

ПРОМРЫБОЛОВСТВО

УДК 639.2.081.117

А.А. Недоступ*

Калининградский государственный технический университет,
236000, г. Калининград, Советский проспект, 1

**МЕТОД РАСЧЕТА СИЛОВЫХ
И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КРЫЛА
СТАВНОГО ПОДВЕСНОГО НЕВОДА**

Приводится метод расчета силовых и геометрических характеристик крыла ставного подвешного невода и его элементов (мертвых якорей), имеющего каркас: наклонные оттяжки, система горизонтальных оттяжек, вертикальные оттяжки и становой канат. Метод расчета силовых и геометрических характеристик крыла ставного подвешного невода основан на использовании конечных зависимостей, связывающих геометрические и силовые характеристики крыла ставного подвешного невода. Метод расчета позволяет определить сопротивление стенки крыла невода R_x , глубину погружения верхней подборы крыла H , отклонение верхней подборы крыла в горизонтальной плоскости l_c ; рассчитать натяжение в оттяжках F , F_{ei} и подобрать их диаметр и материал; определить необходимое количество оттяжек на крыло, плавучесть оснастки участка верхней подборы крыла Q_A , плавучесть Q_{Di} в местах крепления горизонтальных оттяжек, характеристики сетематериалов крыла и других элементов невода, держащую силу якорей, необходимую для безаварийной работы ставных неводов, и в результате подобрать якоря.

Ключевые слова: крыло ставного подвешного невода, метод расчета, конечные эмпирические зависимости.

Nedostup A.A. Method to calculate force and geometric parameters of the wing for set-net // *Izv. TINRO*. — 2009. — Vol. 156. — P. 282–299.

Method is proposed to calculate force and geometric parameters of the wing and dead anchors for a frame set-net with horizontal, vertical, and inclined ropes and a wing rope. The method is based on finite empirical dependencies connecting the force and geometric parameters of the wing. It allows to define: resistance of the wing; depth and horizontal deviation of its cork line; tension in ropes and their diameter and appropriate material; required quantity of ropes; buoyancy of the cork line; buoyancy in the points of horizontal ropes fastening; appropriate material for the wing and other elements of the net; holding force of the anchors necessary for trouble-free operation; and finally to choose required anchors.

Key words: wing of set-net, set-net parameters calculation, finite empirical dependences.

Введение

Ставные подвешные невода (НС) — самые крупные и высокопроизводительные орудия прибрежного рыболовства, которые являются основными орудиями

* Недоступ Александр Алексеевич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой промышленного рыболовства, e-mail: anedostup@yahoo.com.

рыболовства дальневосточного бассейна (Калиновский, 1948, 1955; Шестопалов, 1951; Магдебуров, 1952, 1954; Покровский, Магдебуров, 1952, 1956; Небывалов, 1953; Соседов, Сучко, 1953; Покровский, 1954; Маркин, 1973; Akiyama, Arimoto, 2000; Габрюк, Тимошок, 2001; Hwang, Shin, 2003; Коваленко, 2005; Телятник, 2005, 2007; Коваленко и др., 2006; Габрюк, Телятник, 2007; Осипов, 2007) (рис. 1).

Кроме Дальнего Востока, НС применяются на Черном море (Камышьян, 1949, 1951; Шапунов, 1951, 1952, 1954), на Каспии (Боков, 1951; Фурман, 1958), на оз. Байкал (Громов, 1954), на севере России (Канин, 1947; Пономарев, 1954а, б).

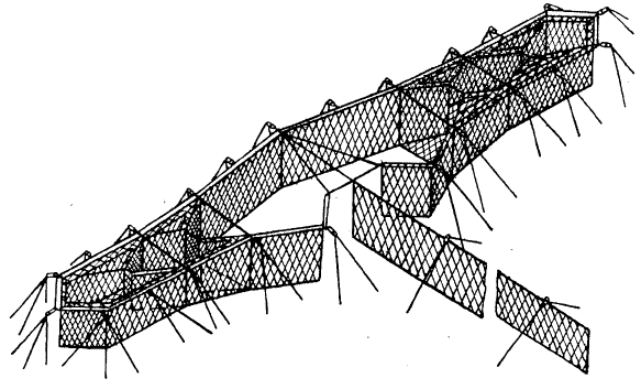


Рис. 1. Ставной подвесной невод

Fig. 1. The set-net

Несмотря на большую устойчивость против штормов, НС все-таки подвергаются разрушениям при сильном шторме, что подтверждается данными рыболовецких организаций (Коваленко, 2005). Главной причиной аварий НС является снижение надежности их установки из-за упрощения конструкции (Коваленко и др., 2006). Характер повреждений штормоустойчивых неводов разнообразный. Чаще всего при шторме происходят отрыв сетного полотна от верхней подборы и срыв мертвых якорей (мешков с песком и гравием) (Калиновский, 1948). Имелись случаи обрыва вертикальных и горизонтальных оттяжек, разрыв центрального троса у берегового буя и др. Опыт эксплуатации штормоустойчивых неводов показывает, что пока еще не удалось добиться равномерного самозатопления всех частей невода. Этот вопрос очень серьезный и требует детальной теоретической разработки. Во многих случаях хорошо самозатопляется крыло невода, тогда как ловушка или часть ее даже при сравнительно большой силе течения не погружается в воду. Бывают и такие случаи, когда при штормовой погоде самозатопляется ловушка или часть ее, а крыло невода не затопляется. Это происходит не от неправильности самого принципа, примененного в штормоустойчивых неводах, а от того, что пока еще не изучено влияние сил сопротивления на отдельные части НС. Разрушение ставных подвесных неводов штормами ведет к большим затратам на их восстановление, и, кроме того, послештормовый период до восстановления невода выпадает из промыслового времени (Андреев, 1952; Сергеев, 1979).

Ловушка НС имеет значительно более сложное устройство, чем крыло. В ней стенки сетного полотна расположены под разными углами, вследствие чего направление течения относительно разных стенок ловушки разное, следовательно, и силы сопротивления, действующие на разные стенки, будут различны (рис. 1). При этом соотношение сил, действующих на отдельные части НС, изменяется с изменением направления течения. Ставные невода обычно устанавливают в прибрежной зоне на сравнительно небольших глубинах, в пределах 30–40 м и менее. Во время шторма невода испытывают воздействие ветрового и волнового течений. Скорости течений рассчитаны по выражениям, принятым в навигационной гидрометеорологии (Данилов, Фридман, 1981):

$$U_{см} = \frac{0,127}{\sqrt{\sin \varphi}} \omega e^{-aZ}; \quad (1)$$

$$U_{\text{вл}} = \left(\pi \frac{h_0}{\lambda} \right) c e^{\left(-2\pi \frac{Z}{\lambda} \right)}, \quad (2)$$

где $U_{\text{вм}}$ — скорость ветрового течения; $U_{\text{вл}}$ — скорость волнового течения; ω — скорость ветра; e — основание натуральных логарифмов; $a = U_t / U_{\text{то}}$ — коэффициент влияния продолжительности действия ветра; U_t — скорость течения на момент времени t от начала развития течения; $U_{\text{то}}$ — скорость установившегося течения; Z — горизонт, на котором определяется течение; φ — широта места; h_0 — высота волны на поверхности моря; λ — длина волны; c — скорость распространения волны.

Каркас крыла ставного подвешного невода может представлять собой (рис. 2): наклонные оттяжки, система горизонтальных оттяжек, вертикальные оттяжки и становой канат (Калиновский, 1948; Сергеев, 1971; Литвиненко, 2003а, б, 2004; Телятник, 2005; Дверник, 2007; Осипов, 2007).

Цель настоящей работы состоит в разработке метода расчета силовых и геометрических характеристик крыла ставных подвешных неводов и его элементов.

Материалы и методы

Решение проблемы штормоустойчивости ставных подвешных неводов является важнейшей задачей (Калиновский, 1948; Манер, 1951; Шапунов, 1951; Панков, 1962).

Исследованию работы ставных неводов посвящено много работ (Калиновский, 1948, 1955; Андреев, 1949, 1952, 1956, 1957; Ионас, 1959, 1962, 1963; Андреев, Панков, 1969, 1990; Баранов, 1969; Miyazaki, 1970; Войниканис-Мирский, Вишневецкий, 1971; Uekita, 1982; Inada et al., 1997; Jung et al., 1997; Akiyama, Agimoto, 2000; Hwang, Shin, 2003; Розенштейн, 2005; Телятник, 2005; Коваленко и др., 2006; Недоступ, 2007, 2008а–г; Осипов, 2007; Розенштейн, Попов, 2007; Lee et al., 2007). Как известно, верхняя подбора ставного подвешного невода при отсутствии шторма находится у поверхности воды (рис. 2), а при возникновении шторма (при увеличении гидродинамического давления на сетные элементы невода) погружается (рис. 3). На рис. 2 приведены следующие обозначения: S — высота крыла НС между оттяжками; $l_{\text{ом}}$ — длина наклонной оттяжки; $l_{\text{e1}}, l_{\text{e2}}, \dots, l_{\text{ei}}$ — длины горизонтальных оттяжек; Y — глубина места установки; R_x — сопротивление пролета крыла НС между оттяжками; Q_A — плавучесть пролета крыла НС между оттяжками; $Q_{D1}, Q_{D2}, \dots, Q_{Di}$ — плавучесть в местах крепления оттяжек; F — натяжение в наклонной оттяжке; $F_{\text{e1}}, F_{\text{e2}}, \dots, F_{\text{ei}}$ — натяжение в горизонтальной оттяжке; R_{xE} — сопротивление оснастки верхней подборы крыла НС (в расчетах пренебрегаем). Сопротивлением плавов, закрепленных в точках D_1, D_2, \dots, D_i , пренебрегаем.

