
ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА

УДК 534.231.1

С.М. Балабаев, Н.Ф. Ивина

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

СИММЕТРИЧНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ НОРМАЛЬНЫЕ ВОЛНЫ В АНИЗОТРОПНОМ ВОЛНОВОДЕ ТИПА ПЛАСТИНЫ

Получено дисперсионное уравнение цилиндрических нормальных волн в анизотропном волноводе типа пластины. Рассчитаны дисперсионные зависимости безразмерного волнового числа (действительные, мнимые и комплексные моды) для симметричных нормальных волн в анизотропной пластине из пьезокерамики двух типов. Рассмотрено влияние анизотропии на дисперсионные соотношения. Показано, что учет этого влияния для материалов со значительной анизотропией приводит к существенным изменениям спектра волновых чисел.

Ключевые слова: нормальные волны, анизотропный волновод, дисперсионное уравнение.

S.M. Balabaev, N.F. Ivina

SYMMETRICAL CYLINDRICAL NORMAL WAVES IN ANISOTROPIC PLATE WAVEGUIDE

Dispersion equation of cylindrical normal waves in anisotropic plate waveguide is obtained. Dispersion dependences of undimensional wave number (real, imaginary, and complex modes) for symmetrical normal waves in anisotropic plate from two types piezoceramics are calculated. The influence of anisotropy on dispersion correlations is considered. It is shown that calculation of this influence for materials with considerable anisotropy leads to essential changes of spectrum of wave numbers.

Key words: normal waves, anisotropic waveguide, dispersion equation.

При построении точной теории пьезоэлектрических преобразователей произвольных размеров и решении ряда дифракционных задач, а также при неразрушающем контроле материалов и проектировании ультразвуковых линий задержки возникает необходимость предварительного вычисления полного набора корней дисперсионного уравнения нормальных волн волноводов различных типов, в частности, в виде пьезопластины, являющейся анизотропной по своим акустическим и электрическим характеристикам.

Нормальные волны в твердом изотропном волноводе типа пластины рассмотрены в классической монографии [1]. Волны в стержневом волноводе исследованы в статьях [2, 3]. Симметричные и антисимметричные цилиндрические нормальные волны в пьезопластине в изотропном приближении рассмотрены в работе авторов [4]. Целью данной статьи является изучение влияния анизотропии пьезокерамики на характеристики нормальных волн пьезопластины.

Рассмотрим в качестве волновода пьезопластину толщиной $2h$, в которой распространяются цилиндрические нормальные волны, вектор смещения которых имеет только радиальную и осевую компоненты $\vec{u}(u_r, u_z)$.

Учет упругой анизотропии (как будет показано ниже) не приводит к принципиальным изменениям характеристик нормальных волн, однако выделение продольной и поперечной составляющих в структуре нормальной волны уже неправомерно; поэтому задача решается относительно вектора смещения $\bar{u}(u_r, u_z)$.

Уравнения движения в цилиндрических координатах (r, φ, z) запишем в виде [5]

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2} &= \frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_{rz}}{\partial z} + \frac{\sigma_{rr} - \sigma_{\varphi\varphi}}{r}, \\ \rho \frac{\partial^2 u_z}{\partial t^2} &= \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + \frac{\sigma_{rz}}{r} + \frac{\partial \sigma_{rz}}{\partial r}, \end{aligned} \quad (1)$$

где ρ – плотность, t – время, σ_{ik} – компоненты тензора напряжений.

Закон Гука для анизотропной пьезокерамики (симметрия ∞mm):

$$\begin{aligned} \sigma_{\varphi\varphi} &= c_{12} \frac{\partial u_r}{\partial r} + c_{11} \frac{u_r}{r} + c_{13} \frac{\partial u_z}{\partial z}, \quad \sigma_{rr} = c_{11} \frac{\partial u_r}{\partial r} + c_{12} \frac{u_r}{r} + c_{13} \frac{\partial u_z}{\partial z}, \\ \sigma_{zz} &= c_{13} \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_r}{r} \right) + c_{33} \frac{\partial u_z}{\partial z}, \quad \sigma_{rz} = c_{55} \left(\frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial z} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

где c_{ik} – компоненты матрицы упругих постоянных пластины.

Временная зависимость предполагается гармонической $\exp(-i\omega t)$, ω – круговая частота.

Подставив выражения для компонент тензора напряжений (2) в уравнения движения (1), получим

$$\begin{aligned} c_{11} \left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{u_r}{r^2} \right) + (c_{13} + c_{55}) \frac{\partial^2 u_z}{\partial r \partial z} + c_{55} \frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} + k_l^2 u_r &= 0, \\ c_{55} \left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} + (c_{13} + c_{55}) \left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial r \partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial z} \right) + k_l^2 u_z &= 0, \\ k_l &= \omega / c_l, \quad k_t = \omega / c_t, \quad c_l^2 = c_{33} / \rho, \quad c_t^2 = c_{55} / \rho. \end{aligned} \quad (3)$$

В уравнениях (3) и далее упругие постоянные нормированы на c_{33} , т.е. являются безразмерными.

Учитывая осевую симметрию задачи, в качестве пробного решения системы уравнений (3) возьмем симметричную по толщине пластины цилиндрическую волну, распространяющуюся в радиальном направлении

$$\begin{aligned} u_z(r, z) &= A_1 J_0(k_1 r) \sin k_3 z, \\ u_r(r, z) &= A_2 J_1(k_1 r) \cos k_3 z, \end{aligned}$$

где $J_n(z)$ – функция Бесселя первого рода n -го порядка, A_i – произвольные постоянные.

Подстановка пробного решения в систему (3) дает линейную однородную систему алгебраических уравнений относительно произвольных постоянных A_1, A_2

$$\begin{cases} a_{11}A_1 + a_{12}A_2 = 0, \\ a_{21}A_1 + a_{22}A_2 = 0, \end{cases} \quad (4)$$

$$a_{11} = 1 - \frac{k_3^2}{k_l^2} - \frac{k_1^2}{k_t^2}, \quad a_{12} = -\frac{c_{13} + c_{55}}{k_l^2} k_1 k_3,$$

$$a_{21} = a_{12}, \quad a_{22} = 1 - c_{11} \frac{k_1^2}{k_l^2} - \frac{k_3^2}{k_t^2}.$$

Нетривиальное решение системы (4) должно удовлетворять условию $\det[a_{ik}] = 0$, которое сводится к уравнению Кристоффеля:

$$k_3^4 + pk_3^2 + q = 0,$$

$$p = k_l^2 \left(\frac{k_1^2}{k_t^2} - 1 \right) - k_t^2 + \frac{k_1^2 k_t^2}{k_l^2} (c_{11} - (c_{13} + c_{55})^2),$$

$$q = (k_t^2 - k_1^2)(k_l^2 - c_{11} k_1^2).$$

Корни уравнения Кристоффеля допускают предельный переход к случаю полной изотропии ($k_{31}^2 = k_t^2 - k_1^2, k_{32}^2 = k_t^2 - k_1^2$), поэтому соответствующие волны можно считать квазипродольной и квазипоперечной.

Структура волн полностью определена

$$u_{zi} = \alpha_{1i} J_0(k_1 r) \sin k_{3i} z, \quad u_{ri} = \alpha_{2i} J_1(k_1 r) \cos k_{3i} z,$$

где $\alpha_{1i} = A_{1i}, \alpha_{2i} = A_{2i}$ – алгебраические дополнения матрицы, взятые при соответствующих корнях k_{3i} . Общее решение рассматриваемой краевой задачи запишем в виде

$$\begin{aligned} u_z &= J_0(k_1 r) (B_1 \alpha_{11} \sin k_{31} z + B_2 \alpha_{12} \sin k_{32} z), \\ u_r &= J_1(k_1 r) (B_1 \alpha_{21} \cos k_{31} z + B_2 \alpha_{22} \cos k_{32} z). \end{aligned} \quad (5)$$

Для определения постоянных B_i используем следующие граничные условия: $\sigma_{zz} = \sigma_{rz} = 0$, при $z = \pm h$.

Подстановка решения (5) в граничные условия дает систему линейных однородных алгебраических уравнений для определения постоянных B_i с матрицей коэффициентов b_{ik}

$$\begin{aligned} b_{11} &= (\alpha_{11} k_{31} + c_{13} k_1 \alpha_{21}) \cos k_{31} h, & b_{12} &= (\alpha_{12} k_{32} + c_{13} k_1 \alpha_{22}) \cos k_{32} h, \\ b_{21} &= (\alpha_{11} k_1 + \alpha_{21} k_{31}) \sin k_{31} h, & b_{22} &= (\alpha_{12} k_1 + \alpha_{22} k_{32}) \sin k_{32} h. \end{aligned}$$

Нетривиальное решение системы должно удовлетворять условию $\det[b_{ik}] = 0$, которое дает дисперсионное уравнение симметричных нормальных волн для анизотропного волновода. Дисперсионное уравнение определяет возможный спектр волновых чисел как функций частотного параметра, а также физических и геометрических параметров волновода.

Дисперсионные уравнения даже в простейшем случае изотропной пластины [4] требуют довольно громоздких численных расчетов, поэтому желательно найти наиболее простые точки дисперсионных кривых, либо асимптоты, позволяющие ориентироваться в поведении всего семейства.

В полном наборе нормальных волн обычно выделяют нулевую нормальную волну, для которой волновое число действительно на всех частотах. Для всех остальных нормальных волн волновое число действительно только на частотах выше некоторых критических значений, определяемых либо условием $k_1 = 0$, либо равенством нулю групповой скорости.

Численные результаты расчетов полного спектра нормальных волн для анизотропного волновода выполнены для пластин из двух типов пьезокерамики: ЦТС (цирконат титанат свинца, $c_{55} = 0,2$) и BaCaTiO₃ (титанат бария, $c_{55} = 0,3$). Параметры пьезокерамики соответствуют справочным данным [6]. Учет упругой анизотропии не приводит к изменению критических частот, определяемых из условия $k_1 = 0$.

Для организации численных расчетов спектра волновых чисел и для определения их асимптотики важно определить низкочастотные пределы дисперсионных кривых, т.е. точки выхода дисперсионных кривых на плоскости комплексного переменного при $k_i = 0$. За начальное приближение точек выхода дисперсионных кривых брались точки выхода для изотропного волновода [4].

Спектр безразмерных волновых чисел рассчитывался по трем отдельным программам: комплексные моды; действительные моды; мнимые моды. Для уточнения действительных и мнимых корней использовалась библиотечная программа MREGF – вычисление действительного корня трансцендентного уравнения внутри интервала модифицированным методом Regula falsi. Для уточнения комплексных корней применялась программа STEM1 – вычисление заданного числа комплексных корней трансцендентного уравнения методом Мюллера.

На рис. 1 и 2 представлены дисперсионные кривые: частотные зависимости безразмерного волнового числа $k_1 h$ симметричных нормальных волн от частоты (безразмерного частотного параметра $k_i h$). Действительные и чисто мнимые ветви дисперсионных кривых изображены сплошной линией, а комплексные – штриховой.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Учет анизотропии для действительных ветвей приводит к увеличению фазовой скорости нормальных волн. Аналогичная закономерность для стержневого волновода отмечена ранее в работах [2, 3].

2. Для пьезокерамики со слабой анизотропией (например, титанат бария) учет анизотропии для комплексных ветвей не приводит к существенным качественным изменениям. Аналогичный результат получен в статье [7] для антисимметричных колебаний пьезоэлектрической плиты.

3. Для пьезокерамики со значительной анизотропией (например, ЦТС) отличия от изотропного варианта [4] в области мнимых значений волновых чисел весьма существенны. Сильная анизотропия приводит к значительному сдвигу точек выхода диспер-

сионных кривых на плоскости комплексного переменного. Более того, часть мод зарождается с чисто мнимыми значениями постоянной распространения и, минуя область комплексных значений постоянной распространения, переходит в область действительных значений постоянной распространения на критических частотах.

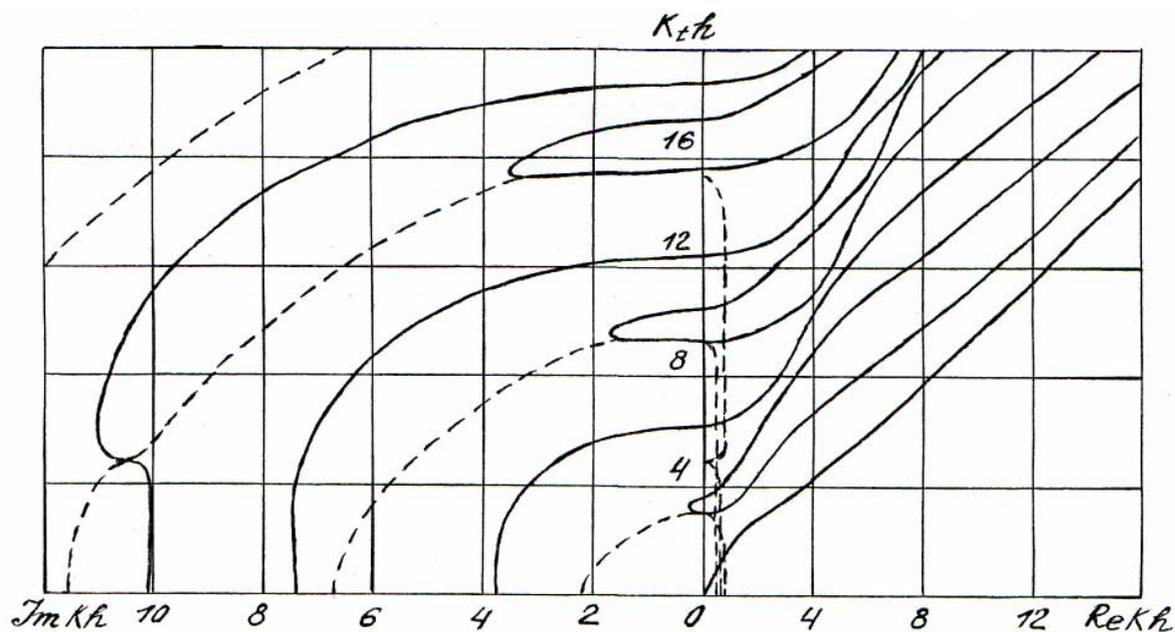


Рис. 1. Дисперсионные кривые безразмерного волнового числа симметричных нормальных волн для анизотропного волновода, $c_{55} = 0,2$

Fig. 1. Dispersion curves of undimensional wave number of symmetrical normal waves for anisotropic waveguide, $c_{55} = 0,2$

