970. – URL: <https://patents.google.com/patent/US3498630A/en> (date of application: 11/14/2023).

9 Copyright certificate 905692 USSR, MKI G 01 M 17/06. A device for automatic control of the convergence of controlled wheels of a vehicle / V.I. Ryazantsev, A.M. Zhukov. – No. 2886317; application. 22.02.80; publ. 15.02.82, Bul. No. 6. – 4 p.: il.

10 Copyright certificate 1107028 USSR, MKI G 01 M 17/06. A method for setting the optimal angle of convergence of the controlled wheels of a vehicle / V.I. Ryazantsev, A.M. Zhukov. – No. 3554488; application No. 18.02.83; publ. 07.08.84, Bul. No. 29. – 5 p.: ill.

11 Copyright certificate 746242 USSR, MCI G 01 M 17/06. Method of installing convergence of controlled wheels of a vehicle / M.V. Morozov, A.A. Zhirnov, F.M. Sudak. – No. 2614505; application 15.05.78; publ. 07.07.80, Bul. No. 25. – 3 p.: il.

12 Patent 2333470 of the Russian Federation, IPC G 01 M 17/06. A method for automatically installing the similarity of controlled wheels during movement / E.V. Bondarenko, V.A. Bondarenko,

V.I. Rassokha, V.T. Isaichev, A.S. Kilov; applicant and patent holder of OSU. – No. 2006105921; application. 02/26/2006; publ. 09/10/2008, Bul. No. 25. – 3 p.: ill.

13 Patent 2349892 RF, IPC G 01 M 17/06; B 62 D 17/00. A device for automatic installation of the convergence of controlled wheels in the process of movement / E.V. Bondarenko, V.A. Bondarenko, V.I. Rassokha, V.T. Isaichev, A.S. Kilov; applicant and patent holder of OSU. – No. 2007113393; application. 04/10/2007; publ. 03/20/2009. Byul. No. 8. – 3 p.: il.

14 Patent 2353912 RF, IPC G 01 M 17/06; B 62 D 17/00. A device for automatic installation of the convergence of controlled wheels in the process of movement / E.V. Bondarenko, V.A. Bondarenko, V.I. Rassokha, V.T. Isaichev, A.S. Kilov; applicant and patent holder of OSU. – No. 2007113391; application. 04/10/2007; publ. 04/27/2009. Byul. No. 12. – 3 p.: il.

15 Troitskiy, V. I. Reduction of tire wear of controlled wheels by ensuring a rational ratio of their turning angles during operation of a passenger car in urban conditions (using the example of a GAZ-24 Volga car) : dis. ... candidate of Technical Sciences : 05.22.10, 05.05.03 / V.I. Troitsky. – M., 1984. – 200 p.

© Раскоха В.И, 2024