Верхняя подбора крыла ставного подвешного невода при возникновении штормовых условий погружается, и тем самым уменьшается значение коэффициента сопротивления сетной части крыла НС c_x , а при прекращении шторма — занимает рабочее положение, и значение c_x увеличивается. В любом случае уменьшение значения c_x крыла НС и изменение силы сопротивления R_x при увеличении U — процессы не равнозначные: $R_x = c_x \rho U^2 F_H / 2$, где ρ — плотность воды, F_H — площадь ниток пролета крыла НС. Все дело в том, что значение площади ниток крыла НС F_H постоянное, а гидродинамический коэффициент сопротивления c_x переменный, он зависит от ряда факторов: числа Re, сплошности F_o и угла атаки сетной стенки α (Розенштейн, 2000; Недоступ и др., 2007). Процесс погружения верхней подборы крыла НС является нестационарным, его описание требует вывода дифференциальных уравнений динамики. В настоящей статье речь идет о квазистационарном процессе погружения верхней подборы крыла НС (точка

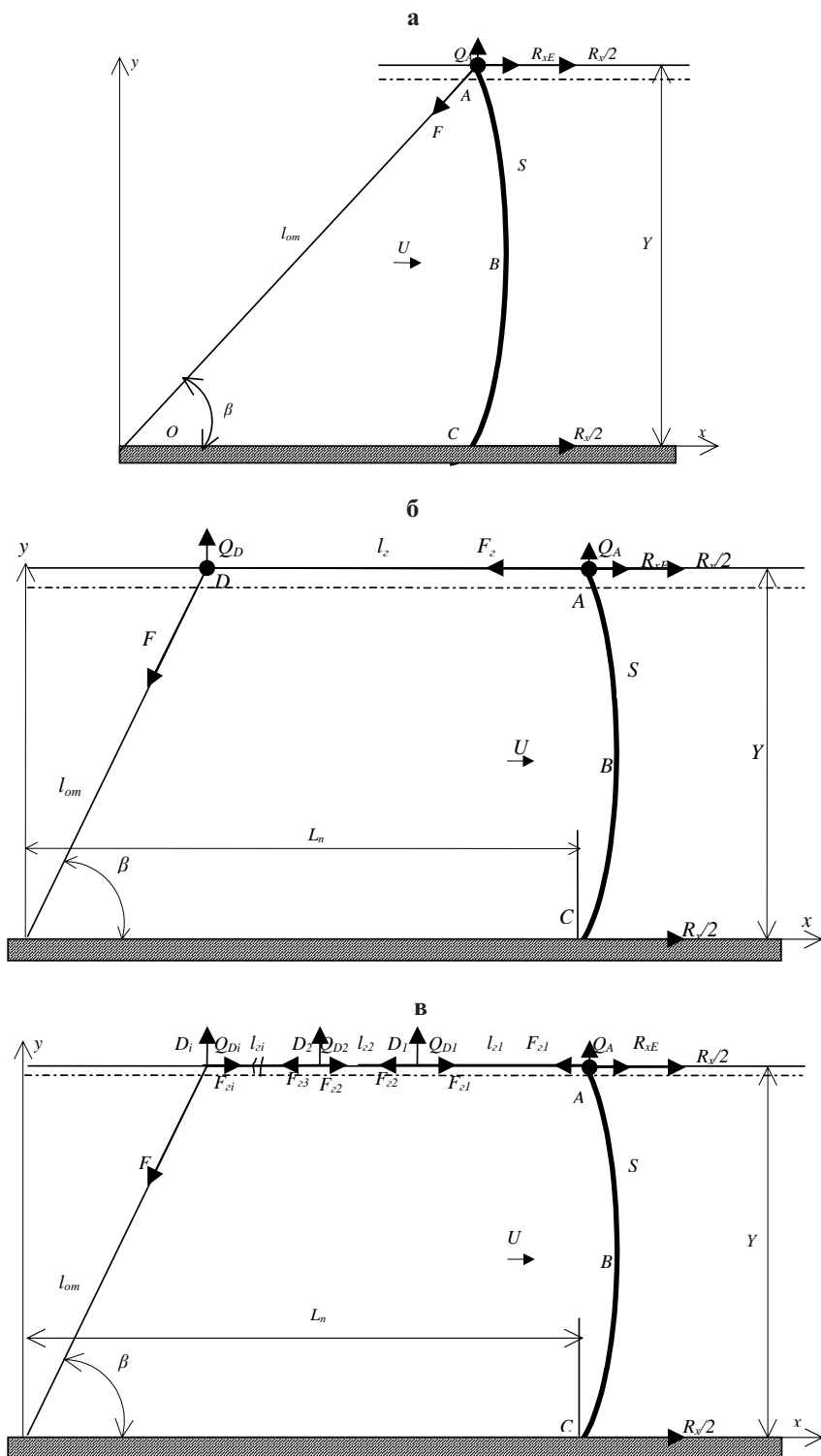


Рис. 2. Форма крыла НС в рабочем состоянии. Каркас крыла: **а** — наклонные, вертикальные оттяжки и становой канат; **б** — наклонные, горизонтальные, вертикальные оттяжки и становой канат; **в** — наклонные оттяжки, система горизонтальных оттяжек, вертикальные оттяжки и становой канат. Пояснения в тексте

Fig. 2. The form of a wing of set-net in working order. Wing skeleton: **а** — inclined, vertical ropes and the rope; **б** — inclined, horizontal, vertical ropes and the rope; **в** — inclined ropes, system of horizontal ropes, vertical ropes and the rope. Explanations are given in the text

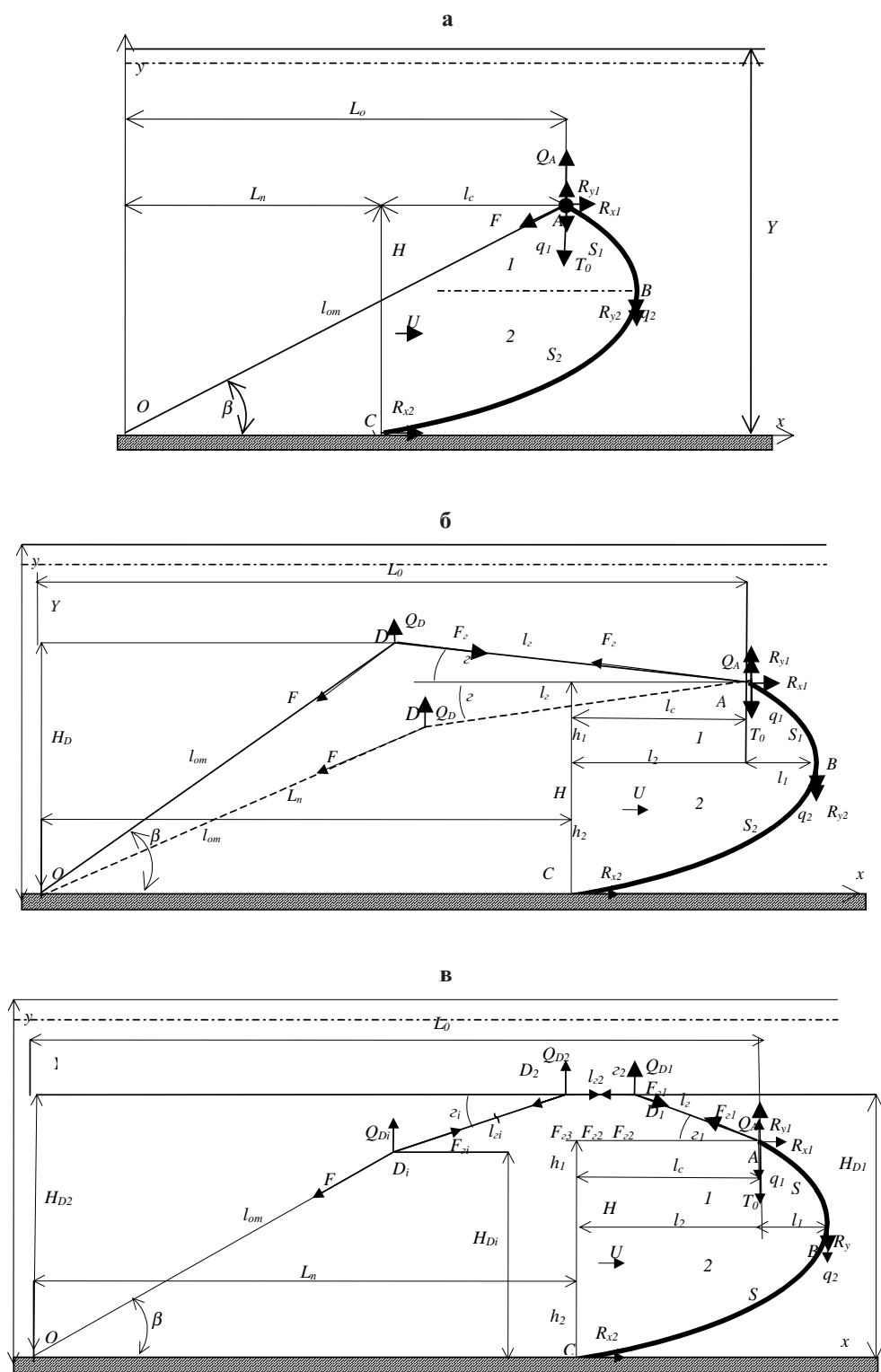


Рис. 3. Форма крыла ставного невода при самозагретии. Каркас крыла: **а** — наклонные, вертикальные оттяжки и становой канат; **б** — наклонные, горизонтальные, вертикальные оттяжки и становой канат; **в** — наклонные оттяжки, система горизонтальных оттяжек, вертикальные оттяжки и становой канат

Fig. 3. The form wing of set-net at lowering. Wing skeleton: **a** — inclined, vertical ropes and the rope; **б** — inclined, horizontal, vertical ropes and the rope; **в** — inclined ropes, system of horizontal ropes, vertical ropes and the rope

А, рис. 3), поэтому при рассмотрении процесса погружения (всплытия) верхней подборы крыла НС не определяется его зависимость от времени.

