

Моделирование донных ярусов с поводцами, оснащенными буйками

Д-р техн. наук, чл.-кор. Российской академии естествознания В.И. Габрюк,
канд. техн. наук Е.В. Осипов – Дальрыбвтуз
Канд. техн. наук Н.В. Кокорин – ВНИРО

В настоящее время в мировом рыболовстве широко используются донные яруса для лова таких рыб, как палтус, треска, скат, окунь, камбала. Практически все ярусоловные суда оснащены линиями с наживочными машинами, позволяющими автоматизировать процессы ярусного лова.

Основным недостатком донных ярусов является то, что хребтина яруса, поводец и крючки с наживкой лежат на грунте, что приводит к объеданию наживки бентосом. Кроме того, при работе на илистых грунтах крючки под действием своей тяжести погружаются в грунт (заиливаются) или попадают в расщелины между камнями (на каменистых грунтах) и становятся недоступными для рыб. Более того, в случае заиливания наживки резко уменьшаются размеры ее химических полей, с помощью которых рыба привлекается к крючку с наживкой. Этого недостатка можно избежать, используя буйковую оснастку крючковых поводцов, как показано на рис. 1.

Проведенные ВНИРО (Кокорин, 2002) эксперименты показали, что уловистость плавающих крючков выше уловистости крючков, лежащих на грунте: по треске – на 10 %, по скату – на 23 %.

В работе исследуется система «крючок с наживкой – поводец с буйком» с целью определения размеров буйка, обеспечивающего заданное расстояние от наживки до грунта.

Характеристики поводца определяются путем численного решения дифференциальных уравнений равновесия гибкой нити в потоке, полученных в [1]:

$$\begin{aligned} \dot{T} &= q_z \sin \alpha \cos \varphi - r_{zv} \cos \alpha + r_{zv} \sin \alpha; \\ \dot{\varphi} &= -(q_z \sin \varphi + r_{zv}) / (T \sin \alpha); \end{aligned} \quad (1)$$

$$\dot{\alpha} = (q_z \cos \alpha \cos \varphi + r_{zv} \sin \alpha + r_{zv} \cos \alpha) / T;$$

$$\dot{x} = \cos \alpha; \quad \dot{y} = \sin \alpha \sin \varphi; \quad \dot{z} = -\sin \alpha \cos \varphi;$$

$$q_z = Gk_v; r_{zv} = C_{zv} \frac{\rho v^2}{2} d_i (x_i, y_i, z_i);$$

$$R_i^{(1)} = T^{(1)} \cos \alpha^{(1)} - T_0^{(1)} \cos \alpha_0^{(1)}; \quad i = (1; 2);$$

$$C_{zv} = -(C_{11} \sin^2 \alpha + C_{12} \sin^4 \alpha + C_{13} \cos^2 \alpha);$$

$$C_{zv} = \pm (C_{21} \sin \alpha \cos \alpha + C_{22} \sin^3 \alpha \cos \alpha);$$

$$C_{zv} = -(C_{31} \sin \alpha \cos \alpha + C_{32} \sin^3 \alpha \cos \alpha);$$

где r_{zv} , r_{zv} , r_{zv} – проекции гидродинамической силы, приходящие на 1 м нити на оси поточной системы координат; v – скорость течения; k_v – коэффициент веса нити в воде; G – вес 1 м нити в воздухе; α – угол атаки нити; φ – угол крена плоскости потока нити; $\dot{}$ – символ производной по дуговой координате l ; x, y, z – координаты текущей точки нити; T – натяжение в текущей точке нити; (x_i, y_i, z_i) – символ круговой перестановки индексов; $R_i^{(1)}$ – гидродинамическое сопротивление i -го участка поводца ($i = 1; 2$); $T_0^{(1)}, T^{(1)}$ – натяжение поводца в начале и конце i -го участка; $\alpha_0^{(1)}, \alpha^{(1)}$ – угол атаки поводца в начале и конце i -го участка; $C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{21}, C_{22}, C_{23}, C_{31}, C_{32}$ – коэффициенты гидродинамических сил (для синтетических нитей: $C_{11} = 0,883$; $C_{12} = 0,134$; $C_{13} = 0,023$; $C_{21} = 0,046$; $C_{22} = 0,013$; $C_{23} = 0,263$; $C_{31} = 0,697$). Знак (+) в формуле для C_{zv} относится к нитям правой свивки.

