

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УНИВЕРСАЛЬНЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ

Сорокин Я.И.,

научный руководитель канд. техн. наук Минин В. В.

*Сибирский федеральный университет*

*Политехнический институт*

Оснащение движителей УМП рабочими органами, установленными под углом к направлению движения, требует изучения устойчивости движения при наличии неинтегрируемых кинематических связей, т.е. не связанных геометрически. Для расчета параметров управляемости УМП разработана физико-математическая модель на основе классической механики. Данная модель имеет следующие допущения: плоскость движения машины горизонтальная, математическая модель трения на всей поверхности колеса одинакова, колеса сцеплены абсолютно жесткими связями, каждое из колес имеет автономный привод.

Для вывода дифференциальных уравнений движений жесткого колеса используют уравнение Лагранжа с неопределенными множителями.

Расчетная схема моделирования представлена на рисунке 1.

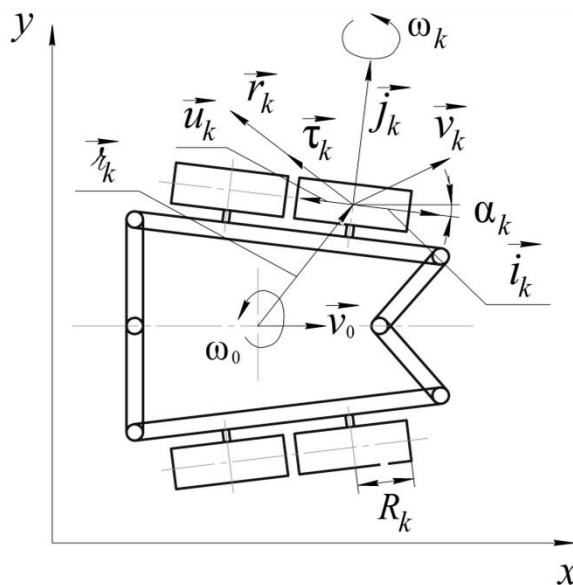


Рисунок 1 – Расчетная схема для исследования динамики пневмоколесного движителя, оснащенного

рабочими органами в виде фрез:  $\vec{v}_0$  – поступательная скорость всей системы;

$\omega_0$  – угловая скорость всей машины;  $\alpha_k$  – угол поворота колеса (его системы координат)

относительно внешнего наблюдателя;  $\vec{\lambda}_k$  – смещение центра колеса от центра масс машины;  $\vec{i}_k, \vec{j}_k$  – единичные векторы, образующие ортонормированный базис (внутреннюю систему координат)  $k$ -го

колеса;  $\vec{\tau}_k$  – поступательная скорость  $k$ -го колеса за счет вращения всей системы;  $\omega_k$  – угловая скорость

$k$ -го колеса;  $\vec{u}_k$  – скорость нижней точки колеса

за счет его вращения;  $\vec{v}_k$  – скорость проскальзывания

С применением метода простых итераций для нелинейных функций, решения которых находят по уравнениям

$$\ddot{\varphi} = f(\varphi), \quad \frac{\varphi_t - 2\varphi_{t-1} + \varphi_{t-2}}{2\Delta_t} = f(\varphi),$$

$$\varphi_t = 2\Delta_t f(\varphi) + 2\varphi_{t-1} - \varphi_{t-2},$$

Применена программа *Wheel* на языке Borland C++ Builder разработанная Мининым В.В., позволяющая находить динамические параметры рабочих органов и траекторию движения машины. Исходные данные заносятся в меню «Ввода» и структуры моделируемой конструктивной схемы машины (рисунок 2). Пример промежуточных результатов моделирования представлены на рисунке 3.

