

20
МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
Калининградский технический институт рыбной промышленности
и хозяйства

На правах рукописи

МИНЬКО Виктор Михайлович

**К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ ОБОСНОВАНИЯ
ПАРАМЕТРОВ РЫБОЛОВНОЙ СИСТЕМЫ**
(на примере лова на свет бортовым подхватом)

Спец. № 05.18.17 — промышленное рыболовство

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Калининград
1975

МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
Калининградский технический институт рыбной промышленности
и хозяйства

На правах рукописи

МИНЬКО Виктор Михайлович

К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ ОБОСНОВАНИЯ
ПАРАМЕТРОВ РЫБОЛОВНОЙ СИСТЕМЫ

(на примере лова на свет бортовым подхватом)

Спец. № 05.18.17 — промышленное рыболовство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Калининград
1975

Работа выполнена на кафедре промышленного рыболовства Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства.

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор *В. Н. Лукашов*

Официальные оппоненты:

1. Доктор технических наук **А. И. Трешев**
2. Кандидат военно-морских наук, доцент **М. Н. Андреев**
3. Ведущее предприятие — Специальное экспериментально-конструкторское бюро промышленного рыболовства МРХ СССР, г. Калининград

Автореферат разослан 28 августа 1975 г.

Защита диссертации состоится 14 октября 1975 г. в 10 час. 00 мин. на заседании Совета факультетов судостроительного и промышленного рыболовства Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства в ауд. 275, (236000, г. Калининград обл., Советский пр., 1, тел. 2-67-23). С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Заверенный отзыв на автореферат просим прислать в двух экземплярах в адрес института.

Ученый секретарь совета **Г. В. Коновалова**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Реферируемая работа посвящена разработке методов обоснования параметров рыболовной системы и выполнена в приложении к лову на свет бортовым подхватом. В настоящее время в различных районах Мирового океана выявлен ряд видов рыб, положительно реагирующих на свет, поэтому существуют реальные возможности для расширения этого способа лова. Их реализация связана с необходимостью проведения исследований по определению оптимальных значений параметров требуемого комплекса средств. Аналогичная работа актуальна также в приложении к другим способам лова, например, к траловому и кошельковому. Следовательно, результаты, полученные для исследованного способа лова, имеют также методическое значение в разработке других рыболовных систем.

Цель работы. Исследование вопросов выбора параметров рыболовной системы с целью оптимизации ее тактико-технических данных (на примере лова на свет бортовым подхватом).

Научная новизна заключается в выявленных зависимостях параметров основных узлов рыболовной системы и ее эффективности от распределения объектов лова, плотности естественных и искусственных скоплений, скорости выливки улова, мощности светового оборудования; в разработке методических вопросов применения системного подхода к обоснованию параметров рыболовной системы и использовании геометрического программирования для изучения нелинейных моделей процесса функционирования этих систем; в разработке методики расчета параметров бортового подхвата.

Практическая ценность выполненных исследований заключается в разработанном методе расчета оптимальных значений параметров промыслового оборудования для лова рыбы на свет бортовым подхватом, в том числе для судов типа СРТМ-800, наиболее широко применяемых в настоящее время на этом виде лова; в определении оптимальных параметров сетной части и оснастки бортового подхвата, повышающих надежность захвата искусственных скоплений; в усовершенствовании конструкции бортового подхвата.

Реализация работы в промышленности. Результаты выполненных исследований использованы при разработке на кафедре промышленного рыболовства Калининградского технического института (по заказам предприятий) усовершенствованных бортовых подхватов, нашедших практическое применение в Западном бассейне при лове на свет макрелешуки и круглой сельди в Атлантическом океане, а также в Азово-Черноморском бассейне при лове на свет макрелешуки и могут быть применены при дальнейшем совершенствовании этого вида лова с целью повышения его эффективности. Помимо этого, методические разработки реализованы в научно-исследовательской работе, выполняемой по заказам предприятий рыбной промышленности.

Апробация работы. По материалам реферируемой работы прочитаны доклады на:

— I Научно-технической конференции Калининградских высших учебных заведений Министерства рыбного хозяйства СССР (Калининград, 1973 г.).

— III Научно-технической конференции Калининградских высших учебных заведений Министерства рыбного хозяйства СССР (Калининград, 1975 г.).

— Научно-техническом семинаре Калининградского областного правления НТО пищевой промышленности и Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства (Калининград, 1975 г.).

Публикация. По результатам выполненной работы опубликовано 6 статей и получено одно авторское свидетельство на изобретение. Две статьи приняты к опубликованию.

Объем работы. Диссертация изложена на 168 страницах, включает 20 рисунков, 14 таблиц, 4 приложения, список использованной литературы состоит из 112 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе дан обзор современного состояния проблемы выбора характеристик промышленного оборудования для рассматриваемого вида лова.

Во второй главе в соответствии с общей методологией системного подхода разработаны математические модели процесса функционирования изучаемой системы, установлен комплекс параметров, подлежащих оптимизации.

Третья глава посвящена изучению разработанных моделей с помощью геометрического программирования, на основе которого устанавливается оптимальное соотношение между основными параметрами узлов системы.

Содержание четвертой главы направлено на исследование самих узлов системы. В качестве примера выбран бортовой подхват.

Проблемой обоснования параметров орудий промышленного рыболовства занимались многие исследователи. Широко известны работы Ф. И. Баранова, В. Н. Войниканиса-Мирского, В. Н. Лукашова, А. И. Трещева, А. Л. Фридмана и др. Наиболее важные результаты по обоснованию параметров промыслового оборудования для лова на свет получены И. В. Никоноровым, В. Р. Протасовым, В. Н. Мельниковым, И. И. Сидельниковым, А. Н. Шабановым, Е. Г. Шаратовым, И. И. Багаутдиновым, И. В. Валентиновичем. Характерной особенностью исследований И. В. Никонорова, И. И. Сидельникова, Е. Г. Шаратова, И. И. Багаутдинова является стремление обосновать параметры как светового оборудования, осуществляющего функцию управления поведением рыб, так и параметры применяемого органа захвата сконцентрированной светом рыбы. По существу эти работы представляют первую попытку системного подхода к рассматриваемой проблеме.

