Научная статья
УДК 639.2/3:51-7; 639.2/3:007
DOI 10.46845/1997-3071-2026-80-

Гидромеханика тралового мешка: расчет формы и нагрузок при различной ориентации ячей в потоке жидкости

Алексей Олегович Ражев[1], Александр Алексеевич Недоступ[2], Павел Владимирович Насенков[3]✉, Карина Витальевна Коновалова[4]

[1,2,3,4] Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия
[1]nedostup@klgtu.ru

Аннотация. В статье представлена математическая модель для оценки влияния ориентации ячеи по отношению к потоку жидкости в осесимметричных сетных инженерных конструкциях в условиях гидроподпора на форму и нагрузки в конструкции на примере тралового мешка с уловом. Новизна подхода заключается в упрощении задачи путем сведения трехмерной проблемы к расчету в двухмерной системе координат. Это значительно снижает трудоемкость вычислений, ускоряет процесс моделирования и позволяет быстрее получать результаты. Авторами проведено численное моделирование на разработанной программе для ЭВМ, результаты которого были сопоставлены с данными натурного эксперимента в гидроканале. Эксперимент показал, что при ориентации ячеи под углом 90 градусов к потоку (T90) минимальный диаметр тралового мешка увеличивается до 29,0 мм по сравнению с 21,6 мм при T0. Это изменение формы повышает селективность и улучшает качество улова, минимизируя повреждения. Согласованность результатов моделирования с реальными экспериментами подтверждает надежность подхода. Модель учитывает ключевые факторы: гидродинамические силы сопротивления, действующие на сеть; жесткостные характеристики веревок, описываемые законом Гука (упругая деформация); внешнее воздействие улова, моделируемое как полусфера с равномерным давлением. Это обеспечивает реалистичное представление деформации сети во время буксировки трала, имитируя реальные условия рыболовства. Для расчетов используются уравнения, описывающие геометрию конструкции, распределение сил и объемов, которые решаются методом Левенберга-Марквардта. Область применения: научные исследования, учебный процесс, проектирование и эксплуатация рыболовных тралов, системы виртуальной реальности.

Ключевые слова: гидромеханика, T0, T90, траловый мешок, модель, гидроподпор.

Финансирование: Исследование выполнено в ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» за счет гранта Российского научного фонда № 25-21-00008, https://rscf.ru/project/25-21-00008/.

Для цитирования: Ражев А. О., Недоступ А. А., Насенков П. В., Коновалова К. В. Гидромеханика тралового мешка: расчет формы и нагрузок при различной ориентации ячей в потоке жидкости // Известия КГТУ. 2026. № 80. С. – . DOI 10.46845/1997-3071-2026-80-

Original article

Hydrodynamics of the trawl codend: shape and loads calculation at different mesh orientations in fluid flow

Aleksey O. Razhev[1], Aleksandr A. Nedostup[2], Pavel V. Nasenkov[3]✉, Karina V. Konovalova[4]

[1,2,3,4] Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
[1]nedostup@klgtu.ru

Abstract. The article presents a mathematical model for assessing the influence of mesh cell orientation relative to the fluid flow in axisymmetric mesh engineering structures under hydrodynamic backpressure conditions on the shape and loads in the structure, using the example of a trawl codend with a catch. The novelty of the approach lies in simplifying the problem by reducing the three-dimensional issue to calculations in a two-dimensional coordinate system. This significantly reduces the computational complexity, speeds up the modeling process, and allows for faster result acquisition. The authors conducted numerical simulations using a developed computer program, the results of which were compared with data from a full-scale experiment in a towing tank. The experiment showed that with the mesh shape oriented at a 90-degree angle to the flow (T90), the minimum diameter of the trawl codend increases to 29.0 mm, compared to 21.6 mm at T0. This shape change improves selectivity and enhances catch quality by minimizing damage. The consistency of the simulation results with real experiments confirms the reliability of the approach. The model accounts for key factors: hydrodynamic drag forces acting on the net; stiffness characteristics of the ropes, described by Hooke's law (elastic deformation); and the external impact of the catch, modeled as a hemisphere with a uniform pressure. This provides a realistic representation of net deformation during trawl towing, simulating real fishing conditions. The calculations use equations describing the geometry of the structure, force distribution, and volumes, which are solved using the Levenberg-Marquardt method. Applications include scientific research, educational processes, design and operation of fishing trawls, and virtual reality systems.

Keywords: hydromechanics, T0, T90, trawl codend, model, hydraulic support.

