

На правах рукописи

Жуков Валерий Павлович

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРАЛОВ ДЛЯ ЛОВА
МЕЗОПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ

05.18.17 Промышленное рыболовство

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Калининград - 2010

Работа выполнена в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Калининградский государственный технический университет" (ФГОУ ВПО «КГТУ»)

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ Розенштейн Михаил Михайлович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Наумов Владимир Аркадиевич
кандидат технических наук Крылов Гарольд Георгиевич

Ведущая организация Федеральное государственное унитарное предприятие «Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГУП «АтлантНИРО»)

Защита состоится 14 мая 2010 г. в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 307.007.01 при Федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Калининградский государственный технический университет", по адресу: 236022 г. Калининград, Советский проспект, 1, ауд. 255.

Факс: 8(4012) 91-68-46, e-mail: serpunin@klgtu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет».

Автореферат разослан 18 апреля 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

 Н.Л. Великанов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

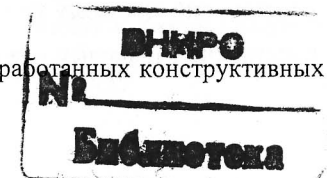
В настоящее время большие сырьевые ресурсы мезопелагических рыб (светящийся анчоус, мавролики и др.) практически не используются отечественной рыбной промышленностью. Одна из причин сложившегося положения связана с конструкцией сетных частей и мешков тралов, используемых для облова малоразмерных рыб. Из-за малых размеров ячеи сетных частей и мешка этих тралов при их буксировке внутри сетной оболочки возникает гидродинамический подпор, который препятствует прохождению обловленных рыб в траловый мешок. В этой связи возникла необходимость в исследовании процесса истечения жидкости через мелкоячеистую сетную оболочку трала, по результатам которых могли бы быть усовершенствованы конструкции сетных частей и мешков тралов для лова мезопелагических рыб.

Актуальность темы диссертации определяется практической потребностью проектировщиков в рекомендациях о конструктивном оформлении сетной части и мешка трала, обеспечивающих высокую его уловистость малоразмерных рыб. Такие рекомендации должны базироваться на результатах исследования процессов истечения воды через сетную оболочку, чему в значительной мере посвящена настоящая диссертация.

Цель работы: заключается в научном обосновании конструктивных мер по повышению уловистости тралов для облова мезопелагических рыб.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- выполнен анализ научных исследований полей скоростей в сетных оболочках тралов;
- проведена обработка экспериментальных данных с физическими моделями тралов, полученных специалистами НПО промышленного рыболовства в гидроканале по заказу ПИНРО, для изучения процессов истечения воды через сетную оболочку;
- разработаны и проверены (путем выполнения специалистами НПО промышленного рыболовства экспериментов с физическими моделями) конструктивные меры по изменению процесса истечения воды через сетную оболочку;
- выполнена экспериментальная проверка разработанных конструктивных мер в морских условиях;



- разработан метод расчета конструктивных характеристик траловых мешков.

Научная новизна работы состоит в установлении ранее неизвестных зависимостей гидродинамического поля скоростей от относительной площади сетной оболочки тралового мешка, его конструктивных характеристик (посадочных коэффициентов, циклов кроя сетных пластин, наличия зеркальных ячеек, «окон», шлейфообразователей и т.д.), геометрических параметров (угла атаки меридиана оболочки тралового мешка).

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты аппроксимации опытных данных гидродинамического поля скоростей внутри и снаружи сетных оболочек траловых мешков в зависимости от углов атаки сетных частей, относительной длины и относительной площади.

2. Алгоритм расчета конструктивных характеристик траловых мешков для облова мезопелагических объектов.

3. Усовершенствованные конструкции траловых мешков для лова малоразмерных рыб.

Практическая ценность заключается в разработке конструктивных мер, которые позволяют снизить гидродинамический подпор в траловых мешках и тем самым увеличить уловы мезопелагических объектов. Результатом этих работ явилось несколько авторских свидетельств на изобретения и патентов, в разработке которых непосредственное участие принимал автор диссертации. Важным практическим результатом выполненных исследований также является разработка для проектировщиков метода расчета конструктивных характеристик траловых мешков.

Личный вклад автора. На основе выполненных специалистами НПО промышленного рыболовства экспериментальных исследований физических моделей траловых мешков в гидроканале автором получены аналитические зависимости гидродинамического поля скоростей внутри и снаружи сетных оболочек траловых мешков от углов атаки сетных частей, относительной длины и относительной площади. Автору принадлежат результаты исследований конструкций траловых мешков в условиях промысла, а также методика расчета конструкции траловых мешков для лова малоразмерных рыб.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались автором на Всероссийском рабочем совещании «Освоение водных биоресурсов в Мировом океане» (Москва, 2005); на симпозиуме «Водные биологические ресурсы, их использование» (Москва, 2005); на симпозиуме «Промышленное рыболовство и флот» (Москва, 2005); на V-й Международной конференции ФГОУ ВПО «КГТУ» «Инновации в науке и образовании - 2007» (Калининград, 2007).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 13 печатных работ, в т.ч. том числе - 2 авторских свидетельства и 2 патента. Шесть работ опубликовано в изданиях, рекомендованном ВАК.

Объем и структура диссертации. Работа изложена на 170 страницах, состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы из 177 источников, включая 32 иностранных, содержит 32 таблицы, 53 рисунков и 17 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и приведен перечень задач исследования.

В первой главе рассматривается современное состояние промысла мезопелагических рыб (*Myctophidae* – светящиеся анчоусы, *Gonostomatidae* – мавролики (*Maurolicus sp.*), а также эффаузиды – антарктический криль *Euphausia superba*. Рассматриваются перспективные районы промысла, где могут образовываться плотные скопления объектов мезопелагиали и технические характеристики тралов.

Обозначены проблемы промысла мезопелагических рыб, связанные с низкой плотностью скоплений объектов мезопелагиали в открытых районах океана, низкой эффективностью существующих конструкций тралов в этих условиях, с большим гидродинамическим подпором, который способствует значительному отсеву, выбросу малоразмерных объектов лова из тралового мешка. На основании анализа выполненных ранее исследований, выявлено, что изменение угла атаки сетного полотна α дает возможность частично улучшить фильтрационные качества сетной малоячейной приставки разноглубинного трала, но устранить в существующих серийных тралах необходимую

фильтрацию воды полностью не удается; наибольшее влияние скорости течения на возникающий гидродинамический подпор в мешке трала.