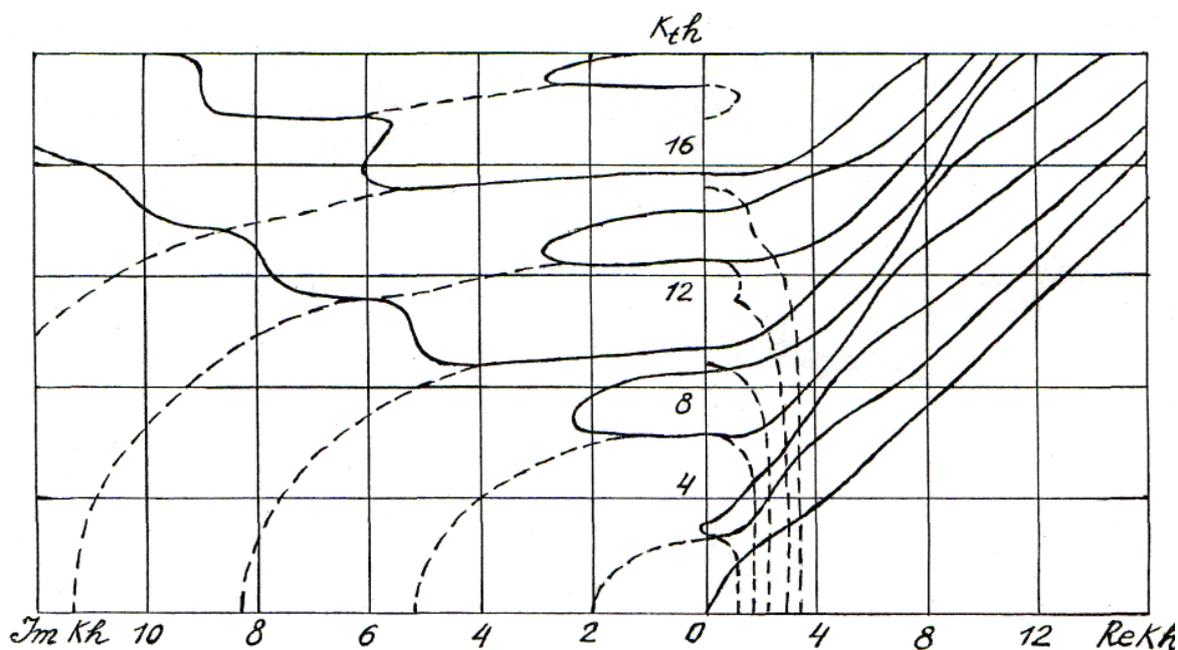


Рис. 2. Дисперсионные кривые безразмерного волнового числа симметричных нормальных волн для анизотропного волновода, $c_{55} = 0,3$

Fig. 2. Dispersion curves of undimensional wave number of symmetrical normal waves for anisotropic waveguide, $c_{55} = 0,3$

Список литературы

1. Физическая акустика / под ред. У. Мэзона. – М.: Мир, 1966. – Т. 1. – Ч. А. – 592 с.
2. Ивина Н.Ф., Нормальные волны в анизотропном пьезоактивном волноводе [Текст] / Н.Ф. Ивина, Б.А. Касаткин // Дефектоскопия. – 1975. – № 4. – С. 27-32.
3. Ивина Н.Ф. Численный анализ дисперсионных соотношений для нормальных волн пьезоактивного волновода [Текст] / Н.Ф. Ивина, Б.А. Касаткин // Акустический журнал. – 1982. – Т. 28, № 4. – С. 516-520.
4. Балабаев С.М. Симметричные и антисимметричные цилиндрические нормальные волны в волноводе типа пластины [Текст] / С.М. Балабаев, Н.Ф. Ивина // Научные труды Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – Вып. 22. – Ч. 1. – С. 112-116.
5. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т. 7. Теория упругости [Текст] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1965. – 203 с.
6. Пьезокерамические преобразователи / под ред. С.И. Пугачева. – Л.: Судостроение, 1984. – 256 с.
7. Мадорский В.В. Построение системы однородных решений и анализ корней дисперсионного уравнения антисимметричных колебаний пьезоэлектрической плиты [Текст] / В.В. Мадорский, Ю.А. Устинов // Журнал прикладной механики и технической физики. – 1976. – № 6. – С. 138-145.

Сведения об авторах: Балабаев Сергей Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор;

Ивина Наталья Федоровна, доктор технических наук, профессор.

УДК 639.2.081.117.213

В.А. Кузик

ООО «Приморская фабрика орудий лова»,
692911, г. Находка, ул. Судоремонтная, 7

ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ ТРАЛА ПРИ БЛИЗНЕЦОВОМ ЛОВЕ

Обеспечение симметрии трала при близнецовом лове представляет определенные трудности. Изложены основные причины, вызывающие перекосы тралов, и их устранение.

Ключевые слова: близнецовый трал, траловый лов.

V.A. Kuzik

TRAWL NET TOWING TECHNIQUES IN PAIR TRAWLING

Providing symmetry of the trawl in pair trawling presents certain difficulties. The main causes for the distortion of the trawl in pair trawling and the ways to address this problem are described in this article.

Keywords: pair trawl, trawl fishing.

Близнецовый траловый промысел ведется в сравнительно небольших объемах, но до настоящего времени в практике имеет место. Важные моменты, возникающие при этом виде промысла, не отражены в соответствующих печатных изданиях. Практически во всех изданиях, посвященных близнецовому траловому промыслу, в основном излагается техника спуска, подъема трала, передачи ваера, техника безопасности с учетом особенностей судов. Наиболее полно и обстоятельно о близнецовом лове тралом отражено у С.Е. Шевцова [1].

В 1978 г. в районе Южных Курил и восточного побережья Японии в летний период на промысле скумбрии суда типа БМРТ, РТМ-А из-за повышенной подвижности объекта не могли работать достаточно эффективно. Были начаты работы по освоению и переводу крупнотоннажных судов ведения промысла близнецовым способом. Результат оказался достаточно эффективным, и этим способом стали работать суда многих предприятий Дальневосточного бассейна.

По итогам работы крупнотоннажных судов близнецовым способом были выпущены листки технической информации, брошюры авторов Г.И. Евсикова «Близнецовый поверхностный траловый лов скумбрии и сардины с крупнотоннажных судов», Г.Л. Меркина «Близнецовый промысел судов типа БМРТ, РТМ, ЗРС».

В том же году на конференции по промышленному рыболовству в Севастополе выступали с докладами представители Приморского края, Сахалина, Камчатки по работе близнецовыми тралами с крупнотоннажных судов.

Жалобам добытчиков на то, что часто имеют место значительные порывы сетной части трала, особого значения не придавалось. Считалось, что, применив тралы повышенной прочности, проблема будет решена.

В 1979 г. в северной части Японского моря в районе о-ва Монерон небольшая группа судов типа РТМА, БМРТ Находкинской БАМР в летний период начала промысел близнецовым способом сардины. Сардина в это время находилась в поверхностных слоях воды, была подвижной, и уловы одиночным судном были незначительные.

Автор данной статьи в начальный период промысла сардины находился в этой экспедиции флагманским специалистом по добыче и обратил внимание, что при тралении процент нагрузки на главные двигатели судов, идущих в паре, был разный и в процессе траления значительно менялся, хотя суда шли ровно относительно друг друга.

Если показания процента нагрузки на главные двигатели соответствуют тяговому усилию судов, то трал должен идти во время траления со значительным перекосом. Для проверки этого начали измерять натяжение ваеров одновременно на двух судах.

В связи с отсутствием на судах приборов для измерения натяжения ваеров был применен наиболее практичный, удобный метод, изложенный автором данной статьи в журнале «Рыбное хозяйство», № 9 за 1974 г. Суть метода в том, что ваер, свободно провисающий над палубой, подобен струне. Если ваер раскачать, то частота колебаний зависит от натяжения. Обычно за 10 с подсчитывалось количество колебаний одновременно на двух судах и сравнивалось между собой. Натяжение ваеров проверяли в паре двух БМРТ (2000 л.с.), где при рабочем натяжении 7-10 т число колебаний 2,5-3,5 Гц и их легко можно было посчитать.

Измерения подтвердили большую разницу в натяжении ваеров. Чтобы выровнять натяжение, приходилось перетравливать или выбирать по 15-25 м ваера и более. При повторном измерении через 5-10 мин опять приходилось подравнивать ваера. Постоянные наблюдения в течение нескольких дней промысла показали, что трал работает практически все время в условиях больших перекосов. Разница в натяжении ваеров доходила до 2 раз, вероятно, это и является основной причиной порывов тралов.

По данным Г.И. Евсикова [2], по итогам работы камчатских и сахалинских судов в 1978 г. количество аварийных тралений более 10 % от общего количества тралений, хотя тралы вели у поверхности, не касаясь грунта и без полной нагрузки на главные двигатели.

Анализ всех обстоятельств (влияние ветра, его направление) и других факторов при выяснении причин таких больших перекосов привело автора к следующему выводу.

При тралении одиночного судна, в случае отклонения ваеров от диаметральной плоскости судна, внешний ваер для избежания перекоса трала перетравливается на величину $D \times \sin(a)$, где D – расстояние между ваерными блоками, a – средний угол отклонения ваеров от диаметральной плоскости судна. При близнецовом лове D уже есть расстояние между судами.

Например, при дистанции между судами 150 м и среднем отклонении ваеров 10° разность в длине ваеров составит 26 м, т.е. даже при небольшом отклонении ваеров по-прежнему является значительный перекос трала.

При рассмотрении разных вариантов решения проблемы ведения трала без перекосов автором было предложено отказаться от традиционной схемы, по которой суда идут относительно друг друга без смещения по ходу движения.

Предложено на двух однотипных судах, буксирующих трал, установить одинаковый процент нагрузки на главные двигатели и не обращать внимания на смещение судов относительно друг друга по ходу движения. Была дана рекомендация флоту, и суда стали проводить траление по этому принципу. При одинаковой нагрузке на главные двигатели однотипных судов их тяговое усилие практически одинаковое, при этом и натяжение ваеров одинаковое и отсутствует перекос трала. Конечно, вследствие некоторого несоответствия показаний процента нагрузки на главный двигатель тяговому усилию у разных судов возникает некоторый перекос трала. Но он многократно меньше, чем при буксировке трала по общепринятой схеме.

Если на судах имеется возможность точно определять натяжение ваера, можно корректировать процент нагрузки на главные двигатели судов, работающих в паре.

При работе по старой схеме наибольшее число порывов наблюдалось у разнотипных судов, отличающихся размерами корпусов и мощностью главного двигателя. В этом случае необходимо иметь данные о величине тягового усилия судна в зависимости от оборотов, показаний ВРШ.

В процессе работы по предложенной схеме было видно, как суда постоянно смещаются относительно друг друга по направлению движения. При пересечении поверхностного течения, которых было достаточно в этом районе, и смещении трала возникал перекося.

Судно, у которого натяжение ваера возрастало, начинало отставать от другого судна, натяжение выравнивалось, перекося трала устранялся, т.е. происходила автоматическая регулировка натяжения ваеров. При этом облегчалась работа судоводителей, не было необходимости постоянно добавлять, уменьшать ВРШ или обороты винта [3].

Наиболее эффективен промысел близнецовым способом объектов у поверхности.

С начала 80-х гг. скумбрия и сардина начали исчезать и тема близнецового промысла с крупнотоннажных судов перестала быть актуальной, хотя в Дальневосточном регионе и до настоящего времени имеются объекты, промысел которых можно вести близнецовым способом.

В Японском море южнокорейские рыбаки в достаточно больших объемах ведут промысел кальмара. В ночное время под днищем осветителя, собирающего кальмар, проводят близнецовый трал. Недостаточно проверена возможность облова сайры. При работе в одиночном варианте на промысле скумбрии тралом имелись случаи вылова сайры до 5 т, хотя размер ячеи в мешке был достаточно большой (30 мм). Также в дальневосточных морях имеются и другие объекты для близнецового лова.

Приморская экспериментальная база проводила немало разработок и испытаний близнецовых тралов для средних и малотоннажных судов. Ряд проверок на промысле экспериментальных тралов были неудачными и связаны с порывами тралов. Причинами в отчетах [4] о проведенных работах назывались погрешность в длине ваеров, неравномерность движения судов, что приводило к обрыву делей от топчантов и подбор.

При работе по новому принципу ведения трала погрешность в длине ваеров не имеет никакого значения и не влияет на перекося трала.

Перекося трала кроме его порывов имеют много отрицательных последствий. Это уменьшение улова, повышенная объежка сетного полотна, переползание узлов сетного полотна, особенно у полиэтиленовых делей.

Представления о ведении близнецового трала были проверены, отработаны в сравнительно давний период и сохраняют актуальность в наше время.

Список литературы

1. Шевцов С.Е. Близнецовый лов [Текст] / С.Е. Шевцов. – Рига: Изд-во «Знание», 1970.
2. Евсиков Г.И. Близнецовый поверхностный траловый лов скумбрии и сардины с крупнотоннажных судов [Текст] / Г.И. Евсиков. – Владивосток: ОНТИ ЦПКТБ Дальрыбы, 1980.
3. Рейсовый отчет капитана БМРТ «Бикин» Находкинской БАМР 1979 г. Салина Г.М.
4. Технический отчет «Приморской экспериментальной базы» по внедрению новой техники и экспериментальным работам в промышленном рыболовстве за 1981 г.

Сведения об авторе: Кузик Вячеслав Андреевич, технолог ООО «ПФОЛ»; e-mail: vak_49@mail.ru.

УДК 639.2.081.117.212(06)

А.А. Недоступ, Д.А. Володько

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

К ОБОСНОВАНИЮ МЕТОДА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАЗНОГЛУБИННЫХ И ДОННЫХ СЕТЕЙ

Приводятся результаты физических экспериментов, проводимых с моделями пространственных сетей (3D) в гидроканале ЗАО «МариНПО». Получены эмпирические зависимости, связывающие силовые и геометрические характеристик пространственных сетей. Ошибка аппроксимирующих зависимостей составляет не более 8 %. Приводится метод расчета силовых и геометрических характеристик пространственных разноглубинных и донных рыболовных сетей.

Ключевые слова: эксперимент, пространственная сеть, гидроканал, коэффициент сопротивления, ПС, 3D.

A.A. Nedostup, D.A. Volodko

TO A SUBSTANTIATION OF A METHOD OF CALCULATION OF FORCE AND GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF SPATIAL PELAGIC AND BOTTOM GILL NETS ARE DESCRIBED

In article conclusions results of physical experiments, spent with models of spatial gill nets in flume tank «МариНПО». Empirical dependencies was derived, that link up forces and geometric characteristics of spatial nets. The mistake of approximating dependencies are no more than 8 %. The method of calculation of force and geometric characteristics of spatial pelagic and bottom gill nets are described.

Key words: experiment, spatial gill net, flume tank, coefficient of resistance, 3D.

Введение

Сетные рыболовные орудия представляют собой сети пространственной формы (далее ПС). Даже самые простые орудия лова, такие, как ставные и плавные сети, которые при изготовлении представляют собой прямоугольные сетные полотна, в условиях эксплуатации под действием течения воды или при «сплывании» прогибаются, принимая пространственную форму или сетную оболочку 3D. Пространственная сеть также является частью более сложных орудий лова, таких, как крыло ставного невода, стенка кошелькового невода, закидной невод в процессе замёта и др. Исследованию пространственных сетей посвящены работы ученых: М. Tauti [1], Т. Kawakami [2], Y. Miyazaki [3], К. Matuda [4-6], А.И. Зонова [7], Э.П. Иванова [8, 9], Ю.А. Изнанкина [10], В.А. Свекло [11], S. Hianwei [12], М.М. Rozenshtein [13, 14], С.W. Lee, G.H. Lee, М.Y. Choe, М.K. Lee [15], но до сих пор вопрос определения связи геометрических и силовых характеристик сетной оболочки (пространственной сети) остается актуальным.