Funding: The research was carried out at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kaliningrad State Technical University" under the grant of the Russian Science Foundation No. 25-21-00008, https://rscf.ru/project/25-21-00008/.

For citation: Razhev A. O., Nedostup A. A., Nasenkov P. V., Konovalova K. V. Hydrodynamics of the trawl codend: shape and loads calculation at different mesh orientations in fluid flow. *Izvestiya KGTU = KSTU News.* 2026;(80):–. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2026-80-

ВВЕДЕНИЕ

Сетные инженерные конструкции находят широкое применение в разнообразных сферах, включая промышленное рыболовство и рыбоводство. Такие орудия рыболовства, как тралы, представляют собой сложную конструкцию, состоящую из различных частей – канатной, сетной, тралового мешка, которые неоходимо учитывать при проектировании рыбопромысловых судов.

Гидромеханика трала определяется влиянием на него внешних воздействий в виде потока воды, накапливающейся в траловом мешке.

Эффективность тралового лова и качество улова во многом зависят от формы тралового мешка, которая в свою очередь зависит от условий траления и степени внешнего воздействия в виде накапливающегося улова. В процессе тралового лова возникает проблема, вызванная влиянием гидроподпора на форму тралового мешка. При увеличении скорости траления и объема улова увеличиваются радиальные силы сжатия тралового мешка, что приводит к уменьшению площади поперечного сечения и увеличению длины зоны прохода рыбы. Эта проблема частично решается изменением ориентации ячей мешка с Т0 на Т90 (рис. 1).

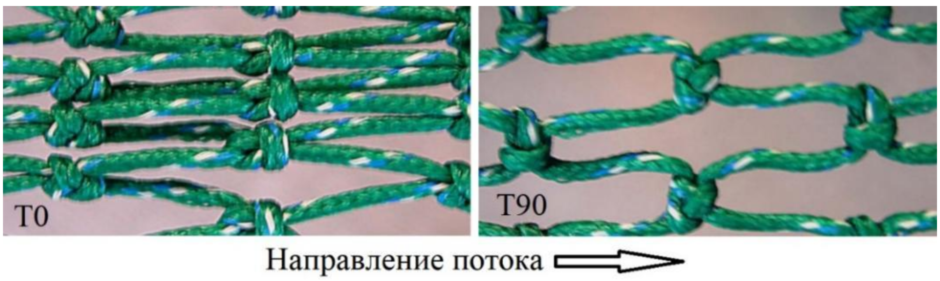


Рис. 1. Ориентация ячеи
Fig. 1. Mesh orientation

Установлено, что при ориентации ячеи тралового мешка Т90 из-за увеличения площади зоны прохода рыбы тот же трал имеет улучшенную селективность, вылавливает более крупную рыбу [1, 2], при этом рыба меньше травмируется, что улучшает качество улова.

На рис. 2, 3 показан вид тралового мешка с имитацией улова в гидроканале при различной ориентации ячеи к потоку воды. Материал веревок и диаметр тралового мешка, шаг ячеи и количество ячей по длине и окружности тралового мешка, а также скорость потока и объем улова в обоих случаях одинаковы.

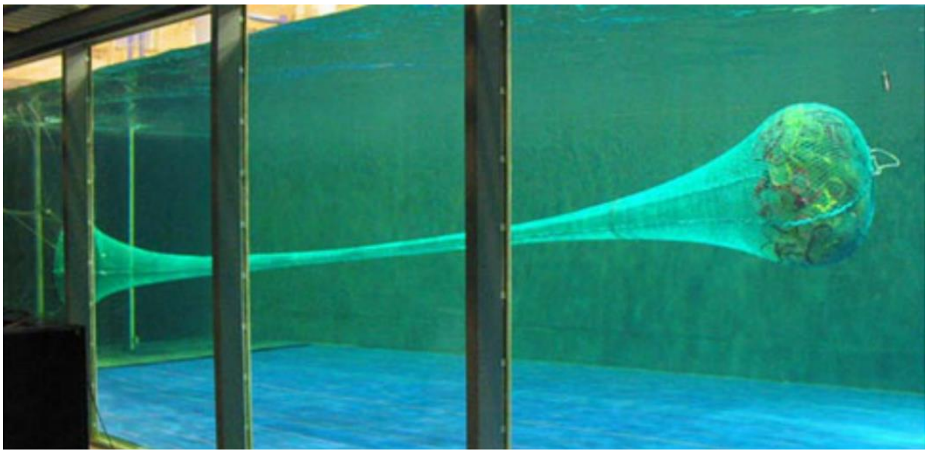


Рис. 2. Траловый мешок с уловом при ориентации ячей Т0
Fig. 2. Trawl codend with a catch at T0 orientation