Во второй главе дается обзор литературных источников, посвященных теоретическим, аналитическим и экспериментальным исследованиям полей давления в сетных оболочках тралов, изложенных в работах Cumberbatch, Тейлора, Ко, Джамеса, F.G. O'Neill, Г.Н. Степанова, Ф.И. Баранова, М. Paschen, Н. Winkel, Н. Le Dret, R. Lewandowski, D. Priour, F. Chagneau, Е.Е. Вишневого, В.Н. Войниканис-Мирского, М.А. Мизюркина, В.М. Костюкова, А.И. Шевченко, В.И. Габрюка, В.В. Черенцова, М.Л. Зафермана, В.А. Белова, В. Enerhaug, S.H. Gjosund, K. Hansen, В.К. Короткова, Л.Е. Мейлера, W. Kcipnick, F. Shigeru, N. Jun, E. Keigo, K. Taisei, Н. Mamoru, L.H. Knudsen, D.A. Wileman, S.J. McKay. Из анализа этих работ можно сделать следующие выводы:

1. Определена связь поля относительной скорости потока внутри сетной оболочки с числом Рейнольдса, с характеристикой колебаний тралового мешка f , с конструктивной характеристикой - площадью F_0 , с геометрическими характеристиками: углом атаки меридиана α и диаметром основания тралового мешка d .

2. Установлено, что в моделях траловых мешков с большим значением площади происходят наиболее существенные изменения относительной скорости потока. Течение внутри конструкций практически отсутствует. Снаружи на боковых стенках существует застойная область. На входном основании и снаружи сетной оболочки формируется обратное течение. Установлено, что коническая часть моделей траловых мешков создает течение на внешней стороне сети. Наиболее существенное изменение скорости потока происходит в районе самой сети. Цилиндрическая часть моделей создает спутное течение, как внутри, так и снаружи образца. Максимальное изменение скорости потока происходит непосредственно у сети.

3. Зона торможения потока соответствует зоне повышенного давления в трале. С увеличением скорости течения зона повышенного давления смещается по направлению к устью трала.

4. Относительная скорость потока V/V_∞ возрастает с ростом скорости V ; убывает с увеличением угла атаки меридиана оболочки α ; убывает с увеличением площади сети F_0 .

Из анализа литературы следует, что не были определены в конечном виде количественные зависимости, позволяющие оценить изменение относительной скорости потока V/V_∞ от площади сети F_0 и угла атаки меридиана оболочки α .

На основе анализа отечественной и зарубежной литературы по рассматриваемой проблеме сформулированы задачи исследований, решенные в диссертации. Основной из них являлось определение аналитических зависимостей относительной скорости потока вблизи границ траловой сетной оболочки (внутри и снаружи) от ее площади, и расстояния от передней кромки по направлению к концу мешка.

В третьей главе описаны методы проведения экспериментальных исследований процессов истечения воды через сетную оболочку тралов и данные обработки полученных результатов.

Для определения величины образующегося в мелкоячейном мешке трала гидродинамического подпора по заказу ПИПРО были поставлены и проведены специалистами НИО промышленного рыболовства эксперименты в гидроканале. Моделировались мелкоячейные траловые мешки, которыми обычно оснащаются разноглубинные трала. Всего испытано 6 моделей, в которых менялись значения площади F_0 в диапазоне от 0,23 до 0,31 и конструктивного параметра P в диапазоне от $1,07 \cdot 10^{-4}$ до $8,02 \cdot 10^{-4}$. Здесь $P = I \cdot u_x^2 / (2 \cdot \pi \cdot (C_k + 0,5))$, где I - число пластин, u_x - поперечный посадочный коэффициент, C_k - цикл кройки сетных пластин. В качестве исследуемых образцов были приняты: однородная сетная модель тралового мешка (базовый вариант). Схема расположения сечений в моделируемых образцах сетных траловых мешков, где производились измерения скоростей потока, показана на рисунке 1. Методика проведения экспериментов, разработанная специалистами НИО промышленного рыболовства, заключалась в следующем: к кольцу, на который были посажены модели траловых мешков, крепились оттяжки, соединенные с однокомпонентным динамометром на 2000 Н. Когда поток устанавливался (при скоростях набегающего потока $V_\infty = 1,0; 1,25; 1,5; 1,75$ м/с), снимались следующие показания: усилие в оттяжках T , при пересчете позволяющее определить сопротивление тралового мешка R_x ; скорости потока внутри и снаружи траловых мешков по их длине; углы наклона

оттяжек к вектору скорости потока воды в гидроканале β ; диаметры сечений сетных конструкций траловых мешков d_i и длины моделей в потоке L .

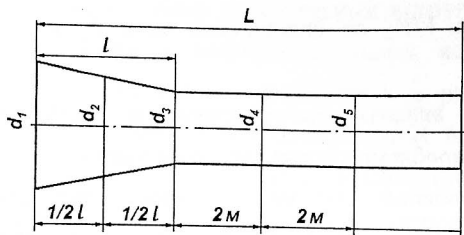


Рисунок 1 - Схема расположения сечений в моделируемых образцах сетных траловых мешков (по материалам отчёта специалистов НПО промышленного рыболовства)

(d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 - диаметры сечений тралового мешка, L - длина мешка)

В качестве примера в таблице 1 приведены результаты эксперимента с моделью тралового мешка выполненного в НПО промышленного рыболовства.

Таблица 1 - Параметры модели тралового мешка в зависимости от скорости потока V_∞ (базовый вариант)

V_x м/с	d_1 м	d_2 м	d_3 м	d_4 м	d_5 м	L м	R_x Н	r_x Н	$(R_x - r_x)$ базовый вариант Н	c_x
1,0	1,1	0,8	0,54	0,52	0,51	8,8	380	17	363	0,13
1,25	1,1	-	-	-	-	-	610	26	584	0,13
1,50	1,1	0,77	0,54	0,48	0,48	8,9	900	38	852	0,14
1,75	1,1	-	-	-	-	-	1250	52	1198	0,14
2,0	1,1	0,78	0,54	0,48	0,48	8,98	-	-	1577*	0,14

r_x - сила гидродинамического сопротивления кольца, Н; c_x - коэффициент силы сопротивления модели.