По аналогии (Розенштейн, 2005) представим деформирующуюся под действием возросшего давления воды стенку крыла НС как комбинацию разноглубинной и донной сетей (рис. 4 и 5). Скорость течения принята одинаковой по всей глубине. Выдуванием по длине крыла (между оттяжками) пренебрегаем.

Рис. 4. Участок 1 крыла НС (разноглубинная сеть)

Fig. 4. A site 1 wing of set-net (mid-water net)

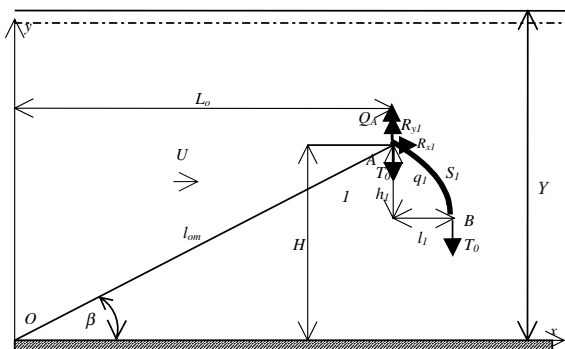
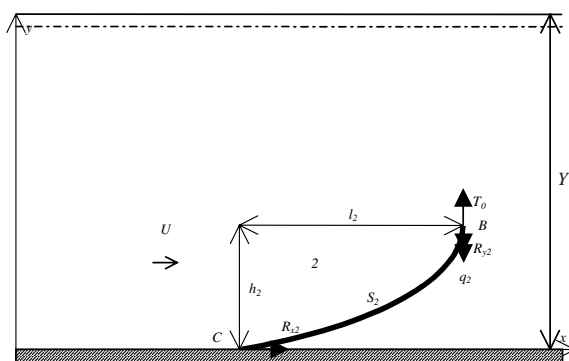


Рис. 5. Участок 2 крыла ставного невода (донная сеть)

Fig. 5. A site 2 wing of set-net (bottom net)



Нижняя подбора крыла НС и наклонные оттяжки закреплены с помощью мертвых якорей (мешков с песком). Скорость потока воды определяется по формулам (1) и (2).

На рис. 3–5 изображено: S_1 — высота 1-го участка полоски крыла НС (разноглубинная сеть); S_2 — высота 2-го участка полоски крыла НС (донная сеть); q_1 — вес в воде 1-го участка полоски крыла НС, $q_1 = q_c l_n S_1$; q_2 — вес в воде 2-го участка полоски крыла НС, $q_2 = q - q_1$ или $q_2 = q_c l_n S_2 = q_c l_n (S - S_1)$; q — вес в воде пролета крыла НС между оттяжками; q_c — вес в воде 1-го габаритного метра сети; l_n — расстояние между наклонными оттяжками (длина пролета); R_{y1} — подъемная сила 1-го участка полоски крыла НС; R_{y2} — заглубляющая сила 2-го участка полоски крыла НС; R_{x1} — сопротивление 1-го участка полоски крыла НС; R_{x2} — сопротивление 2-го участка полоски крыла НС; $H = h_1 + h_2$ — горизонт расположения верхней подборы крыла НС; T_0 — усилие в сетной полоске крыла НС на границе участков; $L_n = \sqrt{l_{om}^2 - Y^2}$, (см. рис. 2, а); $L_n = \sqrt{l_{om}^2 - Y^2} + \sum l_{ci}$, (см. рис. 2, б, в); β — угол наклона наклонной оттяжки к горизонтальной плоскости; $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_i$ — углы наклона горизонтальных оттяжек к горизонтальной плоскости; $H_{D1}, H_{D2}, \dots, H_{Di}$ — глубины расположения плавов, закрепленных в точках D_1, D_2, \dots, D_i ; i — порядковый номер горизонтальной оттяжки; h_1 — вертикальная проекция 1-го участка полоски крыла НС; l_1 — горизонтальная проекция 1-го участка полоски крыла НС; h_2 — вертикальная проекция 2-го участка полоски крыла НС; l_2 — горизонтальная проекция 2-го участка полоски крыла НС; $L_0 = L_n + l_c$; $l_c = l_2 - l_1$ — отклонение верхней подборы в горизонтальной плоскости.

Скорость течения в месте установки крыла НС принята одинаковой по всей глубине. Выдуванием по длине крыла (между оттяжками) и влиянием волнения пренебрегаем. Вертикальные оттяжки крыла НС закреплены с помощью мертвых якорей. Сопротивлением и весом в воде оттяжек пренебрегаем.

Сетную полосу (длина пролета), нагруженную системой вертикальных сил и силами сопротивления, заменяем материальными точками А, В и С, в которых приложены соответствующие силы. Запишем уравнение суммы моментов сил относительно точки О (см. рис. 3):

$$R_{x1}H - Q_A L_0 - \sum_i^m \left(Q_{Di} \left(L_0 - \sum_i^m l_{zi} \cos \gamma_i \right) \right) - R_{y1} L_0 + q_1 L_0 + T_0 L_0 = 0, \quad (3)$$

где m — количество горизонтальных оттяжек.

Разделим каждое слагаемое уравнения (3) на произведение $R_{x1}L_0$, тогда

$$\frac{H}{L_0} - \frac{Q_A}{R_{x1}} - \sum_i^m \left(\frac{Q_{Di}}{R_{x1}} \frac{1}{L_0} \left(L_0 - \sum_i^m l_{zi} \cos \gamma_i \right) \right) - \frac{R_{y1}}{R_{x1}} + \frac{q_1}{R_{x1}} + \frac{T_0}{R_{x1}} = 0. \quad (4)$$

Представим уравнение (4) в безразмерном виде:

$$\frac{H}{L_0} - \varphi - \sum_i^m \left(\vartheta_i \frac{1}{L_0} \left(L_0 - \sum_i^m l_{zi} \cos \gamma_i \right) \right) - \xi_1 + \zeta_1 + \psi_1 = 0, \quad (5)$$

где $\varphi = Q_A / R_{x1}$, $\zeta_1 = q_1 / R_{x1} = q_c l_n S_1 / R_{x1}$, $\xi_1 = R_{y1} / R_{x1}$, $\psi_1 = T_0 / R_{x1}$, $\vartheta_i = Q_{Di} / R_{x1}$.

С учетом $\chi_1 = -\xi_1 + \zeta_1 + \psi_1$ получим (Недоступ и др., 2007, 2008; Rozenshtein et al., 2007a, b; Недоступ, 2008б, в)

$$\frac{H}{L_0} = \sum_i^m \left(\vartheta_i \left(1 - \frac{1}{L_0} \sum_i^m l_{zi} \cos \gamma_i \right) \right) + \varphi - \chi_1. \quad (6)$$

Отметим, что

$$\left. \begin{aligned} \gamma_1 &= \arcsin \left(\frac{|H_{D1} - H|}{l_{z1}} \right) \\ \gamma_2 &= \arcsin \left(\frac{|H_{D2} - H_{D1}|}{l_{z2}} \right) \\ &\dots \\ \gamma_i &= \arcsin \left(\frac{|H_{Di} - H_{D(i-1)}|}{l_{zi}} \right) \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где $H_{Di} = l_{om} \sin \beta$.