Поводец, оснащенный буйком, имеет два участка – AB и BC (см. рис. 1). Для численного решения дифференциальных уравнений равновесия поводца (1) на этих участках необходимо знать начальные

условия в начале первого участка – точке $A(T_0^{(1)}, \alpha_0^{(1)}, \varphi_0^{(1)})$ и в начале второго участка – точке $B(T_0^{(2)}, \alpha_0^{(2)}, \varphi_0^{(2)})$.

Начальные данные $T_0^{(1)}, \alpha_0^{(1)}, \varphi_0^{(1)}$ определяются из условия равновесия системы «крючок – наживка»:

$$Tg\varphi_0^{(1)} = -R_z^* / (R_z^* + Q_z^{*ns}); \quad \varphi_0^{(1)} \in \left(-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2} \right); \quad (2)$$

$$Tg\alpha_0^{(1)} = -(R_x^* + Q_x^{*ns}) / R_x^* \cos \varphi_0^{(1)}; \quad \alpha_0^{(1)} \in \left(0; \frac{\pi}{2} \right);$$

$$R_x^* = C_x^* \frac{\rho v^2}{2} S^*; \quad R_y^* = C_y^* \frac{\rho v^2}{2} S^*; \quad R_z^* = -C_z^* \frac{\rho v^2}{2} S^*;$$

$$T_0^{(1)} = \sqrt{(R_x^*)^2 + (R_y^*)^2 + (R_z^* + Q_z^{*ns})^2},$$

где R_x^*, R_y^*, R_z^* – проекции гидродинамической силы, действующей на наживку, на оси x, y, z земной системы координат ($z \downarrow \vec{g}$); Q_z^{*ns} – проекция на ось z веса в воде крючка с наживкой, определяемая по формуле $Q_z^{*ns} = g(k_v^* M^* + k_v^* M^*)$; k_v^*, k_v^* – коэффициенты веса в воде наживки и крючка; M^*, M^* – масса наживки и крючка.

Начальные данные $T_0^{(2)}, \alpha_0^{(2)}, \varphi_0^{(2)}$ находятся из условия равновесия буйка:

$$Tg\varphi_0^{(2)} = \frac{T^{(1)} \sin \alpha^{(1)} \sin \varphi^{(1)} + T^{\alpha} \sin \alpha^{\alpha} \sin \varphi^{\alpha}}{(T^{(1)} \cos \alpha^{(1)} + T^{\alpha} \cos \alpha^{\alpha})}; \quad \varphi_0^{(2)} \in \left(-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2} \right); \quad (3)$$

$$Tg\alpha_0^{(2)} = \frac{T^{(1)} \sin \alpha^{(1)} \cos \varphi^{(1)} + T^{\alpha} \sin \alpha^{\alpha} \cos \varphi^{\alpha}}{(T^{(1)} \cos \alpha^{(1)} + T^{\alpha} \cos \alpha^{\alpha}) \cos \varphi_0^{(2)}}; \quad \alpha_0^{(2)} \in \left(-\frac{\pi}{2}; 0 \right);$$

$$T_0^{(2)} = \frac{T^{(1)} \cos \alpha^{(1)} + T^{\alpha} \cos \alpha^{\alpha}}{\cos \alpha_0^{(2)}}.$$