Аналогичные результаты получены и для остальных моделей мешков. По полученным экспериментальным данным о скорости потока в заданных точках экспериментаторами были построены эпюры скоростей для моделей траловых мешков при обращенном движении. Установлено, что сопротивление моделей по сравнению с базовой при изменении сплошности и конструктивного параметра R изменяется на 8-33%. Так же установлено, что изменение скорости набегающего потока происходит как по длине, так и по ширине модели, поэтому скорость потока в фиксированной точке образца следует рассматривать как функцию координат X и Y .

Среднее значение ошибки измерения гидродинамического коэффициента сопротивления по всем проведённым экспериментам составило 9,5%.

На основе выполненных в гидроканале экспериментальных данных для указанных групп сетных моделей траловых мешков нами устанавливалась зависимость отношения относительной скорости потока V/V_∞ от угла атаки α меридиана сетной оболочки в выбранном поперечном сечении, где V - измеренная скорость потока около сетной поверхности модели, V_x - скорость свободного потока воды.

На рисунке 2 показаны экспериментальные данные для шести моделей мешков изменения V/V_∞ внутри мешка в зависимости от безразмерного угла атаки меридиана сетной оболочки мешка (k_x).

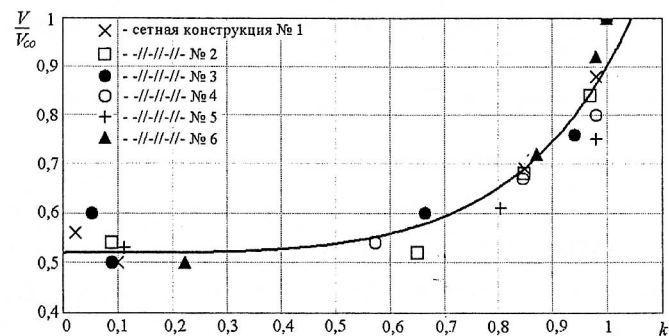


Рисунок 2 - Зависимость $V_x/V_\infty = f(k_x)$ для внутренней границы сетных конструкций №1 - 6

(\times - модель №1; \square - модель №2; \bullet - модель №3; \circ - модель №4; $+$ - модель №5; \blacktriangle - модель №6)

Подбор эмпирических формул осуществлялся методом наименьших квадратов. Установлено, что наиболее точная аппроксимация экспериментальных данных (погрешность не превышает 11%) обеспечивается экспоненциальной зависимостью.

Кривая на рисунке 2 отображает аппроксимирующую формулу. Связь между безразмерной скоростью потока внутри сетных мешков и характеристикой формы k_x определена в виде формулы:

$$V_x/V_\infty = 0,52 \cdot e^{0,55 \cdot k_x^2}, \quad (1)$$

где $k_x = \alpha_x / \alpha_0$ - отношение значений углов атаки меридиана сетной части, α_x - угол атаки меридиана сетной оболочки в измеряемой области, α_0 - конструктивный угол атаки сетной оболочки мешка.

В формуле (1) принято:

$$k_x = \alpha_x / \alpha_0, \text{ при условии } \alpha_0 \geq \alpha_x, \quad (2)$$

$$k_x = \alpha_0 / \alpha_x, \text{ при условии } \alpha_0 < \alpha_x,$$

$$\alpha_x = \arcsin \left(\frac{d_1 - d_2}{2 \cdot l_{1-2}} \right).$$

Зависимость (1) справедлива в диапазонах физических характеристик:

$$\begin{aligned} \alpha_x &= 0 \div 8^\circ, \\ F_o &= 0,226 \div 0,315, \\ P &= (1,07 \div 8,02) \cdot 10^{-4}. \end{aligned} \quad (3)$$

Формула для определения поля скоростей снаружи сетных конструкций имеет вид:

$$V_x / V_\infty = 0,5 \cdot e^{0,7 \cdot k_x^2}. \quad (4)$$

На рисунке 3 приведены экспериментальные данные о безразмерной скорости потока около внешней границы сетных конструкций и аппроксимирующая их кривая, соответствующая выражению (4). Зависимость (4) справедлива в диапазоне физических характеристик (3) с ошибкой аппроксимации не более 10%.

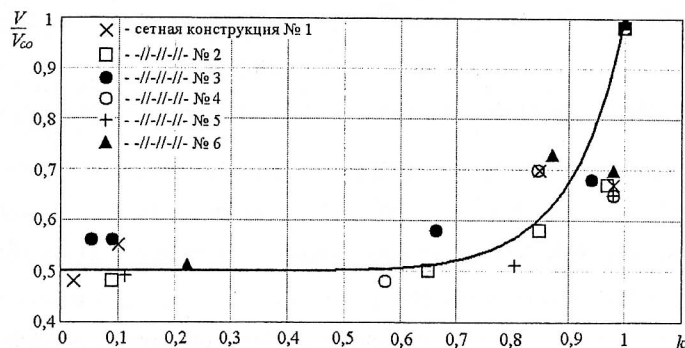


Рисунок 3 - Зависимость $V_x / V_\infty = f(k_x)$ для внешней границы сетных конструкций №№ 1 - 6

(x - модель №1; □ - модель №2; ● - модель №3; ○ - модель №4; + - модель №5; ▲ - модель №6)

Зависимость $V / V_\infty = f(l)$ приведена на рисунке 4.

В результате выполненных в НПО промышленного рыболовства экспериментов установлено изменение гидродинамического поля скоростей для внутренней части сетной конструкции тралового мешка в зависимости от его безразмерной его длины: $l = L_i / L_n$, где, L_i - расстояние сечения тралового мешка от кольца, L_n - длина от кольца до последнего сечения.

