

Приложение А (справочное)

Моделирование блока управляющих сигналов

Криволинейное движение колесной машины в общем случае реализуется водителем в результате управления рулевым колесом, педалями подачи топлива и тормоза и коробкой передач. Для моделирования блока управляющих сигналов при исследовании неустановившегося криволинейного движения необходимо описать связанные с этими действиями изменения углов поворота управляемых колес и поступательной скорости вдоль продольной оси колесной машины.

В теории колесных машин криволинейное движение рассматривается как совокупность отдельных поворотов, характеризующихся вероятной кривизной и длиной траектории [10].

Процесс отдельного поворота колесной машины в общем случае принято представлять в виде трех последовательных характерных этапов [96, 140]. Первый этап связан с увеличением кривизны траектории – переходом от прямолинейного движения к криволинейному (вход в поворот), второй этап характеризуется движением машины с постоянной кривизной (равномерный поворот), третий этап заключается в уменьшении кривизны траектории – возвращении к прямолинейному движению (выход из поворота). В частном случае второй этап может отсутствовать.

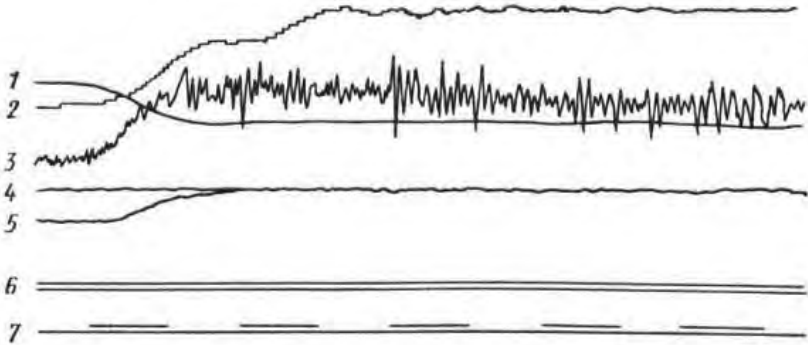
При изучении неустановившегося криволинейного движения колесных машин процесс поворота рулевого и управляемых колес на характерных этапах отдельного поворота машины обычно представляется с помощью линейных зависимостей. Это при переходе от одного характерного этапа к другому приводит к моделированию скачкообразного изменения скорости поворота управляемых колес и препятствует использованию теории нелинейного бокового увода Д. А. Антонова [97].

Для математического описания блока управляющих воздействий на рулевое колесо проанализируем экспериментальные данные [98], полученные при выполнении входа в поворот и движении колесной машины по синусоидальной траектории со скоростью 8,9 м/с.

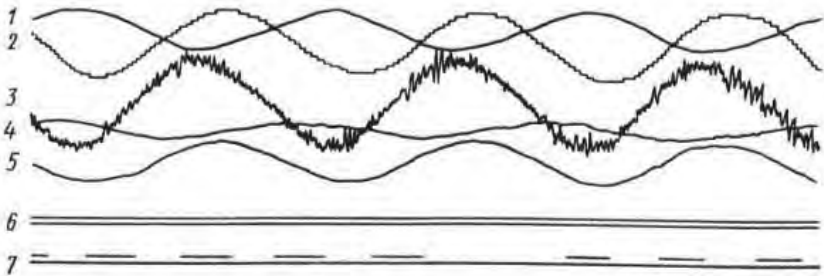
Анализ приведенных на рисунке А.1 экспериментальных данных показывает, что реализуемые в действительности законы управляющего воздействия носят непрерывный характер, исключая скачкообразное изменение скорости поворота рулевого колеса. Причем максимальная скорость поворота рулевого колеса, как правило, имеет место на участках

зависимости от угла поворота рулевого колеса, равноудаленных от его крайних положений.

а)



б)



1 – угол поворота рулевого колеса; 2 – угол крена; 3 – боковое ускорение; 4 – угловая скорость крена; 5 – угловая скорость поворота; 6 – поступательная скорость; 7 – время

Рисунок А.1 – Осциллограмма изменения параметров колесной машины при входе в поворот (а) и движении по синусоидальной траектории (б) со скоростью 8,9 м/с [98]

Результаты проведенного анализа позволили в качестве функциональной зависимости для моделирования численных значений углов α_d поворота рулевого колеса при криволинейном движении колесной машины предложить зависимость следующего вида [21]:

$$\alpha_d = \alpha_{d \max} \sin^2(a_1 t + a_0), \quad (\text{A.1})$$

где $\alpha_{d \max}$ – максимальное значение угла поворота рулевого колеса;

a_1 и a_0 – коэффициенты нелинейного уравнения регрессии.

Регрессионный анализ показал, что предложенная функциональная зависимость дает возможность с коэффициентом корреляции не менее 0,99 описывать процесс поворота рулевого колеса при осуществлении моделирования вход в поворот или в другой маневр и выхода из них. В отличие от линейной зависимости нелинейная зависимость (А.1) позволяет исключить недостижимое в действительности скачкообразное изменение скорости поворота рулевого и управляемых колес и с более высоким на 0,02 коэффициентом корреляции рассчитывать значения углов их поворота.

Таким образом, зависимости для расчета углов поворота рулевого колеса при моделировании движения колесной машины при выполнении маневра «вход в поворот» или входа в маневр с несколькими управляющими циклами и маневра «выход из поворота» или выхода из маневра с несколькими управляющими циклами окончательно принимают следующий вид [21]:

– для маневра «вход в поворот» или входа в маневр с несколькими управляющими циклами (рисунок А.2)

$$\alpha_d = \alpha_{d \max} \sin^2(Tt), \quad 0 < t < 0,5\pi/T; \quad (\text{A.2})$$

– для маневра «выход из поворота» или выхода из маневра с несколькими управляющими циклами (рисунок А.3)

$$\alpha_d = \alpha_{d \max} \cos^2(Tt), \quad 0 < t < 0,5\pi/T. \quad (\text{A.3})$$

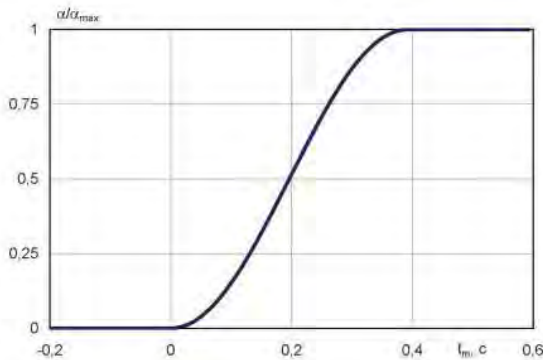


Рисунок А.2 – Графическая зависимость для моделирования поворота рулевого и управляемых колес при выполнении маневра «вход в поворот»

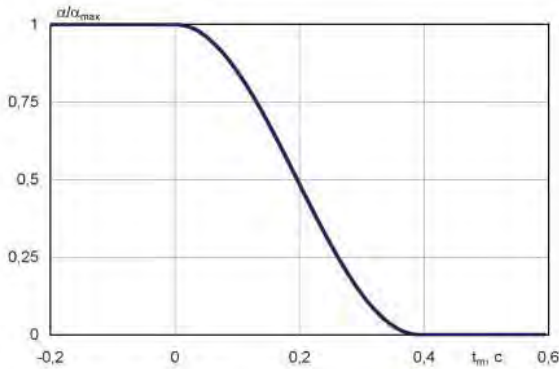


Рисунок А.3 – Графическая зависимость для моделирования поворота рулевого и управляемых колес при выполнении маневра «выход из поворота»

Для составления зависимостей для расчета углов поворота рулевого и управляемых колес при моделировании маневра «переставка» и движения по синусоидальной траектории с несколькими управляющими циклами на различных участках с позиции обеспечения одинаковой интенсивности управления необходимо коррелировать численные значения коэффициентов a_1 и a_0 зависимости (А.1) с численными значениями коэффициентов b_1 и b_0 зависимости следующего вида [21]:

$$\alpha_d = \alpha_{d \max} \sin(b_1 t - b_0). \quad (\text{А.4})$$

С этой целью численные значения коэффициентов a_i и b_i в уравнениях (А.1) и (А.4) определялись из условия обеспечения равенства скорости поворота рулевого колеса ($\dot{\alpha}_d = \text{const}$) в моменты времени, соответствующие углам поворота $\alpha_d = \pm 0,5 \alpha_{d \max}$ [21].