Характеристики буйкового линия $T^{\alpha}, \alpha^{\alpha}, \varphi^{\alpha}$, входящие в (3), определяются по формулам:

$$Tg\varphi^{\alpha} = -R_z^{\alpha} / (R_z^{\alpha} + Q_z^{\alpha}); \quad \varphi_0^{(2)} \in \left(-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2} \right); \quad (4)$$

$$Tg\alpha^{\alpha} = -(R_x^{\alpha} + Q_x^{\alpha}) / R_x^{\alpha} \cos \varphi^{\alpha}; \quad \alpha_0^{(2)} \in \left(-\frac{\pi}{2}; 0 \right);$$

$$R_x^{\alpha} = C_x^{\alpha} \frac{\rho v^2}{2} S^{\alpha}; \quad R_y^{\alpha} = C_y^{\alpha} \frac{\rho v^2}{2} S^{\alpha}; \quad R_z^{\alpha} = -C_z^{\alpha} \frac{\rho v^2}{2} S^{\alpha};$$

$$T^{\alpha} = \sqrt{(R_x^{\alpha})^2 + (R_y^{\alpha})^2 + (R_z^{\alpha} + Q_z^{\alpha})^2},$$

где $R_x^{\alpha}, R_y^{\alpha}, R_z^{\alpha}$ – проекции на оси x, y, z земной системы координат гидродинамической силы, действующей на буй; Q_z^{α} – проекция на ось $z \downarrow \vec{g}$ веса в воде буйка, определяемая по формуле ($Q_z^{\alpha} = k_v^{\alpha} M^{\alpha} g$); k_v^{α} – коэффициенты веса в воде буйка; M^{α} – масса буйка.

Путем численного решения на ПК системы (1) на участке AB находят координаты точки $B(x^{(2)}, y^{(2)}, z^{(2)})$, а решая эту же систему на участке BC , определяют координаты точки $C(x^{(2)}, y^{(2)}, z^{(2)})$.

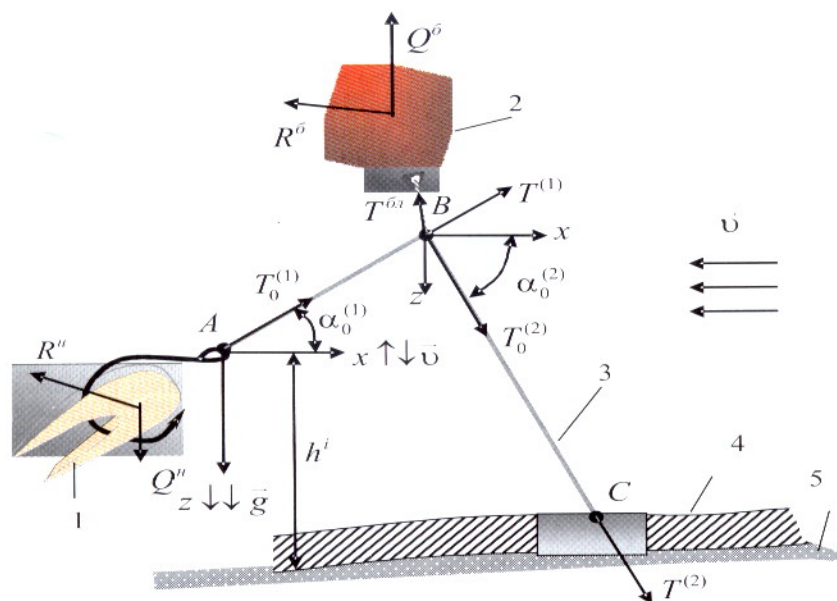


Рис. 1. Схема поводца с буйковой оснасткой: 1 – наживка с крючком; 2 – буюк; 3 – поводец; 4 – хребтина; 5 – грунт