Запишем уравнения равновесия сил в каждой точке крепления оттяжек:

$$\left. \begin{aligned} Q_{D1} \pm F_{z1} \sin \gamma_1 \pm F_{z2} \sin \gamma_2 &= 0 \\ Q_{D2} \pm F_{z2} \sin \gamma_2 \pm F_{z3} \sin \gamma_3 &= 0 \\ &\dots \\ Q_{D(i-1)} \pm F_{z(i-1)} \sin \gamma_{(i-1)} \pm F_{zi} \sin \gamma_i &= 0 \\ Q_{Di} \pm F_{zi} \sin \gamma_i - F \sin \beta &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

представим силы натяжения в оттяжках как

$$\left. \begin{aligned} F_{\bar{a}1} &= R_{x1} / \cos \gamma_1 \\ F_{\bar{a}2} &= R_{x1} / \cos \gamma_2 \\ &\dots \\ F_{\bar{a}i} &= R_{x1} / \cos \gamma_i \\ F &= R_{x1} / \cos \beta \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

С учетом $\vartheta_i = Q_{Di} / R_{x1}$ и формул (8) и (9) получим

$$\left. \begin{aligned} \vartheta_1 &= \mp \sin \gamma_1 / \cos \gamma_1 \mp \sin \gamma_2 / \cos \gamma_2 \\ \vartheta_2 &= \mp \sin \gamma_2 / \cos \gamma_2 \mp \sin \gamma_3 / \cos \gamma_3 \\ &\dots \\ \vartheta_{i-1} &= \mp \sin \gamma_{i-1} / \cos \gamma_{i-1} \mp \sin \gamma_i / \cos \gamma_i \\ \vartheta_i &= \mp \sin \gamma_i / \cos \gamma_i + \sin \beta / \cos \beta \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Для решения уравнения (6) необходимо воспользоваться эмпирическими зависимостями для расчета характеристик разноглубинной и донной ставных сетей (Недоступ и др., 2007, 2008; Rozenshtein et al., 2007a, b; Недоступ, 2008a–г). Приведем эмпирические зависимости геометрических характеристик для участков крыла НС:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= (1 - e^{-\chi_1}) S_1 \\ l_1 &= e^{-\chi_1} S_1 \\ h_2 &= (1 - e^{-\chi_2}) (S - S_1) \\ l_2 &= e^{-\chi_2} (S - S_1) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где $\chi_2 = -\zeta_2 - \xi_2 + \psi_2$, $\zeta_2 = q_2 / R_{x2} = q_c l_n (S - S_1) / R_{x2}$, $\xi_2 = R_{y2} / R_{x2}$, $\psi_2 = T_0 / R_{x2}$.

Эмпирические зависимости системы (11) справедливы в диапазоне характеристик: $10 \leq \text{Re}$ — число Рейнольдса; $0,004 \leq F_o \leq 0,165$ — сплошность сети крыла НС; $0,1 \leq h_1 / S_1 \leq 0,98$; $0,05 \leq l_1 / S_1 \leq 0,85$; $0,1 \leq h_2 / S_2 \leq 0,98$; $0,05 \leq l_2 / S_2 \leq 0,85$; $0,2 \leq \chi_1 \leq 3,5$; $0,2 \leq \chi_2 \leq 3,5$.

Запишем формулы для определения сил сопротивления R_{x1}, R_{x2} и распорных сил R_{y1}, R_{y2} участков крыла НС:

$$\left. \begin{aligned} R_{x1} &= c_{x1} \frac{\rho U^2}{2} S_1 l_n F_o \\ R_{x2} &= c_{x2} \frac{\rho U^2}{2} (S - S_1) l_n F_o \\ R_{y1} &= c_{y1} \frac{\rho U^2}{2} S_1 l_n F_o \\ R_{y2} &= c_{y2} \frac{\rho U^2}{2} (S - S_1) l_n F_o \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

где

$$\left. \begin{aligned} c_{x1} &= c_0 + (c_{90} - c_0) \sin \alpha_1 \\ c_{x2} &= c_0 + (c_{90} - c_0) \sin \alpha_2 \\ c_{y1} &= (0,6\alpha_1 - 0,385\alpha_1^2) F_o \\ c_{y2} &= (0,6\alpha_2 - 0,385\alpha_2^2) F_o \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

где c_0 — коэффициент сопротивления сети, расположенной параллельно потоку воды (Недоступ, 2007, 2008г); c_{90} — коэффициент сопротивления сети, расположенной перпендикулярно потоку воды (Недоступ, 2007, 2008г); α_1 — угол атаки 1-го участка полоски крыла НС; α_2 — угол атаки 2-го участка полоски крыла НС.

Углы атаки представим как функции безразмерных сил χ_1 и χ_2 (Недоступ и др., 2007, 2008; Rozenshtein et al., 2007a, b; Недоступ, 2008а-г):

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= \arctg(e^{\chi_1} - 1) \\ \alpha_2 &= \arctg(e^{\chi_2} - 1) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Для решения уравнения (6) необходимо записать дополнительные геометрические выражения (рис. 3):

$$\left. \begin{aligned} L_0 &= \sqrt{l_{om}^2 - Y^2} + \sum l_{zi} + l_c \\ L_0 &= l_{om} \cos \beta + \sum (l_{zi} \cos \gamma_i) \\ H &= h_1 + h_2 \\ l_c &= l_2 - l_1 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Итак, запишем выражения для расчета координат точек A, B, C, D_1, \dots, D_i (рис. 3):

$$\left. \begin{aligned} x_A &= L_0 = x_{D1} + l_{e1} \cos \gamma_1 \\ y_A &= H = y_{D1} \pm l_{e1} \cos \gamma_1 \\ x_B &= L_0 + l_1 \\ y_B &= h_2 \\ x_{Di} &= l_{om} \cos \beta \\ y_{Di} &= l_{om} \sin \beta \\ x_{Di-1} &= x_{Di} + l_{zi} \cos \gamma_i \\ y_{Di-1} &= y_{Di} \pm l_{zi} \sin \gamma_i \\ x_{Di-2} &= x_{Di-1} + l_{zi-1} \cos \gamma_{i-1} \\ y_{Di-2} &= y_{Di-1} \pm l_{zi-1} \sin \gamma_{i-1} \\ &\dots \\ &\dots \\ x_{D2} &= x_{D3} + l_{e3} \cos \gamma_3 \\ y_{D2} &= y_{D3} \pm l_{e3} \cos \gamma_3 \\ x_{D1} &= x_{D2} + l_{e2} \cos \gamma_2 \\ y_{D1} &= y_{D2} \pm l_{e2} \cos \gamma_2 \\ x_C &= \sqrt{l_{om}^2 - Y^2} + \sum l_{zi} \\ y_C &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Обозначим характеристику формы крыла НС как (Розенштейн, 2005; Розенштейн, Попов, 2007):

$$\delta = \frac{l_c}{H}. \quad (17)$$

Запишем для двух участков крыла НС выражения для определения гидродинамического качества (Недоступ, 2007, 2008г):

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= c_{y1} / c_{x1} \\ k_2 &= c_{y2} / c_{x2} \end{aligned} \right\}, \quad (18)$$

где k_1 — гидродинамическое качество верхнего участка крыла НС (разноглубинная сеть); k_2 — гидродинамическое качество нижнего участка крыла НС (донная сеть).

Введем параметр \bar{k} — среднее взвешенное значение гидродинамического качества крыла НС:

$$\bar{k} = \frac{k_1 F_{H1} + k_2 F_{H2}}{F_H}, \quad (19)$$

где $F_{H1} = S_1 l_n F_o$ — площадь ниток верхнего участка крыла НС (разноглубинная сеть); $F_{H2} = (S - S_1) l_n F_o$ — площадь ниток нижнего участка крыла НС (донная сеть); $F_H = F_{H1} + F_{H2}$.

Необходимый вес в воде мертвых якорей вертикальных оттяжек определим из условия:

$$(\eta_g - \chi_2) \mu \geq 1, \quad (20)$$

где $\eta_g = G_g / R_{x2}$ — безразмерный вес в воде мертвого якоря вертикальной оттяжки; μ — статический коэффициент трения мертвого якоря вертикальной оттяжки (наклонной оттяжки).

Выразим из формулы (20) достаточную массу мертвого якоря вертикальной оттяжки (при $R_{x2} \rightarrow \max$):

$$M_g \geq \frac{R_{x2}}{g \left(\frac{\gamma_m - \gamma_g}{\gamma_m} \right)} \left(\frac{1}{\mu} + \chi_2 \right), \quad (21)$$

где γ_m — объемный вес мертвого якоря вертикальной оттяжки (наклонной оттяжки); γ_g — объемный вес воды.

Необходимый вес в воде мертвых якорей наклонных оттяжек определим из условий

$$F_d \geq R_{x1}; \quad (22)$$

$$F_d \geq \mu (G_n - R_{x1} \tan \beta), \quad (23)$$

где F_d — сила трения мертвого якоря о грунт; G_n — вес в воде мертвого якоря наклонной оттяжки.

С учетом выражений (22) и (23) запишем:

$$\eta_n \geq \frac{1}{\mu} + \tan \beta, \quad (24)$$

где $\eta_n = G_n / R_{x1}$ — безразмерный вес в воде мертвого якоря наклонной оттяжки.

Выразим из уравнения (24) достаточную массу мертвого якоря наклонной оттяжки (при $R_{x1} \rightarrow \max$):

$$M_n \geq \frac{R_{x1}}{g \left(\frac{\gamma_m - \gamma_g}{\gamma_m} \right)} \left(\frac{1}{\mu} + \tan \beta \right). \quad (25)$$

Для примера приведем расчетные характеристики крыла НС, имеющего следующие параметры: $d = 1,6$ мм — диаметр нитки; $a = 60$ мм — шаг ячеи; $u_x = 0,71$ — посадочный коэффициент по верхней подборе; $F_o = 0,053$ — относительная площадь крыла НС; $Q_A = 20$ Н/м; $U = 0,2+1,5$ м/с; $l_{om} = 15$ м; $S = 9$ м; $q_c = 0,18$ Н/м² — вес в воде 1 м² (габаритного) сети. При расчете характеристик НС приняты условия: $Y = 8$ м; $\rho = 1034$ кг/м³ — плотность воды; $\nu = 10^{-6}$ м²/с — коэффициент кинематической вязкости воды. Весом в воде оттяжек пренебрегаем. В рассматриваемом примере расстояние между горизонтальными оттяжками $l_n = 30$ м. На рис. 6 изображена форма крыла при скоростях течения 0,2 м/с, 0,6 и 1,5 м/с.