Актуальность исследования пространственных сетей заключается в определении зависимости геометрических параметров сети от нагрузок, действующих в ней [16, 17].

Известно, что для изучения различных физических явлений, происходящих в сетных орудиях рыболовства, применяются как теоретические, так и экспериментальные методы исследований. В большинстве областей человеческой деятельности используются оба эти метода, которые хорошо дополняют друг друга, особенно при рассмотрении сложных явлений. Сущность теоретических исследований процессов и явлений за-

ключается в составлении описывающих их конечных или дифференциальных уравнений и последующем их решении совместно с условиями однозначности. Однако во многих случаях при изучении сложных явлений составление адекватных математических их описаний вызывает значительные трудности, в других случаях решение уже составленных уравнений требует преодоления больших математических проблем, не всегда удается определить условия однозначности и т.д. Таким образом, возможности теоретических методов исследования не безграничны, они, как правило, применимы лишь для решения сравнительно простых задач.

Так, в связи со специфическими особенностями орудий рыболовства по сравнению с другими инженерными сооружениями – гибкостью, формоизменяемостью и проницаемостью – большинство случаев их движения в воде ещё не имеет соответствующих математических описаний, хотя в последнее время и проводится большая исследовательская работа в этом направлении [18]. В тех случаях, когда с помощью теоретических методов и исследований не удаётся решить ту или иную задачу, используют экспериментальные методы. Последние включают в себя методы натурного эксперимента и методы эксперимента с моделями. В настоящей статье приводятся результаты экспериментальных исследований силовых и геометрических характеристик моделей пространственных сетей.

Объекты и методы исследований

Запишем уравнение равновесия разноглубинной сети (1) и донной сети (2) при повороте оси OY на 180° (рис. 1, 2):

$$R^2 = (G + q - R_y)^2 + R_x^2 + R_z^2, \quad (1)$$

$$R^2 = (Q - q - R_y)^2 + R_x^2 + R_z^2. \quad (2)$$

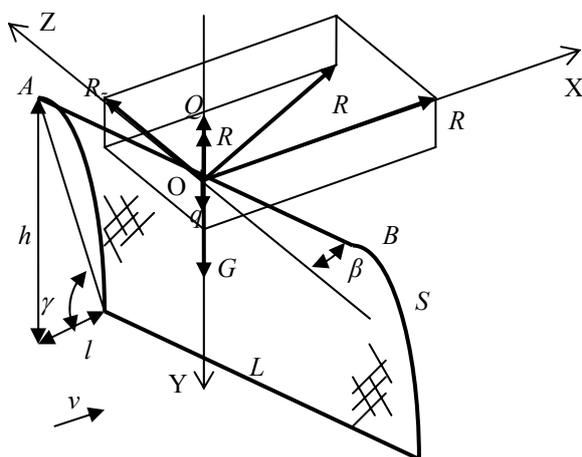


Рис. 1. Форма ПС и действующие силы
Fig. 1. The form SGN and working forces

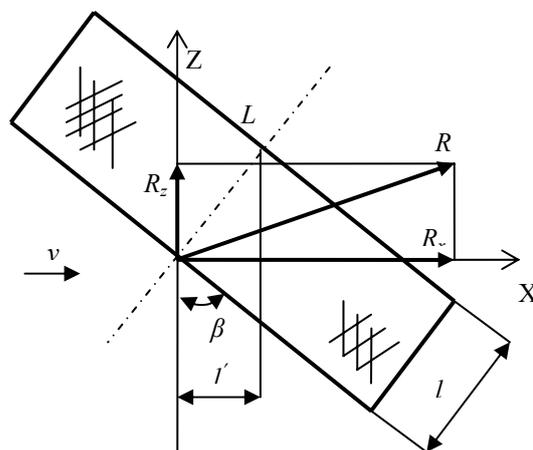


Рис. 2. Вид сверху на ПС
Fig. 2. The top view on SGN

На рис. 1 и 2 изображены характеристики ПС: v – скорость потока воды; R_x – гидродинамическая сила сопротивления; R_y – распорная сила; R_z – боковая сила; Q – плавучесть оснастки верхней подборы; R – результирующая сила; γ – угол наклона ПС к плоскости OZX; h – вертикальная проекция ПС; l – горизонтальная проекция ПС; l' – смещение нижней подборы ПС по оси OX; β – угол поворота ПС к плоскости OZY.

Разделим уравнения (1) и (2) на R_x . Для разноглубинной сети, с учетом $\psi = G / R_x$, $\zeta = q / R_x$ (q – вес сети в воде), $\xi = R_y / R_x$, а $\chi = \psi + \zeta - \xi$, и для донной сети, с учетом $\psi = Q / R_x$, а $\chi = \psi - \zeta - \xi$, [17, 18]:

$$\kappa = \sqrt{\left(\frac{R}{R_x}\right)^2 - 1} = \sqrt{\chi^2 + \eta^2}, \quad (3)$$

где $\eta = R_z / R_x$ – безразмерная боковая сила.

Для разноглубинной ПС:

$$\kappa = \sqrt{(\psi + \zeta - \xi)^2 + \eta^2}. \quad (4)$$

Для донной ПС:

$$\kappa = \sqrt{(\psi - \zeta - \xi)^2 + \eta^2}. \quad (5)$$

Из рис. 3 определим горизонтальную проекцию условной высоты сети S'' по оси $OX l''$:

$$l = \frac{l'}{\cos \beta}, \quad (6)$$

$$l'' = \frac{l'}{\cos^2 \beta}, \quad (7)$$

$$S'' = \frac{S}{\cos \beta}. \quad (8)$$

Гидродинамические силы, действующие в ПС, изображены на рис. 4 (где R_{xyz} – результирующая гидродинамических сил).

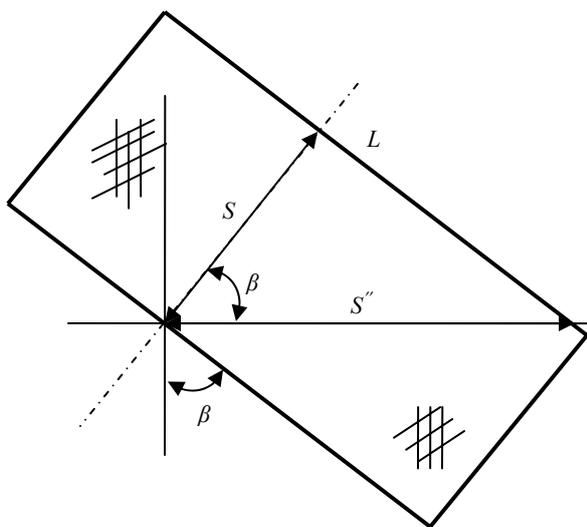


Рис. 3. Проекция ПС на плоскость OXZ
Fig. 3. Projection SGN to plane OXZ

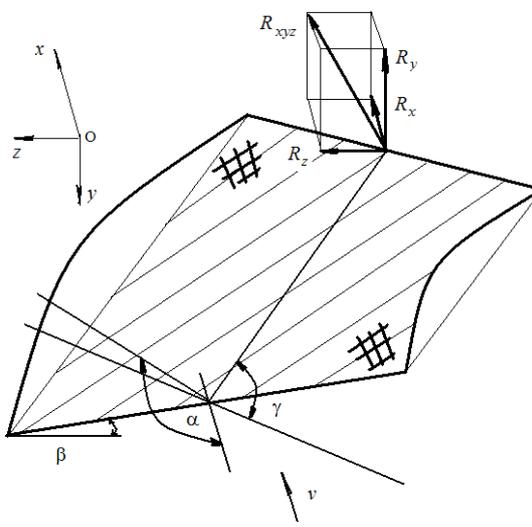


Рис. 4. Гидродинамические силы, действующие в ПС
Fig. 4. The hydrodynamical forces working in SGN

$$\left. \begin{aligned} R_x &= c_x \frac{\rho v^2}{2} F_n \\ R_y &= c_y \frac{\rho v^2}{2} F_n \\ R_z &= c_z \frac{\rho v^2}{2} F_n \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где c_x , c_y и c_z – гидродинамические коэффициенты; F_n – площадь ниток ПС, ρ – плотность воды,

$$\left. \begin{aligned} c_x &= c_0 + (c_{90} - c_0) \sin \alpha_x \\ c_y &= 0,25c_{90}F_0 (6\alpha_y - 3,85\alpha_y^2) \\ c_z &= 0,25c_{90}F_0 (6\alpha_z - 3,85\alpha_z^2) \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где $c_{90} = 16(2F_0/\text{Re})^{0,28}$ – коэффициент сопротивления сети, расположенной перпендикулярно потоку воды; $c_0 = F_0\text{Re}^{-0,165}$ – коэффициент сопротивления сети, расположенной параллельно потоку воды; α_x , α_y и α_z – углы, характеризующие ориентацию ПС в пространстве, зависящие от углов β и γ , которые в свою очередь зависят от безразмерных сил χ и η ; F_0 – сплошность ПС.

Для оценки углов β и γ необходимо определить связь геометрических и силовых характеристик ПС, построив экспериментальные зависимости (11):

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{S} &= f(\kappa) \\ \frac{l'}{S} &= f(\kappa) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где $\lambda = h/S$ – безразмерная вертикальная проекция; $\omega = l'/S$ – безразмерная горизонтальная проекция, а также значения безразмерных сил для ставной сети [17, 18].

Отметим, что при $\gamma = 0^\circ \rightarrow \alpha = 0^\circ$, при $\gamma = 90^\circ \rightarrow \alpha = 90^\circ - \beta$. Определение явных зависимостей (11) позволит рассчитывать силовые и геометрические характеристики пространственных сетей различных орудий рыболовства.

Экспериментальная часть

Эксперименты с сетными конструкциями проходили в гидроканале ЗАО «МариН-ПО» (г. Калининград) [19]. Конструктивные характеристики моделей сетей приведены в таблице.

Конструктивные характеристики моделей разноглубинных ПС Constructive characteristics of models of mid-water SGN

Модель	Диаметр нитей d , мм	Шаг ячеек a , мм	Длина сети L , м	Высота сети S , м	Площадь ниток F_n , м ²	Сплошность сети F_0	Вес в воде сети q , Н	Загрузка нижней подборы (вес в воде) G , Н
1	1,2	30	1,5	1,7	0,26	0,102	0,3	0-5,75
2	2,0	200	1,44	1,86	0,08	0,03	0,1	0-2,3
3	2,0	30	0,99	1,4	0,161	0,13	0,24	2,3-3,45

Опыты с моделями сетей проводились в диапазоне скоростей 0,2-0,4 м/с, с различной загрузкой G и углом поворота ПС к плоскости OZY β (см. рис. 1 и 2).

Тензодатчики для измерения силы сопротивления ПС крепились к точкам A и B . Все измерения проводились тензометрической станцией МІС-200. Как только скорость потока становилась постоянной, с помощью угломеров замерялись h и l' . Одновременно замерялись силы натяжения в точках крепления тензодатчиков с помощью тензостанции МІС-200 [17, 18]. Фотографии моделей ПС представлены на рис. 5 и 6.

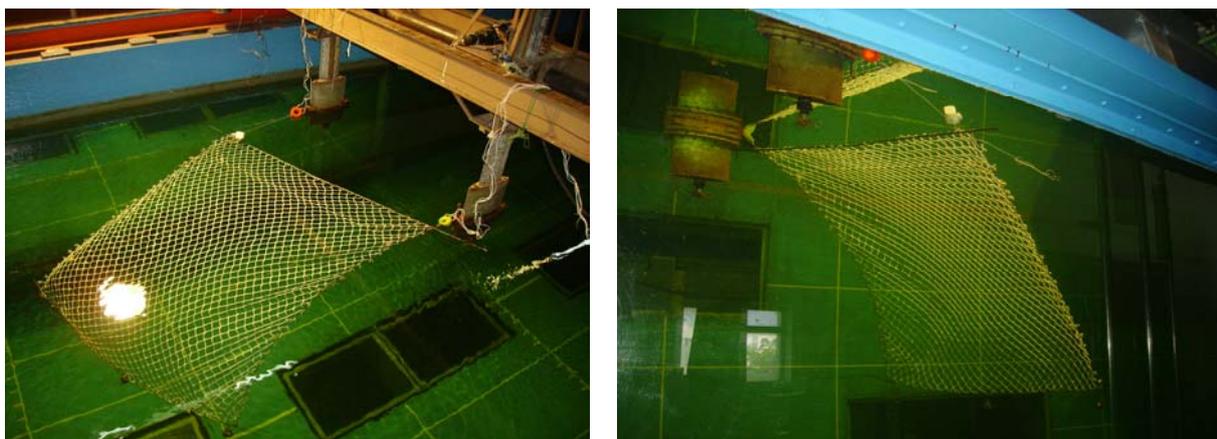


Рис. 5. Модель разноглубинной ПС №1
Fig. 5. Model of a mid-water SGN №1

На основании показаний тензодатчиков определены значения сил сопротивления R_x пространственных рыболовных сетей. С помощью формулы (12) определены значения коэффициентов сопротивления ПС:

$$\tilde{n}_x = 2R_x / (\rho v^2 F_n). \quad (12)$$



Рис. 6. Модель разноглубинной ПС №2
Fig. 6. Model of a mid-water SGN №2

На основании экспериментальных данных определены значения безразмерных параметров раскрытия ПС λ и ω . На рис. 7 и 8 изображены экспериментальные зависимости $\lambda = f(\kappa)$ и $\omega = f(\kappa)$.