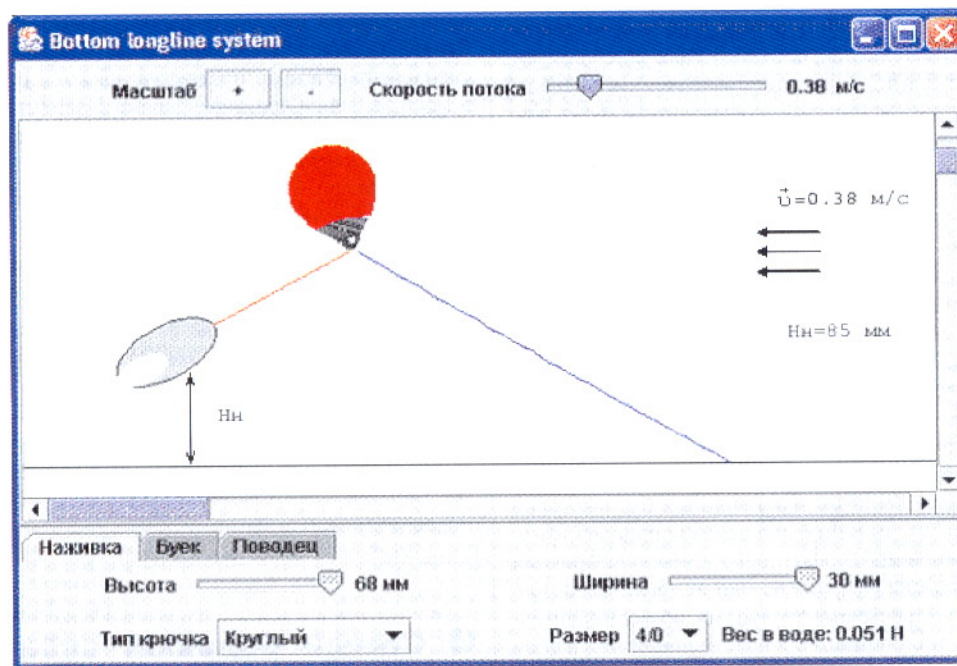


Рис. 2. Интерфейс программы *SMBottomLongline-B* моделирования донных ярусов с буйковой оснасткой поводцов

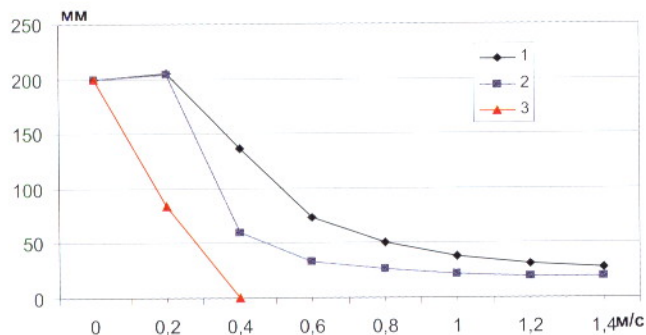


Рис. 3. Результат моделирования поводца, оснащенного буюком из различных материалов: 1 – пеновый полистирол $D = 35$ мм; 2 – полипропилен полый $D = 40$; 3 – полипропилен полый $D = 60$ мм

Расстояние от наживки до грунта h^i определяется как сумма аппликат точек B и C , т.е. $h^i = z^{(1)} + z^{(2)}$.

В Дальрыбвтузе, в Центре компьютерных технологий в рыболовстве и образовании, разработана программа (*Computer modeling of the bottom Longline with Buoy (SMBottomLongline-B)*), позволяющая на ПК осуществлять моделирование донных ярусов с поводцами, оснащенными буюками. Интерфейс программы представлен на рис. 2. Результаты моделирования поводца, оснащенного буюком, показаны на рис. 3, где приведены графики зависимости расстояния от наживки до грунта от скорости течения.

Использование донных ярусов с буйковой оснасткой поводцов позволит существенно повысить рентабельность донного ярусного промысла, причем они могут использоваться на промысле без модернизации существующих автоматизированных ярусных линий.