При таком подходе наиболее важным этапом исследования является разработка математической модели процесса функционирования системы.

В общем случае подобная модель представляется в виде нелинейной функции от управляемых и неуправляемых переменных. Управляемые переменные доступны регулированию и поэтому возможна их оптимизация в смысле получения максимума критерия эффективности. К неуправляемым переменным в большинстве конкретных задач оптимизации рыболовной системы относятся факторы внешней среды — скорости ветров, течений, распределение объектов лова.

Опыт показывает, что эффективность рыболовной системы зависит как от ее технических характеристик, так и от режима эксплуатации. Важно при этом то, что некоторые управляемые переменные (их можно назвать зависимыми), относящиеся к режиму работы, выражаются в виде функций от таких же переменных, относящихся к техническим характеристикам основных узлов системы. Поэтому в конечном итоге в математическую модель процесса функционирования рыболовной системы войдут только независимые управляемые переменные. В решаемой задаче ими являются длина световой трассы l , электрическая мощность ω , затрачиваемая на единицу длины трассы, площадь бортового подхвата F , продолжительность сбора рыбы t_c — операция, непосредственно связанная с поимкой рыбы (как и операция траления в траловом лове).

Цель изучения математической модели состоит в определении оптимальных значений управляемых переменных. В качестве критерия оптимизации выбрана максимизация индекса уловистости y — величины улова на единицу времени промыслового цикла. Использование этого показателя определяется его достаточной общностью. Вместе с тем, он позволяет ограничить мате-

математическую модель функционирования системы наиболее существенными параметрами, связанными с существом данного процесса лова, без усложнения ее второстепенными параметрами, затрудняющими разрешимость модели относительно управляемых переменных.

Как известно, лов на свет бортовым подхватом состоит из процессов управления поведением рыб и обработки подхвата. Процесс управления включает операции сбора рыбы и транспортировки (перевода). Процесс обработки подхвата состоит из операций постановки, выборки и выливки улова. На практике имеет место совмещение выполнения операций, относящихся к разным процессам¹. Например, выливка улова производится одновременно со сбором рыбы для следующего цикла.

С учетом возможного совмещения выполнения операций могут иметь место два варианта структуры распределения промыслового времени, отличающихся тем, что в первом из них продолжительность промыслового цикла определяется затратами времени на управление поведением рыб, а во втором — на обработку подхвата. Соответственно отношение затрат времени на управление к продолжительности обработки подхвата в первом варианте больше или равно единице, во втором — меньше или равно единице.

Исследования показали, что более эффективен первый вариант структуры распределения промыслового времени.

Для этого варианта математическая модель функционирования системы в форме прямой программы геометрического программирования (Р. Даффин, Э. Питерсон, К. Зенер, 1972, D. J. Wilde, C. S. Beightler, 1967) имеет вид:

минимизировать

$$B = q_1 \beta^4 \varepsilon^{-1} l^{-1} + q_2 \beta^4 \varepsilon^{-1} t_c^{-1},$$

при ограничениях

$$\begin{aligned} 1) \quad & q_3 \varepsilon^1 + q_4 \cdot \omega^{-1} \leq 1, \\ 2) \quad & q_5 \beta^{-1} + q_6 \cdot F^1 \leq 1, \\ 3) \quad & q_7 \omega^{0,472} l^1 t_c^1 F^{-1} \leq 1, \\ 4) \quad & q_8 t_c^{-0,5} l^{-0,5} F^1 \leq 1, \end{aligned} \quad (A)$$

где B — величина, обратная индексу уловистости, т. е.

$$B = y^{-1}, \quad (1)$$

$q_1, q_2, \dots, q_8$ — коэффициенты позиномов;
 β, ε — дополнительные независимые переменные.

¹ Операции, относящиеся к одному процессу, совмещаться не могут.

Из соотношения (1) следует, что задача минимизации величины B в модели A эквивалентна задаче максимизации индекса уловистости y .

Появление первых двух ограничений в модели A , также как и дополнительных независимых переменных β и ε связано с необходимостью приведения модели процесса функционирования рассматриваемой рыболовной системы к позиномиальному виду.

Последующие два ограничения, представленные в позиномиальной форме, получены из рассмотрения условий нормальной работы системы. Согласно одному из них объем водного пространства, занятого искусственным скоплением, не должен превышать объем воды, процеживаемой подхватом при подъеме. Второе ограничение определяется структурой распределения промыслового времени (для первого варианта этой структуры затраты времени на обработку подхвата не превышают продолжительности управления поведением рыб).

Коэффициенты позиномов модели A определяются по соотношениям

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{\psi_{y_1} l_1}{\varphi}; & q_5 &= 1,0; \\ q_2 &= \frac{\psi_{y_1} l_1}{\varphi v_T}; & q_6 &= \frac{1}{T} \left(a_{\beta} + \frac{\alpha \rho_{\pi} S}{v_{\beta, y}} \right); \\ q_3 &= 1,0; & q_7 &= \frac{0,709 \varphi}{\alpha \rho_{\pi} S \psi_{y_1} l_1}; \\ q_4 &= 0,294; & q_8 &= 1,580 \left(a_0 + \frac{\alpha \rho_{\pi} S}{v_{\beta, y}} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

где ψ_{y_1} — коэффициент эффективности управления поведением рыб для существующей рыболовной системы, принятой за прототип;

l_1 — длина световой трассы для этой же системы;
 $\varphi = Y_1 : t_{c_1}$ — характеристика промысловой обстановки; (3)

Y_1 — улов за один цикл, получаемый с помощью существующей системы;

t_{c_1} — продолжительность сбора рыбы, соответствующая улову Y_1 ;

v_T — скорость транспортировки рыбы в зону установки бортового подхвата;

- T — продолжительность промысловой ночи;
 a_n — коэффициент регрессии между затратами времени на выборку бортового подхвата и площадью орудия в посадке;
 α — коэффициент полноты зоны облова подхвата;
 ρ_n — плотность искусственного скопления рыб на момент начала подъема подхвата;
 s — расстояние от борта судна до подхвата, находящегося в рабочем положении;
 $v_{\text{выл.}}$ — скорость выливки улова;
 a_0 — коэффициент регрессии между общими затратами времени на постановку и выборку подхвата и площадью орудия.