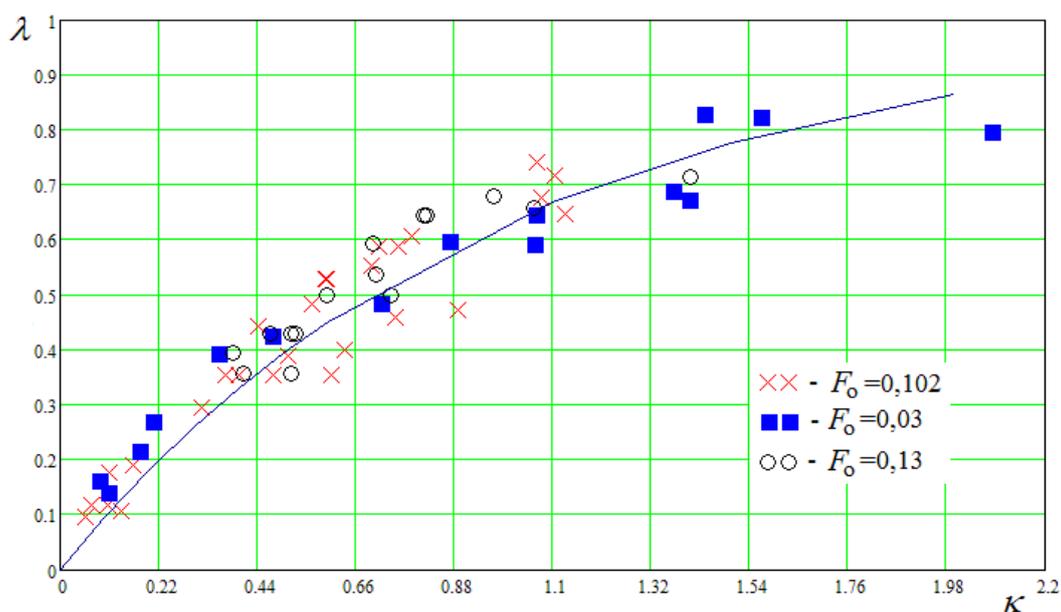


Рис. 7. График зависимости $\lambda = f(\kappa)$
 Fig. 7. The schedule of dependence $\lambda = f(\kappa)$

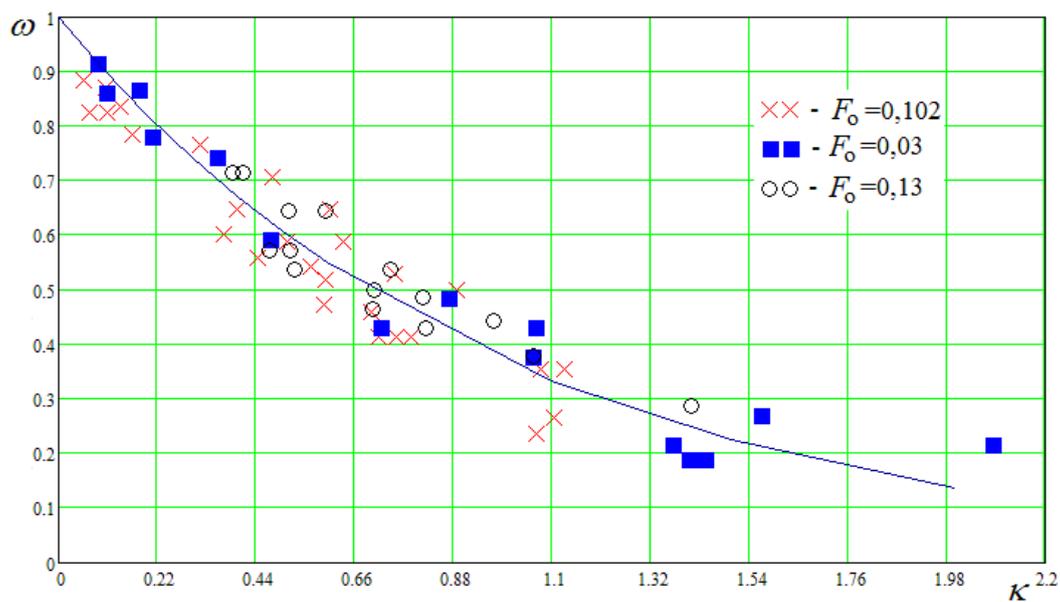


Рис. 8. График зависимости $\omega = f(\kappa)$
 Fig. 8. The schedule of dependence $\omega = f(\kappa)$

Результаты и их обсуждение

На основании результатов исследований характеристик ставных сетей и исследований характеристик ПС зависимости $\lambda = f(\kappa)$, $\omega = f(\kappa)$ имеют вид:

$$\lambda = 1 - e^{-\kappa}, \quad (13)$$

$$\omega = e^{-\kappa}. \quad (14)$$

Отметим, что при условии $\beta = 0^\circ \rightarrow \kappa = \chi$. Угол α может быть представлен в виде:

$$\alpha = \operatorname{arctg}(h/l), \quad (15)$$

или с учетом $l' = l \cos \beta$:

$$\alpha = \operatorname{arctg}(h/l \cos \beta). \quad (16)$$

Угол γ может быть представлен в следующем виде:

$$\gamma = \operatorname{arctg}(h/l). \quad (17)$$

Исходя из (16) и (17), угол α представим в виде

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{\tan \gamma}{\cos \beta}\right). \quad (18)$$

Разделим выражение (13) на (14), получим:

$$\frac{\lambda}{\omega} = \frac{h}{l} = e^\kappa - 1. \quad (19)$$

С учетом (15), (18) и (19) получим:

$$e^\kappa = \frac{\tan \gamma}{\cos \beta} + 1, \quad (20)$$

или

$$\kappa = \ln\left(\frac{\tan \gamma}{\cos \beta} + 1\right). \quad (21)$$

Выражения (20) и (21) характеризуют связь силовых характеристик пространственной сети с ее геометрическими характеристиками.

Таким образом, на основании выражений (4)-(21) можно определить геометрические и силовые характеристики пространственной рыболовной сети (разноглубинной или донной) при условии, что величина угла β в первом приближении известна (к примеру – подбора сети приняла форму цепной линии). Рассмотрим поэтапно метод расчета разноглубинной ставной пространственной сети (рис. 9).

Введем допущения: вектор скорости течения воды v направлен вдоль оси ОХ (см. рис. 9); верхняя и нижняя подборы находятся в плоскости ОХZ; в приведенном примере при расчете характеристик ПС длину сети разбили на шесть равных участков.

1. Разобьем ПС на шесть равных участков (по длине): $OA = AB = BC = O_1A_1 = A_1B_1 = B_1C_1$, причем (введено допущение): $OA = A_1B_1 = B_1C_1 = O_1A_1 = A_1B_1 = B_1C_1$ (рис. 10, 11).

2. Определяем значение угла θ (рис. 10) при $v = 0$.

3. Рассчитываем характеристики ПС без учета выдувания по длине сети (при заданной скорости течения v).

4. Определяем значения углов θ и δ (рис. 12) при условии, что верхняя подбора сети приняла форму цепной линии.
5. Определяем форму шести участков ПС по формулам (13)-(21).
6. Уточняем значения углов θ и δ и форму верхней подбора ПС.
7. Уточняем форму шести участков ПС по формулам (13)-(21).
8. Определяем силовые и геометрические характеристики пространственной разноглубинной рыболовной сети, закрепленной с помощью якорей.

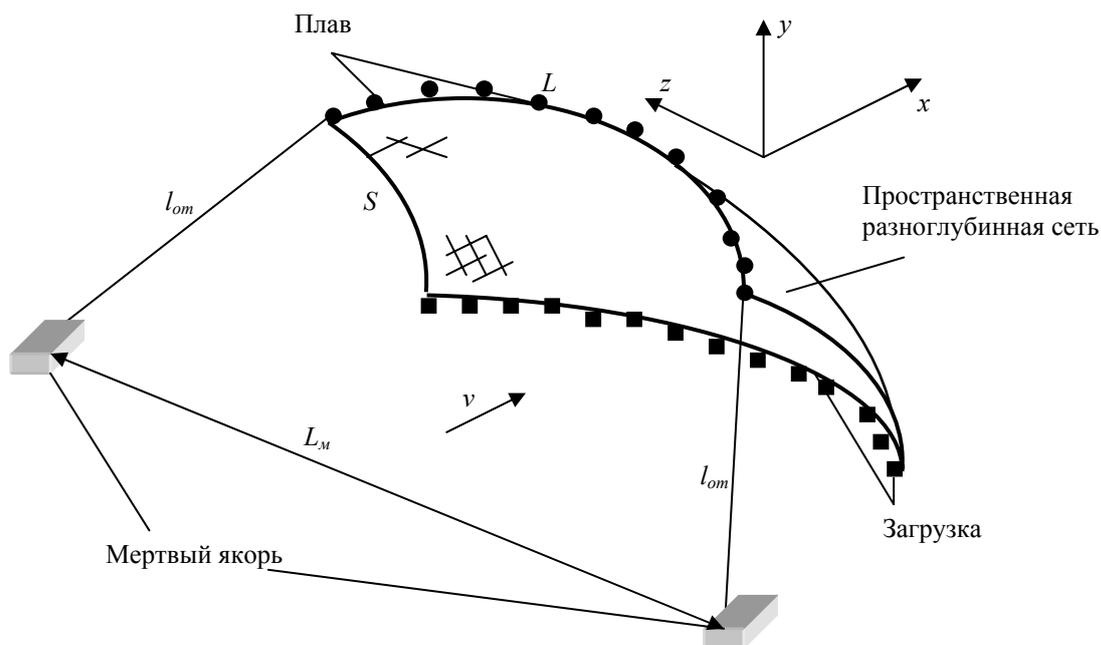


Рис. 9. Форма разноглубинной ставной пространственной сети, закрепленной с помощью оттяжек и якорей
 Fig. 9. The form mid-water the SGN fixed with the help of delays and anchors

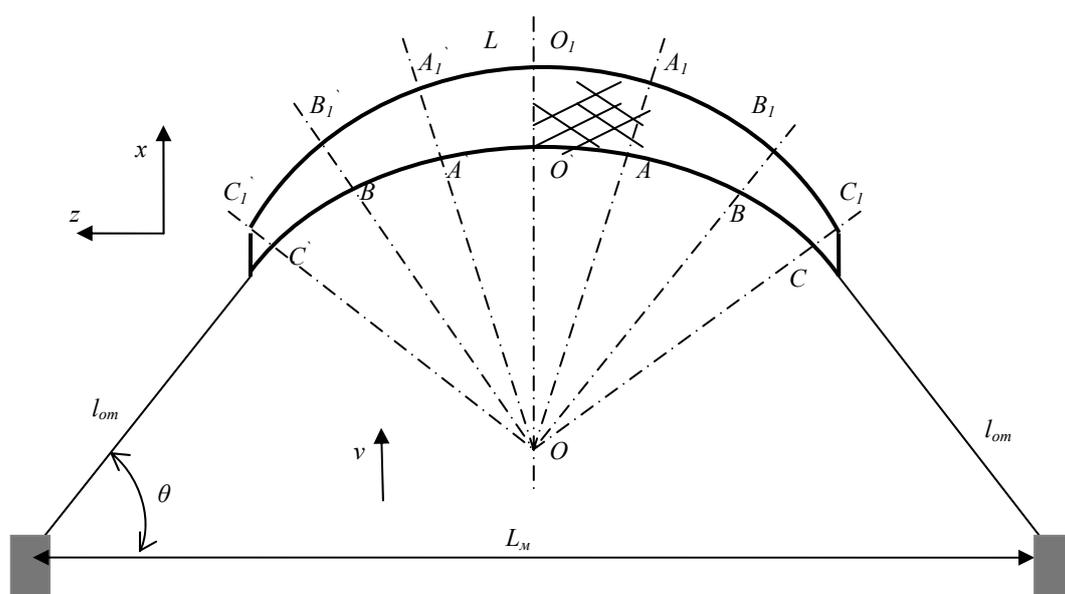


Рис. 10. Форма разноглубинной ставной пространственной сети в плоскости OXZ
 Fig. 10. The mid-water the SGN in plane OXZ

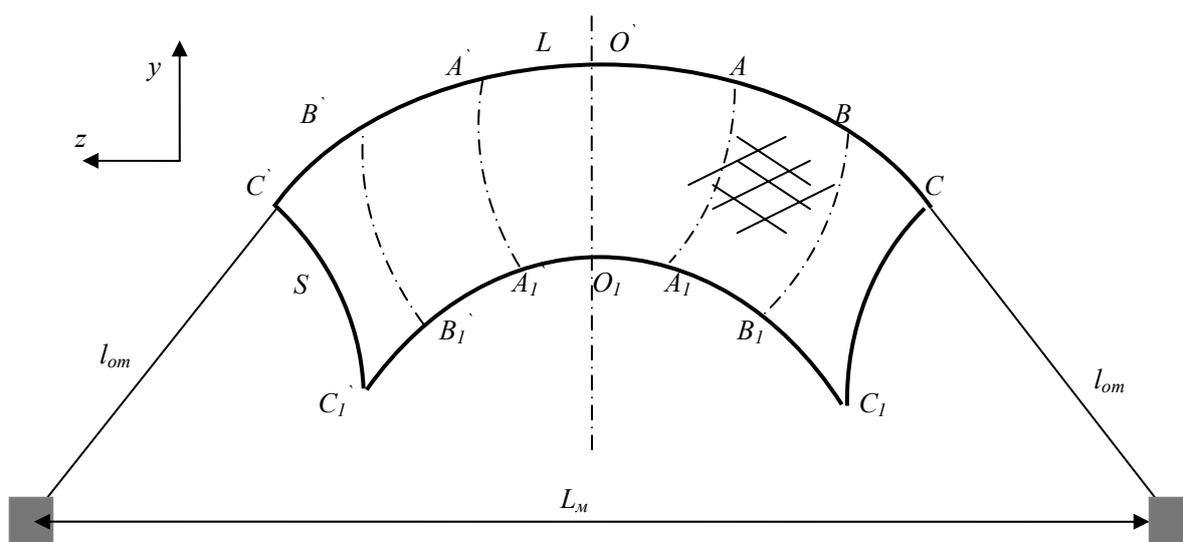


Рис. 11. Форма разноглубинной ставной пространственной сети в плоскости OYZ
 Fig. 11. The mid-water the SGN in plane OYZ

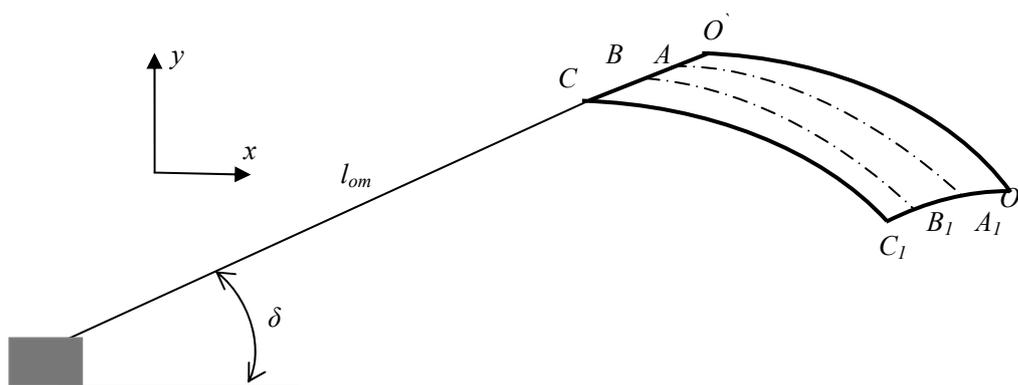


Рис. 12. Форма разноглубинной ставной пространственной сети в плоскости OXY
 Fig. 12. The mid-water the SGN in plane OXY

Заключение

Получены эмпирические зависимости (13)-(21), связывающие силовые и геометрические характеристики пространственных сетей. Ошибка аппроксимирующих зависимостей составляет не более 8 %.

Приведенный в статье метод расчета позволяет определить следующие характеристики ПС: форму пространственной рыболовной сети; действующие в сети силы; положение верхней и нижней подбор сети; натяжение в оттяжках.

Метод также позволяет подобрать: необходимую оснастку подбор сети для эффективной ее эксплуатации; необходимую длину оттяжек и их материал; якоря.

Статья подготовлена в рамках выполнения гранта РФФИ № 11-08-00096-а.

Список литературы

1. Tauti M. The force acting on the plane net in motion through the water. Nippon Suisan Gakkaishi 1934; 3: 1-4.
2. Kawakami T. The theory of designing and testing fishing nets in model. In: Modern fishing gear of the World 2// Fishing News Books London. – 1964. – P. 471-482.