Для всей конструкции		Для колеса	
g - ускорение свободного падения	9,80665	Скорость (X)	0
Масса	5156	Скорость (Y)	0
Момент инерции	370,84	Количество итераций	3000000
Угловая скорость	0	Шаг по времени	0,0001
Радиус	1		

Для всей конструкции		Для колеса	
Создать колесо		Убрать колесо	
Радиус	0,37	Масса	30
Угловая скорость	0,5	Момент инерции	4,107
Трение скольжения	0,04	Трение качения	0,4
Расположение (X)	0,832	Расположение (Y)	0,75
		Момент сил	635,9
		Угол	-0,1745
		Аномалия трения	1E-100

Рисунок 2 – Формирование исходных данных в программе *Wheel* для моделирования динамических параметров УМП

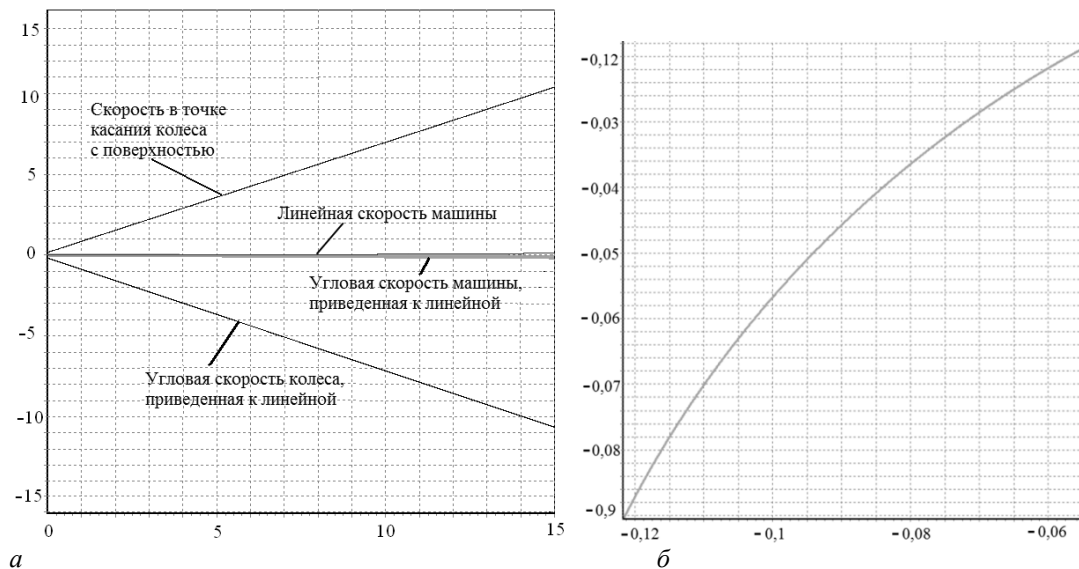


Рисунок 3 – Пример моделирования динамических процессов по программе *Wheel*:  
 а – расчетные параметры; б – траектория движения центра масс УМП

Исходными данными для расчета являются: массы и моменты инерции машины и движителей, их геометрические размеры и углы установки движителей относительно направления движения. Для каждого из движителей задается приводной момент, характеризующий режим нагружения. Физико-механическое состояние поверхности качения учитывается коэффициентами трения качения и скольжения. Для вычисления

траектории движения машины задаются начальные условия, шаг интегрирования по времени и количество итераций.

Проведены исследования влияния углов установки колес правого и левого бортов на траекторию движения УМП. На рисунке 4 представлены траектории движения центра масс погрузчика Bobcat S 300 при различных углах установки колес.