Модель А представляет задачу геометрического программирования, степень трудности которой равна единице, т. е. на конечном этапе ее исследования необходимо решить одно нелинейное уравнение. Оно имеет вид

$$q_4^{0,236} q_8 \sqrt{\frac{q_7}{q_6}} = \sqrt{\frac{1,5-0,5r}{0,5-0,5r}} \left(\frac{0,236+0,236r}{1,236+0,236r} \right)^{0,236} \quad (4)$$

где r — базисная переменная.

Уравнение (4) получено после подстановки в двойственную целевую функцию задачи

$$\Theta(\delta_i) = \left(\frac{q_1}{\delta_1} \right)^{\delta_1} \left(\frac{q_2}{\delta_2} \right)^{\delta_2} \left(\frac{q_3}{\delta_3} \right)^{\delta_3} \left(\frac{q_4}{\delta_4} \right)^{\delta_4} \times \\ \times \left(\frac{q_5}{\delta_5} \right)^{\delta_5} \left(\frac{q_6}{\delta_6} \right)^{\delta_6} \cdot q_7^{\delta_7} q_8^{\delta_8} (\delta_3 + \delta_4)^{\delta_3 + \delta_4} (\delta_5 + \delta_6)^{\delta_5 + \delta_6} \quad (5)$$

где δ_i — двойственные переменные;
 общего решения двойственных ограничений

$$\vec{\delta} = \vec{b}_0 + r \cdot \vec{b}_1 = \begin{pmatrix} 0,5 \\ 0,5 \\ 1,0 \\ 0,236 \\ 1,0 \\ 0,5 \\ 0,5 \\ 0,0 \end{pmatrix} + r \begin{pmatrix} 0,0 \\ 0,0 \\ 0,0 \\ 0,236 \\ 0,0 \\ -0,5 \\ 0,5 \\ 1,0 \end{pmatrix} \quad (6)$$

где $\vec{b}_0$ и $\vec{b}_1$ — соответственно векторы нормализации и невязки, полученные с помощью преобразования матрицы экспонент при переменных модели А,

а также после приравнивания к нулю логарифмической производной от двойственной функции по базисной переменной r

$$\frac{d \ln \Theta(r)}{dr} = 0. \quad (7)$$

Для решения уравнения (4) относительно базисной переменной необходимо получить значения коэффициентов полиномов (2). С этой целью автором были проведены наблюдения за работой промысловых и научно-исследовательских судов Западного бассейна на промысле атлантической макрелешуки в сезоны 1971, 1973 гг., исследованы модели и натурные конструкции бортовых подхватов, собраны характеристики светового оборудования судов, собраны и обработаны литературные данные по влиянию на эффективность и режим работы рассматриваемой системы ряда факторов.

В настоящее время на судах, оборудуемых для лова атлантической макрелешуки, люстры комплектуются лампами и устанавливаются так, что на 1 м длины световой трассы приходится $\omega = 1,17$ кВт электрической мощности. На основе данных И. В. Валентиновича (1965) о влиянии этой величины на эффективность работы промысловых судов на добыче сайры найдено, что приведенному значению ω соответствует коэффициент эффективности $\psi_{\text{л}} = 0,75$.

Расстояние между крайними привлекающими люстрами на судах, оборудуемых для лова атлантической макрелешуки, т. е. длина трассы $l_1 = 30$ м.

Продолжительность промысловой ночи T на промысле атлантической макрелешуки определяется темным временем суток. По нашим наблюдениям $T = 600$ мин.

Расстояние s от борта судна до подхвата, находящегося в рабочем положении, равно 15 м.

Коэффициент полноты зоны облова подхвата по результатам исследований моделей и натурных конструкций подхватов, приведенным ниже, составляет 0,55.

Плотность искусственных скоплений на момент начала подъема подхвата по данным А. Н. Покровского, Б. Н. Мышаккина (1959) в среднем равна $1,44 \text{ кг/м}^3$; максимальное ее значение — $3,09 \text{ кг/м}^3$.

На промысле атлантической макрелешуки применяют подхваты с кутком и выливка улова осуществляется так же, как и при траловом лове. Скорость выливки улова при этом составляет 155 кг/мин .

Для определения отношения ϕ автором проведены специальные наблюдения за работой судов СРТМ-8016, СРТМ-8030 управления «Зыпрыбпромразведка» (г. Калининград). Полученные данные представлены на рис. 1. Обработка их заключалась

в получении коэффициента регрессии между уловами за 1 подъем бортового подхвата Y_i и соответствующими им продолжительностями сбора t_{ci} . По формулам регрессионного анализа получено $\Phi = \Phi_{\text{ср}} \pm \Delta\Phi = (14,85 \pm 2,96)$ кг/мин.

Линия регрессии и пределы ее отклонений показаны на рис. 1. Здесь же проведены линии, ограничивающие поле наблюдений. По углу наклона этих линий получено, что отношение Φ на промысле атлантической макрелещуки изменяется от 3,11 до 66,67 кг/мин. Меньшее из приведенных значений соответствует минимальной плотности облавливаемых скоплений, большее — максимальной.

Скорость транспортировки атлантической макрелещуки в зону установки бортового подхвата составляет по нашим наблюдениям 10 м/мин.

