

УДК 639.2.081.1.001.4

Л.А. Габрюк, В.И. Габрюк*

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПРИДОННЫХ ЯРУСОВ, ВЫМЕТЫВАЕМЫХ ПОД УГЛОМ К ТЕЧЕНИЮ

Приведены результаты исследований горизонтальных придонных ярусов, выметываемых под углом к течению, выполненных на базе разработанных авторами математических моделей и программных комплексов. Даны рекомендации по выбору оптимальной оснастки ярусов, выметываемых как параллельно, так и под углом к течению.

Ключевые слова: горизонтальный придонный ярус, моделирование ярусной системы, математические модели, характеристики ярусов.

Gabruk L.A., Gabruk V.I. Investigation of bottom longlines set at angle to water flow // *Izv TINRO*. — 2010. — Vol. 161. — P. 269–277.

Numerical model of a bottom longline set horizontally at angle to water flow is developed and coded. Some recommendations are proposed for its optimal rigging for setting both at angle to flow and parallel to flow.

Key words: bottom longline, fishing gear modeling, numerical model, rigging of longline.

Введение

Крючковые снасти являются классическими орудиями рыболовства. Их совершенствованием занимаются многие исследователи во ВНИРО (Кокорин, 1994, 2005, 2006), ПИНРО (Шестопал и др., 2002), КамчатНИРО (Артюхин и др., 2006), Дальрыбвтузе (Габрюк, Кулагин, 2000; Габрюк и др., 2004, 2008; Габрюк, Габрюк, 2008; Габрюк, 2009).

На Дальнем Востоке гидробионтов ловят донными ярусами, причем выметка ярусов осуществляется параллельно течению. При этом запаховые поля отдельных наживок перекрываются, и общий объем запаховых полей всех наживок будет минимальным. В Японии (Longline ..., 1985; Bjordal, Lokkeborg, 1996) для получения максимальной уловистости ярусов их выметку осуществляют перпендикулярно течению. При этом общий объем запаховых полей всех наживок максимальный, а значит, максимальной будет и уловистость яруса. Поэтому актуальна разработка и формирование математических моделей, алгоритмов и программных комплексов, позволяющих моделировать горизонтальные ярусы, выметываемые под углом к течению.

* Габрюк Людмила Александровна, кандидат технических наук, инженер-программист, e-mail: gabrukvi@rambler.ru; Габрюк Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор.

Материалы и методы

Оптимизация параметров крючковых орудий рыболовства невозможна без математического моделирования. Математическое моделирование предполагает разработку триады: математическая модель — алгоритм — программный комплекс.

До сих пор моделирование ярусов осуществлялось на базе математической модели цепной линии, полученной выдающимися классиками Лейбницем, Бернулли и Гюйгенсом (Bernoulli, 1691). Эта модель использовалась в промышленном рыболовстве Ф.И. Барановым (1960), А.Л. Фридманом (1981), М.М. Розенштейном (2000), О.Н. Кручининим (2006) и другими исследователями.

Основными элементами любых ярусных систем являются канаты, поэтому в основе исследования ярусов лежит математическая модель каната. При моделировании ярусов используются три математические модели каната: на основе цепной линии без учета течений; плоская с учетом течений; пространственная с учетом течений.

В данной работе содержится общая постановка и решение задачи моделирования придонных горизонтальных ярусов с одним буюм посередине каждого участка, устанавливаемых как параллельно течению, так и под любым углом к нему, в том числе и перпендикулярно. Приводятся также результаты экспериментального исследования отрезков ярусов, выполненного в аэродинамической лаборатории находкинской БАМР.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 показан горизонтальный придонный ярус с буюм посередине каждого участка, выметанный под углом γ к течению.

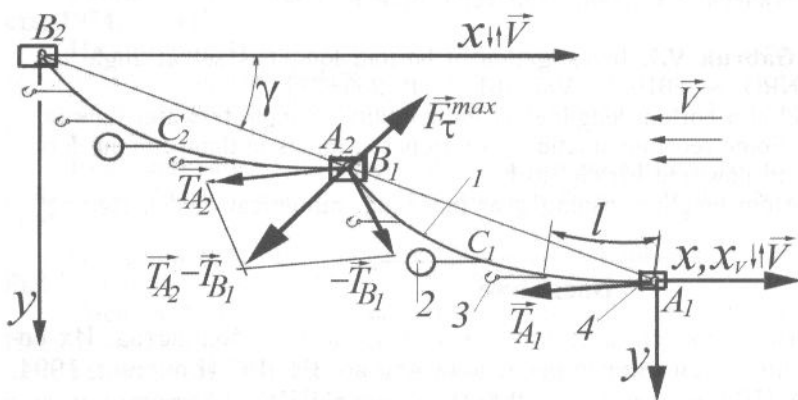


Рис. 1. Характеристики придонного яруса: 1 — хребтина; 2 — буй; 3 — рыболовный крючок; 4 — груз; A_1-B_1 , A_2-B_2 — участки яруса; C_1 , C_2 — точки нахождения буюв