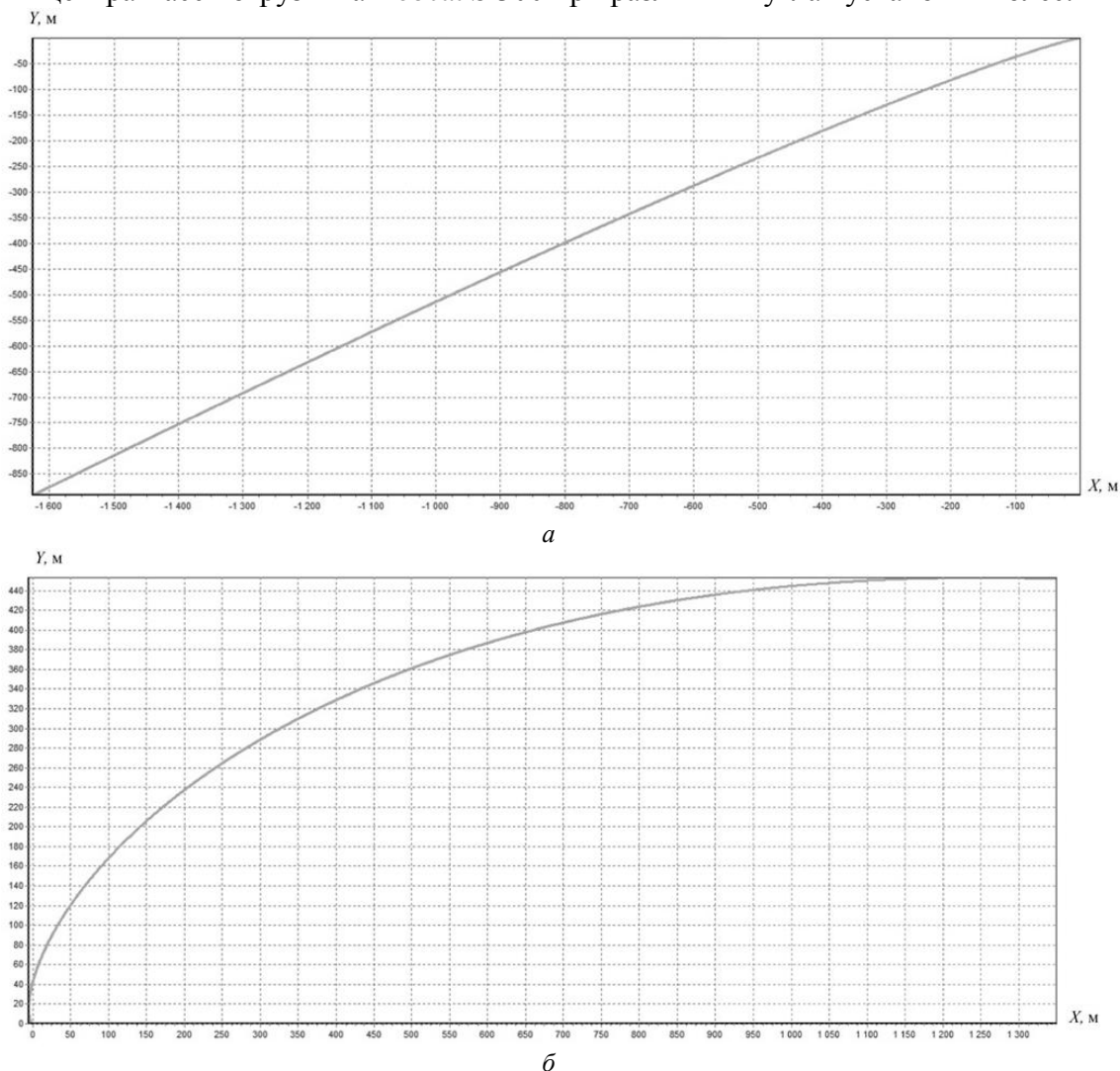


Рисунок 4 – Пример траектории движения центра масс погрузчика Bobcat S 300 при углах установки колес:  $a$  – 8 град;  $b$  – правого борта 14 град., левого 4 град.

Проведенные вычислительные эксперименты по технико-эксплуатационным и конструктивным параметрам УМП моделей Bobcat S 300, Doosan 440 и Соболь, позволяют сделать вывод, что изменения угла установки колес правого и левого борта машины на один и тот же угол не приводит к значительному изменению траектории движения. При установке колес правого и левого борта на различные углы, машина начинает совершать разворот.