

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КАНАТОВ ДЛЯ БУКСИРОВКИ ОРУДИЙ РЫБОЛОВСТВА

Габрюк В.И., Здорова Л.А.

*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Морской государственный университет  
 Владивосток, Россия*

Орудия рыболовства делятся на два больших класса: активные и пассивные. Важнейшим элементом активных орудий рыболовства являются канаты для их буксировки, называемые ваерами или урезами. В качестве ваеров для буксировки тралов используются стальные канаты двойной свивки с металлическими или органическими сердечниками ГОСТ 7668-80, 7669-80, 7665-80 диаметром 16-40 мм. Для урезков (ваеров) снорреводов используют канаты типа Геркулес: «пенька-сталь», «сизаль-сталь» ГОСТ 11914-86 диаметром 20-30 мм. В последнее время стали использовать многосекционные урезы, комплектуемые из канатов различных ГОСТов.

Ваеры, буксирующие трал, движутся в двух средах: в воде и в воздухе.

Математическая модель ваера в воде имеет вид

$$\begin{aligned} \dot{x}_V &= q_z (\sin a \cos j \cos y + \cos a \sin y) - r_{xV} \cos a + r_{zV} \sin a; \\ \dot{y}_V &= [q_z (\cos a \cos j \cos y - \sin a \sin y) + r_{xV} \sin a + r_{zV} \cos a] / T; \\ \dot{z}_V &= -(q_z \sin j \cos y + r_{yV}) / (T \sin a) \\ \dot{a} &= \cos a \cos g \cos y - \sin a (\cos g \cos j \sin y + \sin g \sin j); \\ \dot{y} &= \cos a \sin g \cos y - \sin a (\sin g \cos j \sin y - \cos g \sin j); \\ \dot{z} &= -\cos a \sin y - \sin a \cos j \cos y; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin y &= (V_{Stz} - V_{kz}) / V; \quad \operatorname{tg} g = (V_{Sty} - V_{ky}) / (V_{Stx} - V_{kx}); \\ V^2 &= (\mathbf{V}_{St} - \mathbf{V}_k)^2 = V_{St}^2 + V_k^2 - 2\mathbf{V}_{St} \cdot \mathbf{V}_k \end{aligned} \quad (1)$$

$$q_z = k_w G_z; \quad k_w = 1 - m_w / m; \quad r_{xV} = C_{xV} (rV^2 / 2)d, \quad (x_V, y_V, z_V);$$

$$C_{xV} = -(c_{11} \sin^2 a + c_{12} \sin^4 a + c_{13} \cos^2 a), \quad a \in (-\infty, \infty);$$

$$C_{yV} = \pm(c_{21} \sin a \cos a + c_{22} \sin^3 a \cos a), \quad a \in (-\infty, \infty);$$

$$C_{zV} = -(c_{31} \sin a \cos a + c_{32} \sin^3 a \cos a), \quad a \in (-\infty, \infty);$$

$$R_x^k = T_0 \dot{\alpha}_0 - T \dot{\alpha}; \quad R_y^k = T_0 \dot{\beta}_0 - T \dot{\beta}; \quad R_z^k = T_0 \dot{\gamma}_0 - T \dot{\gamma} - q_z l;$$

где  $\alpha$  – угол атаки каната;  $\varphi$  – угол крена плоскости потока каната;  $T$  – натяжение каната в текущей точке;  $\mathbf{y}, \mathbf{g}$  – углы, задающие ориентацию скорости потока относительно ЗСК;  $\dot{\mathbf{V}}$  – скорость потока;  $\dot{\mathbf{V}}_{St}, \dot{\mathbf{V}}_k$  – скорость течения и скорость каната;  $V_{Stx}, V_{Sty}, V_{Stz}, V_{kx}, V_{ky}, V_{kz}$  – проекции скорости течения и скорости каната на оси земной системы координат;  $C_{xV}, C_{yV}, C_{zV}$  – коэффициенты гидродинамических сил каната;  $\cdot \equiv d / dl$  – символ производной по дуговой координате.

Знак (+) в формуле для  $C_{yV}$  берется для канатов с правой круткой наружных прядей, знак (-) - в противном случае.

Математическая модель ваера в воздухе имеет вид:

$$\begin{aligned} \dot{\alpha} &= q_z (\sin a \cos j \cos y + \cos a \sin y); \\ \dot{\beta} &= q_z (\cos a \cos j \cos y - \sin a \sin y); \\ \dot{\gamma} &= -q_z \sin j \cos y / (T \sin a). \end{aligned} \quad (2)$$

Разработана программа CM-Warp на языке Delphi Pascal, позволяющая моделировать ваера для буксировки тралов на ПК.

Урезы (ваеры) снюрреводов движутся в трех средах: грунт, вода, воздух.

Математические модели урезом на участке движения в воде и воздухе имеют такой же вид, как и для ваера трала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Габрюк В.И. Компьютерные технологии в промышленном рыболовстве – М.: Колос, 1995. – 544 с.
2. Габрюк В.И, Кулагин В.Д. Механика орудий рыболовства и АРМ промысловика. – М.: Колос, 2000. – 416 с.
3. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. –