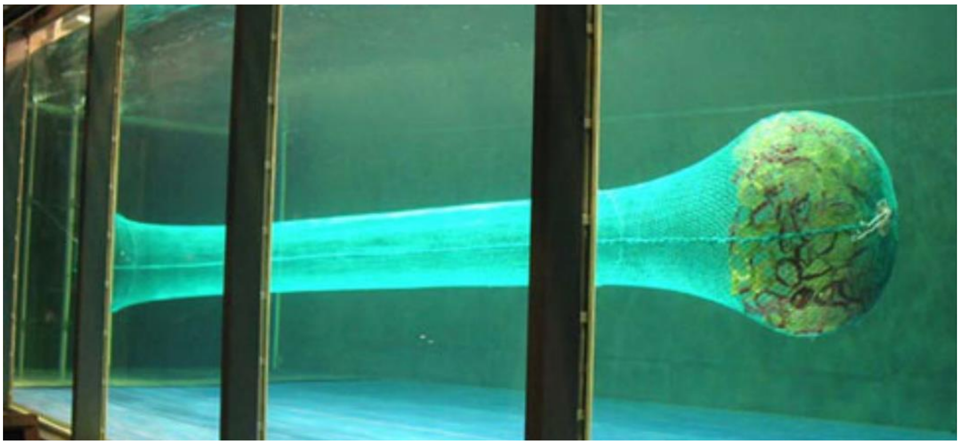


Рис. 3. Траловый мешок с уловом при ориентации ячей Т90
Fig. 3. Trawl codend with a catch at T90 orientation

На рис. 2, 3 видно, что при ориентации ячеи Т90 зона прохода шире, чем при ориентации Т0.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Оценку влияния ориентации ячеи по отношению к потоку жидкости в сетных инженерных конструкциях на форму конструкции можно проводить экспериментально, что требует наличия гидроканала и сложного измерительного оборудования, много времени для подготовки и проведения натурных и модельных экспериментов. Численный эксперимент позволяет значительно ускорить и удешевить процесс оценки.

Для проведения численного эксперимента необходимо программное обеспечение, для разработки которого требуется математическая и имитационная модель поведения сетной конструкции в потоке жидкости под действием внешних факторов. Исходя из выходных данных, полученных в процессе моделирования, можно предположить об определении формы сетной конструкции и нагрузки в ее элементах как в числовом, так и в графическом (2-D, 3-D) представлениях.

Поставим задачу определения указанных характеристик посредством математического моделирования сетной инженерной конструкции на примере тралового мешка с различной ориентацией ячей. Для оценки влияния гидроподпора на форму тралового мешка с уловом, длину и размеры места сужения траловый мешок можно считать осесимметричной сетной конструкцией с гибкими элементами, обладающими заданной степенью жесткости. Это при условии, что плотность элементов сетной конструкции и улова близка к плотности жидкости, в которую погружена конструкция с уловом (справедливо для тралового мешка), тогда силы гидродинамического сопротивления будут многократно превышать гидростатические.

При данной постановке гидростатическими силами можно пренебречь, а задачу свести к расчету в двухмерной системе координат, что уменьшит трудоемкость вычислений и ускорит процесс моделирования и получения результата.

С учетом вышесказанного и использованием уже имеющегося задела [3] авторами была разработана математическая модель осесимметричной сетной инженерной конструкции на примере тралового мешка.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Введем расчетную декартову систему координат Оxy. Ось Оx направим влево вдоль оси симметрии сетной конструкции, ось Оy – от оси симметрии вверх. Пронумеруем ряды узлов в направлении оси Оx: i = [0…2m], где i – порядковый номер ряда; m – количество ячей вдоль оси сетной конструкции. Зафиксируем узлы ряда i = 0 в начале системы координат и установим радиус левого ряда:

$$x_0=0,\ y_0=0,\ y_{2m}=D/2, \tag{1}$$

где D – диаметр левого ряда.

Для каждого ряда i, кроме последнего, составим зависимости, связывающие геометрические характеристики сетной конструкции (рис. 4):

$$l_i=\sqrt{\Delta x_i^2+\Delta y_i^2},\ \Delta x_i=x_{i+1}-x_i,\ \Delta y_i=y_{i+1}\cos\frac{\pi}{n}-y_i, \tag{2}$$

где l_i – расстояние между узлами сети в плоскости Oxy; Δx_i, Δy_i – проекции l_i на оси координат; n – количество ячей вдоль окружности сетной конструкции.

