

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).

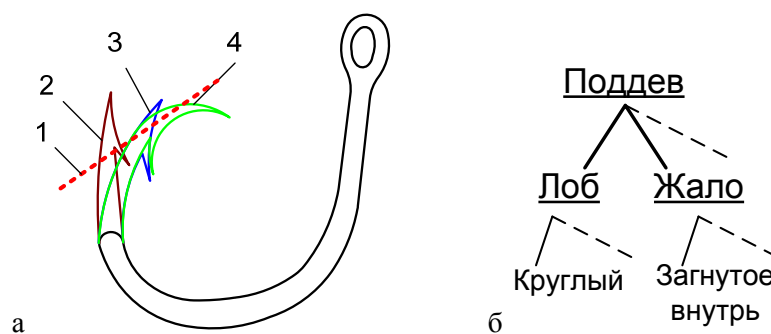


Рис. 1. Конструктивные особенности крючков [9]: а – положение наживки на разных типах крючков; б – дерево эффективных конструктивных параметров крючка (тип С);

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 A, B, C; б – a tree of effective design data of a hook (type C);
 1 – a contour of position of a bait on hooks of type A, B, C;
 2 – type A; 3 – type B; 4 – type C

Согласно схеме (см. рис. 1, б) крючок типа А имеет следующую показательную конструктивную схему $A \in [0;0]$, крючок типа В $B \in [1;0]$, а крючок типа С $C \in [1;1]$. 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 промыслового 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).

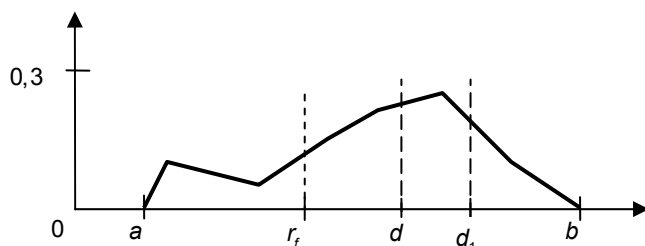


Рис. 2. Схема селективных участков
Fig. 2. The scheme of selective sites

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.

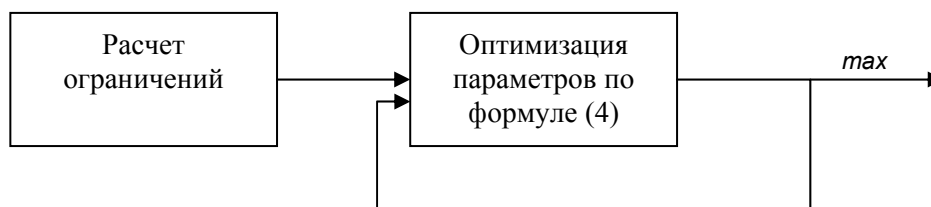


Рис. 3. Схема оптимизации орудий рыболовства
Fig. 3. The scheme of optimization of fishing gears

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.