

---

---

# ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА

---

---

УДК 639.2.081.16

**Е.В. Осипов**

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

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ДОННОГО ЯРУСА ПРИ ПОСТАНОВКЕ

*Предложена методика расчета характеристик донного яруса при постановке, позволяющая находить начальные значения его параметров во время застоя. При расчете учитывается скорость движения судна и скорость выметки яруса. Получено новое решение задачи равновесия поводца с учетом его заглубления. Результаты численного моделирования согласуются с данными экспериментов, проведенных в промысловых условиях, приведенных в работе [6]. Показано влияние на процесс постановки параметров яруса, скорости установки и глубины, на которую устанавливается ярус. В частности, показано увеличение, с глубиной и скоростью установки, натяжения хребтины яруса в нижней его точке (соприкосновения хребтины с грунтом).*

**Ключевые слова:** постановка яруса, расчет орудия рыболовства.

**E.V. Osipov**

## METHOD OF CALCULATION OF CHARACTERISTICS OF BOTTOM LONGLINE AT STATEMENT

*The paper proposed a method for calculating the characteristics of bottom tier at statement that allows finding the initial values of its properties during stagnation. Taken into account when calculating the speed of the ship and the speed statement tier. Obtain a new solution of the equilibrium snoods, given its penetration. The results of numerical simulations are consistent with experimental data carried out in field conditions is given in [6]. Shows the effect on the process of setting parameters tiers, speed of installation and the depth that the story is set. In particular, we show an increase with depth and speed of installation, the tension in the lower tier of mainline him at (mainline contact with the ground).*

**Keywords:** setting longline, the calculation of fishing gear.

### Введение

Задача постановки яруса совпадает с задачей Аппеля [1], где с цилиндра, ось которого движется поступательно с постоянной скоростью  $v$  (скорость судна), сматывается с той же скоростью  $v_n = v$  и укладывается на горизонтальную плоскость однородная и нерастяжимая нить. В работах [2, 3], посвященных задачи прокладки кабеля, используется подход, когда кабель делится на участки и находится последовательно условие равновесия каждого такого участка. В отличие от этих решений ярус является неоднородным и может сматываться с  $v_n \geq v$ , однако общий подход описания физики процессов совпадает. Ярус участвует в составном движении, где в переносном движении он набегаёт на среду со скоростью  $v$ , которая направлена горизонтально, а  $v_n$  представляет собой обычную силу трения при нулевом угле атаки нити [1]. В этом случае модель гибкой нити для задачи постановки яруса совпадает с моделью кольцевого яруса, изложенной в работе [4], но при других граничных условиях.

**Результаты и их обсуждение**

Постановку яруса можно разбить на следующие задачи:

- первая задача – первоначальный концевой якорь достигает грунта, этот процесс возникает при начале постановки яруса;
- вторая задача – часть хребтины или концевого буйрепа уже лежит на грунте и происходит ее выметка, является самым длительным процессом при постановке яруса;
- третья задача – конечный концевой якорь достигает грунта, этот процесс завершает постановку яруса.

Рассмотрим случай, когда часть хребтины или концевого буйрепа уже лежит на грунте и происходит ее выметка (вторая задача), тогда граничными условиями на участке *AB* (рис. 1) будут следующие: в точке *B* угол  $\alpha_B \approx -\pi$ , в точке *A* задаем  $T_A = [-1 : -Q]$ , углом  $\alpha_A$  – варьируем, для существующих типов постановки донного яруса  $v_n = v$ , глубиной постановки *h* задаем, а длина яруса  $l_{ll}$  рассчитывается, уравнения гибкой нити [4] при этих условиях приобретают вид:

$$\begin{aligned}
 T^5 &= q_z \sin a \cos \varphi - r_{xu} \cos a + r_{zu} \sin a + r_{xn}; \\
 \alpha^5 &= (q_z \cos a \cos \varphi + r_{xu} \sin a + r_{zu} \cos a) / T; \\
 \varphi^5 &= (q_z \sin \varphi + r_{yu}) / (T \sin a); \quad r_{xn} = C_{xn}(0^\circ) \frac{\rho v_n^2}{2} d,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $v_n$  – скорость нити (скорость сматывания);  $r_{xn}$  – сопротивление движения нити, приходящееся на единицу ее длины.