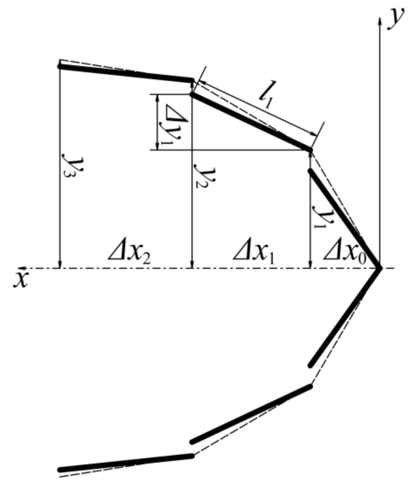
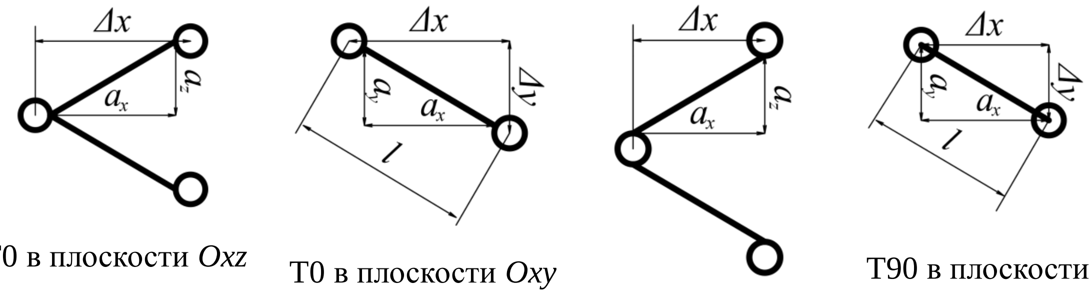


Рис. 4. Проекция части сетной конструкции в расчетной плоскости
Fig. 4. Projection of part of the mesh structure in the computational plane

Рассмотрим расчетные схемы одного ряда ячеи при различной ее ориентации (рис. 5).



T0 в плоскости *Oxz*
T0 в плоскости *Oxy*
T90 в плоскости *Oxz*
T90 в плоскости *Oxy*

Рис. 5. Расчетные схемы одного ряда ячеи
Fig. 5. Calculation schemes for one row of the mesh

Будем считать узлы сети абсолютно жесткими, а веревки, соединяющие узлы (стороны ячеи), прямыми и растяжимыми по закону Гука. Под действием силы растяжения длина веревки a_i между рядами i и i+1 определяется как:

$$a_i = (a_0 - d_n)\left(1 + \frac{4T_i}{\pi E d^2}\right), \qquad (3)$$

где a_0 – шаг ячеи; d_n – диаметр узла; T_i – сила натяжения веревки; E – модуль упругости веревки; d – диаметр веревки.

Для каждого ряда i, кроме последнего $i = 2m$, составим зависимости, связывающие длину веревки и диаметр узла с геометрией ячеи. Свяжем длину веревки с ее проекциями на оси ортогональной системы координат *Oxyz*, оси *Ox* и *Oy* которой совпадают с одноименными осями расчетной системы координат *Oxy*:

$$a_i = \sqrt{a_{xi}^2 + a_{yi}^2 + a_{zi}^2}\,. \qquad (4)$$

Для ориентации T0 получаем:

$$d_{nxi} = d_n \Delta x_i / l_i\,,\; d_{nyi} = d_n \Delta y_i / l_i\,, \qquad (5)$$

$$a_{xi} = \Delta x_i - d_{nxi}\,,\; a_{yi} = \Delta y_i - d_{nyi}\,, \qquad (6)$$

$$a_{zi} = \frac{1}{2}\left(y_i + y_{i+1}\right)\sin\frac{\pi}{n}\,, \qquad (7)$$

где d_n – диаметр узла сети; d_{nx}, d_{ny} – проекции узла на оси координат; a_{xi}, a_{yi}, a_{zi} – проекции веревки на оси координат.

Для ориентации T90 получаем:

$$a_{xi} = \Delta x_i\,,\; a_{yi} = \Delta y_i\,,\; a_{zi} = \frac{1}{2}\left(y_i + y_{i+1}\right)\sin\frac{\pi}{n} - d_n\cos\frac{\pi}{n}\,. \qquad (8)$$

Рассмотрим установившийся режим при постоянной скорости течения потока жидкости, направленного противоположно направлению оси Ox. Под действием потока жидкости и внешнего воздействия (улова) на сетную конструкцию действуют внешние силы. В установившемся режиме внешние силы уравновешиваются внутренними силами напряжения в элементах сетной конструкции так, что суммарная сила в любой точке конструкции равна 0.