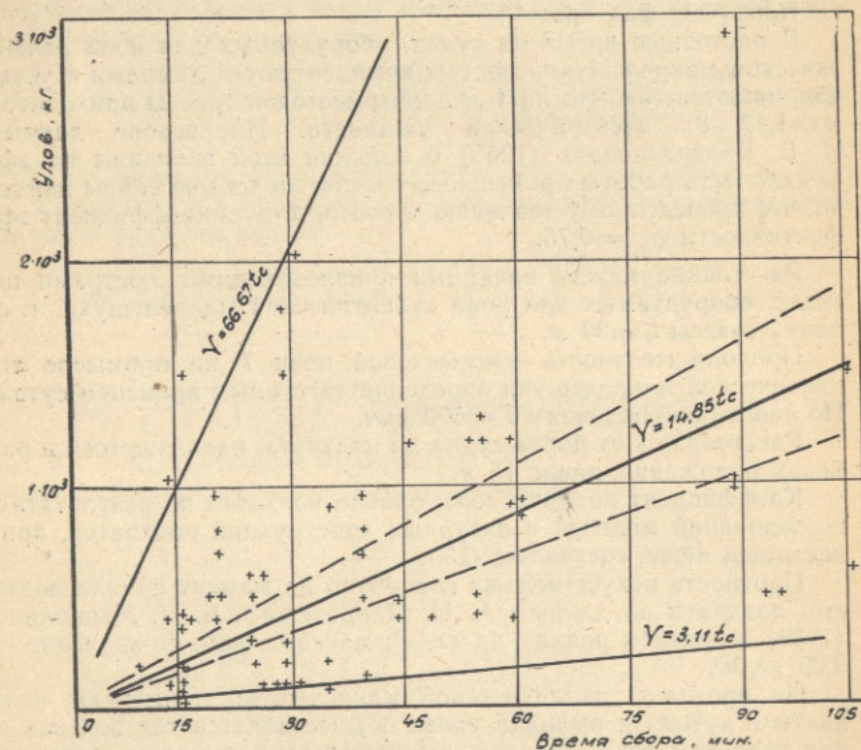


Рис. 1. Зависимость величины уловов атлантической макрелещуки за 1 подъем бортового подхвата от продолжительности сбора
— — — — — пределы отклонений линии регрессии $Y = 14,85 \cdot t$.

Примечание: крайние сплошные линии ограничивают поле наблюдений.

Коэффициенты регрессии a_0 и a_1 определялись путем обработки опытных данных о затратах времени на обслуживание подхвата в зависимости от его площади. Получено $a_0 = 0,026$; $a_1 = 0,016$.

Используя средние значения параметров, входящих в коэффициенты полиномов (2), получаем

$$\begin{aligned} q_1 &= 1,513; & q_2 &= 0,1513; & q_3 &= 1,0; & q_4 &= 0,294; \\ q_5 &= 1,0; & q_6 &= 0,000154; & q_7 &= 0,039; & q_8 &= 0,162. \end{aligned}$$

Уравнение (4) при указанных значениях q_i имеет решение $r^* = 0,66$. Подставляя его в формулу (6) определим оптимальные значения двойственных переменных, максимизирующих двойственную целевую функцию. По формуле (5) находим $\Theta(\delta^*) = 0,0101$.

В геометрическом программировании максимум двойственной целевой функции равен минимуму прямой (модель А).

Используя формулу (1) найдем максимальное значение индекса уловистости $y^* = 99,0$ кг/мин.

Таким образом, максимальное значение критерия эффективности системы получено с помощью геометрического программирования до установления оптимальных значений переменных $\beta, \varepsilon, F, l, t_c, w$.

Аналогично для второго варианта структуры распределения промыслового времени получено $y^* = 85,5$ кг/мин, что несколько меньше полученного ранее значения.

Следовательно, в основу выбора параметров промысловых устройств рассматриваемого вида лова целесообразно положить первый вариант структуры распределения промыслового времени. Соответствующие ему оптимальные значения указанных параметров определяются из системы уравнений

$$q_i \prod_{j=1}^m g_j^{a_{ij}} = \begin{cases} \delta_i^* \Theta(\delta^*), & i = 1, 2, \dots, n_0, \\ \frac{\delta_i^*}{\sigma_\gamma(\delta_i^*)}, & i = n_0 + 1, \dots, n, \end{cases} \quad (8)$$

где m — число независимых переменных g_j в модели А;
 n_0 — число полиномов в целевой функции модели А;
 n — общее число полиномов в модели;
 μ — число ограничений (в модели А $\mu = 4$);

$$\sigma_\gamma(\delta_i^*) = \sum_{i \in J[\gamma]} \delta_i^* \quad J[\gamma] = 1, 2, \dots, \mu. \quad (9)$$

Используя уравнения (8), получен следующий вектор оптимальных значений переменных:

$$\bar{\omega}^* = 1,04 \text{ квт/м}; \quad F^* = 943,5 \text{ м}^2; \quad l^* = 488,0 \text{ м}; \quad t_c^* = 48,8 \text{ мин.}$$

По значениям $\bar{\omega}^*$ и l^* легко определить оптимальную мощность светового оборудования судна N . Так как

$$N = \bar{\omega} \cdot l, \quad (10)$$

то находим $N^* = 1,04 \cdot 488,0 = 507,5 \text{ квт}$.

Приведенные данные получены в предположении, что ограничение на длину световой трассы отсутствует. В то же время ее длина не должна превышать протяженности облавливаемого скопления l_c . Но в том случае, если размер скопления больше оптимального значения $l^* = 488,0 \text{ м}$, то, как это следует из расчетов, увеличивать длину трассы до размера скопления оказывается нецелесообразным. Это обстоятельство следует учитывать при разработке светового оборудования для концентрации и последующего захвата залавливающими устройствами разреженных скоплений рыб, распространенных на больших акваториях.