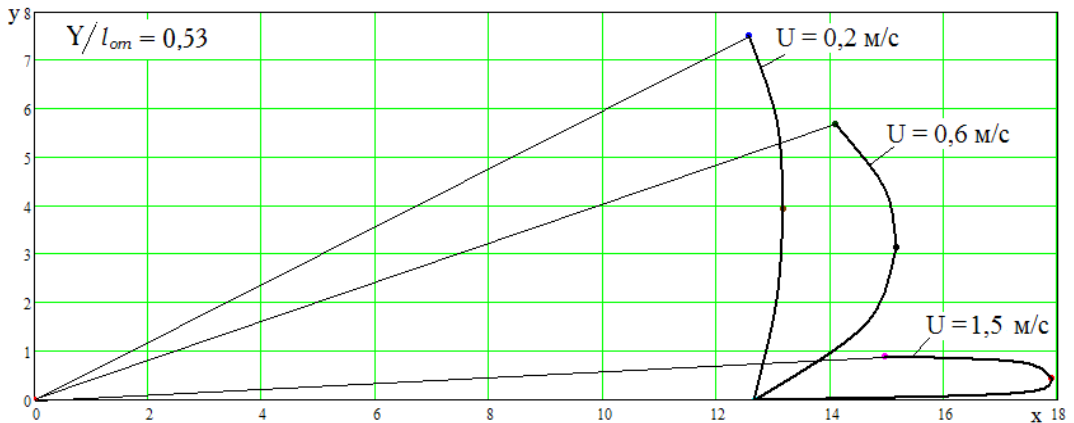


Рис. 6. Форма крыла НС при скоростях потока воды 0,2 м/с, 0,6 и 1,5 м/с

Fig. 6. The form of a wing of set-net at speeds of a stream of water of 0.2 m/s, 0.6 and 1.5 m/s

На основании вышеприведенных формул (3)–(25) составим алгоритм расчета силовых и геометрических характеристик крыла НС (рис. 7), когда каркас крыла — наклонные, вертикальные оттяжки и стеновой канат (см. рис. 2, а).

В табл. 1 приведены силовые характеристики крыла НС для оттяжек длиной 15–60 м, когда каркас крыла — наклонные, вертикальные оттяжки и стеновой канат (см. рис. 2, а).

Таблица 1
Силовые характеристики крыла НС (см. данные примера), $Y = 8$ м
Table 1
Force characteristics of a wing of set-net (example data see), $Y = 8$ м

l_{om} , м	U , м/с	R_{x1} , кН	R_{x2} , кН	$R_{x1} + R_{x2}$, кН	$F = R_{x1} / \cos\beta$, кН
15	0,2	0,24	0,26	0,50	0,28
	1,5	2,60	3,90	6,50	2,60
25	1,5	3,00	3,70	6,67	3,00
35	1,5	3,10	3,60	6,75	3,10
45	1,5	3,20	3,57	6,80	3,20
60	1,5	3,30	3,54	6,84	3,30

Примечание. Натяжение в оттяжке определено из расчета условного "вырезания" из всего крыла пролета крыла НС между оттяжками.

На рис. 8 изображена трехмерная зависимость $\bar{k} = f(\text{Re}, F_o, \delta)$ для крыла НС, построенного на основании формул (17)–(19), имеющего следующие конструктивные характеристики: $d = 1,6$ мм; $a = 60$ мм; $u_x = 0,71$; $F_o = 0,053$; $Q_A = 20$ Н/м; $U = 0,2+2,3$ м/с; $l_{om} = 15$ м; $Y = 8$ м; $\text{Re} = 320+3680$; $S = 9$ м; $q_c = 0,18$ Н/м²; $\rho = 1034$ кг/м³; $\nu = 10^{-6}$ м²/с и $l_n = 30$ м.

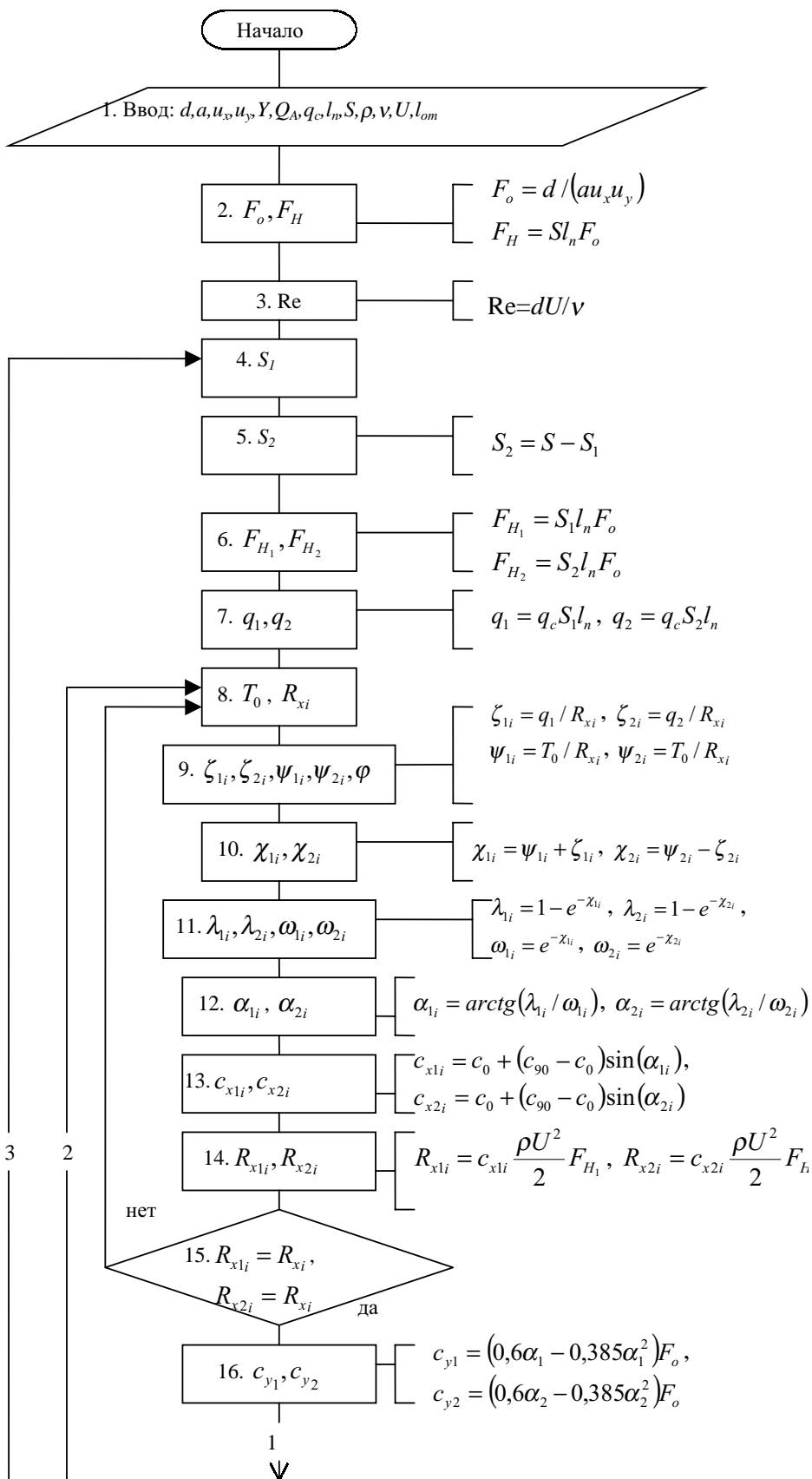


Рис. 7.