Fig. 1. Scheme of bottom longline: 1 — mainline; 2 — buoy; 3 — hook; 4 — load; A_1-B_1 , A_2-B_2 — parts of the longline; C_1 , C_2 — knots of the buoys fastening

A_2-B_2 — parts of the longline; C_1 , C_2 — knots of the buoys fastening

Если оси x и x_v земной $x y z$ и поточной $x_v y_v z_v$ систем координат совпадают, то характеристики хребтины яруса описываются следующей системой дифференциальных уравнений (Габрюк, Кулагин, 2000):

$$\begin{aligned} \dot{T} &= q_Z^\Sigma \sin \alpha_{xp} \cos \varphi_{xp} - r_{XV} \cos \alpha_{xp} + r_{ZV} \sin \alpha_{xp}; \\ \dot{\alpha}_{xp} &= (q_Z^\Sigma \cos \alpha_{xp} \cos \varphi_{xp} + r_{XV} \sin \alpha_{xp} + r_{ZV} \cos \alpha_{xp}) / T; \\ \dot{\varphi}_{xp} &= -(q_Z^\Sigma \sin \varphi_{xp} + r_{YV}) / (T \sin \alpha_{xp}); \\ \dot{x} &= \cos \alpha_{xp}; \quad \dot{y} = \sin \alpha_{xp} \sin \varphi_{xp}; \quad \dot{z} = -\sin \alpha_{xp} \cos \varphi_{xp}; \\ q_Z^\Sigma &= Q_Z^S / l_S; \quad r_{XV} = C_{XV}^{xp}(\alpha_{xp}) \cdot (0,5 \rho V^2) d_{xp}, \quad (x_v, y_v, z_v), \end{aligned} \quad (1)$$

где T , α_{xp} , φ_{xp} — натяжение, угол атаки хребтины и угол крена плоскости потока хребтины в текущей точке; q_Z^Σ — вес в воде 1 м яруса с вооружением; Q_Z^S — вес в воде одной секции яруса; l_s — длина одной секции яруса; r_{XV} , r_{YV} , r_{ZV} — проекции гидродинамических сил, приходящихся на 1 м хребтины, на оси поточной системы координат; C_{XV}^{xp} , C_{YV}^{xp} , C_{ZV}^{xp} — коэффициенты гидродинамических сил хребтины; (x_v, y_v, z_v) — символ круговой перестановки индексов; d_{xp} — диаметр хребтины; V — скорость течения; ρ — плотность морской воды.

Так как каждый участок яруса состоит из двух секций, то при расчете характеристик яруса на участке A_1B_1 (рис. 1) приходится дважды решать задачу Коши для системы (1).

Вначале рассчитывается первая секция хребтины яруса A_1C_1 . Начальные данные для этой секции — это параметры хребтины в точке A_1 :

- угол атаки хребтины в точке A_1 — $\alpha_{A_1} \in (0,5\pi; \pi)$;
- угол крена плоскости потока хребтины в точке A_1 — $\varphi_{A_1} \in (0; 0,5\pi)$;
- натяжение хребтины в точке A_1 — $T_{A_1} \in (T_{A_1}^{(0)}; T_{A_1}^{(V)})$.

Здесь $T_{A_1}^{(V)}$, $T_{A_1}^{(0)}$ — натяжения хребтины при заданной скорости течения и скорости, равной нулю.

$$T_{A_1}^{(0)} = \sqrt{(T_{A_1X}^{(0)})^2 + (T_{A_1Z}^{(0)})^2},$$

где $T_{A_1X}^{(0)}$, $T_{A_1Z}^{(0)}$ — проекции на оси x и z натяжения хребтины в точке A_1 при скорости течения, равной нулю. Для яруса с одним бумом посередине каждого участка величины $T_{A_1X}^{(0)}$, $T_{A_1Z}^{(0)}$ определяются по формулам (Габрюк, 2009)

$$T_{A_1X}^{(0)} = 0,5 q_Z^\Sigma \sqrt{[(2p_Z^\Sigma - l_s)^2 - h_{xp}^2](l_s^2 - h_{xp}^2)} / h_{xp},$$

$$T_{A_1Z}^{(0)} = -0,5(Q^\phi - 2Q_Z^S), \quad p_Z^\Sigma = T_{A_1Z}^{(0)} / q_Z^\Sigma, \quad q_Z^\Sigma = Q_Z^S / l_s.$$

Здесь Q^ϕ , Q_Z^S — подъемная сила буя и проекция на ось z веса в воде одной секции яруса; h_{xp} — стрела прогиба хребтины; l_s — длина одной секции яруса; p_Z^Σ — параметр.