Если размер скопления l_c меньше оптимального значения l , то математическая модель A должна быть дополнена ограничением

$$\frac{l}{l_c} \leq 1. \quad (11)$$

В этом случае задача геометрического программирования оказалась с двумя степенями трудности, т. е. на конечном этапе исследования понадобилось решить систему нелинейных уравнений с двумя неизвестными

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln \Theta(\vec{r})}{\partial r_1} &= 0, \\ \frac{\partial \ln \Theta(\vec{r})}{\partial r_2} &= 0, \end{aligned} \quad (12)$$

Для ее решения были использованы ЭЦВМ «Мир» и алгоритм решения систем нелинейных уравнений по методу Гаусса—Зейделя.

Результаты исследования показали, что уменьшение длины скопления снижает максимум эффективности системы, а при ее увеличении показатель эффективности стремится к пределу $y^* = 99,0 \text{ кг/мин}$, полученному выше при отсутствии ограничения (11) на параметр l . Этот вывод показывает логическую непротиворечивость модели A .

Следующий этап исследования состоял в определении влияния на критерий эффективности системы и оптимальные значения параметров ее основных узлов характеристики промысловой обстановки ϕ , плотности искусственных скоплений, характеристик промыслового оборудования. Изменения перечисленных параметров влекут изменения коэффициентов полиномов. В соответствии с уравнением (4) и формулами (6), (5) при этом меняются оптимальные значения базисного переменного, двойственных переменных и целевой функции.

На рис. 2 приведены зависимости оптимальных значений критерия эффективности системы и параметров ее основных узлов от характеристики ϕ и плотности искусственных скоплений $\rho_{ис}$. При повышении значения ϕ по отношению к средней величине в два раза эффективность системы возрастает в 1,1 раза. На такую же величину возрастает эффективность системы при повышении в два раза плотности искусственных скоплений.

Изменение плотности искусственных скоплений не оказывает существенного влияния на оптимальные значения параметров основных узлов рассматриваемой системы. Но влияние изменения показателя ϕ весьма существенно. Поэтому при разработке системы оценка его имеет важное практическое значение.

Штрихпунктирной линией на рис. 2а показан график зависимости эффективности системы y_0 от характеристики ϕ , если параметры промыслового оборудования — ω_0 , l_0 , N_0 , F_0 — рассчитанные для среднего значения ϕ , не изменяются (они обозначены на рис. 2а штрихпунктирными, параллельными оси абсцисс линиями), а время обора регулируется так, чтобы количество рыбы, направленное в зону установки бортового подхвата, оставалось неизменным (поскольку размеры подхвата не изменяются).

Из графика видно, что при отклонении показателя ϕ от среднего значения в сторону увеличения, эффективность системы при неизменных параметрах промыслового оборудования мало отличается от максимально возможной при данных условиях. Но при отклонении его в сторону уменьшения различие становится существенным.

На рис. 3 приведены зависимости оптимальных значений критерия эффективности работы системы и параметров ее основных узлов от скорости выливки улова и мощности светового оборудования. Для исследования влияния последнего фактора модель A дополнена ограничением

$$\frac{\omega \cdot l}{N} \leq 1. \quad (13)$$

Из графиков на рис. 3а следует, что скорость выливки улова оказывает заметное влияние на эффективность системы и пара-