Проведенные в рамках данного раздела исследования позволили предложить следующие зависимости для расчета углов поворота рулевого и управляемых колес при моделировании криволинейного движения многоприводной колесной машины при выполнении маневра «смена полосы движения» («переставка») и маневра «змейка» (движении по синусоидальной траектории) [21]:

– для маневра «смена полосы движения» («переставка») (рисунок А.4)

$$\begin{cases} \alpha_d = \alpha_{d \max} \sin^2(Tt), & 0 < t < 0,5 \pi/T ; \\ \alpha_d = \alpha_{d \max} \sin(1,3Tt - 0,6\pi), & 0,5 \pi/T < t < 2,538 \pi/T ; \\ \alpha_d = -\alpha_{d \max} \sin^2(Tt - 0,769\pi), & 2,538 \pi/T < t < 3,538 \pi/T ; \end{cases} \quad (\text{A.5})$$

– для маневра «змейка» (движения по синусоидальной траектории) (рисунок А.5)

$$\begin{cases} \alpha_d = \alpha_{d \max} \sin^2(Tt), & 0 < t < 0,5 \pi/T ; \\ \alpha_d = \alpha_{d \max} \sin(1,3Tt - 0,6\pi), & 0,5 \pi/T < t < (0,769s + 0,5) \pi/T ; \\ \alpha_d = -\alpha_{d \max} \sin^2(Tt - 0,769\pi s), & (0,769s + 0,5) \pi/T < t < (0,769s + 1) \pi/T , \end{cases} \quad (\text{A.6})$$

где T – параметр моделируемого маневра (для маневров «вход в поворот», «выход из поворота» и «переставка» соответствует времени выполнения маневра);

s – целое нечетное число, определяющее количество управляющих циклов маневра змейка: $0,5(s + 1)$. Для маневра «переставка» $s = 1$.

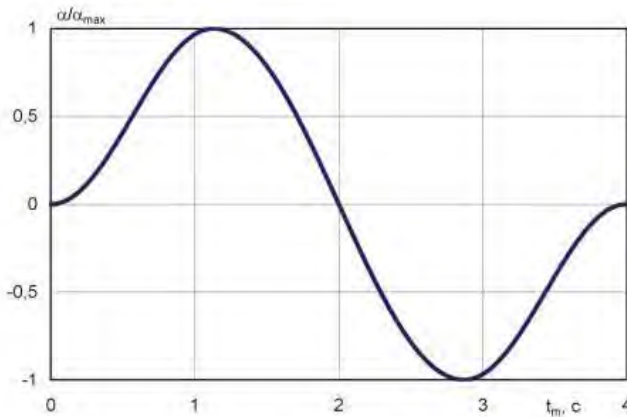


Рисунок А.4 – Графическая зависимость для моделирования поворота рулевого и управляемых колес при выполнении маневра «переставка»

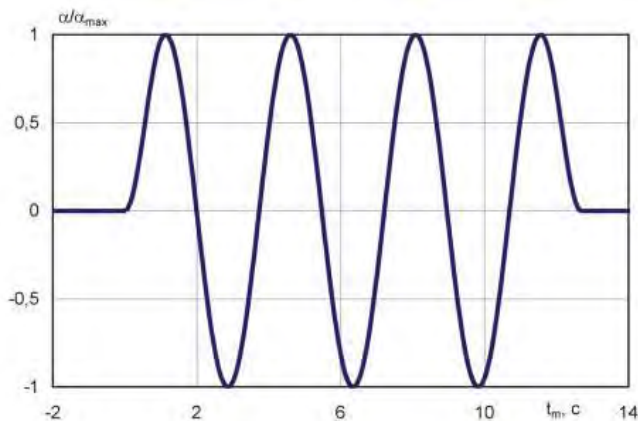


Рисунок А.5 – Графическая зависимость для моделирования поворота рулевого и управляемых колес при выполнении маневра «змейка»

Таким образом, предложенные в разделе зависимости (А.2), (А.3), (А.5) и (А.6) позволяют рассчитать углы поворота рулевого и управляемых колес с более высокой сходимостью расчетных значений с экспериментальными данными и повысить адекватность математической модели при исследовании неустановившегося криволинейного движения многоприводной колесной машины. При этом полученные зависимости дают возможность исключить моделирование недостижимого в действительности скачкообразного изменения скорости поворота рулевого и управляемых колес и использовать теорию Д. А. Антонова нелинейного бокового увода колес для расчета боковых реакций на колесах многоприводной колесной машины.

Управление педалями подачи топлива и тормоза, а также переключением передач в коробке переменных передач осуществляется с целью регулирования скорости поступательного движения колесной машины.

Моделирование движения многоприводной колесной машины в постановке первой задачи динамики предполагает, что закон изменения поступательной скорости продольной оси колесной машины известен. В данном случае при изучении криволинейного движения колесной машины, как правило, прибегают к упрощению математической модели, полагая, что движение машины происходит с постоянной скоростью. Это позволяет существенно упростить алгоритмическую и программную

реализацию расчетной схемы, однако в то же время приводит к ограничению области исследования.

Для устранения данного ограничения предлагается использовать следующую функциональную зависимость между поступательной скоростью и ускорением вдоль продольной оси колесной машины [10]:

$$\frac{\ddot{\pi}_1}{\ddot{\pi}_{1\max}} = \left(\frac{1}{s_1 + (\dot{\pi}_1 / \dot{\pi}_{1s})^{s_2}} - s_1 \right)^{1/s_2}, \quad (\text{A.7})$$

где $\ddot{\pi}_{1\max}$ – максимальное значение ускорения вдоль продольной оси колесной машины;

$\dot{\pi}_{1s}$ – поступательная скорость установившегося движения вдоль продольной оси колесной машины, до которой осуществляется разгон;

s_1 и s_2 – эмпирические коэффициенты.

Тогда для решения системы уравнений криволинейного движения суммарная проекция касательных сил тяги ведущих колес на продольную ось многоприводной колесной машины определяется из уравнения (7.54):

$$P_{k\Sigma x} = \sum_{i=1}^k (P_{fir} \cos \alpha_{ir} + P_{fil} \cos \alpha_{il} + P_{sir} \sin \alpha_{ir} + P_{sil} \sin \alpha_{il}) + \quad (\text{A.8})$$

$$+ \sum_{i=k+1}^m (P_{fir} + P_{fil}) + P_a + m_v \delta_r (\ddot{\pi}_1 - \ddot{\pi}_2 \ddot{\pi}_3).$$

При моделировании криволинейного движения многоприводной колесной машины при решении второй задачи динамики величину суммарной касательной силы тяги на ведущих колесах можно найти из выражения

$$\sum_{i=1}^k (P_{kir} r_{wir}^o \cos \alpha_{ir} + P_{kil} r_{wil}^o \cos \alpha_{il}) + \sum_{i=k+1}^n (P_{kir} r_{wir}^o + P_{kil} r_{wil}^o) = \quad (\text{A.9})$$

$$= M_{dej} u_{mpj} \eta_{mpj},$$

где M_{dej} – текущее значение крутящего момента двигателя;

u_{mpj} и η_{mpj} – передаточное число и КПД трансмиссии;



r_{wir}^o и r_{wil}^o – радиусы качения правого и левого колес i -го моста в ведомом режиме.

$$r_{wi}^o = r \frac{rp_{wi} + v_1 P_{zi}}{rp_{wi} + v_2 P_{zi}}, \quad i = 1, m, \quad (\text{A.10})$$

где r – свободный радиус колеса;

p_{wi} – давление воздуха в шине;

v_1 и v_2 – коэффициенты аппроксимации экспериментальных данных, на основе которых составлена зависимость (A.10).

Таким образом, предложенные зависимости (A.2), (A.3), (A.5), (A.6) и зависимости (A.7), (A.8) или (A.9) позволяют рассчитать изменения углов поворота рулевого и управляемых колес, а также изменение поступательной скорости вдоль продольной оси и значений крутящих моментов на ведущих колесах в процессе движения многоприводной машины и тем самым определить параметры блока управляющих сигналов.

Приложение Б (справочное)

Моделирование сил, действующих на многоприводную колесную машину

Эксплуатационные свойства и динамика криволинейного движения определяются действующими на многоприводную машину внешними силами и моментами.

Для решения системы уравнений криволинейного движения (7.54)–(7.56) выразим касательные силы тяги P_{kir} и P_{kil} , силы сопротивления качению P_{fir} и P_{fil} и боковые реакции P_{sir} и P_{sil} колес, силу сопротивления воздушной среды P_a , а также общий момент M_r сопротивления повороту колесной машины в контакте колес с опорной поверхностью через характеристики колесной машины и кинематические параметры ее криволинейного движения.