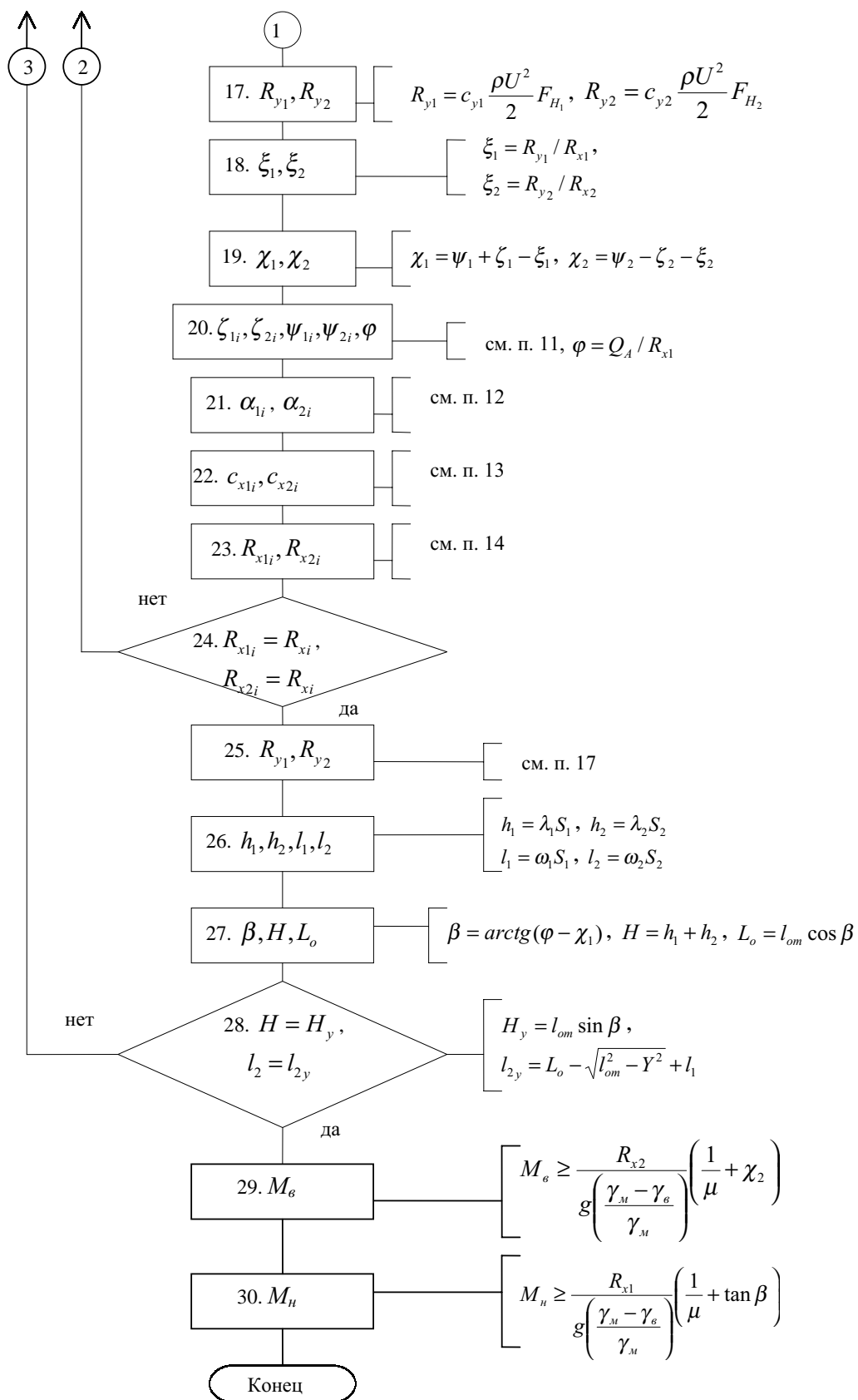
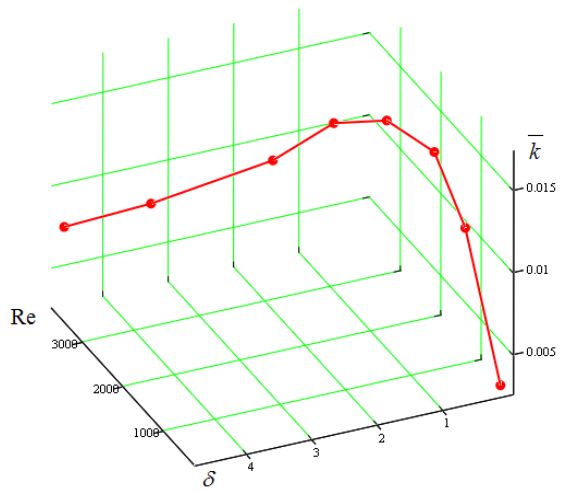


Рис. 7. Алгоритм расчета силовых и геометрических характеристик НС
 Fig. 7. Algorithm of calculation of force and geometrical characteristics of set-net

Рис. 8. Трехмерная зависимость
 $\bar{k} = f(\text{Re}, F_o = 0,053, \delta)$

Fig. 8. Three-dimensional dependence
 $\bar{k} = f(\text{Re}, F_o = 0,053, \delta)$

На основании вышеприведенного уравнения (6) и выражений (7)–(16) можно рассчитать силовые и геометрические характеристики сетных элементов крыла НС (каркас крыла — наклонные оттяжки, система горизонтальных оттяжек, вертикальные оттяжки и становой канат) и оттяжек при различной U : глубину погружения верхней подборы H ; глубины расположения плавов, закрепленных в точках D_1, D_2, \dots, D_i ; силы сопротивления участков крыла НС R_{x1} и R_{x2} , натяжения в наклонной F и горизонтальных оттяжках F_{ei} и другие параметры.



Для примера приведем расчетные характеристики пролета крыла НС (каркас — наклонные оттяжки, две горизонтальные оттяжки, вертикальные оттяжки, становой канат), имеющего следующие параметры крыла: $d = 1,1$ мм — диаметр нитки; $a = 150$ мм — шаг ячеей; $u_x = 0,74$ — посадочный коэффициент по верхней подбору; $F_o = 0,015$ — относительная площадь крыла НС; $Q_A = 3,8$ кН; $Q_{D1} = 112$ Н; $Q_{D2} = 450$ Н; $U = 1,0 \div 2,2$ м/с; $l_{om} = 18$ м; $l_{e1} = 8$ м; $l_{e2} = 8$ м; $S = 16$ м; $q_c = 0,2$ Н/м². При расчете характеристик НС приняты условия: $Y = 14$ м; $\rho = 1034$ кг/м³ — плотность воды; $\nu = 10^{-6}$ м²/с — коэффициент кинематической вязкости воды. Весом в воде оттяжек пренебрегаем. В рассматриваемом примере расстояние между наклонными оттяжками (длина пролета) $l_n = 34,4$ м. На рис. 9–11 изображена форма крыла НС при скоростях течения 1,0 м/с, 1,8 и 2,2 м/с.

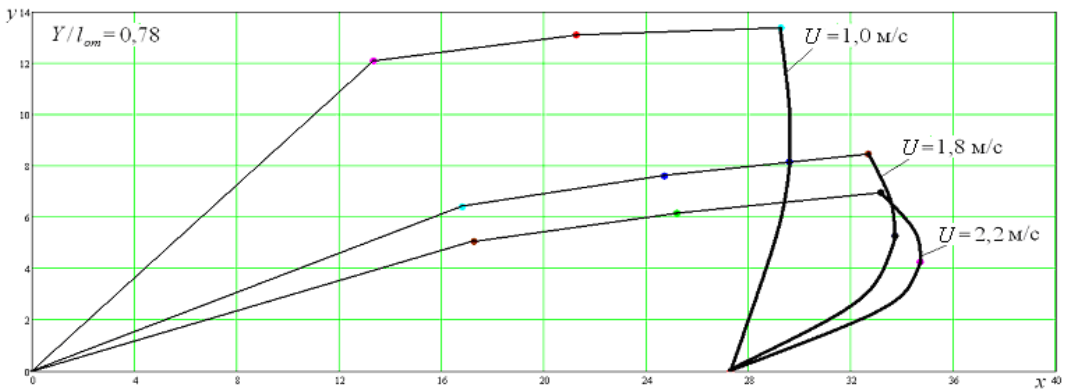


Рис. 9. Форма крыла НС при скоростях потока воды 1,0 м/с, 1,8 и 2,2 м/с, $Y/l_{om} = 0,78$, $Q_{D1} = 112$ Н, $Q_{D2} = 450$ Н

Fig. 9. The form of a wing of set-net at speeds of a stream of water 1.0 m/s, 1.8 and 2.2 m/s, $Y/l_{om} = 0,78$, $Q_{D1} = 112$ Н, $Q_{D2} = 450$ Н

В табл. 2 приведены силовые характеристики крыла НС.

Заклучение

Приведенный нами метод расчета геометрических и силовых характеристик крыла ставного подвешного невода и его элементов (мертвых якорей) осно-

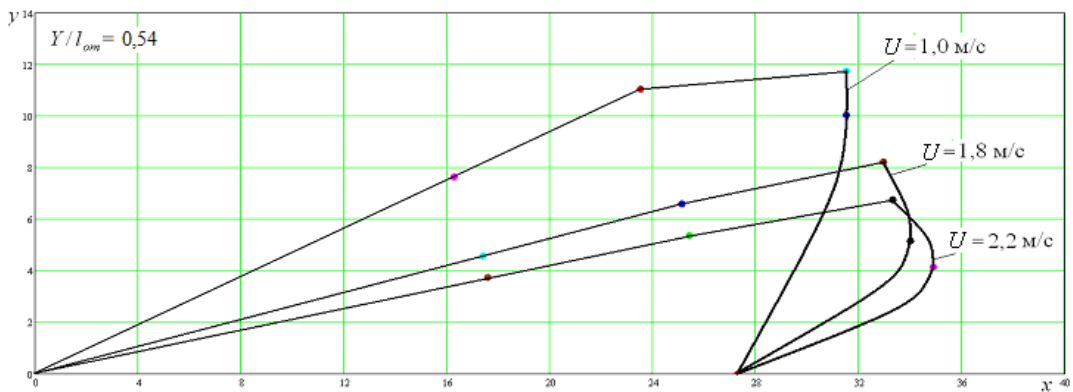


Рис. 10. Форма крыла НС при скоростях потока воды 1,0 м/с, 1,8 и 2,2 м/с, $Y/l_{om} = 0,54$, $Q_{D1} = 112$ Н, $Q_{D2} = 0$ Н