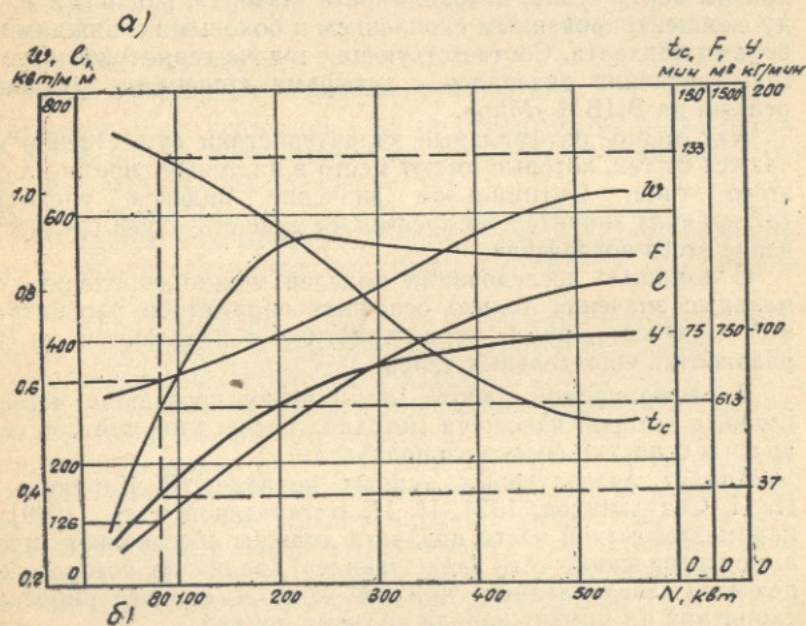
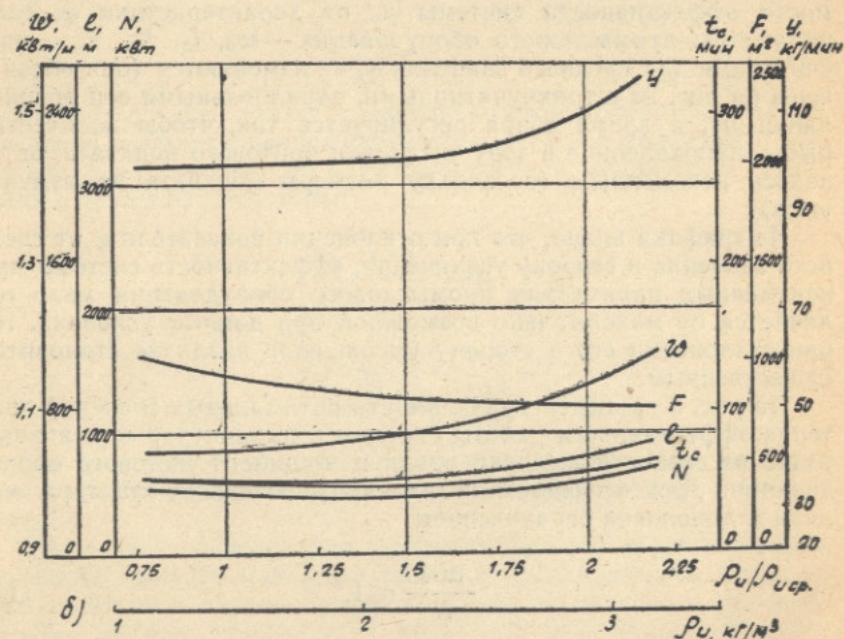
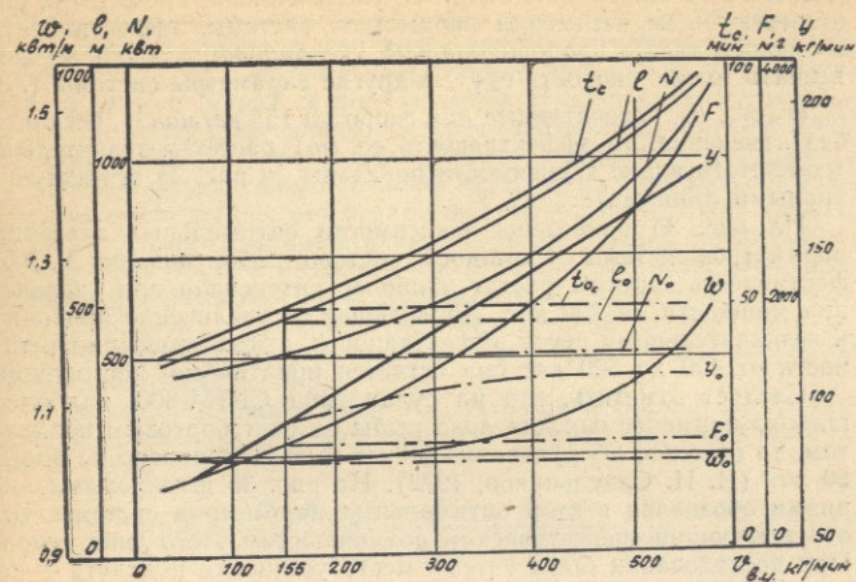
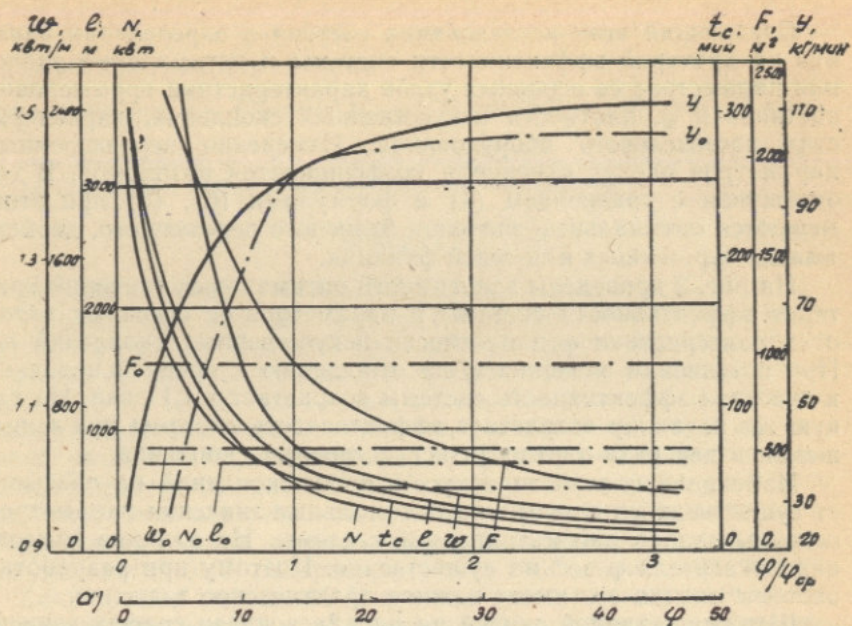


Рис. 2. Зависимости основных параметров рыболовной системы от отношения ϕ и плотности искусственных скоплений ϕ_n

Рис. 3. Зависимости основных параметров рыболовной системы от скорости выливки улова и мощности светового оборудования

метры ее основных узлов. При ее увеличении и, кроме того, соответствующем изменении параметров системы, эффективность последней также пропорционально увеличивается. Если же повышать только скорость $v_{в.у.}$ а другие параметры системы ($t_{с.}$, l_0 , ω_0 , N_0 , F_0 , рассчитанные для скорости 155 кг/мин¹), оставить без изменения, то эффективность ее (y_0) растет незначительно (соответствующие зависимости показаны на рис. 3а штрихпунктирными линиями).

На рис. 3б приведены зависимости оптимальных значений параметров системы от мощности светового оборудования N . Эффективность системы растет наиболее интенсивно при увеличении мощности до 300 кВт. Дальнейшее ее увеличение приводит к незначительному росту эффективности, а при изменении мощности от 400 до 500 кВт она остается практически постоянной.

Следует отметить, что на судах типа СРТМ-800, наиболее широко применяемых для лова рыбы на свет бортовым подхватом, на световое оборудование может быть направлено не более 80 кВт (И. И. Сидельников, 1972). На рис. 3б штриховыми линиями обозначен вектор оптимальных параметров системы, соответствующий энергетическим возможностям этого типа судов. При исследовании были учтены место установки подхвата — на правом борту судна, необходимость «зазора», равного 2 м, между сконцентрированным скоплением и боковыми и нижними подборами подхвата. Соответствующая задача геометрического программирования оказалась с четырьмя степенями трудности и решена на ЭЦВМ «Мир».

Как видно, оптимальные характеристики существенно отличаются от тех, которые имеют место в настоящее время на судах этого типа. Оптимальное значение индекса уловистости (37 кг/мин) значительно превышает существующее среднее значение этого показателя.