Касательные силы тяги P_{kir} и P_{kil} ведущих колес связаны с углами δ_i увода и коэффициентами буксований $s_{\delta ir}$ и $s_{\delta il}$ экспоненциальной зависимостью [9]

$$P_{ki} = \frac{\varphi_i s_{\delta i} P_{zi}}{\sqrt{s_{\delta i}^2 + (1 - s_{\delta i})^2 \operatorname{tg}^2 \delta_i}} \left(1 - e^{-k_i \sqrt{s_{\delta i}^2 + (1 - s_{\delta i})^2 \operatorname{tg}^2 \delta_i}} \right), \quad i = 1, n, \quad (\text{Б.1})$$

где P_{zi} – нормальные реакции колес;

δ_i – углы бокового увода колес;

k_i – характеристический коэффициент, зависящий от свойств шин и опорной поверхности.

Силы сопротивления качению колес P_{fir} и P_{fil} рассчитываются на основе произведения коэффициентов сопротивления на опорные реакции соответствующих колес согласно выражению [12, 30]

$$P_{fi} = f_i P_{zi}, \quad i = 1, m, \quad (\text{Б.2})$$

где f_i – коэффициенты сопротивления качению колес, определяемые с учетом скорости поступательного движения машины $\dot{\pi}_1$ и углов бокового увода колес δ_i .

При моделировании движения многоприводной колесной машины по деформируемой грунтовой поверхности значения коэффициентов сцепления φ_{ir} , φ_{il} и коэффициентов сопротивления качению f_{ir} , f_{il} корректируются с учетом числа проходов колес по колею и совпадения колеи колес разных осей [8].

Боковые реакции колес P_{sir} и P_{sil} определяются в соответствии с теорией нелинейного увода Д. А. Антонова [97]

$$P_{si} = K_{si} \delta_i = q_i K_{s0i} \delta_i, \quad i = 1, m, \quad (\text{Б.3})$$

где K_{si} – коэффициент сопротивления боковому уводу колес;
 K_{s0i} – тангенс угла наклона кривой $P_i = f(\delta)$ в начале координат;

q_i – общий коэффициент коррекции, равный произведению девяти частных коэффициентов коррекции.

Количество частных коэффициентов коррекции в каждом конкретном случае выбирается на основании [97] в соответствии с решаемыми задачами. Для изучения динамики криволинейного движения, а также влияния распределения касательных сил тяги между ведущими колесами на эксплуатационные свойства многоприводных колесных машин следует учитывать динамическое перераспределение нормальных реакций колес, деформационные свойства опорной поверхности, условия неустановившегося бокового увода, величины касательных сил тяги ведущих колес.

Исходя из сказанного, для составления математической модели криволинейного движения многоприводных колесных машин примем следующие коэффициенты коррекции.

Изменение нормальной реакции колес учтем частным коэффициентом коррекции [97]

$$q_{Ni} = 1 - 0,6 \left(\frac{\Delta P_{zi}}{P_{ze}} \right)^2 + 0,4 \left(\frac{\Delta P_{zi}}{P_{ze}} \right)^3 - 0,1 \frac{\Delta P_{zi}}{P_{ze}} - 0,1 \frac{\Delta P_{zi}}{P_{ze}} \operatorname{sign} \frac{\Delta P_{zi}}{P_{ze}}, \quad i = 1, m, \quad (\text{Б.4})$$

где P_{ze} – нормальная реакция, соответствующая экстремуму зависимости $K_s = f(P_z)$;

ΔP_{zi} – отклонение нормальной реакции колес i -го моста от значения P_{ze} :

$$\Delta P_{zi} = P_{zi} - P_{ze}, \quad i = 1, m.$$

При качении колес по грунтовой опорной поверхности боковой увод происходит как вследствие деформации и проскальзываний шины, так и вследствие деформационных свойств этой поверхности, что учитывается коэффициентом

$$q_{gi} = \left(1 + \frac{2K_{li}}{b_{wi}b_{li}^2C_{gi}} \right)^{-1}, \quad i = 1, m, \quad (\text{Б.5})$$

где b_{wi} и b_{li} – ширина и длина контактного отпечатка колес с опорной поверхностью;

C_{gi} – жесткость элементарной площадки грунтовой поверхности при сдвиге в боковом направлении.

Ширина b_{wi} и длина b_{li} контактного отпечатка колес с опорной поверхностью определяются по известным зависимостям [97]. В формуле (Б.5) коэффициенты сопротивления боковому уводу колес K_{si} должны быть откорректированы по всем остальным учитываемым коэффициентам коррекции.

Влияние неустановившегося режима криволинейного движения на коэффициенты сопротивления боковому уводу K_{si} учитывается с помощью частных коэффициентов следующего вида:

$$q_{asi} = 1 - e^{-\frac{0,18 \cdot \dot{\delta}_i}{\delta_i b_{li}}}, \quad i = 1, m. \quad (\text{Б.6})$$

Влияние касательных сил тяги P_{ki} на боковые реакции P_{si} ведущих колес определяется в зависимости от полноты использования их сцепных сил в соответствии с коэффициентами

$$q_{ki} = \frac{\sqrt{1 - \left(P_{ki} / (\varphi_i P_{zi}) \right)^2}}{1 + 0,375 \left(P_{ki} / P_{zi} \right)}, \quad K_{\varphi i} \leq 0,5; \quad (\text{Б.7})$$

$$q_{ki} = \frac{\sqrt{1 - P_{ki} / (\varphi_i P_{zi})}}{1 + 3 \left(1 - \left| \frac{P_{ki}}{\varphi_i P_{zi}} \right| \right) \left(0,08 + 0,17 \frac{P_{zi}}{P_{zref}} \right) \left(1 - \frac{P_{li}^{l(l)}}{P_{li}^{l(l)l}} \right) \frac{P_{ki}}{P_{zi}}}, \quad K_{\varphi i} > 0,5,$$



где P_{zref} – рекомендуемая (номинальная) нагрузка для шины;

P_{sli} – предельная по сцеплению боковая реакция колеса,

$$P_{sli} = \sqrt{(\varphi_i P_{zi})^2 - P_{ki}^2}.$$

Для моделирования внешней силы, реализуемой в результате взаимодействия многоприводной машины с воздушной средой, т. е. силы сопротивления воздуха, воспользуемся зависимостью [12]

$$P_a = c_x q_v F, \quad (\text{Б.8})$$

где c_x – коэффициент аэродинамического сопротивления (обтекаемости);

q_v – динамический напор, $q_v = \frac{\rho_a \dot{\pi}_1^2}{2}$ (здесь ρ_a – плотность воздуха);

F – площадь миделевого сечения, т. е. наибольшая площадь сечения колесной машины в плоскости, перпендикулярной направлению ее движения.

Общий момент M_r сопротивления повороту многоприводной машины в контакте колес с опорной поверхностью складывается из моментов сопротивления повороту в контакте с опорной поверхностью отдельных колес M_{rir} и M_{ril} и рассчитывается по формулам [99].

Момент сопротивления повороту в контакте с опорной поверхностью отдельного колеса складывается из моментов сопротивления повороту колеса от кинематического увода M_{kri} , от силового увода M_{pri} и от углового перемещения отпечатков колеса относительно поверхности грунта и сил реакции, действующих на боковины колеса, когда последнее идет в колее M_{gri} :

$$M_{ri} = M_{kri} + M_{pri} + M_{gri}, \quad i = 1, m. \quad (\text{Б.9})$$

Момент сопротивления повороту колеса от кинематического увода M_{kri} рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{kri} = \frac{0,083}{R} \left[b_{wi}^2 \left(P_{ki} + \frac{r_{wi}^o}{\lambda_{xi}} \right) + 0,5 b_{li}^2 K_{si} \right], \quad i = 1, m, \quad (\text{Б.10})$$

- где b_{wi} – ширина контактного отпечатка;
 b_{li} – половина длины контактного отпечатка;
 R – действительный радиус поворота;
 λ_{xi} – коэффициент тангенциальной эластичности колеса;
 K_{si} – коэффициенты сопротивления боковому уводу колес.