Затем рассчитывается вторая секция хребтины яруса C_1B_1 с начальными данными в точке C_1 . Для их определения рассмотрим равновесие буя (рис. 2).

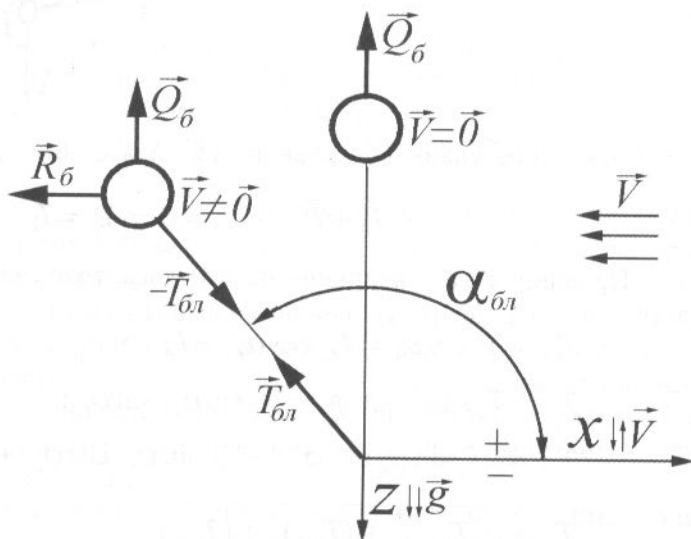


Рис. 2. Силы, действующие на буй

Fig. 2. The forces acting on the buoy

Из равновесия промежуточного буя (рис. 2) следует:

$$\begin{aligned} \vec{R}^{\bar{6}} + \vec{Q}^{\bar{6}} - \vec{T}^{\bar{6}\alpha} &= \vec{0} \Rightarrow \vec{T}^{\bar{6}\alpha} = \vec{R}^{\bar{6}} + \vec{Q}^{\bar{6}}; \\ T_X^{\bar{6}\alpha} &= T^{\bar{6}\alpha} \cos \alpha_{\bar{6}\alpha} = R_X^{\bar{6}}; \\ T_Y^{\bar{6}\alpha} &= T^{\bar{6}\alpha} \sin \alpha_{\bar{6}\alpha} \sin \varphi_{\bar{6}\alpha} = R_Y^{\bar{6}} = 0 \Rightarrow \varphi_{\bar{6}\alpha} = 0; \\ T_Z^{\bar{6}\alpha} &= -T^{\bar{6}\alpha} \sin \alpha_{\bar{6}\alpha} \cos \varphi_{\bar{6}\alpha} = Q_Z^{\bar{6}}; \\ T_{\bar{6}\alpha} &= \sqrt{(T_X^{\bar{6}\alpha})^2 + (T_Y^{\bar{6}\alpha})^2 + (T_Z^{\bar{6}\alpha})^2} = \sqrt{(R_X^{\bar{6}})^2 + (Q_Z^{\bar{6}})^2}; \\ R_X^{\bar{6}} &= C_X^{\bar{6}} (0,5\rho V^2)S; \quad Q_Z^{\bar{6}} = k_W^{\bar{6}} G^{\bar{6}}; \quad k_W^{\bar{6}} = 1 - M_W^{\bar{6}} / M^{\bar{6}}; \\ \sin \alpha_{\bar{6}\alpha} &= -Q_Z^{\bar{6}} / T_{\bar{6}\alpha}, \quad \alpha_{\bar{6}\alpha} \in (0,5\pi; \pi); \\ \alpha_{\bar{6}\alpha} &= \pi - \arcsin \{ -(R_X^{\bar{6}} + Q_Z^{\bar{6}}) / T_{\bar{6}\alpha} \}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\vec{R}^{\bar{6}}$, $\vec{Q}^{\bar{6}}$, $\vec{T}^{\bar{6}\alpha}$ — гидродинамическая сила буя, вес буя в воде и натяжение буйлиния (рис. 2); $T_X^{\bar{6}\alpha}$, $T_Y^{\bar{6}\alpha}$, $T_Z^{\bar{6}\alpha}$, $R_X^{\bar{6}}$, $R_Y^{\bar{6}}$, $R_Z^{\bar{6}}$ — проекции натяжения буйлиния и гидродинамической силы буя на оси земной системы координат; $\alpha_{\bar{6}\alpha}$, $\varphi_{\bar{6}\alpha}$ — угол атаки буйлиния и угол крена плоскости потока буйлиния; $Q_Z^{\bar{6}}$ — проекция на ось z веса буя в воде; $G^{\bar{6}}$ — вес буя в воздухе; $k_W^{\bar{6}}$ — коэффициент веса буя в воде; $M_W^{\bar{6}}$, $M^{\bar{6}}$ — масса воды, вытесненная бумом, и масса буя; $C_X^{\bar{6}}$ — коэффициент сопротивления буя; S — характерная площадь буя.