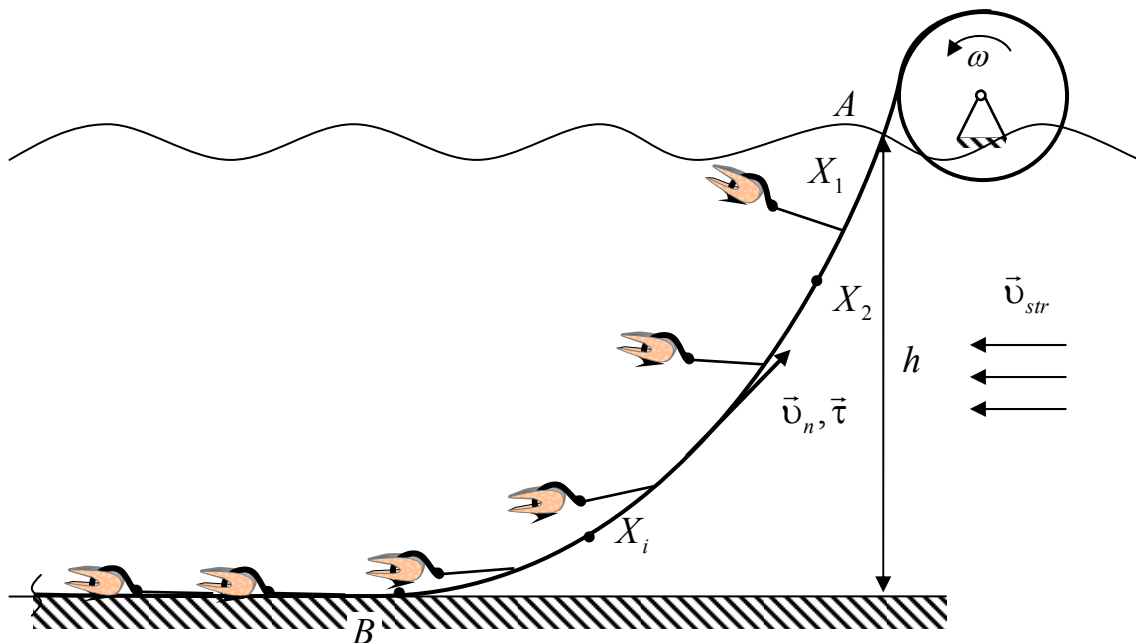


Рис. 1. Расчетная схема постановки яруса  
 Fig. 1. Calculation scheme of the longline

В нашем случае, как и для расчета кольцевого яруса, характеристики системы *поводец – наживка* необходимо производить для каждого соединения с хребтиной, поскольку

на эту систему влияет  $v_n$ , направленная параллельно вектору  $\vec{\tau}$  (см. рис. 1). Тогда расчет сил, действующих на наживку, найдем по формулам:

$$\begin{aligned}
 \operatorname{tg} \varphi_0^{str} &= \frac{-R_y^{str}}{R_z^{str} + Q_z}; \quad \operatorname{tg} \alpha_0^{str} = \frac{-R_z^{str} + Q_z}{R_x^{str} \cos \varphi_0}; \\
 (T_0^{str})^2 &= (R_x^{str})^2 + (R_y^{str})^2 + (R_z^{str} + Q_z)^2; \\
 \operatorname{tg} \varphi_0 &= \frac{T_0^{str} \sin \alpha_0^{str} \sin \varphi_0^{str} + R_x^n \sin \alpha_i^\tau \sin \varphi^\tau}{T_0^{str} \sin \alpha_0^{str} \cos \varphi_0^{str} + R_x^n \sin \alpha^\tau \cos \varphi^\tau}; \\
 \operatorname{tg} \alpha_0 &= \frac{T_0^{str} \sin \alpha_0^{str} \cos \varphi_0^{str} + R_x^n \sin \alpha^\tau \cos \varphi^\tau}{(T_0^{str} \cos \alpha_0^{str} + R_x^n \cos \alpha^\tau) \cos \varphi_0}; \quad T_0 = \frac{T_0^{str} \cos \alpha_0^{str} + R_x^n \cos \alpha^\tau}{\cos \alpha_0}; \\
 Q_z &= k_w M g; \quad R_x^n = C_x (0^0) \frac{\rho v_n^2}{2} S; \quad R_x = C_x \frac{\rho v_{str}^2}{2} S, \quad (x, y, z),
 \end{aligned} \tag{2}$$