Момент сопротивления повороту колеса от силового увода M_{pri} определяется формулой

$$M_{pri} = 0,1665 b_{li} P_{si}, \quad i = 1, m. \quad (\text{Б.11})$$

Момент M_{gri} сопротивления повороту от углового перемещения отпечатков колеса относительно поверхности грунта и сил реакции, действующих на боковины колеса, когда последнее идет в колее, рассчитывается из выражений

$$M_{gri} = \frac{M_{gr_{\max}^i}}{0,925 + 0,15\rho}, \quad i = 1, m, \quad (\text{Б.12})$$

где $M_{gr_{\max}^i}$ – момент сопротивления повороту колеса на месте.

$$M_{gr_{\max}^i} = 0,375 \varphi_i P_{zi} \sqrt{F_{impi}}, \quad i = 1, m, \quad (\text{Б.13})$$

где F_{impi} – площадь контактного отпечатка;

$$\rho = \frac{R}{B_a}.$$

Передача крутящего момента от силовой установки к ведущим колесам через трансформирующие его агрегаты и узлы при движении многоприводной колесной машины с ускорением или замедлением приводит к возникновению инерционной силы сопротивления разгону или торможению вращающихся масс. Действие этой силы учитывается коэффициентом учета вращающихся масс δ_r в уравнении (7.54).

Инерционный момент сопротивления многоприводной колесной машины изменению траектории криволинейного движения характеризуется ее радиусом инерции ρ_v и учитывается уравнением (7.56).

Список литературы

- 1 **Ким, В. А.** Методология создания адаптивных САБ АТС на основе силового анализа : монография / В. А. Ким. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2003. – 346 с.
- 2 **Сазонов, И. С.** Динамическое регулирование режимов движения полноприводных колесных машин / И. С. Сазонов. – Минск : БГПА, 2001. – 185 с.: ил.
- 3 Bosch. Автомобильный справочник : пер. с англ. – Москва : За рулем, 2000. – 896 с.
- 4 Способ регулирования торможением автопоезда / И. С. Сазонов [и др.] // Автоэлектроника за рубежом : информ. сб. – Москва, 1992. – Вып. 1. – С. 76–88.
- 5 **Вонг, Дж.** Теория наземных транспортных средств / Дж. Вонг. – Москва : Машиностроение, 1982. – 282 с.
- 6 **Гоздек, В. С.** Об уравнениях качения упругой шины / В. С. Гоздек // Ученые записки ЦАГИ. – 1970. – № 4. – С. 84–91.
- 7 **Гируцкий, О. И.** Электронные системы управления агрегатами автомобиля / О. И. Гируцкий, Ю. К. Есеновский-Лашков, Д. Г. Поляк. – Москва : Транспорт, 2000. – 213 с.
- 8 **Гуськов, В. В.** Оптимизация буксования ведущих колес трактора / В. В. Гуськов, В. А. Ким ; под ред. С. И. Назарова // Механизация сельского хозяйства : сб. науч. тр. – Минск, 1976. – Вып. 13. – С. 128–132.
- 9 **Гуськов, В. В.** Теория трактора / В. В. Гуськов. – Москва : Машиностроение, 1982. – 183 с. : ил.
- 10 **Дюбек, К. Л.** Исследование и устранение высокочастотных вибраций, возникающих при работе колесных тормозных механизмов / К. Л. Дюбек, И. А. Левин, Л. Т. Гапоян // Автомобильная промышленность. – 1972. – № 7. – С. 16–18.
- 11 **Диваков, А.** Lancep на тропе войны / А. Диваков, Л. Голованов // Авторевю. – 2000. – № 7. – С. 33–35.
- 12 Динамика системы «дорога – шина – автомобиль – водитель» / А. А. Хачатуров [и др.] ; под ред. А. А. Хачатурова. – Москва : Машиностроение, 1976. – 535 с. : ил.
- 13 **Добронравов, В. В.** Основы механики неголономных систем / В. В. Добронравов. – Москва : Высшая школа, 1970. – 188 с.
- 14 **Жуков, А. В.** Оценка поперечно-угловых колебаний двухосного прицепа с учетом нелинейности характеристик подвески / А. В. Жуков,



Ю. Ю. Беленький // Автомобильная промышленность. – 1971. – № 12. – С. 12–14.

15 **Закин, Я. Х.** Эксплуатация грузовых автомобильных поездов / Я. Х. Закин. – Москва : Автотрансиздат, 1962. – 535 с. : ил.

16 **Кадолко, Л. И.** Влияние микропрофиля дороги и параметров седельного автопоезда на его устойчивость против бокового заноса / Л. И. Кадолко, А. В. Жуков // Автомобильная промышленность. – 1976. – № 6. – С. 21–23.

17 **Кадаков, М.** Renault Scenic RX4. Почти внедорожник / М. Кадаков // Авторевию. – 2000. – № 1. – С. 4.

18 **Кацыгин, В. В.** Анизотронное качение колеса / В. В. Кацыгин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1968. – № 12. – С. 12–16.

19 **Келдыш, М. В.** Шимми переднего колеса трехколесного шасси / М. В. Келдыш // Тр. ЦАГИ. – 1945. – № 564. – С. 33.

20 **Ким, В. А.** Исследование курсового движения тракторного поезда в составе колесного трактора класса 14 Кн, одноосного и двухосного прицепов : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03 / В. А. Ким. – Минск, 1977. – 157 л.

21 **Ким, В. А.** Стенд для контроля качества АБС и ПБС / В. А. Ким // Автомобильная промышленность. – 2003. – № 2. – С. 31–33.

22 **Ким, В. А.** Электронный блок формирования сигналов управления торможением колесной машины / В. А. Ким // Вестн. МГТУ. – 2003. – № 2. – С. 87–90.

23 **Ким, В. А.** Уравнения движения седельного автопоезда для исследования нагружения шарнирного пальца седельного устройства / В. А. Ким, А. А. Полунган // Вестн. Москов. гос. техн. ун-та им. Н. Э. Баумана. Транспортные и строительные машины. – 2003. – № 4. – С. 54–58.

24 **Ким, В. А.** Критерии оценки устойчивости движения автомобиля / В. А. Ким // Автомобильная промышленность. – 2003. – № 5. – С. 12–14.

25 **Ким, В. А.** Практическая реализация новых источников информации для АБС / В. А. Ким // Автомобильная промышленность. – 2000. – № 8. – С. 16–17.

26 Новый принцип формирования сигналов управления торможением АТС / В. А. Ким [и др.] // Автомобильная промышленность. – 1999. – № 6. – С. 19–22.

27 Работа автомобильной шины / В. И. Кнороз [и др.] ; под ред. В. И. Кнороза. – Москва : Транспорт, 1976. – 240 с. : ил.

28 **Литвинов, А. С.** Управляемость и устойчивость автомобиля / А. С. Литвинов. – Москва : Машиностроение, 1971. – 415 с. : ил.

29 **Лурье, А. И.** Аналитическая механика / А. И. Лурье. – Москва : Физматгиз, 1961. – 824 с. : ил.

30 **Неймарк, Ю. Н.** Динамика негोलомных систем / Ю. Н. Неймарк, Н. А. Фуфаев. – Москва : Наука, 1967. – 520 с. : ил.

31 **Нефедьев, Я. Н.** Конструкции и характеристики электронных антиблокировочных систем зарубежных фирм / Я. Н. Нефедьев. – Москва : НИИАВТОПРОМ, 1979. – 60 с.

32 **Нефедьев, Я. Н.** Теория, разработка и исследование унифицированной системы автоматического управления антиблокировочным торможением грузовых автотранспортных средств : дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.03 / Я. Н. Нефедьев. – Москва, 1987. – 307 л.

33 Antiskid braking systems : пат. 1296494 Великобритания, МКИ 60 Т 8/00 / Daimler-Benz AG. ФРГ. – Оpubл. 21.03.72.

34 Противоблокировочная тормозная система транспортного средства : пат. 1408 (BY), МКИ⁶ В 60 Т 8/52 / Р. И. Фурунжиев, В. А. Ким. – Оpubл. 16.12.96.

35 Противоблокировочное устройство транспортного средства: пат. 1415 (BY), МКИ⁶ В 60 Т 8/52 / В. А. Ким, В. П. Лобах, Ф. А. Ким, В. А. Ким, В. С. Портасенок, Р. И. Фурунжиев. – Оpubл. 16.12.96.

36 Стенд для испытания колесных транспортных средств : пат. 1903 (BY), МКИ⁶ G 01 М 17/00 / Р. И. Фурунжиев, В. А. Ким. – Оpubл. 30.12.97.

37 Испытательный стенд : пат. 2034729 (RU), МКИ⁶ В 60 Т 17/22 / В. А. Ким, Г. И. Мамити, В. П. Лобах, А. М. Скребунов, В. А. Тепляков. – Оpubл. 10.05.95.