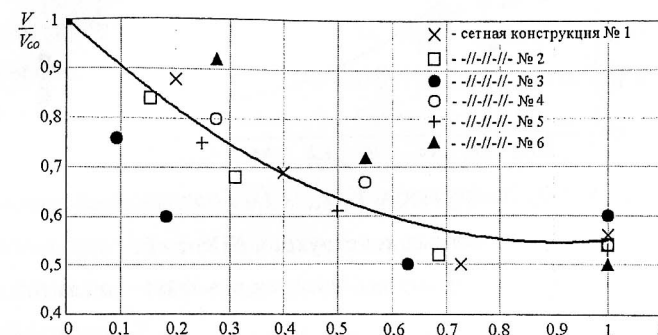


Рисунок 4 - Зависимость $V / V_\infty = f(l)$ для внутренней границы сетных конструкций №№ 1 - 6

(x - модель №1; □ - модель №2; ● - модель №3; ○ - модель №4; + - модель №5; ▲ - модель №6)

Полученные экспериментальные данные аппроксимируются выражением:

$$V / V_\infty = 0,55 \cdot l^2 - l + 1. \quad (5)$$

Изменение гидродинамического поля скоростей снаружи сетной конструкции тралового мешка в зависимости от его безразмерной длины описывается выражением:

$$V / V_\infty = l^2 - 1,45 \cdot l + 1. \quad (6)$$

На рисунке 5 приведены соответствующие экспериментальные данные и график аппроксимирующего выражения (6). Зависимости (5) и (6) справедливы в диапазоне физических характеристик (3) с ошибкой аппроксимации не более 15%.

На основании проведенных исследований поля скоростей в сетных конструкциях можно сделать следующие выводы:

1. Поле скоростей у сетных конструкций зависит главным образом от угла атаки меридиана сетной оболочки α , а также от сплошности данной сетной конструкции F_o . Это подтверждается исследованиями Белова В.А.. Известно, что

сплошность сетной оболочки F_o влияет на угол атаки меридиана сетной оболочки α .

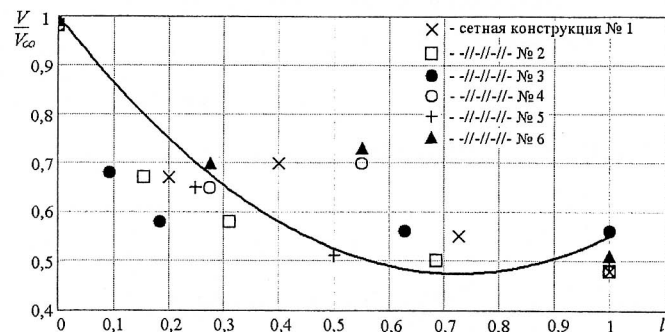


Рисунок 5 - Зависимость $V/V_{\infty} = f(l)$ для внешней границы сетных конструкций №№1 - 6

(x - модель №1; □ - модель №2; ● - модель №3; ○ - модель №4; + - модель №5; ▲ - модель №6)

2. Изменение поля скоростей снаружи и внутри сетной конструкции тралового мешка V/V_{∞} зависит от его безразмерной длины l .

3. Испытания моделей мешков трала в гидроканале показали, что скорость потока внутри мелкоячеистых сетных конструкций резко падает, в результате чего образуется гидродинамический подпор. Последний не позволяет находящейся внутри мелкоячеистой сетной части трала рыбе свободно проходить в мешок. Поэтому мелкоразмерные рыбы принудительно просеиваются через сетное полотно.

В четвертой главе приведены конструктивные разработки по изменению истечения воды через сетную оболочку тралов.

Промысловые объекты воспринимают гидродинамические щитки и отходящие от них следы – шлейфы как сильные раздражители, отпугиваются ими, отходя в зону облова. Анализ экспериментальных данных показывает, что шлейфы не только оказывают отпугивающие действия, но и способствуют концентрированию объектов в зоне облова по оси движения трала в канатной и крупноячеистой частях, сгоняя объекты облова в мелкоячеистую часть трала.

Предложения по совершенствованию конструкций тралов для облова мезопелагических объектов с комплексом гидродинамических устройств (щитков-шлейфообразователей, буферных поясов, других устройств) позволяют

изменить общую гидродинамику сетных оболочек трала, увеличить фильтрацию воды через сетную оболочку, снизить гидродинамический подпор и увеличить уловистость трала.

Для повышения эффективности лова мезопелагических объектов предложено использовать специальные устройства: щитки-шлейфообразователи.

В пятой главе излагается метод проведения экспериментальных исследований процессов истечения воды через сетную оболочку тралов с вышеперечисленными устройствами и обработка полученных результатов.

Экспериментальные исследования были проведены по заказу ПИНРО в гидроканале специалистами НПО промышленного рыболовства и в море группой исследователей во главе с автором с натурными образцами макета экспериментального трала. При испытании моделей траловых мешков с указанными выше гидродинамическими устройствами в гидроканале соблюдалось условие $P \approx 4 \cdot 10^{-4} = const$.

Это позволило исключить влияние этого параметра, а значит - циклов кройки и коэффициента посадки, на поле скоростей. Методика проведения экспериментов была аналогичной изложенной выше. В качестве исследуемых образцов были приняты: однородная сетная модель тралового мешка (базовый вариант); модели с вырезанными в конической части "окнами"; модель с установленными в "окнах" гидродинамическими щитками-шлейфообразователями.

Модели изготавливались из капроновой дели текс 93,5 x 3-8. Передняя кромка моделей сажалась с коэффициентом посадки $u_x=0,35$ на обруч диаметром 1,4 м. Линейные размеры базовой модели мешка были выбраны так, чтобы на одной сетной пластине в заданном сечении могло располагаться не менее четырех малых «окон» или двух больших окон. Во время экспериментов измерялись линейные размеры и сопротивление моделей; рассчитывались коэффициенты сопротивления s_x ; площадь нитей F_n ; число Рейнольдса. Измерение параметров моделей производилось на скорости потока воды в $V = 1,0; 1,25; 1,5; 1,75$ м/с. При этом устанавливалось влияние «окон» и гидродинамических щитков на поле скоростей моделей, для чего исследовалась базовая модель; затем модель с «окнами» и модель с гидродинамическими щитками-шлейфообразователями. В качестве примера в таблице 2 приведены

экспериментальные данные, полученные в НПО промышленного рыболовства с моделью, снабженной шлейфообразователями.

