

Моделирование процессов выборки ловушечных крабовых порядков с больших глубин

DOI 10.37663/0131-6184-2023-2-101-103

Кандидат технических

наук, доцент

Е.В. Осипов – доцент кафедры

«Промышленное рыболовство»

Дальневосточного

государственного технического

рыбохозяйственного

университета (ФГБОУ ВО

«Дальрыбвтуз»), г. Владивосток

@ oev@mail.ru

SIMULATION OF SAMPLING PROCESSES OF POT CRAB ORDERS FROM A GREAT DEPTH

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **E.V. Osipov** – Associate Professor of the Department of "Industrial Fisheries" of the Far Eastern State Technical Fisheries University (FSBEI VO "Dalrybvtuz"), Vladivostok

A model for calculating the processes of sampling trapping crab orders from great depths is proposed. The sampling process was simulated with a uniform sampling process using nodal connections when connecting traps to the line. Simulation of hauling processes when hauling was stopped and the winch turned on at maximum speed showed a significant load on the main line with a loss of its strength. Loads when hauling from great depths are much more than 10 tons than stipulated by the rules of fishing for winches. Line wear with the calculated loads on the winch turrets are consistent with the factors of line wear in practice and the choice of winches with 20 tons of effort in the field.

Ключевые слова:

промысел краба, процесс выборки, износ хребтины, лебедки

Keywords:

crab fishing, sampling process, ridge wear, winches

В настоящее время развитие глубоководного ярусного ловушечного промысла краба связано с потребностями освоения глубоководных крабов. Как показала практика проведения торгов по этим видам, они продолжительное время были признаны несостоятельными. Для этого есть ряд причин, связанных с более низкой стоимостью глубоководных крабов, а также с рядом технических проблем, решение которых под силу только нескольким компаниям, проводящим научно-исследовательские работы. Первой компанией лидером в развитие промысла глубоководных крабов в России является АО «Рыболовецкий колхоз «Восток-1». В данной работе представлены результаты, выполненные по хозяйственному договору ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» (ХДТ 693/2017) для АО «Рыболовецкий колхоз «Восток-1», и результаты дальнейших совместных работ. Необходимо отметить, что при моделировании процессов выборки ловушечных крабовых порядков с больших глубин, учитывались характеристики рыбопромыслового вооружения судов АО «Рыболовецкий колхоз «Восток-1», в частности, тяговые усилия лебедок равные 20 тоннам.

Управление процессом выборки хребтины осуществляется на судне, посредством изменения его скорости и скорости выборки хребтины, поэтому моделирование процесса выборки ярусных ловушечных крабовых порядков должно осуществляться по следующей схеме: расчет движение хребтины в воздухе; расчет движение хребтины в воде; расчет условия скольжения хребтины по грунту.

При выборке хребтина, на участке её движения в воздухе и в воде, участвует в составном движении, где в переносном движении она набегает на среду со скоростью $\vec{v}$, которая направлена горизонтально, а скорость выборки $\vec{v}_n$ направлена по вектору $\vec{r}$. Модель расчета такой системы приведена в работе [1], однако данная модель не учитывает качку, которая существенно влияет на суммарную нагрузку хребтины ловушечного порядка, в отличие от крючкового яруса. При учете качки, во время выборки возникает неравномерность движения (ускорение), которое учитывается через присоединенную массу по формуле:

$$\lambda = \rho_b V k_M, \quad (1)$$

где k_M – коэффициент присоединенной массы; ρ_b – плотность воды; V – объем вытесненной воды. Для хребтины и поводца единичной длины:

$$\lambda = 0.25 \rho_b \pi d^2 k_c, \quad (2)$$

$$k_M = 0.74 k_c |\sin(\alpha)| + 0.02, \quad (3)$$

$$V = \pi d^2 / 4, \quad (4)$$

где k_c – коэффициент, учитывающий структуру хребтины и поводца, по данным [2]: $k_c = 0.98$ – 7-6-прядный; $k_c = 0.87$ – 4-прядный; $k_c = 0.8$ – 3-прядный.