38 Способ управления антиблокировочной системой торможения транспортного средства : пат. 2103191 (RU), МКИ⁶ В 60 Т 8/52 / В. П. Лобах, Г. В. Бочкарев, В. А. Ким, В. С. Портасенок, Р. И. Фурунжиев. – Оpubл. 27.01.98.

39 Способ регулирования режимов движения мобильных машин : пат. 2125517 (RU), МКИ⁶ В 60 К 41/ 00, В 60 Т 1/02 / В. А. Ким. – Оpubл. 27.01.99.

40 Устройство измерения тормозного момента : пат. 2131365 (RU), МКИ⁶ В 60 Т 8/52, G 01 L 5/28 / Г. В. Бочкарев, В. А. Ким, Ф. А. Ким, В. С. Портасенок, Р. И. Фурунжиев. – Оpubл. 10.06.99.

41 Способ управления антиблокировочной системой торможения транспортного средства : пат. 3439 (BY), МКИ⁶ В 60 Т 8/52 / В. П. Лобах, Г. В. Бочкарев, В. А. Ким, Ф. А. Ким, В. С. Портасенок, Р. И. Фурунжиев. – Оpubл. 30.06.2000.

42 Anti-skid brake : пат. 3651900 США, МКИ В 60 Т 8/16 / Feikema Orville A. (США). – Оpubл. 12.05.74.

43 Anti-skid system and method : пат. 3743361 США, МКИ В 60 Т 8/10 / George Vieth, Jr. (США) ; Diamond Squared Industries, Inc., Phoenix. – Оpubл. 27.02.75.

44 Anti-lock Brake Control System : пат. 4.822.113 США, МКИ В 60 Т 8/58 / A. Kade, Н. G. Hopkins, М. A. Salman (США) ; BOEING. – Оpubл. 11.08.74.

45 Способ регулирования режимов движения мобильных машин : пат. 2125517 (RU), МКИ⁶ В 60 К 41/ 00, В 60 Т 1/02 / В. А. Ким. – Оpubл. 27.01.99.

46 Способ управления антиблокировочной системой торможения транспортного средства : пат. 98/01332 (WO), МКИ⁶ В 60 Т 8/52 / В. А. Ким, Ф. А. Ким, В. С. Портасенок, Р. И. Фурунжиев, В. П. Лобах, Г. В. Бочкарев. – Оpubл. 15.01.98.

47 Тормоз колесного транспортного средства с устройством измерения тормозного момента : пат. на пол. модель № 936 (BY) / В. А. Ким, В. Д. Рогожин, И. С. Сазонов, А. А. Поляков, В. М. Карташев, И. В. Козловский. – Оpubл. 30.09.2003.

48 **Правила № 13 ЕЭК ООН.** Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий М, N и О в отношении торможения. – Минск : Госстандарт, 2010. – 279 с.

49 **Петрушов, В. А.** Сопротивление качению автомобилей и автопоездов / В. А. Петрушов, С. А. Щуклин, В. В. Московкин. – Москва : Машиностроение, 1975. – 224 с.

50 **Пирковский, Ю. В.** Сопротивление качению многоприводных автомобилей и автомобильных поездов по твердым дорогам и деформируемому грунту / Ю. В. Пирковский – Москва : Машиностроение, 1974. – 399 с.

51 **Полунгян, А. А.** Методы учета рассеяния энергии в механических системах при полигармонических возмущающих воздействиях (продолжение) / А. А. Полунгян, А. Б. Фоминых // Вестн. машиностроения. – 1990. – № 7. – С. 37–39.

52 **Полунгян, А. А.** Модель взаимодействия эластичного колеса с неровной поверхностью / А. А. Полунгян, А. Б. Фоминых // Изв. вузов. Машиностроение. – 1984. – № 3. – С. 98–101.

53 **Ревин, А. А.** Автомобильные автоматизированные тормозные системы : техническое решение, теория, свойства / А. А. Ревин. – Волгоград : Изд-во Ин-та качеств, 2002. – 320 с.

54 **Ревин, А. А.** Теория эксплуатационных свойств автомобилей и автопоездов с АБС в режиме торможения / А. А. Ревин. – Волгоград : Политехник, 2002. – 369 с.

55 **Рокар, И.** Неустойчивость в механике. Автомобили. Самолеты. Висячие мосты : пер. с фр. / И. Рокар. – Москва : Изд-во иностранной литературы, 1959. – 288 с.

56 **Сазонов, И. С.** Стратегия управления полноприводных АТС / И. С. Сазонов // Автомобильная промышленность. – 2000. – № 8. – С.12–13.

57 **Сазонов, И. С.** Оценка состояния физико-механического взаимодействия двигателей колесной тяговой машины с опорной поверхностью / И. С. Сазонов, В. А. Ким, О. В. Билык // NOVE SMERY VO VYROBNYCH TECHNOLOGIA CH 99 : zbornik referatov. – Прешов, 1999. – С. 111–115.

58 **Светлицкий, В. А.** Случайные колебания механических систем. Библиотека расчетчика / В. А. Светлицкий. – Москва : Машиностроение, 1976. – 16 с. : ил.

59 **Силаев, А. А.** Спектральная теория поддрессирования транспортных машин / А. А. Силаев. – Москва : Машиностроение, 1972. – 192 с. : ил.

60 **Скойбеда, А. Т.** Автоматизация ходовых систем колесных машин / А. Т. Скойбеда ; под ред. В. В. Гуськова. – Минск : Наука и техника, 1979. – 280 с.

61 **Фрумкин, А. К.** Современные антиблокировочные и противобуксовочные системы грузовых автомобилей, автобусов и прицепов: обзорная информация / А. К. Фрумкин, А. И. Попов, И. И. Апышев. – Москва : ЦНИИТЭИ-автопром, 1990. – 56 с.

62 **Чудаков, Е. А.** Качение автомобильного колеса / Е. А. Чудаков. – Москва – Ленинград : Изд-во АН СССР, 1948. – 200 с. : ил.

63 Электронная система стабилизации движения ESP // Автомо- билестроение за рубежом. – 1998. – № 11. – С. 16–17.

64 **Эллис, Д. Р.** Управляемость автомобиля : пер. с англ. / Д. Р. Эллис. – Москва : Машиностроение, 1975. – 215 с. : ил.

65 **Springer, H.** Zur Auslegung der Lenkgeometrie von Nutzfahrzeugen / H. Springer, H. Ecker, V. Kim // Automobil-Industrie. – 1982. – № 2. – P. 217–221.



66 **Bakker, E.** A new tire model with an application in vehicle dynamic studies / E. Bakker, H. B. Pacejka, L. Lidner // SAE Technical Paper Series, № 890087. – Warrendale, 1989. – 13 p.

67 Алгоритм системы активной безопасности двухколесной мобильной машины / А. С. Мельников [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2012. – № 4. – С. 40–50.

68 **Василевский, В. И.** Концепция создания бортовой системы диагностики тормозов магистральной АТС / В. И. Василевский // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2013. – № 1. – С. 11–17.

69 **Василевский, В. И.** Алгоритм бортовой диагностики тормозов магистральной АТС / В. И. Василевский // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2013. – № 1. – С. 5–10.

70 **Василевский, В. И.** Структуры управления тормозами АТС с АБС и оценка их эксплуатационных качеств / В. И. Василевский // Вестн. МГТУ. – 2003. – № 1. – С. 31–33.

71 Управление движением колесных машин на основе измерения и анализа силовых факторов / И. С. Сазонов [и др.] // Механика машин, механизмов и материалов. – 2012. – № 3. – С. 177–188.

72 **Сазонов, И. С.** Уравнение кинематических связей качения упругого пневматика по недеформируемой опорной поверхности / И. С. Сазонов, В. А. Ким, К. Й. Чой // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 24–25 апр. 2014 г. – Могилев, 2014. – С. 244–245.

73 Способы гашения низкочастотных колебаний на сиденье водителя колесного трактора / И. С. Сазонов [и др.] // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 24–25 апр. 2014 г. – Могилев, 2014. – С. 246–247.

74 Методы исследования динамики разгона колесного трактора / И. С. Сазонов, В. А. Ким, К. Й. Чой, П. А. Амелеченко, А. Г. Стасилевич // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 24–25 апр. 2014 г. – Могилев, 2014. – С. 248–249.

75 Математические модели динамики разгона колесного трактора / И. С. Сазонов, В. А. Ким, К. Й. Чой, П. А. Амелеченко // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2014. – № 4. – С. 71–79.

76 Гашение низкочастотных колебаний на сиденье водителя колесного трактора / И. С. Сазонов, В. А. Ким, К. Й. Чой, Н. П. Амелеченко, О. В. Билык, С. Ю. Билык // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2014. – № 4. – С. 60–70.