Таблица 2 - Зависимость параметров модели тралового мешка от скорости потока V_∞ (базовый вариант)

V_∞ м/с	d_1 м	d_2 м	d_3 м	d_4 м	L м	R_x Н	r_x Н	$(R_x - r_x)$ Н	c_x	$\frac{(R_x - r_x)}{(R_x - r_x) \text{ базовый вариант}}$
1,0	1,4	1,22	0,73	0,51	8,45	600	45	555	0,18	0,96
1,25	1,4	1,25	0,70	0,49	8,50	950	70	880	0,18	0,98
1,50	1,4	1,22	0,70	0,50	8,55	1440	100	1340	0,19	0,98
1,75	1,4	1,2	0,68	0,47	8,60	1900	136	1764	0,19	0,89

По полученным экспериментальным данным о скорости потока в заданных точках построены эпюры скоростей в моделях траловых мешков при обратном и нормальном движении.

На рисунке 6 приведены экспериментальные данные о безразмерной скорости потока внутри моделей траловых мешков и найденные автором аппроксимирующие зависимости, определяемые выражением (7).

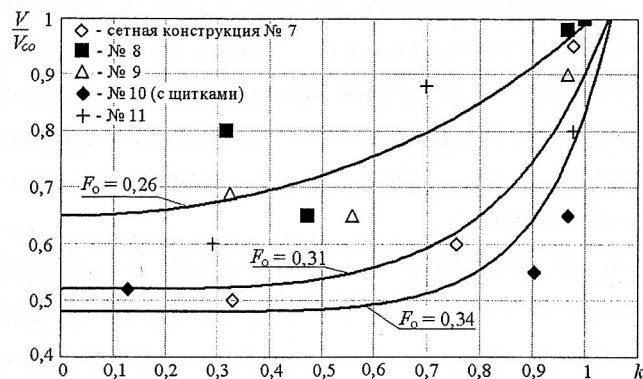


Рисунок 6 - Зависимость вида $V_x/V_\infty = f(k_x)$ для внутренней границы сетных конструкций №№ 7 - 11

(\diamond - модель №7; \blacksquare - модель №8; \triangle - модель №9; \blacklozenge - модель №10 (с щитками); $+$ - модель №11)

Максимальное отклонение экспериментального значения V_x/V_∞ от расчетного его значения составило 15%. Как следует из графиков на рисунках 2 и 6 установка гидродинамических щитков на моделях тралового мешка со значениями сплошности $F_0 = 0,26 \div 0,28$ способствует повышению безразмерной скорости потока у внутренней его поверхности. Зависимости

внутреннего гидродинамического поля скоростей по результатам экспериментов записываются в виде формул:

$$V_x/V_\infty = 0,48 \cdot e^{0,55 \cdot k_x^2}, \text{ при наличии щитков и } F_0 = 0,34, \quad (7)$$

$$V_x/V_\infty = 0,52 \cdot e^{0,55 \cdot k_x^2}, \text{ при условии } F_0 = 0,31,$$

$$V_x/V_\infty = 0,65 \cdot e^{0,42 \cdot k_x^2}, \text{ при условии } F_0 = 0,26.$$

Зависимости (7) справедливы в диапазонах физических характеристик:

$$\alpha_x = 0 \div 38^0, \quad (8)$$

$$F_0 = 0,25 \div 0,34,$$

$$P = (4,01 \div 4,1) \cdot 10^{-4}.$$

Поле скоростей снаружи сетной конструкции (рядом с сетной частью), при установке на них гидродинамических устройств может быть описано следующими выражениями:

$$V_x/V_\infty = 0,67 \cdot e^{0,36 \cdot k_x^2}, \text{ при наличии щитков и } F_0 = 0,34, \quad (9)$$

$$V_x/V_\infty = 0,5 \cdot e^{0,7 \cdot k_x^2}, \text{ при условии } F_0 = 0,31,$$

$$V_x/V_\infty = 0,75 \cdot e^{0,28 \cdot k_x^2}, \text{ при условии } F_0 = 0,26.$$

Соответствующие экспериментальные данные и аппроксимирующие зависимости приведены на рисунке 7.

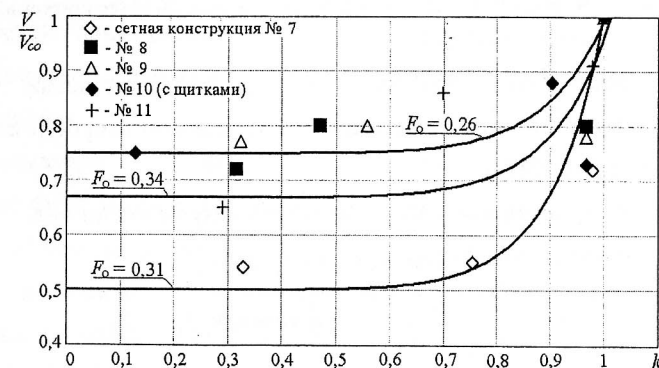


Рисунок 7 - Зависимость $V_x/V_\infty = f(k_x)$ для внешней границы сетных конструкций №№ 7 - 11

(\diamond - модель №7; \blacksquare - модель №8; \triangle - модель №9; \blacklozenge - модель №10 (со щитками); $+$ - модель №11)

Как следует из приведенных на рисунке 7 данных, наличие шлейфообразующих устройств увеличивает безразмерную скорость у внешней границы сетных мешков с указанным выше значением сплошности на 10 - 60%.

Зависимость безразмерной скорости потока у внутренней границы сетных мешков с установленными на них шлейфообразующими устройствами от безразмерной длины мешков и относительной площади ниток показана на рисунке 8.

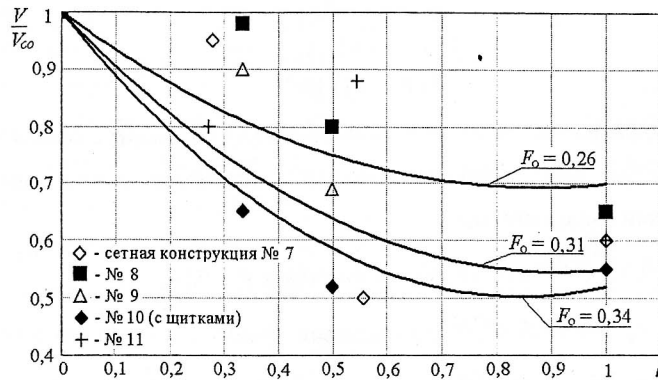


Рисунок 8 - Зависимость $V/V_{\infty} = f(l, F_0)$ для внутренней границы сетных конструкций №№ 7 - 11

(\diamond - модель №7; \blacksquare - модель №8; \triangle - модель №9; \blacklozenge - модель №10 (со щитками); $+$ - модель №11)

Из приведенных данных следует, что установка на мешке шлейфообразователей также повышает относительную скорость потока по его длине в среднем на 20%.