Начальные данные для второй секции яруса T_0 , α_0 , φ_0 определяются из условий равновесия узла C_1 (рис. 3).

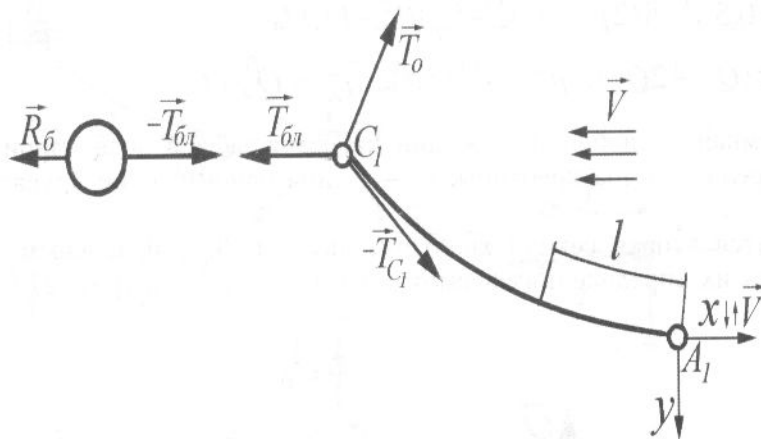


Рис. 3. Силы, действующие на узел C_1
Fig. 3. The forces acting on the knot C_1

Векторное уравнение равновесия узла C_1 имеет вид

$$\vec{T}_0 + \vec{T}^{\bar{6}\alpha} - \vec{T}_{C_1} = \vec{0} \Rightarrow \vec{T}_0 = \vec{T}_{C_1} - \vec{T}^{\bar{6}\alpha}.$$

Проецируя это уравнение на оси декартовой системы координат, получим

$$\begin{aligned} T_{0X} &= T_0 \cos \alpha_0 = T_{C_1} \cos \alpha_{C_1} - T_{\bar{6}\alpha} \cos \alpha_{\bar{6}\alpha}; \\ T_{0Y} &= T_0 \sin \alpha_0 \sin \varphi_0 = T_{C_1} \sin \alpha_{C_1} \sin \varphi_{C_1}; \\ T_{0Z} &= -T_0 \sin \alpha_0 \cos \varphi_0 = -T_{C_1} \sin \alpha_{C_1} \cos \varphi_{C_1} + T_{\bar{6}\alpha} \sin \alpha_{\bar{6}\alpha}; \\ T_0 &= \sqrt{(T_{0X})^2 + (T_{0Y})^2 + (T_{0Z})^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь T_{C_1} , α_{C_1} , φ_{C_1} — натяжение, угол атаки и угол крена плоскости потока первой секции хребтины A_1C_1 в конечной точке C_1 (см. рис. 1); T_0 , α_0 , φ_0 — натяжение, угол атаки и угол крена плоскости потока второй секции хребтины C_1B_1 в начальной точке C_1 ; T_{0x} , T_{0y} , T_{0z} — проекции на оси земной системы координат натяжения хребтины в начале второй секции.

Из выражения (3) находим уравнения для определения начальных данных для второй секции хребтины C_1B_1 :

$$\begin{aligned} \cos \alpha_0 &= T_{0x} / T_0, \quad \alpha_0 = \pm \arccos(T_{0x} / T_0); \\ \sin \varphi_0 &= T_{0y} / (T_0 \sin \alpha_0), \quad \varphi_0 = \arcsin[T_{0y} / (T_0 \sin \alpha_0)]. \end{aligned} \quad (4)$$

На первом участке яруса для системы (1) решается следующая краевая задача:

$$\begin{aligned} x_{A_1} &= y_{A_1} = z_{A_1} = 0; \\ x_{B_1} &= -b_{xp} \cos \gamma, \quad y_{B_1} = -b_{xp} \sin \gamma, \quad z_{B_1} = 0; \\ \gamma &= \arctg(y_{B_1} / x_{B_1}), \end{aligned} \quad (5)$$

где $b_{xp} = |A_1B_1|$ — хорда хребтины; γ — угол между хордой хребтины и скоростью потока; x_{A_1} , y_{A_1} , z_{A_1} , x_{B_1} , y_{B_1} , z_{B_1} — декартовы координаты начальной и конечной точек участка.