С помощью исследования моделей можно определить оптимальные значения только основных параметров рассматриваемой системы. Другие характеристики определяются на этапе разработки ее отдельных узлов.

В реферируемой работе этому этапу посвящена четвертая глава, в которой изложена методика расчета параметров сетной части и оснастки бортового подхвата.

Анализ литературных данных показал (В. Кариюк, 1965, И. И. Сидельников, 1974, И. И. Багаутдинов и др., 1969), что параметры сетной части подхвата должны обеспечивать необходимое провисание сети («выдувание»), величина которого определяется заглублением нижней кромки сконцентрированных скоплений на момент начала подъема орудия.

¹ Такая скорость имеет место в настоящее время на промысле атлантической макрелещук при применении бортовых подхватов с кутком.

Одно и то же провисание сети можно обеспечить при различных коэффициентах посадки и формах раскроя. Но по ряду соображений предпочтителен такой способ изготовления сетной части орудия, при котором необходимое провисание получается при минимуме затрат сетного полотна. В этом случае минимизируется также гидродинамическое сопротивление орудия, трудоемкость выборки, что позволяет ускорить обработку орудия.

Исходя из указанного требования, автором разработаны специальные методы расчета и раскроя сети подхвата. Один из них применяется при разнице в длинах горизонтальных и вертикальных подбор орудия больше 15% и, если требуемая величина провиса не превышает 10 м. Другой способ кройки пригоден для орудий с любыми размерениями. Фактический провис f сети не меньше расчетного при значениях его в практически имеющем место диапазоне: 5—15 м.

Фиктивная площадь сети F_{Φ} , затрачиваемая на постройку орудия, одинакова в обоих случаях и может быть подсчитана по формуле

$$F_{\Phi} = \frac{F}{u^2} \left(1 + \frac{4}{3} \frac{f^2}{c \cdot F} + \frac{4}{3} \frac{f^2}{F} \cdot c \right), \quad (14)$$

где $c = \frac{L}{H}$;

L — длина подхвата, м;

H — его высота (длина боковой подборы, м).

Дифференцируя уравнение (14) по отношению c легко найти такое его значение, при котором расходы сети минимальны. После дифференцирования получаем $c=1$.

Расчеты показали, что при отклонении отношения c от единицы в большую или меньшую стороны, расходы сети увеличиваются незначительно. Но при большом провисе увеличение становится заметным.

При выборе отношения c следует учитывать имеющиеся возможности управления формой искусственных скоплений, концентрируемых в зоне установки подхвата.

При расчете оснастки бортового подхвата основными вопросами, подлежащими рассмотрению, являются обоснование загрузки нижней подборы орудия, величины плавучести боковых и нижней подбор. Эти параметры наиболее важны для обеспечения полноты облова орудием искусственных скоплений. Величина загрузки определяет вертикальное раскрытие подхвата, расстояние от борта судна до места выхода из воды нижней подборы, объем воды, процеживаемой орудием при подъеме. Величина плавучести боковых подбор должна быть достаточной для обеспечения их всплытия с тем, чтобы своевременно преградить рыбе выход из зоны облова.

Из рассмотрения условия равновесия подхвата в рабочем положении получено

$$P = R \left[\frac{(L_{н.п.} + H)(H_1 + \chi)}{2sE} + \frac{H}{2E\sqrt{6}(\eta - 1)} \right] \quad (15)$$

где P — вес одного груза, H ;

R — гидродинамическое сопротивление подхвата, H ;

H_1 — заглубление нижней подборы, $м$;

χ — расстояние от подвешного тралового ролика до поверхности воды, $м$;

$E = L_{в.п.} + L_{н.п.} + 2H$ — суммарная длина подбор орудия, $м$;

$L_{в.п.}$ и $L_{н.п.}$ — соответственно длина верхней и нижней подбор, $м$;

$$\eta = H : H_1.$$

При расчетах параметр η можно принимать равным 1,09—1,1. В этом случае глубина облова составит около 90% от длины боковой подборы и при подъеме подхвата нижняя подбор выйдет из воды достаточно близко от борта судна (2,5—3,0 м). Это обеспечивает эффективный облов искусственных скоплений при расчетной скорости дрейфа.

Гидродинамическое сопротивление R рассчитывается по формуле

$$R = C_x \frac{\rho v^2}{2} F_c \quad (16)$$

в которой коэффициент сопротивления C_x определяется из графиков на рис. 4, полученных по результатам модельных экспериментов. На рис. 4 коэффициент $\lambda = F/F_\phi$.

Площадь сопротивления F_c рассчитывается как

$$F_c = F_\phi \left[\frac{d}{a} + \frac{1}{2} \left(\frac{d}{a} \right)^2 \right] \quad (17)$$

При использовании бортового подхвата для лова рыбы на свет со среднетоннажных судов скорость дрейфа v в формуле (16) определяется по соотношению, полученному Ю. В. Кадиловым (1959)

$$v = 0,036 \cdot v_w,$$

где v_w — скорость ветра, $м/сек$.

Экспериментальные исследования с моделями, выполненные с учетом соблюдения условий подобия, сформулированных А. Л. Фридманом для кошельковых неводов (1969) показали, что если на основе формулы (15) изменять загрузку подхвата в соответствии с изменением скорости дрейфа, то траектории подъема нижней подборы и, следовательно, объем процеживаемой орудием воды остаются примерно одинаковыми. При этом ко-

эффициент полноты зоны облова α составляет 0,5—0,6. Эта особенность может быть использована при исследовательских работах для обеспечения сопоставимости опытов по объему воды, процеживаемому подхватом при подъеме.

Модельные и натурные опыты показали также, что получаемая по формуле (15) величина загрузки обеспечивает расчетное вертикальное раскрытие подхвата.

Плавучесть верхней подбор бортового подхвата высотой 20—25 м устанавливается из расчета 50—60 Н плавучести на 1 м ее длины. При большей высоте орудия плавучесть верхней подбор должна быть соответственно увеличена.