77 **Сазонов, И. С.** Уравнение кинематических связей качения колеса и методы экспериментального определения их коэффициентов / И. С. Сазонов, В. А. Ким, К. Й. Чой // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2014. – № 4. – С. 100–108.

78 Электронная система стабилизации движения ESP // Автострое-ние за рубежом. – 1998. – № 11. – С. 16–17.

79 **Лапшин, С. А.** Некоторые нагрузки в трансмиссии автомобиля, вызванные работой карданной передачи / С. А. Лапшин // Исследование нагруженности трансмиссии автомобиля и ее деталей : тр. НАМИ. – Москва, 1965. – Вып. 72. – С. 23–28.

80 **Диваков, А.** По дорогам и без них / А. Диваков, О. Растегаев // Авторевю. – 2000. – № 11. – С. 13–21.

81 **Трепенков, И. И.** Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов / И. И. Трепенков. – Москва : Машгиз, 1963. – 230 с.

82 Механизм блокировки межколесного дифференциала транспортного средства : а. с. 852653 СССР, МКИ² В 60 К 17/20 / А. Т. Скойбеда, В. В. Яцкевич, И. С. Сазонов. – Оpubл. 07.08.81.

83 **Андреев, А. Ф.** Дифференциалы колесных машин / А. Ф. Андреев, В. В. Ванцевич, А. Х. Лефаров ; под общ. ред. А. Х. Лефарова. – Москва : Машиностроение, 1987. – 176 с. : ил.

84 **Фотин, Р. К.** Некоторые особенности сертификации семейств транспортных средств / Р. К. Фотин // Автомобильная промышленность. – 1999. – № 7. – С. 9–11.

85 Дифференциал свободного хода транспортного средства : а. с. 1481101 СССР, МКИ³ В 60 К 17/20 / И. С. Сазонов, А. Т. Скойбеда, С. В. Похвалов, Г. А. Таяновский. – Оpubл. 23.05.89.

86 **Бать, М. И.** Теоретическая механика в примерах и задачах : в 3 т. / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон. – Москва : Наука, 1984. – Т. 1 – 504 с.

87 **Бидерман, В. Л.** Автомобильные шины / В. Л. Бидерман. – Москва : Гостехиздат, 1963. – 384 с.

88 **Бойков, В. П.** Исследование упругих характеристик тракторных шин для решения задач динамики машинно-тракторных агрегатов : дис. ... канд. техн. наук / В. П. Бойков. – Минск, 1978. – 247 л.

89 **Кнороз, В. И.** Работа автомобильной шины / В. И. Кнороз. – Москва : Транспорт, 1976. – 119 с.

90 **ГОСТ 17607–72.** Автомобили. Качение колеса. Термины и определения. – Москва : Стандартгиз, 1972. – 21 с.

91 **Мамити, Г. И.** Проектирование тормозов автомобилей и мотоциклов / Г. И. Мамити. – Минск : Дизайн ПРО, 1997. – 111 с.

92 Способ регулирования торможения автопоезда : пат. 2299140 РФ, МПК6 В 60 Т 8/52, В 60 Т 8/1763 / И. С. Сазонов, А. Т. Скойбеда, В. И. Василевский, Г. В. Бочкарев, В. В. Корсаков, Н. А. Коваленко, В. А. Ким, И. И. Цыганков, Л. Г. Красневский, В. В. Сикорский, В. Д. Рогожин. – Опубл. 20.05.07.

93 Способ регулирования торможения автопоезда : пат. 9589 Респ. Беларусь, МПК7 В 60 Т 8/00, В 60 Т 8/52 / И. С. Сазонов, В. А. Ким, А. Т. Скойбеда, В. И. Василевский, Г. В. Бочкарев, В. В. Корсаков, Н. А. Коваленко, И. И. Цыганков, Л. Г. Красневский, В. В. Сикорский, В. Д. Рогожин. – Опубл. 19.04.2007.

94 Устройство для измерения деформации шкворня тягово-сцепного устройства седельного автопоезда : пат. 15383 Респ. Беларусь, МПК7 G 01 В 7/14, G 01 В 7/24, G 01 L 7/12 / В. А. Ким, Г. В. Бочкарев, И. С. Сазонов, Г. С. Ленеvский, А. Т. Скойбеда, Н. Г. Мальцев, В. В. Корсаков, Н. Ф. Пекарь, В. И. Василевский. – Опубл. 30.10.2012.

95 Алгоритм корректировки тормозного момента : а. с. № 1013323 СССР, МКИ³ D 60 Т/06 / Е. М. Гецович (СССР). – Опубл. 23.04.83.

96 **Жуковский, Н. Е.** Полное собрание сочинений: в IX т. / Н. Е. Жуковский; под ред. С. А. Чаплыгина [и др.]. – Москва-Ленинград: ОНТИ НКТП СССР, 1937. – Т. VIII: Теория упругости. Железные дороги. Автомобили / Под ред. А. П. Котельникова. – 291 с.

97 **Чудаков, Е. А.** Теория автомобиля / Е. А. Чудаков. – Москва: Машгиз, 1950. – 343 с.

98 **Аксенов, П. В.** Методика оценки совершенства схем трансмиссии многоосных автомобилей / П. В. Аксенов, Б. Н. Белоусов // Вестн. Москов. гос. техн. ун-та им. Н. Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 1997. – № 2. – С. 62–67.

99 Тенденции развития теории и практики систем передачи мощности к движителю многоосных полноприводных транспортных средств / А. Н. Елисеев [и др.]; под общ. ред. А. Н. Елисеева. – Москва: Акад. проблем качества, отделение спецтехники и конверсии, 2000. – 76 с.

100 **Пирковский, Ю. В.** Теория движения полноприводного автомобиля (прикладные вопросы оптимизации конструкции шасси) / Ю. В. Пирковский, С. Б. Шухман. – Москва: Акад. проблем качества, 1999. – 151 с.

101 **Шухман, С. Б.** Теория силового привода колес автомобилей высокой проходимости / С. Б. Шухман, В. И. Соловьев, Е. И. Прочно; под общ. ред. С. Б. Шухмана. – Москва: Агробизнесцентр, 2007. – 336 с.

102 Энергонагруженность и надежность дифференциальных механизмов транспортно-тяговых машин / А. Х. Лефаров [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1991. – 240 с.

103 **Ванцевич, В. В.** Синтез схем привода к ведущим мостам и колесам многоприводных транспортно-тяговых машин: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / В. В. Ванцевич. – Минск, 1992. – 412 л.

104 Советский энциклопедический словарь / Науч.-ред. совет: А. М. Прохоров [и др.]. – Москва: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1980. – 1 600 с.

105 **Смирнов, Г. А.** Теория движения колесных машин: учебник для вузов / Г. А. Смирнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1990. – 352 с.

106 Политехнический словарь / Редкол.: А. Ю. Ишлинский [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1989. – 656 с.

107 **Дубовик, Д. А.** Снижение энергозатрат многоприводных колесных машин путем совершенствования механических приводов ведущих колес: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Д. А. Дубовик. – Минск, 2011. – 406 л.

108 **Высоцкий, М. С.** Коэффициент полезного действия ходовых систем колесных машин / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2007. – Т. 51, № 2. – С. 91–94.

109 **Феодосьев, В. И.** Сопротивление материалов / В. И. Феодосьев. – Москва: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1963. – 297 с.

110 **Дубовик, Д. А.** Гипотеза линейного закона распределения опорных реакций многоосных колесных машин и методика его экспериментального обоснования / Д. А. Дубовик // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2010. – № 2. – С. 28–33.

111 **Дубовик, Д. А.** Гипотеза линейного закона распределения опорных реакций многоосных колесных машин при действии активных сил / Д. А. Дубовик // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2010. – № 3. – С. 8–14.

112 **Сазонов, И. С.** Моделирование основных режимов движения автомобиля, оснащенного активными системами поддрессоривания / И. С. Сазонов, Н. Н. Гурский, Д. А. Дубовик // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – № 3. – С. 113–120.

113 **Аппель, П.** Теоретическая механика: в 2 т. / П. Аппель. – Москва: Физматгиз, 1960. – Т. 2: Динамика системы. Аналитическая механика. – 487 с.

114 **Высоцкий, М. С.** Математическое моделирование криволинейного движения колесных машин / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2008. – № 2. – С. 6–15.

115 Автомобиль МЗКТ-79091. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Минск: Минский завод колесных тягачей, 1994. – 348 с.