В расчетной схеме считаем, что все силы приложены только к узлам сети. При этом внешние силы, приложенные к веревке, распределены поровну между двумя смежными узлами. Внутренние силы вызваны только растяжением веревок, являясь силами натяжения T_i, приложенными к смежным узлам с противоположным знаком.

Для каждого ряда i, кроме последнего, запишем уравнения, связывающие силовые и геометрические характеристики ряда. При этом учтем, что на узел действуют силы от четырех веревок, попарно для каждого ряда. Для первого ряда $i = 0$ получаем:

$$2T_0 \Delta x_0 / l_0 - R_{x0} + F_{x0} = 0\,,\; 2T_0 \Delta y_0 / l_0 + R_{y0} + F_{y0} = 0\,. \qquad (9)$$

Для остальных рядов:

$$\begin{aligned} &2T_i \Delta x_i / l_i - 2T_{i-1} \Delta x_{i-1} / l_{i-1} - R_{xi} - R_{xi-1} + F_{xi} + F_{xi-1} = 0\,, \\ &2T_i \Delta y_i / l_i - 2T_{i-1} \Delta y_{i-1} / l_{i-1} + R_{yi} + R_{yi-1} + F_{yi} + F_{yi-1} = 0\,, \end{aligned} \qquad (10)$$

где R_x (индекс опускаем) – гидродинамическая сила лобового сопротивления, действующая на веревку и половину узла; R_y – гидродинамическая распорная сила, действующая на веревку и половину узла; F_x, F_y – проекции силы внешнего воздействия, вызванной давлением улова.

Для вычисления гидродинамических сил существуют различные методы. Более точный, но значительно трудоемкий с точки зрения вычислительных затрат метод заключается в численном решении систем дифференциальных уравнений гидродинамики Навье-Стокса, при этом для двухмерной постановки задачи можно применять метод «вихрь-функция тока». Более простым, но менее точным, приемлемым для оценочных расчетов, является метод приближенного вычисления гидродинамических сил, основанный на эмпирических зависимостях, выведенных для сети:

$$R_x = c_x \frac{\rho v^2}{2} F_{\text{Н}}, R_y = c_y \frac{\rho v^2}{2} F_{\text{Н}}, \tag{11}$$

$$c_x = c_0 + \left(c_{90} - c_0\right)\left|\Delta y / l\right|, \; c_y = c_{90} \Delta x \Delta y / l^2, \tag{12}$$

$$c_0 = F_o \mathrm{Re}^{-0,165}, \; c_{90} = 16\left(2F_o / \mathrm{Re}\right)^{0,28}, \tag{13}$$

$$F_{\text{Н}} = da_0 + \pi d_n^2 / 8, \tag{14}$$

$$\mathrm{Re} = dv / \upsilon, \tag{15}$$

$$F_o = \frac{d}{a_0} \frac{1}{u_x u_y}, \tag{16}$$

$$u_x = \frac{y}{a_0} \sin \frac{\pi}{n}, \; u_y = \sqrt{1 - u_x}, \tag{17}$$

где c_x, c_y – гидродинамические коэффициенты для сети, расположенной под углом к потоку жидкости; c_0 – гидродинамический коэффициент для сети, расположенной параллельно потоку; c_{90} – гидродинамический коэффициент для сети, расположенной перпендикулярно потоку; $F_{\text{Н}}$ – площадь сечения веревки и половины узла; F_O – сплошность ячеи; Re – число Рейнольдса; v – скорость потока жидкости; υ – кинематическая вязкость жидкости; u_x, u_y – посадочные коэффициенты ячеи по длине и окружности сетной конструкции соответственно.

В описанных выше зависимостях (11) – (17) индекс ряда i опущен для простоты изложения.

Рассмотрим внешнее воздействие на сетную конструкцию на примере улова в траловом мешке. Проведем оценочное влияние улова заданного объема на геометрию тралового мешка. Будем считать, что весь улов находится в начале мешка (начиная от ряда $i = 0$), плотность улова постоянна по всему его объему и примерно равна плотности воды. Таким образом весом улова в воде мы пренебрегаем. При расчете гидродинамики улова будем считать, что форма улова является полусферой, обращенной вогнутой частью навстречу потоку жидкости, улов обладает свойствами жидкости, а давление внутри него распределено равномерно.