Fig. 10. The form of a wing of set-net at speeds of a stream of water 1.0 m/s, 1.8 and 2.2 m/s, $Y/l_{om} = 0.54$, $Q_{D1} = 112$ N, $Q_{D2} = 0$ N

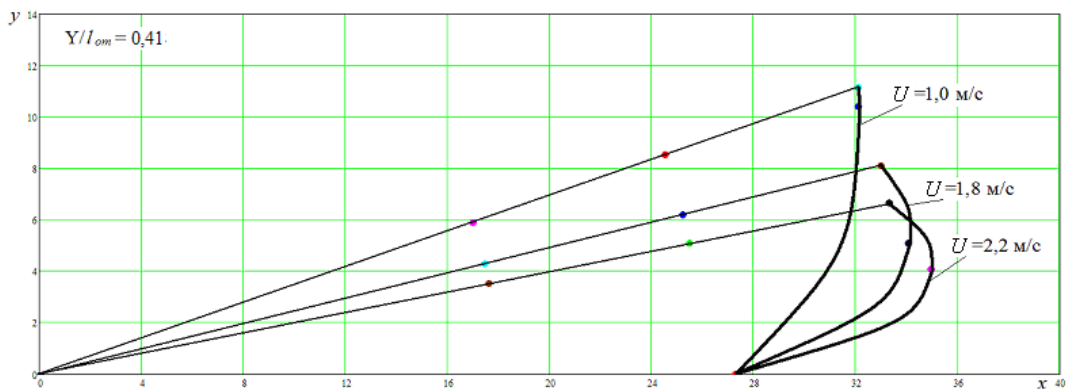


Рис. 11. Форма крыла НС при скоростях потока воды 1,0 м/с, 1,8 и 2,2 м/с, $Y/l_{om} = 0,41$, $Q_{D1} = 0$ Н, $Q_{D2} = 0$ Н

Fig. 11. The form of a wing of set-net at speeds of a stream of water 1.0 m/s, 1.8 and 2.2 m/s, $Y/l_{om} = 0.41$, $Q_{D1} = 0$ N, $Q_{D2} = 0$ N

Таблица 2

Силловые характеристики крыла НС (см. данные примера), $Y = 14$ м, $Q_A = 3,8$ кН

Table 2

Force characteristics of a wing of set-net (example data see), $Y = 14$ m, $Q_A = 3.8$ kN

l_{om} , м	l_{12} , м	l_{22} , м	Y/l_{om}	U , м/с	Q_{D1} , Н	Q_{D2} , Н	R_{x1} , кН	R_{x2} , кН	$R_x = R_{x1} + R_{x2}$, кН	$F = R_{x1} / \cos\beta$, кН	$F_{x1} = R_{x1} / \cos\alpha_1$, кН	$F_{x2} = R_{x1} / \cos\alpha_2$, кН	c_{x1}	c_{x2}
18,0	8,0	8,0	0,78	1,0	112	450	1,23	2,22	3,45	1,60	1,21	1,22	0,84	0,82
				1,8			2,50	5,50	8,00	2,70	2,49	2,51	0,70	0,56
				2,2			3,40	7,20	10,60	3,50	3,40	3,40	0,62	0,48
26,0	8,0	-	0,54	1,0	112	0	0,38	2,96	3,34	0,42	0,38	0,42	0,84	0,80
				1,8			2,40	5,50	7,90	2,47	2,40	2,50	0,70	0,55
				2,2			3,30	7,10	10,40	3,38	3,40	3,40	0,62	0,48
34,0	-	-	0,41	1,0	0	0	0,16	3,10	3,26	0,17	0,17	0,17	0,84	0,79
				1,8			2,40	5,50	7,90	2,45	2,45	2,45	0,67	0,54
				2,2			3,30	7,00	10,30	3,36	3,36	3,36	0,61	0,47

Примечание. Натяжение в оттяжке определено из расчета условного "вырезания" из всего крыла пролета крыла НС между оттяжками.

ван на использовании конечных зависимостей (11), связывающих геометрические и силовые характеристики крыла НС (в диапазоне характеристик $10 \leq \text{Re}$; $0,004 \leq F \leq 0,165$; $0,1 \leq h_1/S_1 \leq 0,98$; $0,05 \leq l_1/S_1 \leq 0,85$; $0,1 \leq h_2/S_2 \leq 0,98$; $0,05 \leq l_2/S_2 \leq 0,85$; $0,2 \leq \chi_1 \leq 3,5$; $0,2 \leq \chi_2 \leq 3,5$). Метод расчета силовых и геометрических характеристик крыла НС позволяет:

— с 7 %-ной точностью определить сопротивление стенки крыла ставного подвешного невода R_x ;

— с 10 %-ной точностью определить глубину погружения верхней подборы крыла ставного подвешного невода H ;

— с 6 %-ной точностью определить отклонение верхней подборы НС в горизонтальной плоскости l_c ;

— рассчитать натяжение в оттяжках F , F_{ei} и подобрать их диаметр и материал;

— определить необходимое количество оттяжек на крыло НС; плавучесть оснастки участка верхней подборы Q_A крыла НС; плавучесть Q_{Di} в местах крепления горизонтальных оттяжек; характеристики сетематериалов крыла и других элементов НС; держащую силу якорей, необходимую для безаварийной работы ставных неводов, и в результате подобрать якоря;

— исследовать динамику погружения и всплытия верхней подборы крыла ставного подвешного невода.

Список литературы

Андреев Н.Н. Выбор расчетного положения сетной стены штормоустойчивого подвешного ставного невода // Рыб. хоз-во. — 1952. — № 12. — С. 44–47.

Андреев Н.Н. Некоторые вопросы проектирования ставных неводов // Рыб. хоз-во. — 1956. — № 2. — С. 78–81.

Андреев Н.Н. Расчет ставных подвешных неводов на самозатопляемость // Рыб. хоз-во. — 1949. — № 9. — С. 30–35.

Андреев Н.Н. Теоретические основы расчета ставных подвешных неводов на самозатопление // Сб. тр. Мосрыбвтуза. — 1957. — Вып. 8. — С. 3–37.

Андреев Н.Н., Панков В.М. Расчет прочности центрального троса ставных неводов // Рыб. хоз-во. — 1969. — № 8. — С. 42–44.

Андреев Н.Н., Панков В.М. Расчет ставных подвешных неводов на самозатопление // Сб. тр. ВНИРО. — 1990. — С. 233–244.

Баранов Ф.И. Избранные труды. Т. 1: Техника промышленного рыболовства. — М.: Пищ. пром-сть, 1969. — 719 с.

Боков В.В. Применение штормоустойчивых ставных неводов и капроновых сетей на Северном Каспии // Рыб. хоз-во. — 1951. — № 9. — С. 23–25.

Войниканис-Мирский В.Н., Вишневецкий Е.Е. О сопротивлении сетных элементов стационарных рыболовных орудий // Рыб. хоз-во. — 1971. — № 8. — С. 47–50.

Габрюк В.И., Телятник О.В. Моделирование якорного крепления ставных неводов // Междунар. конф. МГТУ. — Мурманск, 2007. — С. 111–115.

Габрюк В.И., Тимошок А.Е. Расчет характеристик крыла ставного невода // Сб. трудов Дальрыбвтуза. — Вып. 14, ч. I. — Владивосток, 2001. — С. 130–134.

Громов Е.И. Опыт работы знатного рыбака Байкала П.З. Цыбана // Рыб. хоз-во. — 1954. — № 1. — С. 45–53.

Данилов Ю.А., Фридман А.Л. Моделирование процесса самозатопления подвешного ставного невода // Тр. КТИРПиХ. — 1981. — Вып. 95. — С. 50–56.

Дверник А.В. Устройство орудий рыболовства: монография / А.В. Дверник, Л.Н. Шеховцев. — М.: Колос, 2007. — 273 с.

Ионас В.А. Выбор относительной длины наклонной оттяжки ставного невода // Тр. КТИРПиХ. — 1963. — Вып. 18. — С. 215–219.

Ионас В.А. О прочности центрального троса направляющего крыла ставного невода // Тр. КТИРПиХ. — 1962. — Вып. 14. — С. 45–48.

Ионас В.А. Определение оптимального коэффициента запаса на выдувание // Рыб. хоз-во. — 1959. — № 2. — С. 46–49.