Формула (2) приведена для случая, когда угол атаки $\alpha = \pi/2$, а формула (3) получена с учетом данных работы [3] для длинной нити, при угле атаки

$\alpha=0$ коэффициент массы $k_M=0$, однако по данным работы [4] для вертикально опускаемого длинного цилиндра $k_M \in [0.02 \div 0.06]$, поэтому, учитывая наличие крученных прядей, расчет k_M необходимо производить по формуле (3).

Для расчета присоединенной массы ловушки, форма которой совпадает с эллиптическим цилиндром, присоединенную массу найдем по формуле:

$$\lambda = \rho \pi a^2 w, \quad (5)$$

где w – толщина слоя гидробионтов в ловушке;
 $a = (1/2)h$, h – диаметр ловушки.

В случае учета неравномерного движения:

$$T^* = q_z \sin \alpha \cos \varphi - r_{xv} \cos \alpha + r_{zv} \sin \alpha \pm r_{xn} + \lambda a; \quad (6)$$

- в формулах [1, (6)] T_0 найдем:

$$T_0 = \sqrt{R^2 + Q_z^2 + (\lambda a)^2}. \quad (7)$$

Здесь a – ускорение, которое находится по известной формуле:

$$a = \Delta v / \Delta t = (v_2 - v_1) / (t_2 - t_1). \quad (8)$$

Ускорение a для случая:

$$- v_s > v_n - a = v_{n2} - v_{n1} / (t_2 - t_1); \quad (9)$$

$$- v_s > v_n - a = v_{s2} - v_{s1} / (t_2 - t_1), \quad (10)$$

где v_s – скорость судна, v_n – скорость выборки.

При моделировании процесса выборки ярусных и ловушечных порядков, расчет по формулам (9, 10) ведется пока ($v_s = v_n$), при этом временной интервал Δt задается с учетом обеспечения необходимой точности расчета и зависит от a , чем a более отлична от нуля, тем Δt меньше и определяется численным экспериментом.

Расчет характеристик выборки хребтины при равномерном движении приведены на рисунке 1

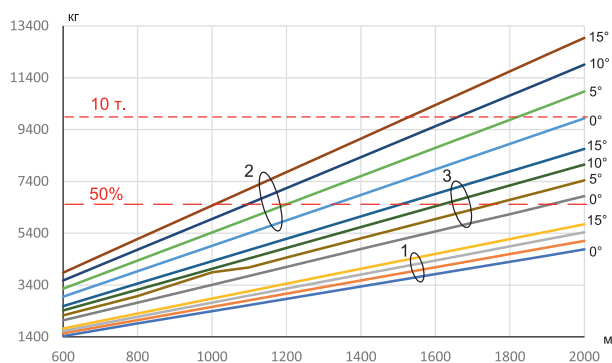


Рисунок 1. Результаты моделирования:

1 – при равномерном движении;
 2 – при остановке/включении выборки (1.13 узл., расстояние между ловушками 50 м)

Figure 1. Simulation results: 1 – with uniform motion;
 2 – when the sampling is stopped/turned on (1.13 knots, the distance between the traps is 50 m)

Предложена модель расчета процессов выборки ловушечных крабовых порядков с больших глубин. Проведено моделирование процесса выборки, при равномерном процессе, с использованием узловых соединений при подсоединении ловушек к хребтине. Моделирование процессов выборки, при остановке выборки и включение на максимальную скорость лебедки, показало значительную нагрузку на хребтину с потерей ее прочности. Нагрузки при выборке с больших глубин значительно больше установленной минимальной величины (10 т), чем предусмотрено правилами рыболовства для лебедок. Износ хребтины, с рассчитанными нагрузками на турочки лебедки, согласуются с факторами износа хребтин на практике и выбором на промысле лебедок с усилием 20 тонн.

