



ную реакцию  $R$  дороги на колесо, лежащую в плоскости дороги.

В фазе силового восстановления на колесо с осью в сборе действуют (рисунок 1, скорость движения АТС постоянна):

–  $M_x$  – момент сопротивления повороту (момент от касательной реакции дороги на колесо  $x$ );

–  $M_u$  – инерционный момент управляемого колеса с осью;

–  $M_p$  – момент от усилия в гидроцилиндре поперечной рулевой тяги;

–  $M_{cm}$  – стабилизирующий момент.

Тогда уравнение всех действующих на колесо силовых факторов относительно центра поворота  $O_1$  будет иметь вид:

$$M_x + M_u - M_p - M_{cm} = 0. \quad (2)$$

Ввиду небольшой величины углов отклонения управляемых колес от оптимальных значений влияние стабилизирующего момента на процесс регулирования схождения можно не учитывать.

Тогда уравнение (2) упростится:

$$M_x + M_u - M_p = 0. \quad (3)$$

Момент  $M_x$  определяется по выражению

$$M_x = x a = Z_k \Psi a, \quad (4)$$

где  $x$  – касательная реакция дороги на колесо;

$a$  – расстояние от центра поворота до средней плоскости управляемого колеса;

$Z_k$  – нормальная реакция дороги на колесо:

$$Z_k = (0,5G_1 + G_k) m_{p1},$$

где:  $G_1$  – вес АТС, приходящийся на управляемую ось;  $G_k$  – вес управляемого колеса;  $m_{p1}$  – коэффициент перераспределения нормальных реакций;

$\Psi$  – коэффициент суммарного дорожного сопротивления:  $\Psi = f + i$ , где  $i$  – уклон дороги, а  $f$  – коэффициент сопротивления качению, который может быть определен по выражению

$$f = (1 + v^2/20000),$$

где  $v$  – скорость движения АТС;  $f_0$  – коэффициент, зависящий от дорожного покрытия.

Полагая, что масса управляемого колеса с осью сосредоточена на этой оси в средней плоскости колеса, инерционный момент может быть определен как

$$M_u = I_k \varepsilon_1, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_1$  – угловое ускорение управляемого колеса с осью относительно центра поворота  $O_1$  в фазе силового восстановления;  $I_k$  – момент инерции колеса с осью в сборе, который определяется как

$$I_k = m_k a^2, \quad (6)$$

где  $m_k$  – масса управляемого колеса с осью в сборе.

Момент от восстановительного усилия в исполнительном механизме от давления на поршень рабочей жидкости будет равен

$$M_p = Pb, \quad (7)$$

где  $b$  – расстояние от оси поперечной тяги до центра поворота управляемого колеса с осью;  $P$  – усилие, создаваемое исполнительным механизмом в поперечной рулевой тяге:

$$P = p \frac{\pi d_u^2}{4}, \quad (8)$$

здесь:  $p$  – давление рабочей жидкости в системе;  $d_u$  – рабочий диаметр гидроцилиндра исполнительного механизма.

Подставив выражения (4), (5) и (7) в уравнение (3), получим:

$$x \cdot a + m_k a^2 \varepsilon_1 - Pb = 0. \quad (9)$$

Решая его, находим угловое ускорение управляемого колеса с осью относительно центра его поворота  $O_1$  в фазе силового восстановления:

$$\varepsilon_1 = \frac{P \cdot b - xa}{m_k a^2}. \quad (10)$$

Имея угловое ускорение  $\varepsilon_1$  можно определить угол  $\delta_p$ , на который должно повернуться управляемое колесо АТС в фазе силового восстановления:

$$\delta_p = \frac{\varepsilon_1 t_1^2}{2}, \quad (11)$$

где  $t_1$  – время поворота управляемого колеса с осью в первой фазе.

Для определения угловой скорости поворота управляемого колеса с осью в конце фазы силового восстановления продифференцируем выражение угла поворота в этой фазе по углу и по времени

$$\frac{d\delta_p}{dt} = \frac{2\varepsilon_1 t_1}{2},$$

откуда  $\omega_0 = \varepsilon_1 t_1$ , где  $\omega_0$  – угловая скорость колеса с осью относительно  $O_1$  в момент окончания действия гидроцилиндра.