3. Miyazaki Y. The configuration and tension of a rope a plane net set in a uniform stream. Journal of the Tokyo Univ. – 1970. –Vol. 56, № 1-2. – P. 49-117.
4. Matuda K. Model experiment on the sweeping trammel net. Reprinted from memoirs of the college of agriculture, Kyoto Univ. – 1972. – № 103. – P. 18-32.
5. Matuda K. Mechanical analysis of the sweeping trammel net. Reprinted from memoirs of the college of agriculture, Kyoto Univ. – 1972. – № 103. – P. 33-44.
6. Matuda K. On matching the gear size to the engine power of boats and its ideal operation in the sweeping trammel net fishery. Reprinted from memoirs of the college of agriculture, Kyoto Univ. – 1972. – № 103. – P. 53-67.
7. Зонов А.И. Геометрия рыболовной сети и ее равновесное состояние [Текст] / А.И. Зонов // Изв. ГНИИОиРРХ. – Т. 73. – 1971. – С. 96-167.
8. Иванов Э.П. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства [Текст] / Э.П. Иванов, А.Л. Фридман. – Калининград, 1973. – С. 66.
9. Иванов Э.П. Вариационные задачи теории сетных оболочек [Текст] / Э.П. Иванов // Промышленное рыболовство: тр. КТИРПиХ – Вып. LVII. – 1975. – С. 69-79.
10. Изнанкин Ю.А. Основы методики определения гидродинамического качества сети по результатам буксировок сетных мешков [Текст] / Ю.А. Изнанкин, А.А. Косов // Промышленное рыболовство: сб. трудов КТИРПиХ. – Вып. 65. – 1977. – С. 53-58.
11. Свекло В.А. О равновесии рыболовной сети [Текст] / В.А. Свекло // Тематический сборник трудов КТИРПиХ. – 1986. – С. 83-102.
12. Hianwei S. Difference methods in figuring out the configuration and tension of nets and their application in gill net design. Journal of Zhejiang College of fisheries. – 1987. – Vol. 6. № 2. – P. 83-95.
13. Rozenshtein M.M., Nedostup A.A., Popov S.V., Ermakova T.V. Some questions of numerical and physical modelling of fishing gears/ 12th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean IMAM 2007. Maritime Industry, Ocean Engineering and Coastal Resources. – London. – 2007. – P. 953-959.
14. Rozenshtein M.M., Nedostup A.A., Ermakova T.V. Physical modelling of gill net, drift net and trawl net/ 8th International workshop – Methods for the development and evaluation of maritime technologies DEMAT 2007. – Rostock. – 2007. – P. 89-100.
15. Lee C.W., Lee G.H., Choe M.Y., Lee M.K. Development of a design and simulation tool for the moored underwater flexible system // 12th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean IMAM 2007. Maritime Industry, Ocean Engineering and Coastal Resources. Taylor and Francis. – London. – 2007. – P. 935-939.
16. Недоступ А.А. К вопросу исследования силовых и геометрических характеристик пространственной сети [Текст] / А.А. Недоступ, Д.А. Володько // Инновации в науке и образовании – 2008: сб. тез. докл. VI Междунар. науч. конф. – Калининград: КГТУ, 2008. – С. 32-35.
17. Недоступ А.А. Метод расчета силовых и геометрических характеристик пространственных рыболовных сетей [Текст] / А.А. Недоступ, Д.А. Володько // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 162. – С. 407-426.
18. Недоступ А.А. Методы расчета пассивных сетных орудий внутреннего и прибрежного рыболовства [Текст]: моногр. / А.А. Недоступ. – Калининград: КГТУ, 2010. – 280 с.
19. Белов В.А. Гидродинамика нитей, сетей и сетных орудий лова [Текст] / В.А. Белов. – Калининград, 2000. – 200 с.

Сведения об авторах: Недоступ Александр Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: nedostup@klgtu.ru;

Володько Дмитрий Александрович, аспирант кафедры промышленного рыболовства, e-mail: volandkg@yahoo.com.

УДК 639.2.081.001.57

Е.В. Осипов

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

МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЯРУСОВ

Излагается общий метод проектирования ярусов различных типов на основе системного подхода.

Ключевые слова: яруса, проектирование, оптимизация.

E.V. Osipov

METHOD OF DESIGNING LONGLINE

In the given work the general method of designing of longline of various types on the basis of the system approach is stated.

Key words: longline, designing, optimization

Введение

Проектирование ярусов, как и других орудий рыболовства, в настоящее время представляет собой процесс разработки конструкции орудия рыболовства как части рыбопромысловой системы (РПС) [1]. При проектировании необходимо рассматривать процессы взаимодействия с другими частями РПС, выражая их через ограничения. Целью проектирования орудия рыболовства является создание конструкции, отвечающей требованиям заказчика. Поскольку многие решения рассматриваются на конкурсной основе, то создаваемая конструкция орудия рыболовства должна иметь характеристики, обеспечивающие ей конкурентоспособность по отношению к существующим аналогам. Такая задача не может решаться методом проектирования орудий рыболовства по прототипу, в основе которого используется теория подобия, по следующим причинам:

- выбор прототипа – очень сложная задача на современном этапе развития рыбодобывающей отрасли, поскольку отсутствует статистика эксплуатации различных конструкций орудий рыболовства;
- данный метод исключает инженерный поиск лучших решений на основе достижений науки и техники;
- этот метод проработан для задач проектирования тралов и кошельковых неводов.

Все это не позволяет использовать метод прототипа для создания конкурентно способных конструкций орудия рыболовства. В настоящее время для решения задач проектирования орудия рыболовства подходит методика оптимального проектирования орудий рыболовства, которая развивается в работах [1-3]. При решении оптимизационных задач проектирования необходимо определить критерии оптимизации и ограничения задачи. В данной работе предлагается методология проектирования и конструирования, основанная на классификации задач проектирования ярусов, представляемых в виде модулей и связей между ними.

Объекты и методы исследований

Это позволяет рассматривать такие модули независимо друг от друга, при этом их детализация может быть различна и зависеть от уровня знаний о процессе или явлении и соответственной степени формализации задач. Проектирование в этом случае пред-

ставляется на основе последовательных и параллельных процессов взаимодействий модулей. Однако разработка модульной структуры проектирования требует тщательной проработки интерфейсной части создаваемых модулей.

Для создания модулей классифицируем процессы конструирования с учетом оптимизации параметров ярусов:

1. Уловистость яруса – повышение (max).
2. Стоимость конструкции – уменьшение (min).
3. Удобство эксплуатации – повышение (max).
4. Надежность эксплуатации – повышение (max).

Классифицированные процессы будут представлять собой модули, поэтому на первом этапе опишем состав функций и задач, реализующихся в них.

Необходимо отметить, что отдельным и важным объектом любой разрабатываемой рыболовной системы является гидробионт. К характеристикам гидробионта отнесем следующие параметры: функция районирования в зависимости от района и времени года распределения по глубине, размер ротового отверстия, масса и др.

Уловистость яруса. Разделим процесс увеличения уловистости на три составляющие: 1 – конструктивные особенности яруса, 2 – качество наживки, 3 – установка яруса. При проектировании можно точно учесть только конструктивные параметры яруса, другие параметры зависят от снабжения судна, опыта и знаний рыбаков. Однако выбор конструктивных параметров яруса связан с учетом других двух параметров. В этом случае конструктивные элементы яруса должны обеспечивать максимальный доступ гидробионта к наживке и определяться функцией распределения гидробионтов по глубине. Тогда стационарные ярусы с поводцами, располагающимися в толще воды, исследуются на течениях, скорость которых определяется из характеристик района промысла, а его направление задается установкой яруса, позволяющей создать эффективное поле одорантов, выходящих из тела наживки и привлекающих гидробионтов. В ходе этого исследования производится перебор возможных конструктивных решений по реализации элементов ярусов и конструкции в целом. Однако на этот процесс накладываются ограничения, которые опишем ниже.

К конструктивным параметрам ярусов, влияющих на уловистость, относятся тип крючка, распределение крючков в толще воды, отрицательная реакция гидробионтов на элементы яруса. Уловистость крючка определяется его залавливающей схемой (рис. 1).

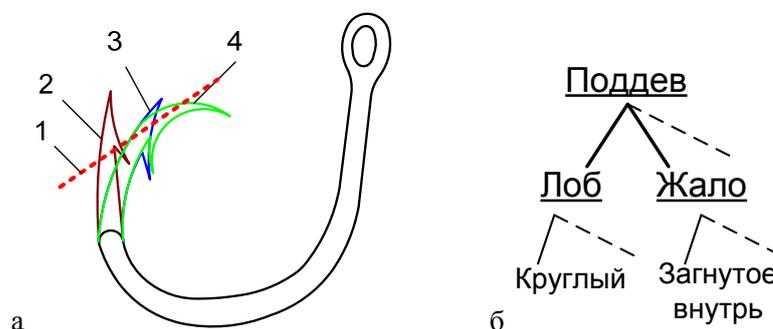


Рис. 1. Конструктивные особенности крючков [9]: а – положение наживки на разных типах крючков; б – дерево эффективных конструктивных параметров крючка (тип С);

1 – контур положения наживки на крючках типа А, В, С; 2 – тип А; 3 – тип В; 4 – тип С
 Fig. 1. Design features of hooks [9]: а – bait position on hooks of type А, В, С; б – a tree of effective design data of a hook (type С);
 1 – a contour of position of a bait on hooks of type А, В, С;
 2 – type А; 3 – type В; 4 – type С

Согласно схеме (см. рис. 1, б) крючок типа А имеет следующую показательную конструктивную схему $A \in [0;0]$, крючок типа В $\in [1;0]$, а крючок типа С $\in [1;1]$. При расчете коэффициента удержаний k^h , крючок типа А примем за начальный, тогда $k_A^h = 1$. Для других крючков коэффициент удержания будем рассчитывать по формуле [9]

$$k^h = k_A^h + \frac{\sum K^h}{n}, \quad (1)$$

где K^h – значения показателей конструктивной схемы крючка; n – количество показателей.

Для всего порядка яруса улов яруса находится по формулам

$$U = k^u n; U = \sum k_j^u n_j, \quad (2)$$

где n – количество крючков; n_j – количество крючков разных типов; k_j^u – коэффициент уловистости j типа крючка, $k^u = k^h + k^b$, $k^b \in [-1,0]$ – коэффициент уловистости наживки.

Значение улова яруса по формуле (2) выполняется в случае вероятности нахождения крючков в слое гидробионтов. Для обеспечения этого необходимо определить крючки в слое гидробионтов с помощью моделирования конструкций. Поскольку конструкции ярусов многообразны, методика моделирования должна быть универсальной, для решения этой задачи наиболее подходит объектно-ориентированный подход, базирующийся на общей библиотеке программных модулей (классах объектов), с помощью которых можно комплектовать различные рыболовные системы, а также их элементы, который изложен в работе [10]. Моделирование системы позволит определить относительное нахождение крючков в слое гидробионтов $k_m \in [0,1]$, тогда формулы (2) примут вид

$$U = k_m k^u n; U = k_m \sum k_j^u n_j. \quad (3)$$

Реакция гидробионтов на элементы яруса определяется дистанцией реагирования и задается ограничениями.

Стоимость конструкции яруса разделим на следующие составляющие:

1. Стоимость элементов яруса.
2. Стоимость эксплуатации.

Стоимость эксплуатации зависит от долговечности эксплуатации элементов и в случае разрушения – от покупки новых. Выбор материалов элементов яруса определяет стоимость и зависит от обеспечения условия надежности элементов яруса при эксплуатации.

Удобство эксплуатации разделим на следующие уровни:

1. Удобство работы, на промысле обеспечивающееся уровнем механизации.
2. Удобство работы с элементами яруса.

Особенности промышленного оборудования накладывают ограничения на характеристики элементов яруса, в свою очередь низкий уровень механизации также накладывает ограничения на эти элементы, связанные с удобством использования ручного труда.

Надежность эксплуатации связано с понятиями:

1. Безотказность работы орудия рыболовства в заданном временном интервале.
2. Надежность восстановления орудия рыболовства и его элементов.
3. Долговечность конструкции определяется ее износом или старением.

Как можно заметить, предложенные модули представляют собой решение многокритериальной задачи оптимизации, которую в нашем случае сведем к целевой функции

$$f(x) = (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \rightarrow \max, \quad (4)$$

где B_1 – блок уловистости; B_2 – блок стоимости; B_3 – блок удобства эксплуатации; B_4 – блок надежности эксплуатации; x – вектор параметров орудия лова.

В этом случае (4) интерфейсная часть модулей будет представлена в стоимостном выражении, а выбор оптимальной конструкции будет определяться максимальным значением $f(x)$.

Помимо внутренних ограничений в каждом из блоков на орудие рыболовства накладываются внешние ограничения: правила рыболовства; параметры механизмов и характеристики судов, работающих с создаваемым орудием лова; требования рынка и механизмов обработки улова к размерам гидробионтов [4], а также экологичности орудия рыболовства.

Правила рыболовства определяют размер допустимых к вылову особей и допустимый прилов особей другого размера. Для этого структурируем информацию по районам и объектам добычи, что представим в виде объектов $PR1_4$ и $PR2_2$, где $pr1_1$ – район промысла; $pr1_2$ – вид гидробионта; $pr1_3$ – допустимый к вылову минимальный размер; $pr1_4$ – допустимый прилов особей меньшего размера, %; $pr2_1$ – район промысла; $pr2_2$ – допустимый прилов неосновных объектов добычи, %.

Требования рынка и машин обработки улова к размерам гидробионтов, как правило, ограничиваются минимальным размером. Таким образом, представим их объектами TR_3 и MO_2 , где tr_1 – район промысла; tr_2 – вид гидробионта; tr_3 – минимальный размер; mo_1 – вид гидробионта; mo_2 – минимальный размер.

Правила рыболовства, требования рынка и машин обработки улова определяются селективными свойствами орудия рыболовства, для яруса это параметры крючка.

В общем случае эффективность селективных свойств можно выразить в виде интеграла [5]

$$E = \int_a^b f(x) dx, \quad (5)$$

где $f(x)$ – кривая селективности; $x \in [a, b]$; a, b – селективный участок $f(x)$.

Помимо минимального промыслового размера в правилах рыболовства может быть указан и процент прилова $c\%$ особей, меньше r_f . Поэтому при выборе оптимального орудия лова разобьем участок $[a, b]$ на два участка: $[a, r_f]$ и $[r_f, b]$ (рис. 2).

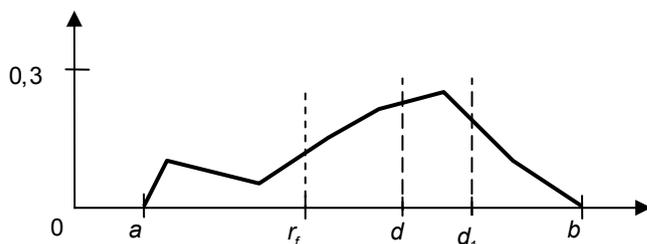


Рис. 2. Схема селективных участков
Fig. 2. The scheme of selective sites

Таким образом, алгоритм выбора оптимального селективного орудия лова имеет вид [5]:

- 1) из множества $E[n]$ создаем подмножество $E_1[m] \leq c_{\%}/100$ при $x \in [a, r_f]$;
- 2) из подмножества $E_1[m]$ выбирается $E_1[i] \rightarrow \max$ при $x \in [r_f, b]$.

Данный алгоритм можно дополнить с учетом влияния фактора рыночного спроса на рыбопродукцию определенного размера $[d, d_1]$; оптимальности работы разделочного оборудования на необходимом размерном ряде $[d, d_1]$ (см. рис. 1). Для решения этих задач алгоритм в пункте 2 примет вид: из множества $E_1[m]$ выбираем $E_1[i] \rightarrow \max$ при $x \in [d, d_1]$.