Соответствующие аппроксимирующие формулы имеют вид:

$$V/V_{\infty} = 0,55 \cdot l^2 - l + 1, \text{ при условии } F_0 = 0,31,$$

$$V/V_{\infty} = 0,4 \cdot l^2 - 0,7 \cdot l + 1, \text{ при условии } F_0 = 0,26, \quad (10)$$

$$V/V_{\infty} = 0,7 \cdot l^2 - 1,18 \cdot l + 1, \text{ при наличии щитков и при условии } F_0 = 0,34.$$

Для гидродинамического поля скоростей снаружи сетных конструкций полученные данные для моделей 7 - 11 приведены на рисунке 9.

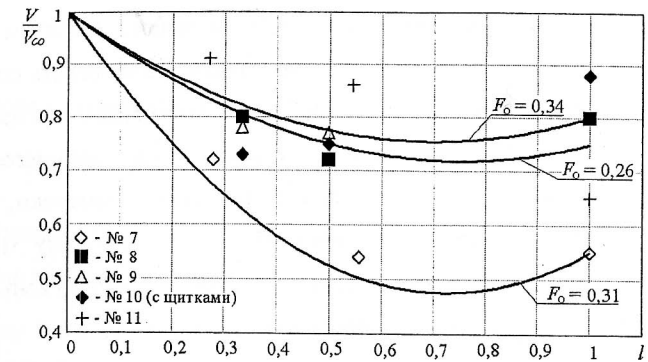


Рисунок 9 - Зависимость $V/V_{\infty} = f(l, F_0)$ для внешней границы сетных конструкций №№ 7 - 11

(\diamond - модель №7; \blacksquare - модель №8; \triangle - модель №9; \blacklozenge - модель №10 (со щитками); $+$ - модель №11)

Из него следует, что установка на мешках шлейфообразователей может повысить относительную скорость потока у внешней границы сети до 40%. Соответствующие аппроксимирующие формулы имеют вид:

$$V/V_{\infty} = l^2 - 1,45 \cdot l + 1, \text{ при условии } F_0 = 0,31,$$

$$V/V_{\infty} = 0,5 \cdot l^2 - 0,75 \cdot l + 1, \text{ при условии } F_0 = 0,26, \quad (11)$$

$$V/V_{\infty} = 0,5 \cdot l^2 - 0,7 \cdot l + 1, \text{ при наличии щитков и при условии } F_0 = 0,34.$$

В шестой главе приведен анализ экспериментальных данных, полученных автором в морских условиях в результате испытаний предлагаемых конструкций траловых мешков.

На поисковых судах БПО «Запрыба», «Северьпромразведка», ПИНРО, Мурманская ФОЛ прошли опытную промысловую проверку разноглубинные тралы для облова мезопелагических рыб. Проведившиеся исследовательские разработки позволили найти принципиально новые технические решения, выполненные на уровне изобретений, повышающие производительность орудий лова. Результатом этих работ явилось несколько авторских свидетельств на изобретения и патентов, в разработке которых непосредственное участие принимал автор.

В ходе сравнительных работ по испытанию на ловистость штатного трала и экспериментального со щитками-шлейфообразователями и буферными поясами, выявлено следующее: щитки-шлейфообразователи способствовали

концентрации светящегося анчоуса в траловом мешке. Об этом можно было судить по отсеву в пластях приставки и по вылову. Уловистость опытного трала со шлейфообразователям в процессе испытаний оказалась выше на 40%. Секция с буферными поясами способствовала концентрации светящегося анчоуса в кутке. В ходе испытаний опытного трала было замечено, что щитки-шлейфообразователи увеличивают сгон объекта к траловому мешку; секция буферных поясов тралового мешка опытного трала уменьшила общее сопротивление трала; с увеличением скорости траления до 4 уз наблюдается улучшение концентрации улова в траловом мешке с секцией буферных поясов и, как правило, весь улов светящегося анчоуса концентрировался в кутке трала; секция буферных поясов позволила увеличить процеживающие способности цилиндрической части мешка.

В седьмой главе приведен метод расчета конструктивных характеристик траловых мешков. Разработанный метод может быть представлен в виде алгоритма. Приведем один из примеров определения конструктивных характеристик тралового мешка для облова мезопелагических объектов, когда шаг ячеи a в мешке известен. Входные данные, необходимые для обоснования конструктивных характеристик траловых мешков на основании разработанной методики, включают в себя: геометрические и конструктивные характеристики канатно-сетной части трала ($F_{окс}, P_{кс}$) за исключением характеристик тралового мешка; безразмерные силовые характеристики канатно-сетной части трала за исключением характеристик тралового мешка; характеристики предполагаемых условий эксплуатации трала, включающие плотность воды ρ , ее кинематическую вязкость ν и скорость траления V_{∞} ; необходимое значение скорости потока воды у внутренней стороны сетной оболочки тралового мешка V_x из расчета минимально допустимого значения гидродинамического поля V_x/V_{∞} в конце мешка; значение шага ячеи в траловом мешке a ; значение диаметра нитки в траловом мешке d_n ; значение количества ячеей по верхнему основанию пласти тралового мешка n_1 ; длина тралового мешка L_n . При расчете конструктивных характеристик тралового мешка необходимо выполнение следующих расчетных операций:

1. Определяем количество ячеей по длине тралового мешка $m_{яч}$:

$$m_{яч} = \frac{L_n}{2 \cdot a \cdot u_y}. \quad (12)$$

2. Определяем значение сплошности тралового мешка:

$$F_o = \frac{d_n}{a} \cdot \frac{1}{u_x \cdot u_y}. \quad (13)$$

3. Определяем значение угла атаки меридиана канатно-сетной части трала α_0 без учета тралового мешка:

$$\alpha_0 = A(\tau, \xi, \chi) + 110 \cdot e^{-6,74 \cdot F_{окс}} \cdot (P_{кс} - 0,02), \quad (14)$$

где, $A(\tau, \xi, \chi)$ - параметр, зависящий от безразмерных сил.