Промежуточные грузы для оснастки яруса не должны отрываться от грунта или скользить по нему. Для этого их масса должна удовлетворять следующим условиям:

$$M_{\Gamma}^{(O)} \geq (T_{B_1} |\sin \alpha_{B_1} \cos \varphi_{B_1}| + T_{A_2} |\sin \alpha_{A_2} \cos \varphi_{A_2}|) / (k_W^{\Gamma} g); \quad (6)$$

$$\begin{aligned} M_{\Gamma}^{(C)} &\geq [f(T_{B_1} \sin \alpha_{B_1} \cos \varphi_{B_1} + T_{A_2} \sin \alpha_{A_2} \cos \varphi_{A_2}) + \\ &+ \sqrt{(T_{A_2} \sin \alpha_{A_2} \sin \varphi_{A_2} - T_{B_1} \sin \alpha_{B_1} \sin \varphi_{B_1})^2 + \\ &+ (T_{A_2} \cos \alpha_{A_2} - T_{B_1} \cos \alpha_{B_1})^2}] / (k_W^{\Gamma} g), \end{aligned} \quad (7)$$

где $M_{\Gamma}^{(O)}$ — масса груза, при которой он не отрывается от грунта; $M_{\Gamma}^{(C)}$ — масса груза, при которой он не скользит по грунту; T_{B_1} , α_{B_1} , φ_{B_1} , T_{A_2} , α_{A_2} , φ_{A_2} — натяжение, угол атаки хребтины и угол крена плоскости потока хребтины в точках B_1 и A_2 ; k_W^{Γ} — коэффициент веса груза в воде ($k_W^{\Gamma} = 0,87$ — сталь; $k_W^{\Gamma} = 0,65$ — бетон); g — ускорение свободного падения; f — коэффициент трения груза о грунт.

Величины T_{B_1} , α_{B_1} , φ_{B_1} , T_{A_2} , α_{A_2} , φ_{A_2} , входящие в соотношения (6) и (7), определяются путём решения краевой задачи (5) для системы (1). Следовательно, они зависят от угла постановки яруса к потоку γ .

Разработанный авторами программный комплекс (Габрюк, Габрюк, 2008) позволил выполнить моделирование горизонтального придонного яруса с одним бумом посередине каждого участка. Хребтина яруса — капроновый канат диаметром 10 мм с 20 крючками в секции, длина крючкового поводца 0,5 м, расстояние между поводцами 1,0 м. Результаты моделирования, когда ярус выметается перпендикулярно течению, показаны на рис. 4.

В табл. 1 приводятся расчетные значения масс грузов, необходимых для оснастки яруса при различных углах выметки яруса к течению.

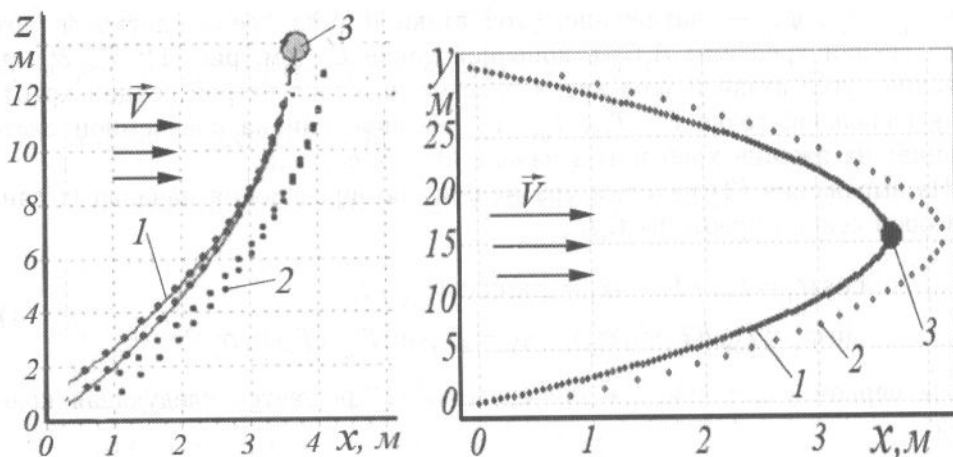


Рис. 4. Проекция придонного яруса, устанавливаемого перпендикулярно течению, на плоскости xz и $xу$: 1 — хребтина; 2 — крючки; 3 — буй

Fig. 4. Projections of a bottom longline set at right angle to water flow on the planes XZ and XY : 1 — mainline; 2 — hooks; 3 — buoy

Таблица 1
Массы грузов для оснастки придонных ярусов при различных углах установки их к течению

Table 1
Mass of loads for rigging the bottom longline for setting it at various angles to water flow

V , м/с	Диаметр буй, м	γ , град	$M_r^{(0)}$, кг	$M_r^{(C)}$, кг
0,5	0,3	4,6	7,1	9,8
		43,4	11,9	13,0
		70,8	12,1	13,2
		89,8	12,5	13,5

Из данных табл. 1 следует, что с ростом γ увеличиваются массы грузов, необходимые для обеспечения равновесия яруса в потоке.