При условии квотирования объектов промысла необходимо выбирать орудие рыболовства с низкими показателями прилова особей вне диапазона $[d, d_1]$. Поскольку $f(x)$ строится в относительных единицах, то, выбирая $E_1[i] \rightarrow \max$ на участке $x \in [d, d_1]$, функция $f(x)$ минимальна на участках $[r_f, d]$ и $[d_1, b]$.

Параметры механизмов и характеристики судов, работающих с создаваемым орудием лова. Наиболее насыщенными механизмами является ярусный промысел.

В настоящее время используются несколько способов автоматизированного наживления крючков. Наиболее распространенными являются наживочные машины с непосредственным наживлением каждого крючка и с прохождением системы хребтины с поводцом, оснащенный крючком через бункер, наполненный жидкостью с наживкой. Поэтому при проектировании ярусной системы необходимо обеспечить свободное прохождение элементов яруса через бункер или через направляющий желоб, в этом случае

$$D_1 + D_2 + \dots + D_n < D_m, \quad (6)$$

где $D_1 + D_2 + \dots + D_n$ – сумма характерных линейных размеров элементов яруса в жгуте; D_m – минимальный диаметр отверстия в бункере или характерный размер направляющего желоба.

К важным особенностям наживочных машин относятся способность наживления тех или иных типов крючков: обычный; круглый; полукруглый.

Для устройств разматывания поводцов существуют ограничения по максимальной длине поводцов, которые могут быть размотаны. Для машин фирм «МАРКО» и «МУС-ТАД» этот параметр следующий: до 0,5 м – небольшая скорость выборки; 0,45 м – средняя скорость выборки; 0,4 м – большая скорость выборки, при этом фирмой «МАРКО» рекомендуется длина поводца 0,35 м.

Кассеты ограничивают вес участка хребтины, приходящейся на длину кассеты, в случае ручного подсоединения ее к наживочной машине. Если ручное соединение отсутствует, то ограничение существует только по компактности размещения хребтины на кассете.

Устройства для очистки крючков предъявляет дополнительные требования к прочности крепления буйковой оснастки поводцов.

Ярусные лебедки разделяются на два типа расположения выборочных органов: горизонтальный и вертикальный. Для ярусов с буйковой оснасткой поводцов необходимо использовать лебедки с горизонтальным расположением выборочных органов.

Экологичность. При проектировании ярусов необходимо снизить или исключить гибель птиц, млекопитающих и черепах. В настоящее время существуют различные

приспособления, позволяющие это осуществить, поэтому рассмотрим только те, которые непосредственно связаны с конструкцией яруса или влияют на нее:

- трубы для направления хребтины ниже уровня воды позволяют снизить гибель птиц на 76-79 % [6];
- постановка яруса в ночное время снижает прилов птиц на 100 % [6];
- применение наживок, окрашенных в синий цвет, снижает гибель черепах до 60 % [7];
- применение круглых крючков снижает гибель черепах до 90 % [8].

Ограничения в ресурсах и в выборе материалов. Ресурсы непосредственно оказывают влияние на выбор материалов, из которых могут быть изготовлены орудия рыболовства. В этом случае могут быть два решения. Рассмотрим выбор хребтины яруса.

Первое решение задачи – выбирается хребтина с тем же диаметром, но с меньшим разрывным усилием. В этом случае износ хребтины будет больше, чем у рассчитанной, тогда эта замена имеет смысл при

$$C_p \gg Cn, \quad (7)$$

где C_p – стоимость рассчитанной хребтины; C – стоимость заменяемой хребтины; n – количество заменяемых хребтин в ходе эксплуатации.

Второе решение задачи – выбирается хребтина с тем же разрывным усилием, но с большим диаметром. В этом случае возрастает масса хребтины, влияющая на ее длину в секции, что скажется на удобстве использования.

Схема выбора оптимального орудия рыболовства представлена на рис. 3.

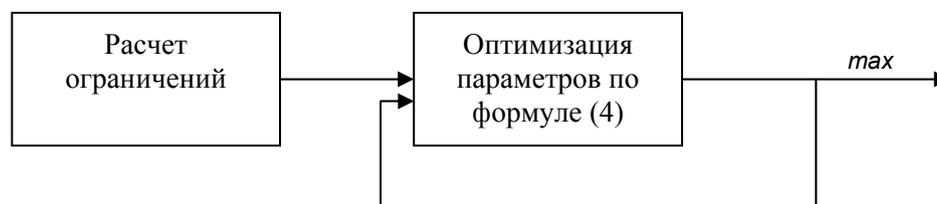


Рис. 3. Схема оптимизации орудий рыболовства
Fig. 3. The scheme of optimization of fishing gears

Результаты и их обсуждение

Применение схемы оптимизации (см. рис. 3) для нахождения характеристик ярусов дало следующие результаты:

- современные механизированные линии для ярусного промысла оказывают значительное влияние на область проектных решений конструкций ярусов, значительно снижая ее, поэтому для применения более эффективных конструкций требуется изменение промысловых механизмов;
- предложенные расчеты конструкций ярусов в работе [11] фактически не учитывают особенностей промыслового оборудования и поэтому не могут эксплуатироваться на промысле на заявленных судах;
- предложенные конструкции ярусов в работе [11] не учитывают физическую возможность установки яруса с заданными параметрами, решение этой задачи лежит в создании моделей расчета ярусной системы при выметки яруса;
- большинство конструкций ярусов, используемых на промысле [12, 13], учитывают современные требования к их эксплуатации и в ряде случаев являются оптимальными.

Список литературы

1. Розенштейн М.М. Проектирование орудий рыболовства [Текст]: учебник для высших учебных заведений / М.М. Розенштейн. – Калининград: КГТУ, 2009. – 367 с.
2. Розенштейн М.М. САПР технических средств рыболовства [Текст] / М.М. Розенштейн. – Калининград: КГТУ, 2008. – 127 с.
3. Розенштейн М.М. Методы оптимизации. [Текст] / М.М. Розенштейн. – Калининград: КГТУ, 2008. – 88 с.
4. Осипов Е.В. Методы структуризации требований ограничений для проектирования орудий рыболовства [Текст]: материалы междунар. науч.-техн. конф. «Наука и образование – 2007» / Е.В. Осипов. – Мурманск: МГТУ, 2007. – С 1044-1048.
5. Осипов Е.В. Методика выбора оптимального селективного орудия рыболовства для систем автоматизированного проектирования [Текст]: материалы междунар. науч.-техн. конф. «Наука и образование – 2006» / Е.В. Осипов. – Мурманск: ФГОУ ВПО «МГТУ», 2006. – С. 959-960.
6. Edward F.M. Progress Report: Solutions to the Bycatch of Seabirds in Alaska Longline Fisheries / Edward F.M. – Seattle: University of Washington, 2000. – P. 10.
7. Christofer H.B. Longline fishing experiments to reduce sea turtle bycatch / Christofer H. Boggs, R. Michael Laurs. – NMFS, Honolulu, 2001. – P. 10.
8. Mustad autoline. [Elektronic resource]. http://mustad-autoline.com/mikpublish/viewarticle_eng.php?id=1 Дата обращения 15.10.2008/
9. Мясников Д.В. Анализ удержания крючками гидробионтов на ярусном промысле. [Текст]: науч. тр. Дальрыбвтуза / Д.В. Мясников, Е.В. Осипов. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – Вып. 20. – С. 116-119.
10. Осипов Е.В. Объектно-ориентированные методы расчета орудий рыболовства [Текст]: моногр. / Е.В. Осипов. – Владивосток: ТИПРО–Центр, 2009. – 89 с.
11. Габрюк В.И. Основы моделирования крючковых рыболовных систем [Текст] / В.И. Габрюк, В.В. Чернецов, А.Н. Бойцов. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – 560 с.
12. Кокорин Н.В. Лов рыбы ярусами [Текст] / Н.В. Кокорин. – М.: ВНИРО, 1994. – 421 с.
13. Bjordal A. Longlining / Bjordal A., Løkkeborg S. – Fishing New Books, University Press, Cambridge, 1996. – 156 p.

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

УДК 534.23

Л.Д. ПолищукДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ ЗВУКА
ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ ПРИЕМНЫМИ СИСТЕМАМИ***Предлагается метод измерения параметров низкочастотных излучателей, базирующийся на интегральном преобразовании Кирхгофа-Гельмгольца. Дана оценка точности таких измерений и факторов, от которых она зависит.***Ключевые слова:** звуковое давление, колебательная скорость.**L.D. Polishchuk****MEASURING OF SOUND SOURCES CHARACTERISTICS BY SPATIAL
RECEIVING SYSTEMS***Method of measuring parameters of-frequency (e) radiators based on Khirgof-Celmogorfs integral transformation is proposed. It assesses the exactness of such measurements and factors on which it depends.***Key words:** sound-pressure, oscillating speed.

В связи со все более широким применением в гидроакустике крупногабаритных низкочастотных излучателей весьма актуальной является проблема измерения их параметров. Наиболее перспективными, по-видимому, здесь являются методы ближнего поля [1, 2], базирующиеся на интегральном преобразовании Кирхгофа-Гельмгольца, которое для случая гармонических волн имеет вид

$$P(\chi) = \frac{1}{4\pi} \iint_S \left[P(y) \frac{\partial}{\partial ny} \left(\frac{e^{ikr}}{r} \right) - \frac{\partial py}{\partial ny} \frac{e^{ikr}}{r} \right] ds,$$

где $P(\chi)$ – звуковое давление в точках дальнего поля; $P(y)$ – то же в точке Y ближнего поля; ny – нормаль к поверхности S в точке Y ; $r = (\chi - \gamma)$; k – волновое число.

В общем случае [1] справедливо для идеальных условий свободного поля. Однако, если в условиях ограниченного объема отражения представить в виде мнимых источников и соответствующим образом выбрать поверхность интегрирования S , то можно показать, что вклад этих мнимых источников равен нулю. Это дает право утверждать, что при измерении, допустим, диаграммной направленности излучателя пространственной приемной системой, образующей замкнутую поверхность, с последующими вычислениями по [1], результаты оказываются невариантными к окружающим условиям.

Если требуется измерить только изучаемую мощность, то процедуру вычислений можно упрочнить, основываясь на теореме Гаусса:

$$\iiint_V \operatorname{div} Y dv = \iint_S Y nds.$$

Если $\bar{Y} = P \cdot \bar{v}$ есть вектор Умова-Пойтинга, \bar{v} – колебательная скорость, а объем v содержит источник звука, то поток \bar{Y} через поверхность S равен его мощности, т.е.

$$Wa = \iint_S Y_n ds,$$

где Y_n – нормальная к поверхности S , составляющая \bar{Y} .

Влияние отражений и внешних источников здесь также не требует специального рассмотрения, так как оно автоматически учитывается в фазовых соотношениях P и \bar{v} при интегрировании.

Процедура измерений в обоих случаях одинакова. Если выбрать в качестве S некоторую поверхность вращения (например, сферу), то можно расположить некоторое число приемников по контуру (окружности) и измерения проводить в несколько приемов, каждый раз проворачивая контур на определенный угол относительно излучателя. При этом необходимо обеспечить жесткую синхронизацию момента снятия отчета с фазой исходного сигнала.

Более простой окажется процедура измерений, если приемниками дискретно покрывать всю поверхность интегрирования и снятие отчетов производить одновременно. Однако в этом случае очевидно значительное усложнение конструкции измерительного стенда.

Экспериментальная проверка данного метода на специально разработанном стенде подтвердила его эффективность. В качестве приемников использовались датчики давления и колебательной скорости.

Суммарная ошибка измерений зависит от точности измерения звукового давления, колебательной скорости и сдвига фаз между ними. Вносят свой вклад также такие факторы, как количество приемников и шаг дискретизации, однако принципиально их влияние может быть сведено к минимуму. Определяющими будут первые два фактора. Поскольку приемники давления в настоящее время могут быть прогнозируемыми с довольно высокой точностью, то можно утверждать, что суммарная ошибка будет иметь порядок ошибки измерения колебательной скорости.

Список литературы

1. Horton C.W., Innis G.S. The Computation of Far-Field Radiation Patterng from Meagurements Made Near the Source, YASA, 1961. – P. 33, 7, 877-880.
2. Касаткин Б.А. Изменение параметров излучателей звука в матурных условиях [Текст] / Б.А. Касаткин, Е.А. Купцов, Л.Д. Полищук // Использование современных физических методов в неразрушающих исследованиях и контроле: тез. докл. Всесоюз. конф. – Хабаровск, 1984.
3. Полищук Л.Д. Измерение характеристик источников звука в условиях нестационарного звукового поля [Текст] / Л.Д. Полищук. – Владивосток, 1992.

Сведения об авторах: Полищук Леонид Демьянович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: poelishchuk@mail.ru.

УДК 639.2

Д.Б. Прокопьева

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

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ МНОГОВИДОВОГО РЫБОЛОВСТВА

Представлены теоретические основы регулирования многовидовых промысловых сообществ посредством математического моделирования, анализа и развития методологии экосистемного подхода с учетом многовидовых отношений и выбора промысла, задач введения в практику многовидового рыболовства, модельного анализа многовидовых рыбных промыслов.

Ключевые слова: многовидовое рыболовство.

D.B. Prokop'eva

RESEARCH OF MODELS OF MULTIFISHERY

Work is devoted studying of theoretical bases of regulation of multispecific trade communities by means of mathematical modeling, the analysis and methodology development ecosystem's the approach taking into account multispecific relations and a choice of a craft, introduction problems in practice of multifishery, the modeling analysis of multifishing.

Key words: multifishery.

В настоящее время широко обсуждается проблема об интенсификации многовидового рыболовства. Многовидовое рыболовство – это рыболовство, организация и техническое оснащение которого приводят к изъятию нескольких видов гидробионтов. Изучение поведения гидробионтов, технологии управляемого промысла, технологии глубокой обработки уловов, проектное управление рыбохозяйственным комплексом – важные составляющие многовидового рыболовства.

В резолюции Второго международного съезда рыбаков «Сохранение и рациональное использование водных биологических ресурсов: баланс интересов государства и бизнеса» (19.09.2007) отмечается, что «рациональное и долгосрочное использование запасов водных биологических ресурсов Мирового океана является одной из составляющих решения вопроса обеспечения продовольственной безопасности населения планеты, новым стратегическим вызовом для человечества; в мировом рыболовстве вылов традиционных морских биоресурсов находится на максимально допустимом уровне, запасы этих объектов сильно истощены, увеличение их добычи повлечет за собой необратимые биологические и экономические последствия; несмотря на существенное развитие в мире аквакультуры, на настоящий момент производство культивируемых гидробионтов не может полностью заменить использование природных биоресурсов; без радикальных изменений в политике управления рыбными ресурсами невозможно развивать и увеличивать уровень мировой добычи водных биоресурсов».

Предлагается создавать условия для сохранения и рационального комплексного использования водных биологических ресурсов, перехода от интенсивного изъятия традиционных морских ресурсов к рациональной устойчивой эксплуатации морских биоресурсов, основанной на экосистемном подходе к их изучению. А также использовать научные методы прогнозов рыбопромысловых запасов и придерживаться научных рекомендаций по экологически допустимым объемам вылова, переходить на технологии многовидового рыболовства и полного комплексного использования вылова водных биоресурсов.