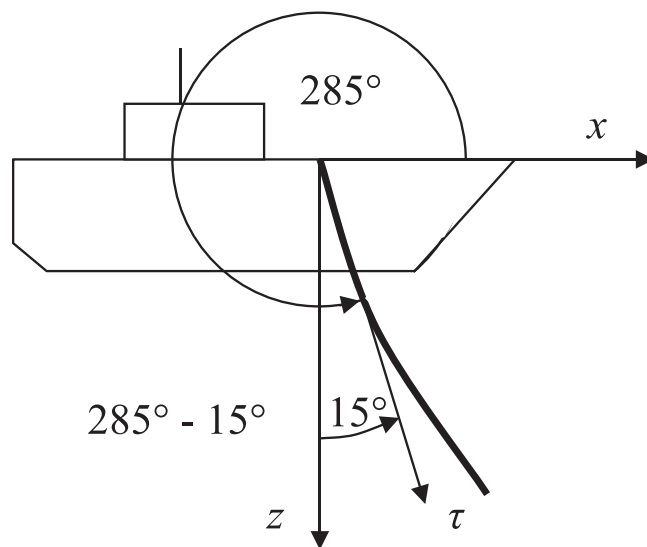


Рисунок 2. Углы подхода хребтины к судну (для рис. 1)

Figure 2. Angles of approach of the ridge to the vessel (for Fig. 1)

(1) (скорости выборки и скорость судна 1,94 узл., расстояние между ловушками 35 м), где углы показаны на рисунке 2.

Результаты расчетов показывают, что нагрузки на глубине 2000 м составляют 5 т и более, что позволяет работать с порядком лебедки, и ниже в 2 раза – разрывной нагрузке хребтины (хребтина трехпрядная $D = 30$ мм, $T_{раз} = 13400$ кг, материал дайлайн (75% полипропилен, 25% полиэтилен). При этом изменение угла атаки в 15° увеличивает нагрузку до 1 тонны.

В случае, когда на судне остановили выборку для отсоединения ловушки, лебедка включается на максимальную скорость выборки до 1,93 узл., с учетом качки 0,43 м/с (рис. 1 (2)). Как можно заметить, такой режим работы приводит к значительному увеличению нагрузки на хребтину более чем в 2 раза. Если тяговое усилие лебедки ограничено 10 т, то фактическая скорость выборки хребтины, при некоторых параметрах (рис. 1, линия 10 т), упадет.

Необходимо отметить, что при таком процессе выборки происходит значительный износ хребти-

ны, и уже на глубинах 1100 м нагрузка на хребтину меньше коэффициента запаса 2 (рис. 1, линия 50%) ведет к быстрой деградации хребтины. В ходе моделирования процессов выборки скорость уменьшали до минимальной оптимальной 1,13 узл. (35 м/мин) скорости выборки и увеличении расстояния между ловушками с 35 м до 50 м, расчетные значения нагрузок приведены на рисунке 1 (3).

При промысле глубоководных крабов соединение ловушек с хребтиной осуществляется узлами и позволяет производить равномерный процесс выборки (рис. 1, (1)), снижая нагрузку на хребтину, в отличие от клевантов, при использовании которых происходит процесс остановки и выборки хребтины. Для выборки с больших глубин рабочий орган лебедки выполняется в виде турочки, предел сжатия хребтины для турочки найдем по формуле:

$$p_{\max} = S_1 / (d_{\text{хр}} D_{\text{бл}} n), \quad (11)$$

где S_1 – натяжение набегающей ветви; $d_{\text{хр}}$ – диаметр хребтины; $D_{\text{бл}}$ – диаметр барабана (турочки) лебедки; n – количество шлагов.

При диаметре турочки 600 мм и 7 шлагов, для исключения проскальзывания при выборке порядка, максимальное сжатие хребтины, с учетом натяжения (рис. 1, (1)), составляет 31,33 кг/см². Испытания хребтины на сжатие, с использованием прессы ЗИМ ПММ-125, показало, что при сжатии происходит частичный разрыв пряди хребтины при $T_{\text{nc}} = 21000$ кг (рис. 3), с учетом сжимаемой площади 24 см² составляет 875 кг/см², что в 28 раз больше, чем максимальное сжатие на турочке. Поэтому сжатие хребтины на турочке, в основном, изменяет форму хребтины, она становится ближе к цилиндру, а потеря прочности происходит только за счет истирания внешнего слоя (рис. 4).