В табл. 2 приводятся расчетные значения масс грузов для оснастки яруса при выметке его параллельно течению при скорости течения 0,2 и 0,5 м/с.

Таблица 2
Массы грузов, необходимые для оснастки яруса при выметке его параллельно течению

Table 2
Mass of loads necessary for rigging the longline set parallel to water flow

V , м/с	Диаметр буй, м	Массы, исключая отрыв груза от грунта, кг	Массы, исключая скольжение груза по грунту, кг
0,2	0,18	1,22	1,63
0,2	0,20	2,21	2,39
0,5	0,25	6,20	9,10
0,5	0,30	6,31	9,30

Для проверки адекватности разработанных математических моделей авторами были выполнены эксперименты с отрезками ярусов в аэродинамической трубе конструкции В.А. Кузика (БАМР, г. Находка). Схема аэродинамической трубы, в которой проводились исследования элементов яруса, представлена на рис. 5.

Размеры рабочей камеры аэродинамической трубы: ширина — 2,0 м; высота — 1,85 м; длина — 2,0 м. Скорость потока воздуха в рабочей части аэро-

динамической трубы равна 18,8 м/с. Она измерялась трубкой Пито и анемометром с погрешностью $\pm 2,5\%$. При плотности воздуха $1,238 \text{ кг/м}^3$ и температуре 22°C из равенства чисел Рейнольдса воздуха и воды ($Re^a = Re^w$) следует, что данное значение соответствует скорости воды 1,2 м/с. Натяжения отрезков хребтины и поводцов измерялись механическим динамометром ГМ-1-500 с погрешностью $\pm 5\%$.

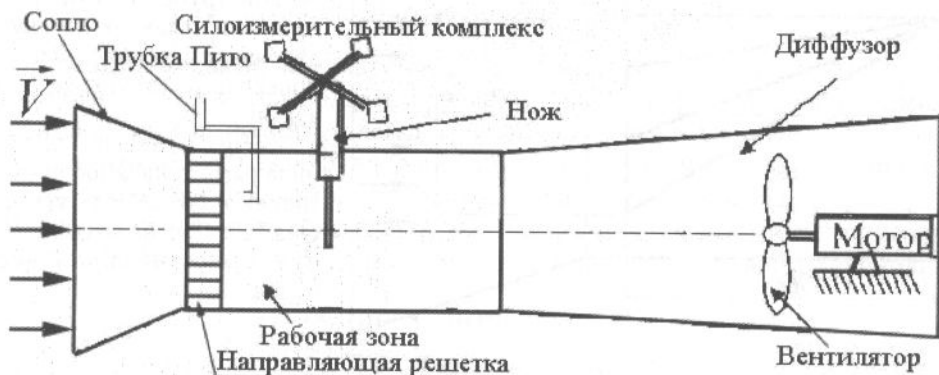


Рис. 5. Схема аэродинамической трубы НБАМР

Fig. 5. Scheme of the wind tunnel of Nakhodka Base of Active Marine Fishery (NBAMR)

Исследовались два типа хребтин ярусов: трех- и четырехрядная. Поводцы крепились к хребтине узлами норвежского типа (рис. 6), состоящими из шарнира с вертлюгом массой 12,4 г и двух стопорных колец, массой 7,8 г. Общая масса узла составляла 20,2 г.

Рис. 6. Узел крепления поводца к хребтине норвежского типа: 1 — кольцо для крепления поводца; 2 — вертлюг; 3 — шарнир; 4 — стопорные кольца; 5 — хребтина

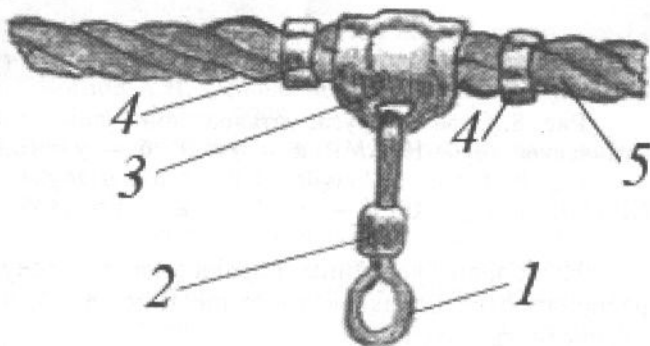


Fig. 6. Knot of a hookline fastening to the mainline of Norwegian type: 1 — ring for hookline fastening; 2 — swivel; 3 — hinge; 4 — lock rings; 5 — mainline

Трехрядная хребтина (100 % нейлона, производство — США), вооруженная тремя поводцами с крючками и наживкой, имела следующие характеристики:

- диаметр 9,6 мм;
- линейная плотность 0,053 кг/м;
- длина 2,0 м.