Следовательно, исследование и разработка методов рационального использования промысловых биоресурсов, методико-математического обеспечения многовидового промысла актуальна. Необходимо ставить и решать взаимосвязанно задачи управления флотом:

1. Прогнозирование сырьевых ресурсов как в долгосрочном, так и в текущем и оперативном временном масштабе. Величины этих оценок и их точность обуславливают выбор промысловых районов, видов объектов промысла, объемы и продолжительность работы флота в конкретных районах по конкретным видам сырья.

2. Оптимальные плановые задания флоту с определением состава и количества судов, наиболее эффективные нагрузки вылова, соответствующие оптимальным значениям экономических показателей эффективности.

3. Методы выполнения оптимальных планов заданий – определение режимов работы флота, типов орудий лова, конкретных действий руководства по расстановке судов.

4. Объемы и виды снабжения, графики выпуска продукции обрабатывающим флотом, графики подхода и состав транспортных судов и т.д.

При этом комплексное системное управление морскими биоресурсами должно практически реализовываться в виде многовидовых или системы взаимоувязанных специализированных промыслов [1], [2].

Задачей введения в практику многовидового рыболовства занимаются исследователи на Камчатке. А.В. Буслев в статье «Многовидовое рыболовство на Камчатке – от браконьерства к легальному промыслу» отмечает, что такое рыболовство всегда существовало.

Автор предлагает применять условия для полного учета и обработки уловов: «вообще отказаться от практики наделения квотами судов, а вместо этого предлагаем выделять промысловое время, т.е. определенное количество судосудок, которое можно провести на промысле. При этом вся добытая рыба – это собственность рыбаков, вне зависимости от состава и количества улова. Предлагаемая мера квотирования промыслового времени основывается на четких представлениях о запасах эксплуатируемых ресурсов, сезонной динамике состава уловов, интенсивности промысла и промысловых показателей флота». По мнению автора, ограничение во времени будет стимулом сохранять весь добытый сырец и заставит рачительно подходить к его обработке. «Поскольку все, что поймал – твое, то и выгоду из пойманного будут стараться извлечь максимальную. Это, в свою очередь, приведет к полной обработке уловов и выпуску более дорогостоящей продукции». А отсутствие ограничивающего набора квот в рыболовном билете не будет способствовать сокрытию уловов, что позволит иметь достоверную информацию о количественном и качественном составе уловов. Облегчится контроль, так как контролировать промысловое время гораздо легче, чем выбор квоты. Следует заметить, что мера лимитирования числа дней на промысле уже имеет положительные примеры. Такая система, введенная на Фарерских о-вах, позволяет рыбакам брать все, что попадает в орудия лова. В результате улов стал полностью отражаться в отчетных данных. Это позволило наладить мониторинг промысла, что привело к росту запасов рыб [3].

Одновременно с введением регулирования промысла по времени необходимо настаивать на условии, чтобы добытая рыба обрабатывалась на береговых предприятиях. Последнее и предусматривается Законом РФ «О рыболовстве». Это важный аспект, поскольку мощности береговых предприятий позволяют хранить и перерабатывать большие объемы биоресурсов, производить глубокую и полную переработку сырца. Помимо этого, затрагиваются вопросы занятости населения, выплачиваемости налогов и другие аспекты социального характера.

Методические подходы к организации многовидового рыболовства заключаются в том, что главной и первоочередной задачей является определение запасов и величин ОДУ рыб, которые эксплуатируются промыслом. При расчете промыслового времени для многовидового рыболовства отталкиваются от основных объектов. Исходя из величины среднесуточного улова и видового состава уловов, рассчитывают общее количество промыслового времени (судосуток), которое понадобится для изъятия установленного ОДУ. Затем это время распределяется между рыбопромысловыми организациями.

Модельный анализ многовидовых рыбных промыслов предлагают А.И. Абакумов, Л.Н. Бочаров, Е. П. Каредин, которые рассматривают три математические модели: «Распределение квот», «Реализация квот», «Реализация ОДУ для заданного РВ».

Первая модель описывает процесс приобретения квот субъектами промысла и механизм максимизации эффективности использования приобретенных квот.

$$\pi_k = \sum_{i=1}^m \gamma_{ik} [-p_i(U_{ik}) - s_{ik} + q_{ik}(U_{ik})] \rightarrow \sup_{(U_{1k} \dots U_{mk})} \quad (1)$$

при условии $\sum_{k=1}^n U_{ik} \leq U_i$, где U_{ik} – годовая квота объекта i способом k ; U_i – годовой ОДУ для объекта i ; $p_i(U)$ – стоимость квоты объема U для объекта промысла i ; $s_{ik}(U)$ – затраты для объекта i в промысле способа k при вылове объема U ; $q_{ik}(U)$ – ожидаемый доход для объекта i в промысле способа k при вылове объема U ; $\gamma_{ik} \in [0, 1]$ – предпочтительность объекта i для способа k .

Индексы $i, j = 1, \dots, m$ соответствуют объектам промысла, $k = 1, \dots, n$ – способам промысла.

Данная задача решается методами оптимизации.

Вторая модель посвящена оценке реального вылова на основе ОДУ в предположении неизменности промысловых запасов. С помощью такой модели можно:

1. Анализировать изменения в промысловом сообществе, например, в течение года.
2. Рассматривать определенный район промысла.

Годовой ОДУ U_i определяется на основе научных прогнозов и задается в начале года. А на основе данных о выловах разрешенных объектов и приловах вычисляется реальный вылов, который сравнивается с ОДУ. Рассматривается один год: $t \in [0, 1]$. Пусть $\varphi_j(t)$ – функция интенсивности промысла объекта j в течение года:

$$\int_0^1 \varphi_j(t) dt = 1, \quad (2)$$

$\varphi_j(t)$ – кусочно-непрерывная на $[0, 1]$.

Тогда временное распределение квоты U_{ik} в течение года:

$$x_{jk}(t) = U_{jk} \cdot \varphi_j(t). \quad (3)$$

Годовой вылов способом k вычисляется из связи его с квотами:

$$y_{ik}(t) = F_{ik}(x_{ik}(t)). \quad (4)$$

Предлагается конкретизировать эту формулу так:

$$y_{ik}(t) = \sum \frac{1}{\beta_{ijk}} \alpha_{ijk}(t) x_{jk}(t), \quad (5)$$

где $\alpha_{ijk}(t)$ – доля объекта i в промысле способа k при квоте на объект j ; $\beta_{ijk} \in [0, 1]$ – коэффициенты достоверности данных о промысле.

Тогда годовой реальный вылов объекта i вычисляется по формуле

$$V_i = \sum_{k=1}^n \int_0^1 y_{ik}(t) dt. \quad (6)$$

После подстановок получают:

$$V_{ik} = \sum_{j=1}^m a_{ijk} U_{jk}, \quad (7)$$

$$V_i = \sum_{j,k=1}^{m,n} a_{ijk} U_{jk}, \quad (8)$$

$$\text{при } a_{ijk} = \int_0^1 \frac{\alpha_{ijk}(t)}{\beta_{ijk}(t)} \varphi_j(t) dt. \quad (9)$$

Авторы отмечают, что для применения формул оценки реального вылова необходимо знать коэффициенты a_{ijk} , которые должны быть рассчитаны на основе средне-многолетних показателей $\alpha_{ijk}(t)$, $\beta_{ijk}(t)$, $\varphi_j(t)$. Параметры β_{ijk} соответствия реальных выловов авторы предлагают для первого шага расчетов положить $\beta_{ijk}(t) \equiv 1$. А ключевыми параметрами являются $\alpha_{ijk}(t)$, оценки которых составляют основную проблему.

Третья модель решает проблему реализации ОДУ, т.е. необходимо определить такие годовые ОДУ, чтобы в результате промысла получился заданный реальный вылов.

Предлагается решать эту задачу с использованием недалекого по времени аналога промысла. Пусть для некоторого вектора ОДУ \tilde{U} были рассчитаны квоты $(\tilde{U}_{ik})_{i,k=1}^{m,n}$ и РВ \tilde{V} в относительно недалекий год. Вектор $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m) \geq 0$ такой, что искомый ОДУ U_i можно представить в виде $U_i = \gamma_i \tilde{U}_i$.

Тогда для любого $k = 1, 2, \dots, n$ выполняется $U_{ik} = \gamma_i \tilde{U}_{ik}$.

Обозначим

$$b_{ij} = \sum_{k=1}^n a_{ijk} \tilde{U}_{jk}. \quad (10)$$

Следовательно, задача вычисления ОДУ сводится к вычислению вектора γ из соотношения $B\gamma = V$, где $B = (b_{ij})_{i,j=1}^m$. Если матрица B невырожденная, то точное решение находится из соотношения

$$\begin{aligned} \gamma &= B^{-1}V, \\ \gamma &\geq 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Если матрица вырожденная или $\gamma \leq 0$, то решение надо искать из условия

$$\|B\gamma - V\| \rightarrow \inf_{\gamma \geq 0}. \quad (12)$$

В этом случае вычисления γ получают приближенную оценку ОДУ [4].

Разработкой теоретических основ регулирования многовидовых промысловых сообществ с учетом межвидовых отношений посредством математического моделирования, анализа и развития методологии экосистемного подхода с учетом многовидовых отношений и выбора промысла занимались многие исследователи: А.Н. Державин, Г.В. Никольский, Г.Н. Монастырский, Н.Н. Андреев, А.В. Засосов, У. Рикер, М. Шефер, Д. Бивертон, С. Холт, Д. Галланд, В.Н. Мельников, И.В. Никоноров, Дж. Шепард, Дж. Поуп, Р.Г. Бородин, В.К. Бабаян, Д.А. Васильев, П.С. Гасюков, Ю.Н. Ефимов, В.Л. Третьяк и др.

Использование математических моделей (ММ) для анализа многовидового сообщества связывают с работами В. Вольтерра (Volterra, 1931; Volterra and d'Ancona, 1935), в которых модели динамики популяций в виде систем дифференциальных уравнений построены с учетом разных типов взаимодействий видов в сообществе. Непосредственным развитием такого подхода для анализа динамики промыслового сообщества послужили многовидовые продукционные модели промысловых сообществ, разработанные Т.И. Булгаковой.

1. Модель логистического роста популяции.
2. Модель экономической прибыли.
3. Координаты точки равновесия экосистемы.
4. Уравновешенный годовой вылов каждого вида за год (для двух видов).
5. Варианты регулирования промысла (жертвы – ценный промысел, хищники – ценный промысел).

Отличительные черты этой группы простых моделей сложных экосистем: относительная простота их исследования, возможность оценки параметров по промысловым данным и возможность анализа.

Предполагается, что эксплуатируется экосистема, реально существующая в природе в течение долгого времени, потому выбрана простейшая модель *хищник-жертва*, имеющая устойчивую точку равновесия, а именно:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_1(a_1 - bx_1 - cx_2) - F_1x_1; \\ \frac{dx_2}{dt} = x_2(a_2x_1 - M) - F_2x_2; \end{cases} \quad (13)$$

где x_1 – численность вида-жертвы; x_2 – численность вида-хищника; a_1 и b – параметры роста популяции жертв в условиях лимитирующей среды; коэффициент смертности

от хищников sx_2 представлен «вольтеровским» членом; коэффициент воспроизводства хищников a_2x_1 пропорционален численности вида жертв; M – постоянный коэффициент естественной смертности хищников; F_1 и F_2 – коэффициенты промысловой смертности. Согласно этой модели второй вид при отсутствии жертв вымирает.

Проблема оптимального управления сообществом в целом приводит к необходимости выбора вида критериальной функции, например, в виде взвешенной суммы уловов двух видов. Более общий вид критериальной функции получается при выборе ее в виде зависимости годовой экономической прибыли промысла двух видов в равновесном режиме от значений F_1 и F_2 . В простейшем случае, если два специализированных промысла ведутся независимо, экономическая прибыль выражается формулой

$$P(F_1, F_2) = A_1F_1(M + F_2)/a_2 + A_2F_2(D - a_2F_1 - bF_2)/ca_2 - B_1F_1 - B_2F_2, \quad (14)$$

где $D = a_1a_2 - bM > 0$.

Параметры A_1 и A_2 – стоимость единицы вылова I и II популяции,

B'_1 и B'_2 – затраты на единицу промыслового усилия E_1 и E_2 соответственно; тогда при $F_i = q_iE_i$ ($i = 1, 2$) при постоянных q_i параметры $B_i = B'_i/q_i$ – постоянные величины. Показано (Булгакова, 1977; 1999), что функция прибыли не имеет максимума в допустимой области, и в зависимости от соотношений параметров модели ее наибольшее значение достигается на одной из границ области. В частном случае при $A_1 = A_2$ и $B_1 = B_2 = 0$ функция экономической прибыли представляет собой сумму уловов двух видов [5].

По мнению автора, при разработке рекомендаций по регулированию промысла необходимо учитывать взаимоотношения видов, иначе можно нарушить структуру ЭС. Особенно осторожно следует вести промысел запасов, относящихся к нижним трофическим уровням. Чрезмерная эксплуатация популяции верхнего трофического уровня может уничтожить эту популяцию, а крупномасштабный промысел запаса нижнего уровня может разрушить всю трофическую пирамиду.

Выводы

1. Модель «Распределение квот» описывает процесс распределения квот на промысел. Она дана в общей постановке. В модели «Реализация квот» приведены формулы вычисления реального вылова для каждого объекта промысла. Модель «Реализация ОДУ для заданного реального вылова» представляет собой обратную задачу по отношению ко второй, т.е. получить в качестве реального запланированный вылов. Данные модели реализовывают анализ и планирование промысла морских биоресурсов. Но коэффициенты, используемые в моделях, должны рассчитываться на многолетних данных. Оценки этих коэффициентов общие. Поэтому данные модели можно использовать для получения обобщенных результатов, важных для государства. А при планировании работы одной фирмы, одного подразделения эти оценки могут давать неадекватные результаты, потому что для каждого предприятия данные характеристики и коэффициенты индивидуальны. Возможно, некоторые из них не используются в моделях.

2. Проблема оптимального управления сообществом в целом приводит к необходимости выбора вида критериальной функции, например, в виде взвешенной суммы уловов двух видов. Общий вид критериальной функции получается при выборе ее в ви-

де зависимости годовой экономической прибыли промысла двух видов в равновесном режиме от значений F_1 и F_2 – коэффициентов промысловой смертности. Данная функция имеет наибольшее и наименьшее значения на границе области. Недостаток данной функции в том, что ее можно использовать только для двух популяций.

Список литературы

1. Осипов Е.В. Модель расчета распределения квот между судами рыболовного предприятия [Текст] / Е.В. Осипов, Е.Г. Лаврушкина, Г.С. Павлов // Проблемы современного естествознания. Рациональное использование водных биоресурсов: науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский, КамчатГТУ, 2006. – С. 92-94.
2. Мизюркин М.А. Разновидовой промысел [Текст] / М.А. Мизюркин, А.В. Мизюркина, В.А. Татарников, А. Пак. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2004. – 139 с.
3. Буслов А.В. Многовидовое рыболовство на Камчатке – от браконьерства к легальному промыслу [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://www.kamniro.ru/> ФГУП «КамчатНИРО». Дата обращения 12.12.2010 г.
4. Абакумов А.И. Модельный анализ многовидовых рыбных промыслов [Текст] / А.И. Абакумов, Л.Н. Бочаров, Е.П. Каредин // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 138. – С. 220-224.
5. Булгакова Т.И. Регулирование многовидового рыболовства на основе математического моделирования [Текст] / Т.И. Булгакова. – М.: ВНИРО, 2009. – 252 с.