116 **Гельман, В. Я.** Решение математических задач средствами Excel: Практикум / В. Я. Гельман. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 240 с.

117 Влияние привода ведущих колес на управляемость трактора / М. С. Высоцкий [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – № 1. – С. 36–38.

118 Трехзвенные автопоезда / Я. Е. Фаробин [и др.]; под общ. ред. Я. Е. Фаробина. – Москва: Машиностроение, 1993. – 224 с.

119 **Гинцбург, Л. Л.** Управляемость автомобиля на повороте / Л. Л. Гинцбург. – Москва: НИИНавтопром, 1968. – 47 с.

120 **Носенков, М. А.** Взаимосвязь управляемости грузового автомобиля типа 4×2 с характеристиками его статической устойчивости и поворачиваемости / М. А. Носенков // Управляемость автомобилей и автопоездов. Рулевой привод: сб. тр. / Центр. науч.-исслед. автомобил. и автотранспорт. ин-т. – Москва, 1971. – Вып. 129. – С. 21–27.

121 **Лефаров, А. Х.** Влияние наклона опорной поверхности на поворачиваемость горного трактора / А. Х. Лефаров, В. С. Войтешенок // Конструирование и эксплуатация автомобилей и тракторов: Респ. межведомств. сб. науч. тр. / Белорус. политехн. ин-т. – Минск, 1991. – Вып. 6. – С. 66–69.

122 **Литвинов, А. С.** Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: учебник для вузов / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. – Москва: Машиностроение, 1989. – 240 с.

123 **Дубовик, Д. А.** Кинематическая оценка управляемости колесных машин / Д. А. Дубовик // Вестн. машиностроения. – 2007. – № 8. – С. 19–23.

124 **Платонов, В. Ф.** Полноприводные автомобили / В. Ф. Платонов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1989. – 312 с.

125 **Высоцкий, М. С.** Количественная оценка управляемости колесных машин / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2007. – № 1. – С. 23–28.

126 **Ванцевич, В. В.** Регулирование мощности в двигателе как средство управления динамикой колесных машин / В. В. Ванцевич, М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 1. – С. 13–16.

127 **Островский, Г. М.** Технические системы в условиях неопределенности: анализ гибкости и оптимизация / Г. М. Островский, Ю. М. Волин. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 319 с.

128 **Высоцкий, М. С.** Активная безопасность колесных машин на основе регулирования тяговых усилий колес / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2006. – Т. 50, № 5. – С. 106–112.

129 **Дубовик, Д. А.** Обеспечение управляемости наземных машин посредством регулирования тяговых усилий колес / Д. А. Дубовик // Вестн. Белорус. нац. техн. ун-та. – 2006. – № 6. – С. 51–57.

130 **Аксенов, П. В.** Многоосные автомобили / П. В. Аксенов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1989. – 280 с.

131 Улучшенная характеристика блокирующих свойств привода колес управляемых мостов внедорожной машины / В. В. Ванцевич [и др.] // Автомобильная промышленность. – 2006. – № 2. – С. 19–21.

132 **Дубовик, Д. А.** Повышение проходимости внедорожной машины посредством рационального привода колес управляемых мостов: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / Д. А. Дубовик. – Минск, 2003. – 253 л.

133 Тракторы «Беларус» 1523/1523.2/1523.3/1523.B/1523.B2/1523.B3. Руководство по эксплуатации / Под ред. М. Г. Мелешко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск: Минс. трактор. завод, 2009. – 270 с.

134 **Ванцевич, В. В.** Направления развития электронных систем управления тяговыми усилиями ведущих мостов и колес большегрузных автомобилей и автопоездов: обзор. информ. с анализом и выводами / В. В. Ванцевич, М. С. Высоцкий, В. И. Кабанов. – Минск, 1994. – 37 с. (Препринт / Акад. наук Беларуси, Науч. центр проблем механики машин).

135 Automatic Drivetrain Management / Steyr-Daimler-Puch Antriebstechnik – Austria, 1994. – 4 p.

136 **Stelzeneder, F. X.** A New Drive-train Management / F. X. Stelzeneder, H. Aitzetmuller // FISITA Technical paper series F2000IS003. – 2000. – 7 p.

137 **Gaus, H.** ASD, ASR und 4 Matic: Drei Systeme im «Konzept Aktive Sicherheit» von Daimler Benz / H. Gaus, H.-J. Sch pf // ATZ. – 1986. – Vol. 88, № 5/6. – S. 273–284.



138 Mercedes-Benz 4MATIC, an Electrically Controlled Four-Wheel-Drive System for Improved Active Safety / A. Zomotor [et al.] // SAE Technical Paper Series. – 1986. – P. 1–10.

139 Динамика колесных машин / И. С. Сазонов [и др.]; под общ. ред. И. С. Сазонова. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2006. – 462 с.

140 Тормозные системы колесных машин / И. С. Сазонов [и др.]; под общ. ред. И. С. Сазонова. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2011. – 351 с.

141 **Вильямс, Д.** Система регулирования тягового усилия / Д. Вильямс // Автомобильная промышленность США. – 1988. – № 5. – С. 16–18.

142 **Дубовик, Д. А.** Превентивное управление приводом ведущих колес многоприводных колесных машин / Д. А. Дубовик // Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2009. – № 1. – С. 47–53.

143 Способ управления дифференциалами колесных машин: пат. 2361752 Рос. Федерации, МПК(2006.01) В 60 К 17/16, F 16 Н 48/00 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус. – Оpubл. 20.07.09.

144 **Ванцевич, В. В.** Управление дифференциалами многоприводных колесных машин / В. В. Ванцевич, М. С. Высоцкий, А. Д. Закревский. – Минск, 1994. – 22 с. (Препринт / Акад. наук Беларуси, Науч. центр проблем механики машин).

145 Способ управления блокировками дифференциалов многоприводной колесной машины: пат. 12513 Респ. Беларусь, МПК(2006) В 60К 17/16, В 60К 17/34, F 16Н 48/00, G 01М 17/00 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик М. М. Белоус. – Оpubл. 30.10.09.

146 Способ управления дифференциалами многоприводных колесных машин: пат. 2377142 Рос. Федерации, МПК(2006.01) В 60 К 17/16, G 01 М 17/00 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Е. В. Мыльников. – Оpubл. 27.12.09.

147 Способ управления дифференциалами привода ведущих мостов многоприводных колесных машин / М. С. Высоцкий [и др.] // Вестн. Беларус.-Рос. ун-та. – 2009. – № 2. – С. 13–23.

148 Способ управления дифференциалами многоприводной колесной машины: пат. 15148 Респ. Беларусь, МПК(2006.01) В 60 К 17/16, G 01М 17/00 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Е. В. Мыльников. – Оpubл. 30.12.11.

149 **Высоцкий, М. С.** Обеспечение управляемости колесных машин при проектировании систем регулирования тягового усилия / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2006. – № 6. – С. 2–8.

150 **Дубовик, Д. А.** Управление дифференциалами для обеспечения управляемости колесных машин / Д. А. Дубовик // Междунар. конф. по теории механизмов и механики машин, посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. И. И. Артоболевского: сб. докл., Краснодар, 9–16 окт. 2006 г. / Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар, 2006. – С. 102–103.

151 Способ управления дифференциалами многоприводных колесных машин: пат. 10163 Респ. Беларусь, МПК(2006) В 60 К 17/16, В 60 К 17/34, F 16 Н 48/00 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Л. Н. Лабецкий, М. А. Чернин. – Оpubл. 30.12.07.

152 Способ управления дифференциалами многоприводных колесных машин: пат. 2298486 Рос. Федерации, МПК(2006.01) В 60 К 23/04, G 01 М 17/00, F 16 Н 48/20 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Л. Н. Лабецкий, М. А. Чернин. – Оpubл. 10.05.07.

153 Способ управления буксованием ведущих колес транспортного средства: пат. 16659 Респ. Беларусь, МПК(2006.01) В 60W 10/06, В 60W 10/18, В 60K 28/16, В 60T 8/1755 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, И. В. Бурдыкин, М. А. Чернин. – Оpubл. 30.12.12.

154 Способ управления буксованием ведущих колес транспортного средства: пат. 2433925 Рос. Федерации, МПК(2006.01) В60K 28/16, В60T 8/1755, В60W 10/06, В60W 10/18 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, И. В. Бурдыкин, М. А. Чернин. – Оpubл. 20.11.11.

155 Система управления блокировками дифференциалов колесной машины: пат. 60445 Рос. Федерации, МПК(2006.01) В 60 К 17/16 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Л. Н. Лабецкий, М. А. Чернин. – Оpubл. 27.01.07.