В зависимости от поставленной задачи (с использованием гидродинамических щитков или нет) определяем расчетную формулу для поля скоростей V_x/V_{∞} .

4. Определяем значение угла атаки α_x меридиана оболочки тралового мешка по следующим формулам:

$$\alpha_x = \alpha_0 \cdot \left(\frac{1}{h} \cdot \ln \left(\frac{1}{b} \cdot \frac{V_x}{V_{\infty}} \right) \right)^{\frac{1}{i}}, \text{ при условии } k_x = \alpha_x / \alpha_0, \text{ или} \quad (15)$$

$$\alpha_0 = \alpha_x \cdot \left(\frac{1}{h} \cdot \ln \left(\frac{1}{b} \cdot \frac{V_x}{V_{\infty}} \right) \right)^{\frac{1}{i}}, \text{ при условии } k_x = \alpha_0 / \alpha_x. \quad (16)$$

5. Для выбранной F_o определяем безразмерное удлинение тралового мешка по следующим формулам:

$$l_x = \frac{q \pm \sqrt{q^2 - 4 \cdot c \cdot \left(1 - \frac{V_x}{V_{\infty}} \right)}}{2 \cdot c}. \quad (17)$$

6. Так как $\alpha = \arcsin((d-d_1)/2l_x)$, где $d=2Ian_1u_x/\pi$; $d_x=2Ian_{2x}u_x/\pi$; $l_x=2am_xu_y$ (I - количество пластей тралового мешка; n_{2x} - количество ячеей по нижнему основанию пласти тралового мешка; $m_{ячx}$ - количество ячеей длине пластины тралового мешка), запишем:

$$\alpha_x = \arcsin \left(\frac{I \cdot (n_1 - n_{2x}) \cdot u_x}{2 \cdot \pi \cdot m_{ячx} \cdot u_y} \right). \quad (18)$$

7. Для сетного детали, имеющей оболочку вращения, имеем:

$$\alpha_x = 7,4 + 110 \cdot e^{-6,74 \cdot F_o} \cdot (P_x - 0,02). \quad (19)$$

8. Решаем уравнения (20) - (22) для условия $k_x = \alpha_x / \alpha_o$ или (22) - (24) для условия $k_x = \alpha_o / \alpha_x$ относительно неизвестных конструктивных параметров тралового мешка: I , n_{2x} и m_{yx} . В уравнениях (21) и (24) принято обозначение: $P_x = I u_x^2 / 2 \cdot \pi \cdot (C_{kx} + 0,5)$ где, C_{kx} - цикл края сетной пластины тралового мешка.

$$\arcsin\left(\frac{I \cdot (n_1 - n_{2x})}{2 \cdot \pi \cdot m_{yx}} \cdot \frac{u_x}{\sqrt{1 - u_x^2}}\right) - \alpha_o \cdot \left(\frac{1}{h} \cdot \ln\left(\frac{1}{b} \cdot \frac{V_x}{V_\infty}\right)\right)^{\frac{1}{r}} = 0, \quad (20)$$

$$7,4 + 110 \cdot e^{-6,74 \cdot F_o} \cdot (P_x - 0,02) - \alpha_o \cdot \left(\frac{1}{h} \cdot \ln\left(\frac{1}{b} \cdot \frac{V_x}{V_\infty}\right)\right)^{\frac{1}{r}} = 0, \quad (21)$$

$$\frac{m_{yx}}{m_{яx}} - \frac{q \pm \sqrt{q^2 - 4 \cdot c \cdot \left(1 - \frac{V_x}{V_\infty}\right)}}{2 \cdot c} = 0, \quad (22)$$

$$\arcsin\left(\frac{I \cdot (n_1 - n_{2x})}{2 \cdot \pi \cdot m_{yx}} \cdot \frac{u_x}{\sqrt{1 - u_x^2}}\right) - \alpha_x \cdot \left(\frac{1}{h} \cdot \ln\left(\frac{1}{b} \cdot \frac{V_x}{V_\infty}\right)\right)^{\frac{1}{r}} = 0, \quad (23)$$

$$7,4 + 110 \cdot e^{-6,74 \cdot F_o} \cdot (P_x - 0,02) - \alpha_x \cdot \left(\frac{1}{h} \cdot \ln\left(\frac{1}{b} \cdot \frac{V_x}{V_\infty}\right)\right)^{\frac{1}{r}} = 0. \quad (24)$$

ВЫВОДЫ

1. На основании выполненного анализа теоретических и экспериментальных исследований определено наличие связи поля скоростей V_x / V_∞ с характеристикой потока воды – Re , с характеристикой колебаний тралового мешка – f , с конструктивной характеристикой тралового мешка – F_o , с геометрическими характеристиками тралового мешка (углом атаки меридиана сетной части тралового мешка α и диаметром основания тралового мешка d ; с относительным удалением тралового мешка). Установлено, что в моделях траловых мешков с большим значением сплошности или $F_o \rightarrow 1$ происходят наиболее существенные изменения потока V_x / V_∞ .

2. По результатам экспериментов с физическими моделями траловых мешков, выполненных специалистами НПО промышленного рыболовства, установлено, что на величину гидродинамического поля скоростей V_x / V_∞ влияет отношение k_x значений углов атаки меридиана сетной части α_x к

конструктивному углу атаки α_o сетной оболочки мешка при условии $\alpha_o \geq \alpha_x$, и $k_x = \alpha_o / \alpha_x$ при условии $\alpha_o < \alpha_x$ соответственно. Это влияние охарактеризовано следующим: уменьшение значения k_x снижает величину V_x / V_∞ , что увеличивает гидродинамический подпор; чем выше значение сплошности F_o , тем влияние k_x на V_x / V_∞ сильнее.

3. По результатам экспериментов с физическими моделями траловых мешков, выполненных специалистами НПО промышленного рыболовства, установлено, что на величину гидродинамического поля скоростей V_x / V_∞ влияет относительная длина тралового мешка l_x . Это влияние охарактеризовано следующим:

- уменьшение значения l_x увеличивает величину V_x / V_∞ , что снижает гидродинамический подпор;

- чем выше значение сплошности F_o , тем влияние l_x на V_x / V_∞ сильнее.