Четырехрядная хребтина из полиэстера (производство — Южная Корея), вооруженная двумя поводцами с крючками и наживкой, имела следующие характеристики:

- диаметр 11,0 мм;
- линейная плотность 0,066 кг/м;
- длина 1,5 м.

Для установки яруса под различными углами к потоку использовались две стальные поперечные струны 2 и 3 (рис. 7). Изменение угла хребтины к потоку достигалось перемещением переднего конца хребтины по поперечной струне 3.

Фотографии отрезка хребтины в аэродинамической трубе НБАМР из трех- и четырехрядного каната с двумя и тремя поводцами и крючками с наживкой

(кусочки сельди) при углах установки хребтины к потоку ($\gamma = 0; 15,9; 23,2^\circ$) приведены на рис. 8.

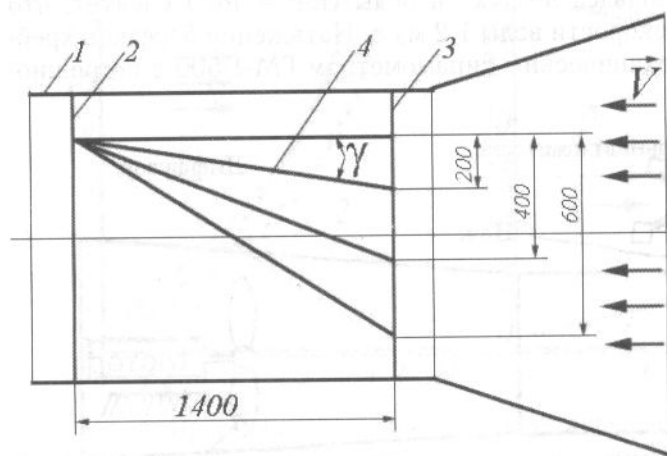


Рис. 7. Схема установки отрезков ярусов в аэродинамической трубе НБАМР под различными углами к потоку: 1 — аэродинамическая труба; 2, 3 — поперечные струны; 4 — отрезок яруса

Fig. 7. Scheme of the longline parts installation in the wind tunnel of NBAMR at various angles to a flow: 1 — wind tunnel; 2, 3 — cross strings; 4 — a part of longline

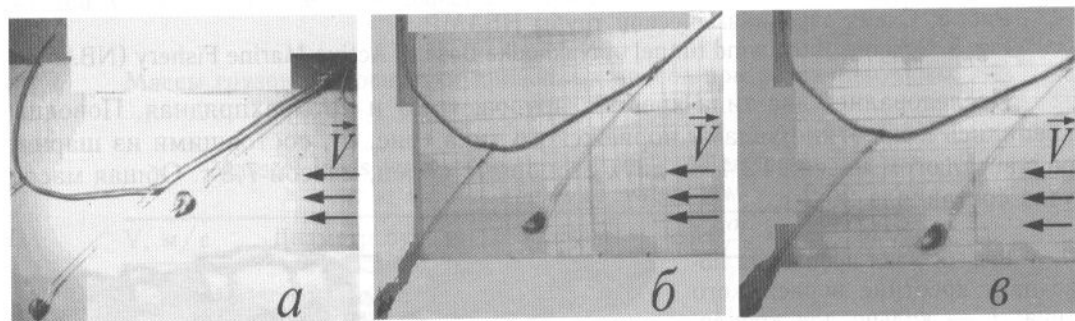


Рис. 8. Отрезок яруса, установленный под различными углами к потоку в аэродинамической трубе НБАМР: а — $\gamma = 0^\circ$; б — $\gamma = 15,9^\circ$; в — $\gamma = 23,2^\circ$

Fig. 8. A part of longline set at various angles (γ) to a flow in the wind tunnel of NBAMR: а — $\gamma = 0^\circ$; б — $\gamma = 15,9^\circ$; в — $\gamma = 23,2^\circ$

На стороне хребтины, обращенной к потоку, при $\gamma = 0^\circ$ крючки с наживкой располагаются близко к хребтине (рис. 8, а), что может существенно снизить уловистость яруса.

На рис. 9 дано сравнение экспериментальной и расчетной форм хребтины отрезка яруса с тремя наживленными крючками.