На полусферу со стороны жидкости действует давление:

$$P = c_{x\text{к}} \frac{\rho v^2}{2}, \tag{18}$$

где $c_{x\text{к}}$ – гидродинамический коэффициент сопротивления улова. Для полусферы, обращенной вогнутой частью навстречу потоку жидкости, коэффициент сопротивления близок к коэффициенту сопротивления диска и находится в диапазоне от 1,17 до 1,42. В приближенных расчетах, а у нас оценочный расчет влияния улова, $c_{x\text{к}} = 1,2$ [4].

Запишем уравнение, связывающее объем улова с его уровнем в траловом мешке:

$$V = \sum_{i=0}^{k-1} V_i + V_p, \tag{19}$$

при

$$V_i = \frac{1}{3}\left(S_i + \sqrt{S_i S_{i+1}} + S_{i+1}\right)\Delta x_i\,,\; V_p = \frac{1}{3}\left(S_p + \sqrt{S_p S_k} + S_k\right)\left(x_p - x_k\right), \qquad (20)$$

где V – объем улова; V_i – объем ряда i; V_p – объем улова в последнем заполненном ряде $i = k$; S_i, S_{i-1}, S_k – площади сечения i-го, i-1 и k-го ряда соответственно; S_p – площадь сечения ряда на уровне улова x_p.

Для расчета объема ряда использована формула расчета объема правильной усеченной пирамиды [5]. Площади сечений определяются по формуле расчета площади вписанного правильного многоугольника:

$$S_i = \frac{n}{2} y_i^2 \sin\frac{2\pi}{n}\,,\; S_p = \frac{n}{2} y_p^2 \sin\frac{2\pi}{n}\,,\; y_p = \left(x_p - x_k\right)\frac{\Delta y_k}{\Delta x_k} + y_k\,, \qquad (21)$$

где y_p – радиус ряда на уровне улова x_p.

Вычислим силы внешнего воздействия, вызванные давлением улова. Площадь ряда i, приходящаяся на одну веревку:

$$s_i = \frac{1}{2} l_i \left(y_i + y_{i+1}\right)\sin\frac{\pi}{n}\,. \qquad (22)$$

Для ряда i = 0:

$$F_{x0} = P s_0 \frac{\Delta x_0}{l_0}\,,\; F_{y0} = 0. \qquad (23)$$

Для рядов i = [1…k-1]:

$$F_{xi} = \frac{1}{2} P\left(s_i \frac{\Delta x_i}{l_i} + s_{i-1}\frac{\Delta x_{i-1}}{l_{i-1}}\right),\; F_{yi} = \frac{1}{2} P\left(s_i \frac{\Delta y_i}{l_i} + s_{i-1}\frac{\Delta y_{i-1}}{l_{i-1}}\right). \qquad (24)$$

Для ряда $i = k$:

$$F_{xi} = \frac{1}{2} P\left(s_p \frac{\Delta x_k}{l_k} + s_{k-1}\frac{\Delta x_{k-1}}{l_{k-1}}\right),\; F_{yi} = \frac{1}{2} P\left(s_p \frac{\Delta y_k}{l_k} + s_{k-1}\frac{\Delta y_{k-1}}{l_{k-1}}\right). \qquad (25)$$

$$s_p = \frac{1}{2} l_k \frac{x_p}{x_k}\left(2y_k + \Delta y_k \frac{x_p}{x_k}\right)\sin\frac{\pi}{n}\,, \qquad (26)$$

где s_p – часть площади ряда k до уровня улова, приходящаяся на одну веревку.

Для рядов i = [k+1…2m-1] без улова:

$$F_{xi} = 0\,,\; F_{yi} = 0\,. \qquad (27)$$

Подставив (26), (22) и (18) в (25), (22) и (18) в (24) и (23), (27), (25), (24) и (23) в (9) и (10), (21) в (20), (20) в (19), (17) в (16), (16) и (15) в (13), (14) и (12) в (11), (11) в (9) и (10), (5) в (6), (6) и (7) или (8) в зависимости от ориентации ячеи в (4) и приравняв правые части (3) и (4) с учетом (1) и (2), мы получим 6m уравнений с 6m неизвестными $x_1,\ldots,x_{2m}$, $y_1,\ldots,y_{2m-1}$, $T_0,\ldots,T_{2m-1}$, x_p.