4. Получены эмпирические формулы (1) и (4) для расчета гидродинамического поля скоростей V_x / V_∞ внутри и снаружи траловых мешков в зависимости от отношения значений углов атаки меридиана их сетной части k_x .

5. Получены эмпирические формулы (5) и (6) для расчета гидродинамического поля скоростей V_x / V_∞ - внутри траловых мешков в зависимости от их относительной длины l_x .

6. Разработаны конструктивные элементы (щитки-шлейфообразователи, буферные пояса, сетные пласти с зеркальной ячейей), позволяющие снизить гидродинамический подпор в траловых мешках.

7. По результатам экспериментов с физическими моделями траловых мешков, выполненных специалистами НПО промышленного рыболовства, установлено, что на величину гидродинамического поля скоростей V_x / V_∞ влияет их конструктивное исполнение (щитки-шлейфообразователи):

- щитки-шлейфообразователи, расставленные по периметру сетной части, увеличивают значение относительной скорости потока V_x / V_∞ на 10-60% (в среднем на 30%).

8. Получены эмпирические формулы (7) и (9) для расчета гидродинамического поля скоростей V_x / V_∞ внутри и снаружи траловых мешков в

зависимости от отношения значений углов атаки меридиана их сетной части k_x , относительной площади тралового мешка F_o и соответствующей конструкции (со щитками-шлейфообразователями).

9. Получены эмпирические формулы (10) и (11) для расчета гидродинамического поля скоростей V_x/V_∞ внутри и снаружи траловых мешков в зависимости от их относительной длины l_x , относительной площади тралового мешка F_o и соответствующей конструкции (со щитками-шлейфообразователями).

10. Предпринятая оценка точности проведенных экспериментов дала удовлетворительный результат: ошибка не превышает 15 %.

11. Приведенные результаты полностью охватывают диапазон характеристик применяемых в настоящее время на практике траловых мешков для облова мезопелагических рыб.

12. Разработан алгоритм расчета конструктивных параметров траловых мешков с учетом гидродинамического поля скоростей.

13. На основе выполненных экспериментальных исследований предложены конструкции тралов, защищенные авторскими свидетельствами на изобретения для облова объектов мезопелагиали.

18. На основании натуральных экспериментов, установлено, что наибольшие гидродинамические возмущения создаются поперечными элементами в трале. Интенсивность гидродинамических шлейфообразований можно увеличить за счет установки на трал специальных шлейфообразователей, которые позволяют усилить направляющие свойства трала и его уловистость.

19. Результаты промысловых испытаний на НПС «Вильнюс» показали, что уловы опытного трала с щитками-шлейфообразователями в 1,5 раз выше, чем у штатного промыслового трала. Для опытного трала улов за час траления составил в среднем 0,6 т, а у штатного 0,4 т, что подтверждает эффективность применения предложенных устройств.

20. При установке щитков отсева анчоусов снижается отдельными частями в 1,2-2,0 раза. Удельный отсев через сетную поверхность мелкоячейной приставки с уменьшенной конусностью был ниже, чем штатного в 2-5 раз.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В издании рекомендованном ВАК:

1. Жуков В.П. Оптимальные размеры пелагических тралов // Рыбное хозяйство. 1975. №3. С. 48-49.
2. Жуков В.П. Выбор оптимальных параметров трала и схема его вооружения // Рыбное хозяйство. 1976. № 1. С. 40-42.
3. Жуков В.П. Использование гидродинамических устройств «Гиплан» на промысловых судах Северного бассейна // Рыбное хозяйство. 1980. №1. С. 55-59.
4. Жуков В.П. Промысел рыбы в зоне Перу // Рыбное хозяйство. 2005. № 4. С. 4-5.
5. Розенштейн М.М., Жуков В.П. Экспериментальные исследования гидродинамического поля скоростей около траловых мешков // Известия ТИНРО. Владивосток. 2008. Т. 154. С. 324 - 335.
6. Жуков В.П. Алгоритм расчета конструктивных характеристик траловых мешков для облова мезопелагических рыб // Известия ТИНРО. Владивосток. 2008. Т. 155. С. 287-291.

В других изданиях:

7. Жуков В.П. Современные средства повышения показателей специализированных тралов для промысла объектов мезопелагиали // Промышленное рыболовство и флот: Аналитическая и реферативная информация ВНИЭРХ. М. 2005. Вып. 4. С. 2-24.
8. Жуков В.П. Алгоритм расчета конструктивных характеристик траловых мешков для облова мезопелагических рыб : сб. науч. тр. / Инновации в науке и образовании - 2007. ФГОУ ВПО «КГТУ». Калининград. 2007. С. 189-192.
9. Розенштейн М.М., Жуков В.П. Экспериментальные исследования гидродинамического поля скоростей около траловых мешков // Известия КГТУ. 2007. №13. С. 33-37.

Авторские свидетельства:

10. Авторское свидетельство № 1584159 СССР – Трал для облова малоразмерных объектов промысла/ В.М. Глухов, В.П. Жуков, В.П. Торохов, С.Ф.

Лисовский, Р.С. Кулахметов, М.Т. Басков, Ю.А. Кондратюк; заявл. 12. 10. 1987. опубл. 12. 02.1988; приоритет 12.10.1987. 3 с.

11. Авторское свидетельство № 1223868 СССР. – Трал для лова морских объектов / В.П. Жуков, В.М. Глухов, В.П. Торохов; заявл. 15.12. 1985; опубл. 15.03. 1986; приоритет от 05.05.1982. 3 с.

Патенты:

12. Патент № 2021719 СССР. – Трал (со щитками-шлейфообразователями) / В.П. Жуков, В.М. Глухов; заявл. 08.03.1982; опубл. 22.07.1982; приоритет от 06.01.1982. 3 с.

13. Патент № 1134147 Российской Федерации. Трал для лова водных организмов / В.М. Глухов, В.П. Жуков, В.П. Торохов; заявл. 08.09.1985; опубл. 23.11.1985; приоритет от 01.07.1985. 3 с.

Заказ № 251. Подп. в печать 06.04.2010. Формат 60x84/16.

Объем 1,0 усл. п.л. Тираж 100 экз.

Отпечатано УОП ФГОУ ВПО «КГТУ», Калининград, Советский проспект, 1.

б/н