где  $Q$  – вес в воде;  $M$  – масса;  $R_x^{str}$ ,  $R_y^{str}$ ,  $R_z^{str}$  – проекции гидродинамической силы по  $\vec{v}_{str}$  на оси  $x$ ,  $y$ ,  $z$  земной системы координат ( $z \downarrow \downarrow g$ );  $R_x^n$  – проекции гидродинамической силы наживки по  $\vec{v}_n$ , который в первом приближении совпадает с вектором  $\vec{\tau}$  хребтины в точке соединения с поводком или непосредственно с наживкой, а  $\alpha^\tau$ ,  $\varphi^\tau$  – угол атаки крена и крена плоскости потока хребтины;  $k_w$  – коэффициент веса в воде;  $C_x, C_y, C_z$  – коэффициенты гидродинамических сил;  $S$  – характерная площадь объекта;  $(x, y, z)$  – символ круговой перестановки индексов;  $T_0$  – натяжение в точке соединения с другим объектом;  $\alpha_0$ ,  $\varphi_0$  – угол атаки и крена плоскости потока объекта;  $v_n^0$  – начальная скорость движения хребтины;  $t$  – время изменения скорости движения хребтины.

При расчете характеристик яруса при постановке расчетом поводков можно пренебречь, поскольку они имеют диаметр до 2 мм и длину до 300 мм, вследствие чего их гидродинамическое сопротивление на порядок меньше сопротивления наживки, поэтому

$$T_0^{нов} \approx T_0^{наж}; \quad \alpha_0^{нов} \approx \alpha_0^{наж}; \quad \varphi_0^{нов} \approx \varphi_0^{наж}. \tag{3}$$

Расчет граничных условий в месте соединения поводка с хребтиной найдем по формулам [5]:

$$\operatorname{tg} \varphi_1^0 = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \sin \alpha_i \sin \varphi_i}{\sum_{i=1}^n T_i \sin \alpha_i \cos \varphi_i}; \quad \operatorname{tg} \alpha_1^0 = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \sin \alpha_i \cos \varphi_i}{\cos \varphi_1^0 \sum_{i=1}^n T_i \cos \alpha_i}; \quad T_1^0 \cos \alpha_1^0 = \sum_{i=1}^n T_i \cos \alpha_i, \tag{4}$$

где  $i$ -й входной канат;  $n$  – количество входных канатов.

**Алгоритм расчета.** В систему вводятся характеристики яруса, глубина  $h$ , скорость судна  $v$  и выметки хребтины  $v_n$ , затем:

1. Задаемся  $\alpha$ ,  $T$ .
2. Рассчитываем характеристики хребтины по уравнениям (1) из точки  $A$  до точки  $X_1$ .

3. Находим характеристики наживки по формулам (2).
4. Определяем параметры поводца из условия (3).
5. Рассчитываем по (4)  $T_0$ ,  $\alpha_0$ ,  $\varphi_0$  в узловом соединении  $X_1$ .
6. Рассчитываем характеристики хребтины по уравнениям (1) из точки  $X_1$  до точки  $X_2$ .
7. Находим характеристики груза по формулам (2).
8. Рассчитываем по формулам (4)  $T_0$ ,  $\alpha_0$ ,  $\varphi_0$  в узловом соединении  $X_2$ .
9. Рассчитываем характеристики хребтины (пункт 2-8) пока значение  $z \geq h$ .

Для проверки адекватности разработанной модели была создана программа численного моделирования постановки яруса (рис. 2), в качестве экспериментальных данных использовались данные исследований, приведенные в работе [6], результаты сведены в таблицу.