Разрешив полученную систему уравнений относительно неизвестных любым численным методом оптимизации, например методом Левенберга-Марквардта при начальных приближениях неизвестных:

$$x_i = i\sqrt{a_0^2 - \frac{D^2}{4}\sin^2\frac{\pi}{n}}\,,\; y_i = \frac{D}{4m} i\,,\; T_i = 0\,,$$

мы решим поставленную задачу.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По предложенной математической модели авторами была разработана программа для ЭВМ «Гидродинамика тралового мешка», позволяющая рассчитать форму мешка и нагрузки в его элементах при различных конструктивных параметрах элементов тралового мешка, скорости траления, ориентации ячей с последующей их визуализацией в трехмерном, двухмерном и числовом представлениях. Область применения разработанной программы: научные исследования, учебный процесс, проектирование и эксплуатация рыболовных тралов.

Для численного эксперимента был взят траловый мешок со следующими конструктивными характеристиками: m = 20; n = 10; D = 50 мм; d = 2 мм; $k_у$ = 3; E = 1,1 ГПа. Параметры внешнего воздействия: v = 2 м/с; ρ = 1030 кг/м^3; υ = 1,004 мм^2/с; V = 500 см^3. При задании диаметра узла используется коэффициент утолщения узла $k_у = d_n / d$.

Результаты работы программы представлены на рис. 6 и 7.

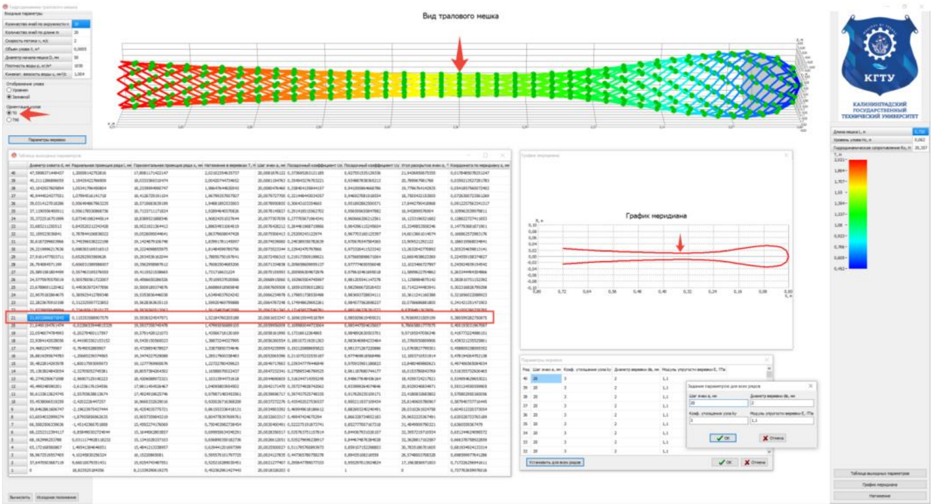


Рис. 6. Численное моделирование тралового мешка с ориентацией ячеи T0
Fig. 6. Numerical simulation of the trawl codend with T0 mesh orientation

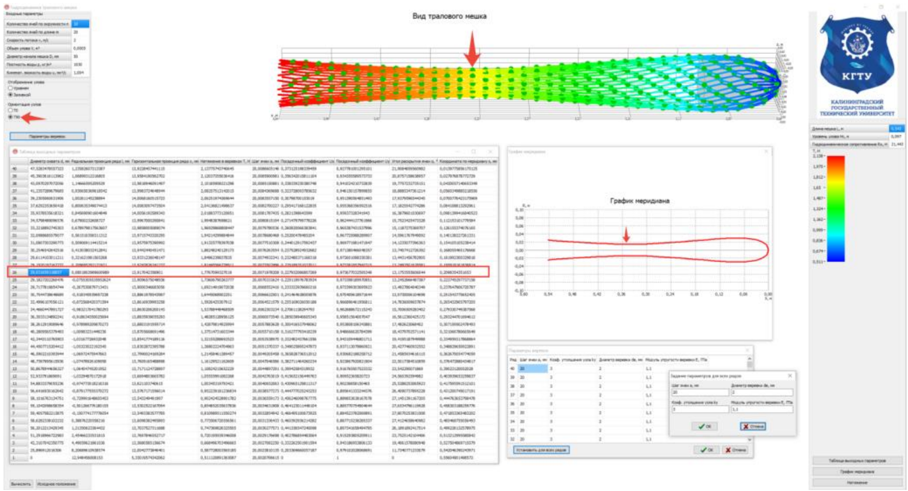


Рис. 7. Численное моделирование тралового мешка с ориентацией ячеи Т90
Fig. 7. Numerical simulation of the trawl codend with T90 mesh orientation

По результатам моделирования видно (на рис. 6 и 7 выделены рамкой и стрелками), что минимальный диаметр тралового мешка при ориентации ячеи Т0 составляет 21,6 мм, что меньше диаметра при Т90, равного 29,0 мм. При этом длина зоны сужения визуально для Т90 меньше, чем для Т0. Таким образом, результаты, полученные при помощи численного моделирования по разработанной авторами математической модели, согласуются с результатами, полученными при натурном эксперименте в гидроканале.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования можно применять при проектировании и эксплуатации рыболовных тралов, в системах виртуальной реальности (тренажерных комплексах), дальнейших фундаментальных и прикладных научных исследованиях в области гидромеханики сетных инженерных конструкций в целом и орудий рыболовства в частности.