Отсюда время фазы силового восстановления и угол  $\delta_p$ , на который должно повернуться управляемое колесо в этой фазе:

$$t_1 = \frac{\omega_0}{\varepsilon_1}, \quad (12)$$

$$\delta_p = \frac{\omega_0^2}{2\varepsilon_1}. \quad (13)$$

В фазе инерционного дорегулирования на управляемое колесо с осью действует момент от касательной реакции дороги на колесо и инерционный момент от колеса и связанных с ним деталей. Тогда уравнение (3) примет вид:

$$M_x - M_u = 0. \quad (14)$$

Подставив в уравнение (14) выражения (4)-(6), получим

$$xa - m_k a^2 \varepsilon_2 = 0, \quad (15)$$

откуда найдем угловое замедление управляемого колеса с осью в фазе инерционного дорегулирования:

$$\varepsilon_2 = \frac{x}{m_k a}. \quad (16)$$

Угловая скорость управляемого колеса с осью в фазе инерционного дорегулирования определяется как

$$\omega = \omega_0 - \varepsilon_2 t. \quad (17)$$

Угловая скорость управляемого колеса во второй фазе в момент конца восстановления правильного положения управляемого колеса должна быть равна нулю. Приравняв выражение (17) к нулю, определим время инерционного дорегулирования:

$$t_2 = \frac{\omega_0}{\varepsilon_2}. \quad (18)$$

С учетом этого угол, на который поворачивается управляемое колесо с осью в фазе инерционного дорегулирования, составит:

$$\delta_u = \frac{\omega_0^2}{2\varepsilon_2}. \quad (19)$$

Тогда угол отклонения схождения управляемого колеса от оптимального будет равен

$$\delta = \delta_c + \delta_u = \frac{\omega_0^2}{2\varepsilon_1} + \frac{\omega_0^2}{2\varepsilon_2}. \quad (20)$$

Отсюда определим угловую скорость управляемого колеса с осью (относительно  $O_1$ ) в момент окончания силовой и начала инерци-

онной фазы восстановления правильного схождения управляемых колес:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot \delta \cdot \varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}}. \quad (21)$$

С учетом выражений (10) и (16) ускорений  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  управляемого колеса с осью, соответственно в первой и второй фазах восстановления схождения управляемых колес АТС, окончательное выражение угловой скорости управляемого колеса с осью относительно центра поворота  $O_1$  в момент конца первой и начала второй фаз примет вид:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2\delta \cdot \frac{Pb - xa}{m_k a^2} \cdot \frac{x}{m_k a}}{\frac{Pb - xa}{m_k a^2} + \frac{xa}{m_k a}}} = \sqrt{2\delta \frac{(Pb - xa)x}{Pbm_k a}}. \quad (22)$$

Имея угол  $\delta$  отклонения схождения управляемого колеса от оптимального, а также необходимые параметры состояния АТС, можно определить угловую скорость управляемого колеса с осью  $\omega_0$  и время  $t_u$  (или угол  $\delta_u$ ), за которое нужно прекратить силовое воздействие исполнительного механизма для восстановления правильного схождения системы, которое будет равно времени фазы инерционного дорегулирования.

Полученные теоретические зависимости позволяют определить рабочие параметры системы для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес АТС с учетом инерционности ее элементов и обеспечить высокую точность регулирования схождения управляемых колес АТС в процессе движения.

21.06.2010 г.

**Список литературы:**

1. 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.
2. 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.
3. Рассоха, В.И. Устройство контроля и регулирования схождения управляемых колес АТС в процессе движения / В.И. Рассоха, В.Т. Исайчев, Е.В. Бондаренко // Автомобильная промышленность. – 2009. – №5. – С. 21-23.

Сведения об авторах: Рассоха Владимир Иванович, заведующий кафедрой автомобилей и безопасности движения Оренбургского государственного университета, канд. техн. наук, доцент;  
 Исайчев Владимир Тимофеевич, доцент кафедры автомобилей и безопасности движения Оренбургского государственного университета, канд. техн. наук, доцент  
 460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ГОУ ОГУ, кафедра АиБД, тел. (3532) 754182, e-mail: cabin@house.osu.ru.

Rassokha V.I., Isaychev V.T.  
 IMPROVEMENT OF THE OPERATING CHARACTERISTICS OF THE SYSTEM OF CONTINUOUS CONTROL OF THE CONVERGENCE OF THE CONTROLLED WHEELS OF MOTOR TRANSPORT MEANS IN MOTION. INCREASING THE ACCURACY OF REGULATION

The authors got the expressions, which consider the inertness of the elements of the system of continuous control of the convergence of the controlled wheels of motor transport means in the process of motion, which use with tuning of system makes it possible to increase the accuracy of regulation.

Keywords: motor transport means; the convergence of the controlled wheels; control system; accuracy; inertness.