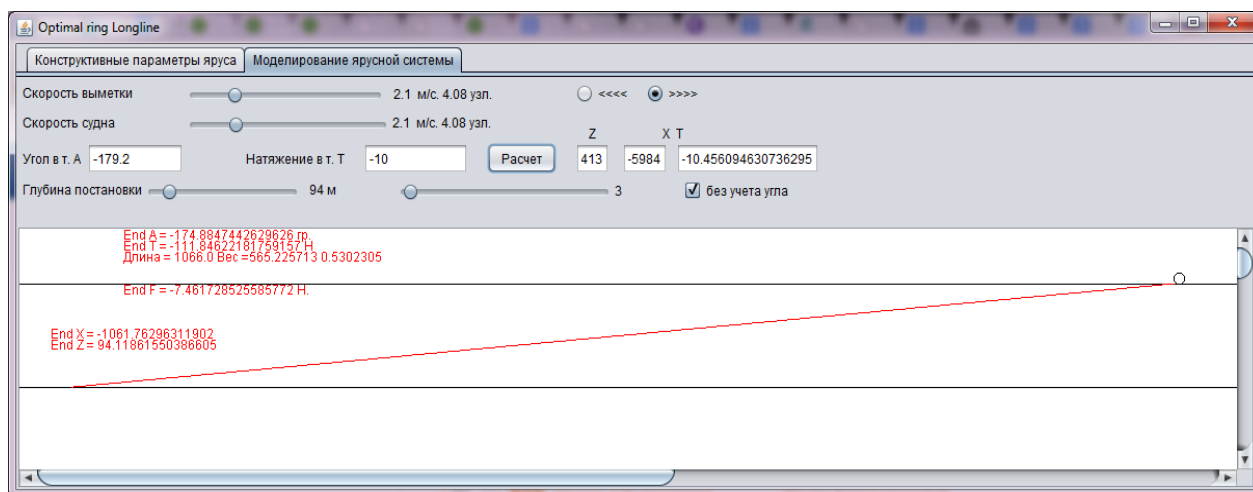


Рис. 2. Программа численного моделирования постановки яруса  
 Fig. 2. The program is the numerical modeling of the longline

**Сравнительные данные численного моделирования и экспериментальных данных, приведенных в работе [6]**  
**Comparative data of numerical modeling and experimental data presented in [6]**

Характеристика	Хребтина без загрузки		Хребтина с загрузкой	
	Эксперимент	Числ. модел.	Эксперимент	Числ. модел.
Диаметр хребтины, мм	9,0		9,5	
Коэффициент веса материала хребтины в воде	0,2		0,11	
Распределенный груз, г/м	15		50	
Скорость судна, уз	6,3		5,2	
Расстояние от борта судна участка хребтины, находящегося на поверхности, м	Эксперимент	Числ. модел.	Эксперимент	Числ. модел.
	8,1 ± 1	7,9	6,1 ± 1	5,9
Расстояние от борта судна участка хребтины, находящегося на глубине 1 м, м	57,0 ± 10	57,9	24,7 ± 6	19,9
Расстояние от борта судна участка хребтины, находящегося на глубине 2 м, м	87,7 ± 19	105,9	32,7 ± 6	35,9

### Выводы

В работе приведена методика расчета постановки донного яруса, которая позволяет находить его параметры:

1) время погружения хребтины яруса, результаты, приведенные в таблице, позволяют сделать вывод, что модель достаточно точно описывает погружение хребтины яруса;

2) натяжение хребтины яруса в нижней точке (соприкосновения хребтины с грунтом) позволяет определять начальные значения ( $T_i, \alpha_i, \varphi_i, x_i, y_i, z_i$ , где  $i$  – элемент яруса), в ходе численного моделирования это натяжение возрастает с глубиной и скоростью установки яруса, а также зависит от характеристик яруса.

Необходимо отметить, что во всех работах по расчету донных и придонных ярусов [8-10] начальными значениями ( $T_i, \alpha_i, \varphi_i, x_i, y_i, z_i$ ) задаются, что некорректно в случаях, когда расстояние между грузовыми линиями выбирается произвольно.

Таким образом, полученная методика расчета характеристик донного яруса при постановке позволяет решать задачи проектирования новых конструкций ярусов.

### Список литературы

1. Меркин Д.Р. Введение в механику гибкой нити. – М.: Наука, 1960. – 240 с.
2. Prpić-Oršić Jasna, Nabergoj Radoslav. Nonlinear dynamics of an elastic cable during laying operations in rough sea Applied Ocean Research. – Vol. 27. – Issue 6. – P. 255-264. December 2005.
3. Yuanhui Wang, Xinqian Bian, Xiaoyun Zhang and Wenbo Xie. A study on the influence of cable tension on the movement of cable laying ship // OCEANS 2010. IEEE 10.1109/OCEANS.2010.5664404.
4. Осипов Е.В. Методика расчета кольцевого яруса // Научные труды Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – № 20. – С. 111-116.
5. Осипов Е.В. Объектно-ориентированные методы расчета орудий рыболовства. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2009. – 89 с.
6. Артюхин Ю.Б., Винников А.В., Терентьев Д.А. Морские птицы и донное ярусное рыболовство в Камчатском регионе. – М.: WWF, 2006. – 56 с.
7. Габрюк В.И., Габрюк А.В., Осипов Е.В. Моделирование крючковых рыболовных систем / 2-е изд., испр. и доп. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2004. – 120 с.
8. Габрюк В.И., Кокорин Н.В., Осипов Е.В., Чернецов В.В. Механика орудий рыболовства. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2006. – 304 с.
9. Габрюк В.И., Чернецов В.В., Бойцов А.Н. Основы моделирования рыболовных систем. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – 560 с.
10. Габрюк В.И. Механика орудий рыболовства в математических моделях, алгоритмах, компьютерных программах. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – 519 с.

**Сведения об авторе:** Осипов Евгений Валериевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: oev@mail.ru.