Разработанная математическая модель и программное обеспечение "Гидродинамика тралового мешка" открывают новые возможности для проектирования орудий рыболовства. Инженеры могут использовать модель для виртуального тестирования различных конфигураций тралов, включая изменения в ориентации ячеек (Т0 и Т90) и размерах мешка, без необходимости в дорогостоящих физических экспериментах. Модель помогает минимизировать износ сетей за счет точного расчета нагрузок, снижая энергозатраты на буксировку. В прикладных исследованиях результаты играют ключевую роль в интеграции траловых систем в конструкцию судов. Судостроители могут применять результаты для расчета нагрузок на элементы мешка и их влияние на корпус судна, оптимизируя системы подъема и спуска трала для предотвращения аварий и повышения безопасности экипажа.

Список источников

1. Digre, H. Effect of trawling with traditional and 'T90' trawl codends on fish size and on different quality parameters of cod Gadus morhua and haddock Melanogrammus aeglefinus / H. Digre, U. J. Hansen, U. Erikson // Fish Sci. – 2010. – Vol. 76. – P. 549–559.

2. Коновалова, К. В. Оценка сопротивления траловых мешков с делью Т0, Т90 / К. В. Коновалова. – DOI: 10.24143/2073-5529-2025-1-102-111 // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2025. – № 1. – С. 102–111.

3. Ражев, А. О. Механика сетных орудий внутреннего и прибрежного рыболовства: автореферат дис. ... на соискание учен. степени кандидата техн. наук : спец. 05.18.17 / А. О. Ражев ; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград, 2020. – 20 с.

4. Hoerner, S. F. Fluid-Dynamic Drag: Practical Information on Aerodynamic Drag and Hydrodynamic Resistance / S. F. Hoerner. – Bricktownship, NJ, 1965. – 455 p.

5. Hossain, M. A. Geometric Modeling of Truncated Pyramids in Engineering Design / M. A. Hossain, A. B. M. Saiful Islam // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2010. – Vol. 5, № 2. – P. 45–52.

References

1. Digre, H. Effect of trawling with traditional and 'T90' trawl codends on fish size and on different quality parameters of cod Gadus morhua and haddock Melanogrammus aeglefinus / H. Digre, U. J. Hansen, U. Erikson // Fish Sci. – 2010. – Vol. 76. – P. 549–559.

2. Konovalova, K. V. Assessment of resistance of trawl cod-ends with netting T0, T90 / K. V. Konovalova. – DOI: 10.24143/2073-5529-2025-1-102-111 // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries. – 2025. – № 1. – P. 102–111.

3. Razhev, A. O. Mechanics of mesh gear of inland and coastal fisheries: abstract of thesis for the degree of candidate of technical sciences: 05.18.17 / A. O. Razhev ; Kaliningrad State Technical University. – Kaliningrad, 2020. – 20 p.

4. Hoerner, S. F. Fluid-Dynamic Drag: Practical Information on Aerodynamic Drag and Hydrodynamic Resistance / S. F. Hoerner. – Bricktownship, NJ, 1965. – 455 p.

5. Hossain, M. A. Geometric Modeling of Truncated Pyramids in Engineering Design / M. A. Hossain, A. B. M. Saiful Islam // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2010. – Vol. 5, № 2. – P. 45–52.

Информация об авторах

А. О. Ражев – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

А. А. Недоступ – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства

П. В. Насенков – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры промышленного рыболовства

К. В. Коновалова – кандидат технических наук, ведущий инженер кафедры промышленного рыболовства

Information about the authors

A. O. Razhev – Candidate of Technical Sciences, Leading Research Fellow
A. A. Nedostup – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Commercial Fisheries
P. V. Nasenkov – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Commercial Fisheries
K. V. Konovalova – Candidate of Technical Sciences, Leading Engineer of the Department of Commercial Fisheries

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 31.10.2025; одобрена после рецензирования; принята к публикации

The article was submitted 31.10.2025; approved after reviewing; accepted for publication