Сведения об авторе: Прокопьева Дина Борисовна, старший преподаватель, e-mail: prokopievad@yandex.ru.

УДК 639.2

В.И. Семененко

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

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОВЕДЕНИЕ РЫБЫ ЧЕРЕЗ ОРГАНЫ ОБОНЯНИЯ, ВКУСА И ЭЛЕКТРОРЕЦЕПТОРЫ

В отличие от человека, рыба в своей жизни, помимо использования органов обоняния, вкуса, осязания, слуха и зрения, использует электрорецепторы, реагирующие на слабые электрические поля, и органы боковой линии, воспринимающие турбулентные и колебательные потоки воды [1]. Рассмотрим известные методы воздействия на каждый из этих органов чувств и целесообразность этого воздействия в целях повышения производительности орудий лова.

Ключевые слова: электрорецепторы, химические поля, рецепторы, электрические поля, электроток.

V.I. Semenenko

ANALYSIS OF SOME METHODS OF EXPOSURE ON THE BEHAVIOR OF FISH THROUGH OLFACATORY ORGAN, TASTE AND ELECTRIC RECEPTORS

Unlike man a fish in his life, in addition to uses of organs of smell, taste, touch, hearing and vision, uses elektroretseptory responsive to weak electric fields, and the lateral line organ, which perceive the turbulent and vibrational flow of water [1]. Consider the well-known methods Impact on each of these senses, and usefulness of this effect in order to increase the productivity of fishing gear.

Key words: electric receptors, chemical fields, receptors, electric fields, electric current.

Возможность воздействия на органы обоняния, вкуса и осязания

Значение запахов в жизни рыб велико и многообразно. Органы обоняния у большинства морских животных развиты достаточно хорошо и предназначены для поиска пищи, для передачи сигнальной информации, ориентации в водной среде при сезонных и нерестовых миграциях [2]. В отличие от сигналов других модальностей химические раздражители не теряют эффективности в течение продолжительного времени после их выделения в водную среду. Высокая чувствительность обонятельных рецепторов морских животных, позволяющая воспринимать чрезвычайно малые концентрации химических веществ, обуславливает большой ареал действия запахов. Установлено, что многие рыбы совершают миграции к местам нерестилищ, ориентируясь с помощью обоняния. Особенно поражают тысячемильные миграции лососёвых рыб, которые безошибочно находят места своего рождения. То же можно сказать и о кальмарах, которые собираются к постоянным местам брачных игр, преодолевая громадные расстояния.

О фантастической дальности восприятия крови акулами ходят легенды. По данным Г.А. Малюкиной, рыбы способны воспринимать с помощью обоняния мизерные доли вещества, растворенного в воде. Обонятельные рецепторы рыб в сотни раз превышают чувствительность обонятельных органов человека. Так, лососи воспринимают морфолин при его концентрации в одну десятиллиардную миллиграмма на литр.

В промышленном рыболовстве химические поля, которые доктор технических наук, профессор В.Н.Мельников [2] называет «полями плотности массы», применяются в целях концентрации и направления объекта лова в залавливающие устройства. Наиболее распространен этот способ при промысле крабов и моллюсков ловушками. Применяется он также при крючковом промысле некоторых рыб. Например, при крючковом

промысле скумбрии с судна разбрасывается пищевая приманка в виде фарша рыбы с ароматическими добавками, после чего скумбрия хватает даже пустой крючок удочки. Пищевую подкормку широко применяют рыбаки-любители.

Предпринимались попытки применения химических полей для повышения эффективности кошелькового и тралового лова.

При кошельковом промысле таких рыб, как тунцы, скумбрия, ставрида и лакедра применялся метод снижения двигательной активности косяка за счет выбрасывания с вспомогательного судна пищевой приманки вместе с живой рыбой. Косяк начинал кормиться, останавливался, реакция на промысловое судно при этом значительно падала. В это время производился замет кошелькового невода. С развитием кошелькового лова и поисковой техники этот метод применяется только в прибрежном рыболовстве с маломерных судов.

Предпринимались попытки применения химических полей при траловом промысле. В том числе опробовалось применение наркотизирующих средств и углекислого газа, которые выпускались в мотенной части в процессе траления с целью снижения двигательной активности рыбы. Положительных результатов не получено. Было отмечено, что «применение полей растворенных и взвешенных веществ малоэффективно из-за больших затрат энергии и массы, а также трудности образования поля нужных размеров, формы и структуры».

Вкусовая чувствительность не тождественна обонятельной чувствительности у рыб. По мнению ряда исследователей [2, 3], вкусовые рецепторы рыб выполняют функции поиска пищи в ближней зоне. В целях промышленного рыболовства они могут использоваться для привлечения объекта лова к пищевой приманке, например, при промысле ловушками. Использование их в активных орудиях лова, и особенно в тралах, маловероятно.

Органы осязания расположены на коже и на боковой линии рыбы. Эти рецепторы воспринимают непосредственный контакт с посторонним предметом, а также вибрации и турбулентные потоки воды. Возможность создания искусственных физических полей для воздействия на эти органы чувств отмечается многими исследователями [1, 4]. Проводились работы по практическому применению таких полей. Например, Н.П. Слинкин, создавая искусственное течение в непроточных озерах, доказал возможность повышения уловистости при применении этого способа. Экспериментальные работы с орудиями лова, установленными в искусственном потоке воды, показали, что уловы при этом возрастают в 40 раз! К сожалению, результаты практического внедрения этого способа не известны. В промышленном рыболовстве методы искусственного воздействия на органы осязания и боковой линии широкого применения до настоящего времени не нашли.

Как показали подводные наблюдения за поведением рыбы в трале, она слабо реагирует на турбулентные потоки, находясь в мотенной части трала. Рыба может вплотную подходить к сетному полотну, выходить сквозь крупноячейную дель и возвращаться обратно внутрь трала. Как отмечает В.Р. Протасов, рыба быстро адаптируется к низкочастотным излучениям. Исходя из этого, создавать искусственные поля воздействия на органы осязания и боковой линии для повышения производительности тралов малоперспективно.

Анализ способов применения электрических полей

Высокая электропроводность воды (особенно соленой морской воды) предопределила способность рыб не только воспринимать и ориентироваться в электрическом поле, но и генерировать электорополя различных параметров в целях самообороны, нападения, ориентации и взаимного общения.

Электрические поля оказывают на рыбу безусловное действие и способны выполнять все управляющие функции. Вопросам воздействия на рыбу электрическим током различных параметров уделено множество научных и экспериментальных работ [5, 6].

Наименее исследовано практическое применение в промышленном рыболовстве слабых электрических полей и электрополей биологического происхождения, хотя биологическая сторона этого вопроса хорошо изучена.

Большинство работ, направленных на повышение производительности орудий лова, основано на применении высокоинтенсивных электрических полей постоянного, переменного и импульсного тока.

Отмечаются различные стадии реакции рыбы на электрические поля в зависимости от их свойств и параметров. В полях постоянного тока вначале это ориентировочная двигательная реакция, при увеличении напряженности поля наступает оборонительная реакция (рыба сильно возбуждается и пытается выйти из зоны действия электрического поля), последующее усиление поля ведет к анодной реакции (безусловное движение к аноду), затем к наркотизации и к гибели рыбы.

При действии переменного и импульсного тока первые две стадии, примерно, те же, что и при действии постоянного тока. При увеличении напряженности электрического поля рыба стремится занять положение поперек линий тока (зоны меньшего воздействия на мускульную систему рыбы), а при дальнейшем увеличении напряженности наступает электрошок. В полях импульсного тока поведение рыбы более разнообразно и зависит от амплитуды, формы, частоты и продолжительности импульсов.

Следует признать, что наибольшие успехи в управлении рыбой с помощью электрического тока были достигнуты в пресных водоемах, так как пресная вода, обладая сравнительно слабой электропроводностью, позволяет создавать электрополя с высокой напряженностью с меньшими энергетическими затратами. Разработаны высокоэффективные электроловильные установки (ЭЛУ), получающие электропитание как от судовых электрогенераторов, так и от аккумуляторных батарей. Широкое применение при облове рыбы на засорённых (например, корягами) участках рек и озёр нашли ЭЛУ ранцевого типа «Пеликан». Сотрудники ДВЦЭБ в 60-х гг. успешно применяли близнецовый электротрал на озерах Хабаровского края. Производительность бригады ловцов из четырех человек с двумя мотолодками и электротралом в несколько раз перекрыла уловы четырех бригад, работавших закидными неводами и сетями. От внедрения этого способа лова отказались только по причине низкой занятости коренного населения в этих районах.

Большие перспективы может дать способ электрозабоя рыбы на лососёвых рыбо-разводных заводах. Он отработан сотрудниками ОКБ «Невод» и ИЭМЭЖ на Калашниковском рыбопроизводном заводе о-ва Сахалин. Безвредность этого способа на выживаемость икринок мальков доказана двенадцатилетними работами литовских ученых [6, 7]. Только консервативность нашей промышленности не даёт широкую дорогу этим разработкам.

В условиях моря электрополя пытались применить при промысле хамсы в Азовском и на Черном морях, при промысле кильки рыбонасосами в Каспийском море, при промысле сайры с помощью рыбонасоса и света в Тихом океане. Были отдельные положительные результаты, однако добиться устойчивого привлечения рыбы к залавливающему устройству с дальних зон никому из исследователей не удалось. Зона действия электрополя ограничивалась двумя-тремя метрами. На промысле сайры сотрудники ДВЦЭБ применили, например, мощную электростанцию военного судна, вскипятили воду в районе всасывающего патрубка рыбонасоса, но расширить зону привлечения рыбы не смогли.

Более успешны работы по применению электротока при траловом промысле креветок. Такие приборы были разработаны, например, Калининградским НПО промысловства и его Дальневосточным филиалом. Суть электролова креветок заключена в том, что конструкцию донного креветочного трала дополняют электрооснасткой. Она состоит из импульсного электрогенератора с автономным блоком питания, которые помещаются в герметичный контейнер. На каждое крыло трала подвешивают по одному генератору. От генератора отходят два электрода (обычно это электрокабели в резиновой оболочке с оголенными участками), которые располагают перед нижней подборой трала. Генераторы включаются гидростатами на заданной глубине и создают между электродами импульсное электрополе. При подъеме трала генераторы автоматически выключаются на заданной глубине.

В вышеуказанных конструкциях генераторы питались от аккумуляторных батарей напряжением 12-18 В и излучали импульсы длительностью 0,01 с при силе тока 1000 А с частотой от 2 до 8 Гц. Как показали аквариумные наблюдения, креветки при подаче электротока непроизвольно «хлопают» хвостами с частотой подачи импульсов и за счет этого поднимаются к поверхности воды. То же происходит и перед нижней подборой трала: креветка приподнимается над грунтом и захватывается надвигающимся тралом.

Важно то, что электрополе позволяет извлекать креветок из грунта, не касаясь дна нижней подборой трала или буксируя её по поверхности дна без зарывания в грунт. При экспериментальных и приёмо-сдаточных испытаниях на различных видах креветок и лангустах всегда отмечалось повышение уловистости трала не менее чем в два раза. Замечено также, что прилов рыбы при этом уменьшался.

Оборудование для электрификации рыболовных тралов значительно сложнее креветочного, габаритнее и требует больших энергетических затрат [6]. Наиболее ценные исследовательские работы в этой области проведены немецкими, польскими и в основном советскими учеными. Самый производительный промышленный образец электротрала для промысла рыбы, названный «Каститис-1», создан сотрудниками Клайпедского филиала НПО промысловства под руководством кандидата технических наук С.К. Малькявичуса. Он успешно прошёл различные ведомственные и межведомственные испытания. Наблюдение за его действием на рыбу вели с помощью подводных аппаратов. Испытания показали, что применение этой конструкции электрооборудования позволяет повысить уловистость трала на 30-50 %.

Оборудование трала «Каститис-1» состоит из импульсного электрогенератора, установленного в специальном помещении на борту судна, электрокабельной лебедки, подводных электродов, устанавливаемых на мотенной части трала. Электрические импульсы поступают на электроды от генератора по специальному кабелю, идущему от судна к тралу. Специальная лебедка отслеживает длину электрокабеля в соответствии с горизонтом хода трала. Электроды устанавливались на предкутковой части мотни, где обычно наблюдается критическое уплотнение рыбы и вступление рыбы в оптомоторную реакцию с сетным полотном. Электрический ток на трал подавался тогда, когда предкутковая часть заполнялась рыбой, что отмечали либо подводные наблюдатели, либо сетной зонд. Как показали подводные наблюдения, рыба при подаче электротока подвергалась анодной реакции, наркотизировалась и скатывалась в траловый мешок. Если электроток продолжали подавать, то вновь подошедшая рыба отпугивалась и смещалась к устью трала.

Реального внедрения этого трала не произошло из-за его сложного и громоздкого оборудования. Отмечалась также необходимость применения высокой степени защиты экипажа от поражения электротоком и обслуживание оборудования специально обученным персоналом, что увеличивает численность экипажа судна.

Суммируя известные способы применения электротока для управления рыбой в трале, следует признать, что они экономически будут оправданы в пресных водоёмах. Для работы в морской воде электрооборудование тралов громоздко, требует больших энергетических затрат. Несмотря на возможность значительного повышения уловистости тралов, применение электрооборудования будет сдерживаться его высокой стоимостью, требованием специального обслуживания и повышенных мер безопасности труда.

Список литературы

1. Дислер Н.Н. Органы чувств системы боковой линии и их назначение в поведении рыб [Текст] / Н.Н. Дислер. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 310 с.
2. Малюкина Г.А. Обоняние рыб [Текст] / Г.А. Малюкина, Г.В. Девицина, Е.А. Марусов // Основные особенности поведения и ориентации рыб. – М.: Наука, 1974. – С. 7-29.
3. Мантейфель Б.П. Изучение поведения стайных рыб в целях усовершенствования техники их лова [Текст] / Б.П. Мантейфель // Тр. совещания по вопросам поведения и разведки рыб. – М., 1955. – С. 108-116.
4. Протасов В.Р. Биоэлектрические поля в жизни рыб [Текст] / В.Р. Протасов. – М.: ЦНИИТЭИРХ, 1971. – 228 с.
5. Гюльбадамов С.Б. Реакция морских рыб на электрический ток [Текст] / С.Б. Гюльбадамов // Рыб. хоз-во. – 1959. – № 5. – 49 с.
6. Максимов Ю.М. Реакция атлантической сельди в электрическом поле импульсного тока [Текст] / Ю.М. Максимов. – М.: ЦНИИТЭИРХ, 1971. – С. 25-32.
7. Орлов А.А. Исследование электрогенерации и возможностей электроориентации у колючего ската: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1985. – 25 с.

Сведения об авторе: Семененко Валентин Иванович, кандидат технических наук, доцент.