- Калиновский В.С.** К вопросу о проектировании ставных неводов : дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток, 1948. — 154 с.
- Калиновский В.С.** Штурмоустойчивые ставные невода. Постройка, установка, эксплуатация : монография. — Владивосток, 1955. — 136 с.
- Камышьян В.Г.** Опыт применения штурмоустойчивых ставных неводов в Азово-Черноморье // Рыб. хоз-во. — 1951. — № 9. — С. 15–19.
- Камышьян В.Г.** Ставной невод на наплавах // Рыб. хоз-во. — 1949. — № 11. — С. 13–26.
- Канин В.Ф.** Лов сельди подвесными неводами в губах Мурманского побережья // Рыб. хоз-во. — 1947. — № 5. — С. 5–9.
- Коваленко М.Н.** Совершенствование лова лососевых рыб ставными неводами у побережья Камчатки : дис. ... канд. техн. наук. — М. : ВНИРО, 2005. — 154 с.
- Коваленко М.Н., Лапшин О.М., Герасимов Ю.В.** Исследование показателей промыслово-технологических параметров интенсивности и уловистости ставных неводов для лова лососей // Сб. тр. Дальрыбвтуза. — Владивосток, 2006. — С. 46–67.
- Литвиненко А.И.** Орудия промышленного рыболовства внутренних водоемов России. Справочник. Т. 2: Орудия промышленного рыболовства Сибири и Урала. — Тюмень : ГОСРЫБЦЕНТР, 2003а. — 186 с.
- Литвиненко А.И.** Орудия промышленного рыболовства внутренних водоемов России. Справочник. Т. 3: Орудия промышленного рыболовства южных районов Европейской части России. — Тюмень : ГОСРЫБЦЕНТР, 2003б. — 248 с.
- Литвиненко А.И.** Орудия промышленного рыболовства внутренних водоемов России. Справочник. Т. 4: Орудия промышленного рыболовства центрального, северного и северо-западного районов Европейской части России. — Тюмень : ГОСРЫБЦЕНТР, 2004. — 242 с.
- Магдебуров Н.Г.** Крепление внешних подъемных дорог ставных неводов вертикальными якорными оттяжками // Рыб. хоз-во. — 1952. — № 12. — С. 10–14.
- Магдебуров Н.Г.** Новые способы крепления ловушек ставных неводов // Рыб. хоз-во. — 1954. — № 1. — С. 15–17.
- Манер Е.Ю.** Необходимо разработать теорию расчета штурмоустойчивых ставных неводов // Рыб. хоз-во. — 1951. — № 10. — С. 16–18.
- Маркин В.А.** Применение крупноячейных сетных полотен в крыльях ловушек на лове сельди и корюшки // Промысловое рыболовство. — 1973. — Вып. 4. — С. 99–107.
- Небывалов Г.А.** Опыт применения донного крепления направляющего крыла ставного невода в Сахалинском заливе // Рыб. хоз-во. — 1953. — № 7. — С. 52–54.
- Недоступ А.А.** К вопросу расчета коэффициента распорной силы плоской сети и ее гидродинамического качества // Изв. КГТУ. — 2007. — № 12. — С. 20–26.
- Недоступ А.А.** К вопросу исследования механики крыла ставного подвешного невода // Изв. КГТУ. — 2008а. — № 14. — С. 71–79.
- Недоступ А.А.** Метод расчета силовых и геометрических характеристик ставных сетей. Физическое и математическое моделирование ставных сетей // Изв. ТИНРО. — Т. 154. — 2008б. — С. 295–323.
- Недоступ А.А.** Метод расчета силовых и геометрических характеристик элементов ставного невода // Мат-лы Междунар. науч.-техн. конф. “Наука и образование — 2008”. — Мурманск : МГТУ, 2008в. — С. 742–745.
- Недоступ А.А.** Метод расчета силовых и геометрических характеристик элементов ставного невода-II // Мат-лы Междунар. науч. конф. “Исследования Мирового океана”. — Владивосток, 2008г. — С. 194–200.
- Недоступ А.А., Косиков С.С., Кузьменко М.В.** Исследование силовых и геометрических характеристик рыболовной ставной сети // Изв. КГТУ. — 2007. — № 12. — С. 13–19.
- Недоступ А.А., Селиванов С.В., Бахина М.П.** Сравнение результатов расчета характеристик участка крыла ставного подвешного невода с модельными испытаниями // Тез. докл. 6-й Междунар. науч. конф. “Инновации в науке и образовании — 2008”. — Калининград : КГТУ, 2008. — Ч. 2. — С. 38–41.
- Осипов Е.В.** Метод расчета силовых и геометрических характеристик элементов ставного невода // Мат-лы Междунар. науч.-техн. конф. “Наука и образование — 2007”. — Мурманск : МГТУ, 2007. — С. 1039–1043.
- Панков В.М.** Проблема штурмоустойчивости ставных неводов // Тр. КТИРПиХ. — 1962. — Вып. 14. — С. 68–76.
- Покровский А.Н.** О держащей силе неводных мертвых якорей при различной длине их оттяжек // Рыб. хоз-во. — 1954. — № 9. — С. 54–56.

- Покровский А.Н., Магдебуров Н.Г.** Опыт крепления крыльев ставных неводов за нижнюю подбору на Сахалине // Рыб. хоз-во. — 1952. — № 12. — С. 38–40.
- Покровский А.Н., Магдебуров Н.Г.** Результаты исследования форм подъемных дорог промысловых неводных установок у юго-западного побережья Сахалина // Рыб. хоз-во. — 1956. — № 1. — С. 77–81.
- Пономарев Ф.А.** Внедрение штормоустойчивого невода на Севере // Рыб. хоз-во. — 1954а. — № 11. — С. 53–56.
- Пономарев Ф.А.** Опыт работы ставными неводами команды сейнера “Пескарь” // Рыб. хоз-во. — 1954б. — № 10. — С. 4–7.
- Розенштейн М.М.** К определению формы сетной стенки крыла ставного подвесного невода при самозатоплении // Сб. тр. кафедры промышленного рыболовства КГТУ. — Калининград, 2005. — С. 74–80.
- Розенштейн М.М.** Механика орудий промышленного рыболовства : монография. — Калининград : КГТУ, 2000. — 364 с.
- Розенштейн М.М., Попов С.В.** Алгоритм расчета геометрических и силовых характеристик деформированной сети // Тез. докл. 5-й междунар. науч. конф. “Инновации в науке и образовании — 2007”. — Калининград : КГТУ, 2007. — С. 206–210.
- Сергеев Ю.С.** Краткий очерк конструкций стационарных рыболовных орудий // Тр. АтлантНИРО. — 1971. — Вып. 50. — С. 168–195.
- Сергеев Ю.С.** Основы теории лова ставными неводами и травами : монография. — М. : Пищ. пром-сть, 1979. — 142 с.
- Соседов Г.С., Сучко Г.Д.** Установка ставных неводов на железобетонных якорях // Рыб. хоз-во. — 1953. — № 11. — С. 16–19.
- Телятник О.В.** История техники рыболовства : монография. — Владивосток, 2007. — 127 с.
- Телятник О.В.** Технология промысла и проектирование ставных неводов на Дальнем Востоке : монография / О.В. Телятник, Е.В. Осипов. — Владивосток, 2005. — 115 с.
- Фурман Т.И.** О принципе установки ставных неводов в сельдяном районе Азербайджана // Рыб. хоз-во. — 1958. — № 2. — С. 45–48.
- Шапунов Е.Е.** За дальнейшее совершенствование штормоустойчивых ставных неводов // Рыб. хоз-во. — 1951. — № 9. — С. 19–22.
- Шапунов Е.Е.** Лов кефали ставными неводами // Рыб. хоз-во. — 1954. — № 11. — С. 44–48.
- Шапунов Е.Е.** Опыт применения самозатопляющегося ставного невода в Азовском море // Рыб. хоз-во. — 1952. — № 11. — С. 11–14.
- Шестопалов П.И.** Штормоустойчивые ставные невода дальневосточного типа // Рыб. хоз-во. — 1951. — № 9. — С. 10–15.
- Akiyama S., Arimoto T.** Analysis of accumulation performance of differing set-net designs // Fisheries science. — 2000. — № 66. — P. 78–83.
- Hwang B.K., Shin H.O.** Analysis on the movement of bag-net in set-net by acoustic telemetry techniques // Fisheries science. — 2003. — № 69. — P. 300–307.
- Inada H., Koike A., Tokeuchi S. et al.** Influence of current on bag-net Volume of set-net // J. Tokyo Univ. Fish. — 1997. — № 83. — P. 139–152.
- Jung G.C., Kwon B.K., Lee J.H.** Dynamic behavior of model set-net in the flow // Bull. Korean Soc. Fish. Tech. — 1997. — № 33. — P. 275–284.
- Lee C.W., Lee G.H., Choe M.Y., Lee M.K.** Development of a design and simulation tool for the moored underwater flexible system // 12th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean (IMAM 2007). Maritime Industry, Ocean Engineering and Coastal Resources. — L. : Taylor and Francis, 2007. — P. 935–939.
- Miyazaki Y.** The configuration and tension of a rope and a plane net set in a uniform stream // J. Tokyo Univ. Fish. — 1970. — № 56. — P. 49–86.
- Rozenshtein M.M., Nedostup A.A., Ermakova T.V.** Physical modelling of gill net, drift net and trawl net // Methods for the development and evaluation of maritime technologies : DEMAT — 2007. — Rostok, 2007a. — P. 89–100.
- Rozenshtein M.M., Nedostup A.A., Popov S.V., Ermakova T.V.** Some questions of numerical and physical modelling of fishing gears // 12th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean (IMAM 2007). Maritime Industry, Ocean Engineering and Coastal Resources. — L. : Taylor and Francis, 2007b. — P. 953–959.
- Uekita Y.** Hydraulic studies on aqua cultural facilities // Bulletin of national research institute of fisheries engineering. — 1982. — № 3. — P. 67–100.

Поступила в редакцию 25.07.08 г.