156 Система управления блокировками дифференциалов колесной машины: пат. 3413 Респ. Беларусь, МПК7 В 60 К 17/00 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Л. Н. Лабецкий, М. А. Чернин. – Оpubл. 30.04.07.

157 Система управления блокировками дифференциалов колесной машины: пат. 4189 Респ. Беларусь, МПК(2006) В 60 К 17/00 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Ю. И. Николаев, Л. Н. Лабецкий, М. А. Чернин. – Оpubл. 28.02.08.

158 Система управления блокировками дифференциалов колесной машины: пат. 67517 Рос. Федерации, МПК(2006.01) В 60 К 17/00 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Ю. И. Николаев, Л. Н. Лабецкий, М. А. Чернин. – Оpubл. 27.10.07.

159 Система управления блокировками дифференциалов колесной машины: пат. 4237 Респ. Беларусь, МПК(2006) В 60 К 17/16 /

М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Ю. И. Николаев, Л. Н. Лабецкий, М. А. Чернин. – Оpubл. 28.02.08.

160 Система управления блокировками дифференциалов колесной машины: пат. 68965 Рос. Федерации, МПК(2006.01) В 60 К 17/16 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Ю. И. Николаев, Л. Н. Лабецкий, М. А. Чернин. – Оpubл. 10.12.07.

161 Система управления блокировками дифференциалов колесной машины: пат. 4523 Респ. Беларусь, МПК(2006) В 60 К 17/16 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Ю. И. Николаев, Л. Н. Лабецкий, М. А. Чернин. – Оpubл. 30.08.08.

162 Система управления блокировками дифференциалов колесной машины: пат. 72911 Рос. Федерации, МПК(2006.01) В 60 К 17/16 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, Ю. И. Николаев, Л. Н. Лабецкий, М. А. Чернин. – Оpubл. 10.05.08.

163 Противобуксовочная система колесной машины: пат. 5939 Респ. Беларусь, МПК (2009) В 60К 17/00 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, А. С. Лисичик. – Оpubл. 28.02.10.

164 Противобуксовочная система колесной машины: пат. 89462 Рос. Федерации, МПК (2006.01) В 60К 17/16 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, А. С. Лисичик. – Оpubл. 10.12.09.

165 Противобуксовочная система колесной машины: пат. 6001 Респ. Беларусь, МПК(2009) В 60К 17/00 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, А. Н. Егоров, М. М. Заболоцкий, А. С. Лисичик. – Оpubл. 28.02.10.

166 Противобуксовочная система колесной машины: пат. 89031 Рос. Федерации, МПК (2006.01) В 60К 17/16 / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, А. Н. Егоров, М. М. Заболоцкий, А. С. Лисичик. – Оpubл. 27.11.09.

167 **Дубовик, Д. А.** Концепция создания бортовой системы управления дифференциалами многоприводных шасси МЗКТ / Д. А. Дубовик, Н. В. Карпук, Д. А. Головач // Актуальные вопросы машиноведения. – 2015. – С. 116–120.

168 Система автоматизированного управления дифференциалами привода ведущих колес четырехосных внедорожных машин МЗКТ / М. С. Высоцкий [и др.] // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 16–17 апр. 2009 г.: в 3 ч. / Беларус.-Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2009. – Ч. 2. – С. 136–137.

169 **Дубовик, Д. А.** Бортовые системы управления мобильных машин: настоящее и будущее / Д. А. Дубовик, В. В. Савченко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2012. – № 3–4. – С. 37–45.

170 **Дюжев, А. А.** Развитие бортовых электронных и мехатронных систем в Республике Беларусь / А. А. Дюжев, Д. А. Дубовик, В. В. Савченко // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2013. – № 9. – С. 41–46.

171 **Дубовик, Д. А.** Основные направления развития автотракторо-комбайностроения / Д. А. Дубовик, О. М. Еловой, Л. Ю. Бакалова; Объединенный институт машиностроения Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2014. – 176 с. – Деп. в ГУ «БелИСА» 17.07.2014, № Д201411.

172 **Бухарин, Н. А.** Автомобили. Конструкция, нагрузочные режимы, рабочие процессы, прочность агрегатов автомобиля: учебное пособие / Н. А. Бухарин, В. С. Прозоров, М. М. Щукин. – Ленинград: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1973. – 504 с.

173 **Сазонов, И. С.** Кинематика четырехзвенной рулевой трапеции и оптимизация ее параметров / И. С. Сазонов, Ю. Е. Атаманов, С. Н. Турлай // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2007. – № 1. – С. 40–46.

174 **Сазонов, И. С.** Кинематика шестизвенной рулевой трапеции и оптимизация ее параметров / И. С. Сазонов, Ю. Е. Атаманов, С. Н. Турлай // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2008. – № 3. – С. 40–48.

175 **Высоцкий, М. С.** Оценка рассогласования кинематики поворота управляемых колес мобильной машины / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик, Ю. И. Николаев // Вестн. машиностроения. – 2010. – № 10. – С. 29–34.

176 **Дубовик, Д. А.** Рассогласование кинематики поворота управляемых колес и эффективность ходовых систем колесных машин / Д. А. Дубовик // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 5. – С. 24–27.

177 **Vysotskii, M. S.** Mismatch of Rotational Kinematics of Controllable Truck Wheels / M. S. Vysotskii, D. A. Dubovik, Yu. I. Nikolaev // Russian Engineering Research. – 2010. – Vol. 30, No. 10. – P. 989–994.

178 **Дубовик, Д. А.** Рулевое управление с регулируемой кинематикой поворота управляемых колес / Д. А. Дубовик, П. А. Амелеченко // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 11. – С. 17–20.

179 Рулевой привод транспортного средства: пат. 14366 Респ. Беларусь, МПК (2009) В 62D 7/14 / Д. А. Дубовик, П. А. Амелеченко, В. А. Ким, А. Г. Стасилевич, Л. Ю. Бакалова. – Опубл. 30.04.11.

180 **Высоцкий, М. С.** Рулевое колесо с улучшенными эргономическими и эстетическими свойствами / М. С. Высоцкий, П. А. Амелеченко, Д. А. Дубовик // Материалы, оборудование и

ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 16–17 апр. 2009 г.: в 3 ч. / Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2009. – Ч. 2. – С. 132–133.

181 Колесо рулевое (четыре варианта): пат. 1505 Респ. Беларусь, МПКО 13–16 / М. С. Высоцкий, П. А. Амельченко, Д. А. Дубовик, П. Ф. Каминский, А. Г. Стасилевич, Х. Н. Максutow, К. Б. Лытин, Л. К. Чучалин, В. А. Гончаров, С. В. Масарновский. – Оpubл. 30.06.08.

182 Колесо рулевое (четыре варианта): пат. 68656 Рос. Федерации, МПКО8 12–16 / М. С. Высоцкий, П. А. Амельченко, Д. А. Дубовик, П. Ф. Каминский, А. Г. Стасилевич, Х. Н. Максutow, К. Б. Лытин, Л. К. Чучалин, В. А. Гончаров, С. В. Масарновский. – Оpubл. 16.12.08.

183 **Vantsevich, V. V.** Control of the Wheel Driving Forces as the Basis for Controlling Off-Road Vehicle Dynamics / V. V. Vantsevich, M. S. Vysotski, D. A. Doubovik // Technical Paper 02ОНАС-8: SAE International Off-Highway Congress, Las Vegas, USA, March 19–21, 2002 / SAE International. – Las Vegas, 2002. – 8 p.

184 **Дубовик, Д. А.** Интегрированное управление касательными силами тяги ведущих колес / Д. А. Дубовик // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2010. – № 2. – С. 34–38.

185 Устройство рулевого управления транспортного средства: пат. 12299 Респ. Беларусь, МПК(2006) В 60 К 17/16, В 62 D 05/07 / М. С. Высоцкий, П. А. Амельченко, Д. А. Дубовик, И. Н. Усс, Г. С. Горин, А. Г. Стасилевич, В. Г. Ермаленок. – Оpubл. 30.08.09.

186 **Брянский, Ю. А.** Управляемость большегрузных автомобилей / Ю. А. Брянский. – Москва: Машиностроение, 1983. – 176 с.

187 **Антонов, Д. А.** Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Д. А. Антонов. – Москва: Машиностроение, 1978. – 216 с.

188 **Фаробин, Я. Е.** Теория поворота транспортных машин / Я. Е. Фаробин. – Москва: Машиностроение, 1970. – 176 с.