С учетом расчетных нагрузок (рис. 1) потеря прочности происходит за счет продольной деформации хребтины, таким образом, данные моделирования согласуются с экспериментальными исследования износа и потери прочности хребтин, изложенные в работе [5].

Выбор лебедек АО «Рыболовецкий колхоз «Восток-1», на основе опыта эксплуатации с тяговым усилием в 20 т, подтверждает расчетные значения нагрузок (рис. 1), возникающих при динамической выборке с больших глубин крабовых порядков, хотя в правилах рыболовства для глубоководного промысла допускается наличие лебедек с тяговым усилием не менее 10 тонн. В то же время моделирование процесса выборки с расстояниями между ловушками в 50 м, как работают другие рыболовные компании, позволяет выбирать лебедками с тяговым усилием в 10 т (рис. 1, (3)) и отражает уровень развития этого промысла начала 2000 годов. При этом практика промысла показывает, что оптимальное расстояние между ловушками составляет 34-38 метра.

Добыча глубоководных крабов по уровню нагрузок и требованиям к оборудованию значительно выше, чем при облове других видов крабов. При этом использование турочек на всех видах добычи



Рисунок 3. Частичный разрыв пряди при сжатии хребтины

Figure 3. Partial rupture of the strand during compression of the spine

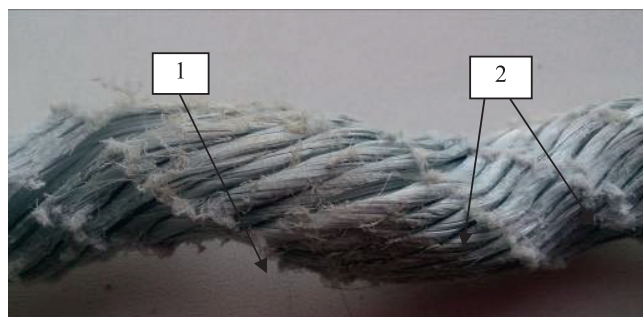


Рисунок 4. Истирание и деформация каболок пряди хребтины 1 – внешнее истирание каболок; 2 – деформация внутренних каболок

Figure 4. Abrasion and deformation of the hairpins of the spine strands 1 – external abrasion of the hairpins; 2 – deformation of the internal hairpins

крабов позволит значительно сократить износ хребтин, вследствие равномерного процесса выборки.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ / REFERENCES AND SOURCES

- Осипов, Е.В. Методика расчета выборки хребтины ярусных порядков. / Е.В. Осипов // Рыбное хозяйство. – 2014. – № 6. – С. 92-95.
- Osipov, E.V. Methodology for calculating the sampling of the ridge of longline orders. / E.V. Osipov // Fisheries. – 2014. – No. 6. – Pp. 92-95.
- Белов, В.А. Гидродинамика нитей, сетей и сетных орудий лова. / В.А. Белов. – Калининград: КГТУ, 2000. – 202 с.
- Belov, V.A. Hydrodynamics of threads, nets and net fishing gear. / V.A. Belov. – Kaliningrad: KSTU, 2000. – 202 p.
- Robert, W.T., John, H.N. 1973. Anchor-last Deployment procedure For mooring. Project Report For the Ocean science and Technology Division, US Office Of Naval Research N00014-67-A-0369-0007, Project NR083-102.
- Robert, W.T., John, H.N. 1973. Anchor-last Deployment procedure For mooring. Project Report For the Ocean science and Technology Division, US Office Of Naval Research N00014-67-A-0369-0007, Project NR083-102.
- Короткин, А.И. Присоединенные массы судна: Справочник. - / А.И. Короткин. – Л.: Судостроение, 1986. – 312 с.
- Korotkin, A.I. Attached vessel masses: Handbook. - / A.I. Korotkin. – L.: Shipbuilding, 1986. – 312 p.
- Осипов, Е.В. Совершенствование технологий глубоководного ярусного и ловушечного промысла. / Е.В. Осипов. // Рыбное хозяйство. – 2018. – № 3. – С. 90-93.
- Osipov, E.V. Improvement of technologies of deep-sea longline and trap fishing. / E.V. Osipov. // Fisheries. – 2018. – No. 3. – Pp. 90-93.