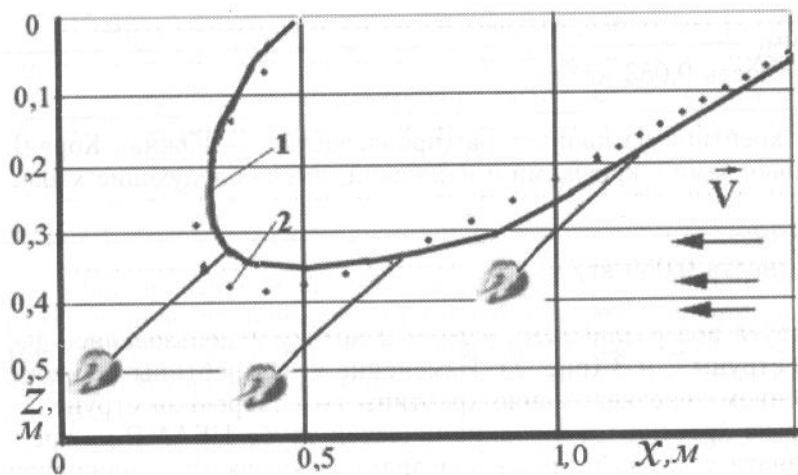


Рис. 9. Отрезок яруса: 1 — в трубе НБАМР; 2 — расчетные точки

Fig. 9. Shape of a part of longline: 1 — observed in the wind tunnel experiment; 2 — modeled

Максимальная разница координат точек хребтины, полученных экспериментально и компьютерным моделированием, не превышает 17 %. Эта разница объясняется тем, что хребтина была пропитана лаком и обладала жесткостью на изгиб, а в математической модели принято допущение, что хребтина является гибкой.

Заключение

Разработанные авторами математические модели горизонтальных ярусов и программный комплекс позволяют определять параметры ярусов, оптимизировать их оснастку и выполнять промысловую настройку горизонтальных ярусных порядков, выметаемых как параллельно, так и под любым углом к течению, увязывая параметры ярусов с характеристиками районов промысла.

Методика позволяет обеспечить максимальную уловистость горизонтальных придонных ярусных порядков, выметаемых перпендикулярно течению.

Список литературы

Артюхин Ю.Б., Винников А.В., Терентьев Д.А. Морские птицы и донное ярусное рыболовство в Камчатском регионе. — М. : WWF, 2006. — 56 с.

Баранов Ф.И. Техника промышленного рыболовства : монография. — М. : Пищепромиздат, 1960. — 696 с.

Габрюк В.И., Габрюк А.В., Осипов Е.В. Моделирование крючковых рыболовных систем : монография. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2004. — 120 с.

Габрюк В.И., Габрюк Л.А. Моделирование ярусных рыболовных порядков при наличии течений : свидетельство об отраслевой регистрации разработки (СМ-LongLine — Computer Modeling LongLine) № 10226. — Зарегистрировано в отраслевом фонде алгоритмов и программ 21 марта 2008 г.

Габрюк В.И., Кулагин В.Д. Механика орудий рыболовства и АРМ промысловика : монография. — М. : Колос, 2000. — 416 с.

Габрюк В.И., Чернецов В.В., Бойцов А.Н. Основы моделирования рыболовных систем : монография. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2008. — 560 с.

Габрюк Л.А. Совершенствование методов технического анализа ярусных рыболовных систем с использованием математического моделирования : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М. : ВНИРО, 2009. — 24 с.

Кокорин Н.В. Использование глубоководного яруса испанского типа и его модификаций на лове антарктического и патагонского клыкачей моря Росса в сезоны 2003/03–2005/06 гг. // Тр. Дальрыбвтуза. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2006. — С. 28–35.

Кокорин Н.В. Лов рыбы ярусами : монография. — М. : ВНИРО, 1994. — 421 с.

Кокорин Н.В. Отчет о работах в море Росса в 3-м промысловом рейсе ярусолова "Янтарь" с декабря 2004 г. по март 2005 г. — М. : ВНИРО, 2005. — 118 с.

Кручинин О.Н. Тактика замета кошелькового невода и управление поведением рыб в зоне облова : монография. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. — 127 с.

Розенштейн М.М. Механика орудий рыболовства : учеб. для высш. учеб. завед. — Калининград : КГТУ, 2000. — 363 с.

Фридман А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства : монография. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1981. — 328 с.

Шестопад И.П., Шевелев М.С., Греков А.А. Рекомендации по ведению ярусного промысла донных рыб на северном бассейне (Календарь ярусного промысла) : отчет о НИР / ПИНРО. — Мурманск, 2002. — 52 с.

Bernoulli J. Solutio problematis funicularii // Acta eruditorum. — 1691. — № 6.

Bjordal A., Lokkeborg S. Longlining. — Cambridge : Fishing News Books; University Press, 1996. — 156 p.

Longline Fishery in Japan // Fish. J. — 1985. — № 26. — P. 35–38.

Поступила в редакцию 23.12.09 г.