ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ УРАВНЕНИЙ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПОЛЕТА СПОРТИВНЫХ СНАРЯДОВ.

Чистяков В.В.

ФГБОУ ВПО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, 150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58, +74852758399, v.chistyakov@yarcx.ru

Предлагается альтернативный способ интегрирования уравнений плоскопараллельного движения как спортивных снарядов — стрела, копье, так и боевых, снабженных опереньем (*finned* [1]). Способ базируется на рассмотрении движения в проективно-двойственных переменных, что существенно облегчает учет зависимости от угла атаки ϑ всех аэродинамических усилий: лобового сопротивления $R=-mg\alpha_0(1+\varepsilon\sin^2\vartheta)V^2$, нормальной (подъемной) силы $N = mg\gamma_0 V^2\sin\vartheta$, консервативного возвращающего момента $M_s=-\sigma V^2\sin\vartheta$ и линейного по угловой скорости ω момента демпфирующих сил $M_d=-\delta V^2\omega$. Все — квадратичны по скорости центра масс $\vec{V}=\left(\frac{dx}{dt},\frac{dy}{dt}\right)=\left(\frac{V}{\sqrt{1+b^2}},\frac{Vb}{\sqrt{1+b^2}}\right)$, $b=\mathrm{tg}\theta$, θ— угол наклона траектории ц.м.

Выведенная нелинейная система относительно $\vartheta(b)$ и $\Phi(b)=\frac{g}{\dot{x}^2}$ —

$$\begin{cases}
\dfrac{d\Phi(b)}{db}=-2g\left(\alpha_0\left(1+\varepsilon\sin^2\vartheta(b)\right)+\gamma_0 b\sin\vartheta(b)\right)\left(1+\dfrac{\gamma_0 g\sin\vartheta(b)\left(1+b^2\right)^{3/2}}{\Phi(b)-\gamma_0 g\sin\vartheta(b)\left(1+b^2\right)^{3/2}}\right)\sqrt{1+b^2},\\
\dfrac{d^2\vartheta}{db^2}=\dfrac{2b}{\left(1+b^2\right)^2}+\left(\dfrac{d\vartheta}{db}+\dfrac{1}{1+b^2}\right)\cdot\\
\cdot\left(g\left(\alpha_0\left(1+\varepsilon\sin^2\vartheta(b)\right)+\gamma_0 b\sin\vartheta(b)\right)\sqrt{1+b^2}\cdot\dfrac{\Phi(b)+\gamma_0 g\sin\vartheta(b)\left(1+b^2\right)^{3/2}}{\left(\Phi(b)-\gamma_0 g\sin\vartheta(b)\left(1+b^2\right)^{3/2}\right)^2}+\right.\\
\left.+\dfrac{\gamma_0\left(1+b^2\right)^{3/2}\cos\vartheta\dfrac{d\vartheta}{db}+3\gamma_0\sin\vartheta b\left(1+b^2\right)^{1/2}+\dfrac{\delta}{J_{Cz}}\cdot\left(1+b^2\right)\sqrt{\dfrac{g}{\Phi(b)}}}{\Phi(b)-\gamma_0 g\sin\vartheta(b)\left(1+b^2\right)^{3/2}}\right)-\dfrac{\sigma\left(1+b^2\right)\sin\vartheta}{J_{Cz}\left(\Phi(b)-\gamma_0 g\sin\vartheta(b)\left(1+b^2\right)^{3/2}\right)^2}
\end{cases}$$

позволяет построить траекторию полета и, что не менее важно, отследить на ней поведение угла атаки с тем, чтобы обеспечить результативное попадание.

Литература

1. *Gkritzapis D. N., Margaris D. P., Panagiotopoulos E. E. et al* Prediction of the Impact Point for Spin and Fin Stabilized Projectiles//WSEAS TRANSACTIONS on INFORMATION SCIENCE and APPLICATIONS, Iss. 12, Vol. 5, Dec. 2008, pp.1667—1676