Плавучесть боковых подбор подхвата должна быть достаточной для всплытия их непосредственно после подъема грузов, что предотвращает выход рыбы из зоны облова. Наблюдения за скоростью всплытия боковых подбор моделей и натурных орудий показали, что обычно требуется не менее 60 Н плавучести на 1 м их длины.

Автором исследовано натяжение концов подхвата, размером по верхней, нижней и боковым подборам соответственно 25, 20 и 20 м. (Расход сети на постройку $F_\phi = 1230 м^2$). Максимальное натяжение в грузовом конце составило 17150 Н, в стяжном — 7850 Н. Эти данные позволяют при определении диаметра стальных тросов, применяемых для изготовления указанных концов во вновь разрабатываемом орудии, использовать соотношения теории подобия.

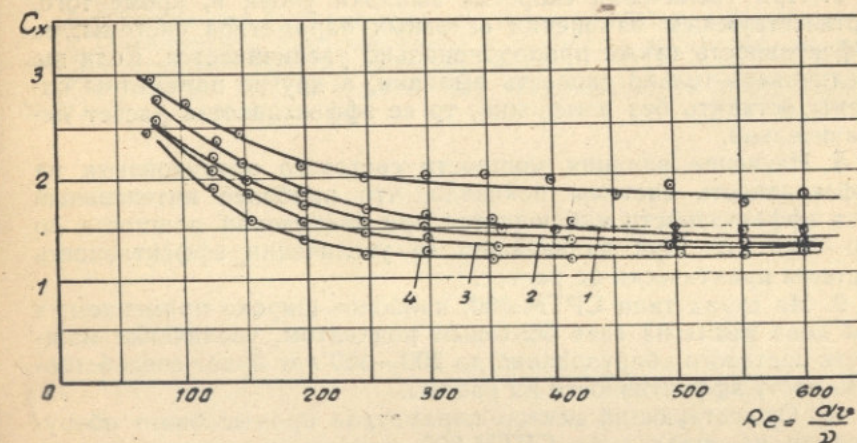


Рис. 4. Зависимость $C_x = \varphi(\lambda, Re)$ для бортовых подхватов при различных значениях λ : 1 — 0,45; 2 — 0,41; 3 — 0,37; 4 — 0,35. Верхний график относится к плоской сети: $\lambda = 0,5$

По проделанной работе можно сделать следующие основные выводы.

1. Независимыми управляемыми переменными исследованной рыболовной системы, определяющими ее тактико-технические данные, являются ω — электрическая мощность, затрачиваемая на единицу длины световой трассы, l — длина световой трассы, t_c — продолжительность сбора рыбы, F — площадь бортового подхвата.

2. Оптимальные значения параметров основных узлов рассмотренной системы целесообразно определять из условия максимизации ее индекса уловистости.

3. Процесс функционирования рассмотренной рыболовной системы описывается нелинейными математическими моделями. По этой причине их исследование связывается с необходимостью использования нелинейных методов оптимизации.

4. Для изучения разработанных моделей использован метод геометрического программирования, обладающий рядом существенных преимуществ перед другими методами нелинейного программирования.

5. Индекс уловистости исследованной рыболовной системы зависит от геометрических характеристик облавливаемых скоплений. С уменьшением последних эффективность системы также уменьшается.

6. При разработке рассматриваемой системы важное практическое значение имеет оценка плотности скоплений рыб, поскольку она оказывает существенное влияние на эффективность системы и параметры ее основных узлов.

7. При увеличении скорости выливки улова и, кроме того, соответствующем изменении основных параметров системы, ее эффективность также пропорционально увеличивается. Если же увеличивать только скорость выливки, а другие параметры системы оставить без изменения, то ее эффективность растет незначительно.

8. Изучение влияния мощности светового оборудования на эффективность системы показало, что наиболее интенсивный рост эффективности наблюдается при увеличении мощности до 300—400 квт. При дальнейшем ее увеличении эффективность системы практически не растет.

9. На судах типа СРТМ-800, наиболее широко применяемых для лова рыбы на свет бортовым подхватом, увеличение мощности светового оборудования до 200—300 квт будет способствовать росту эффективности их работы.

10. Существующий вектор параметров промыслового оборудования на судах типа СРТМ-800 существенно отличается от оптимального. Соответствующее последнему оптимальное значение индекса уловистости значительно превышает нынешнее его значение для этих судов.

11. В развитие методов разработки отдельных узлов рассмотренной рыболовной системы предложена методика расчета параметров сетной части и оснастки бортового подхвата, позволяющая существенно снизить стоимость этих орудий. Расчетные параметры подхвата, как показали результаты промысловых испытаний, обеспечивают полный облов искусственного скопления в зоне установки орудия.

12. Сопоставление полученных в работе результатов с реально наблюдающимися тенденциями дает основание рекомендовать методику разработки и метод изучения математических моделей — геометрическое программирование — для дальнейшего исследования их возможностей в приложении к рыболовным системам с другим принципом действия.

13. Результаты исследований уже используются при разработке усовершенствованных бортовых подхватов, нашедших практическое применение при лове на свет атлантической макрелушки и могут быть использованы при дальнейшем совершенствовании этого способа лова.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

1. Бортовые подхваты для лова рыбы на свет. «Рыбное хозяйство», 1972, № 10.

2. Расчет кройки и посадки бортовых подхватов. «Рыбное хозяйство», 1973, № 2.

3. О статистических связях уловов сравниваемых орудий лова. Труды ЦНИИТЭИРХ, «Промышленное рыболовство», 1973, т. 1 (в соавторстве).

4. Методика расчета оснастки бортового подхвата. «Рыбное хозяйство», 1973, № 12.

5. О кройке сети бортового подхвата. Труды КТИРПНХ, 1975, вып. 57.

6. Геометрическое программирование в разработке рыболовной системы. «Рыбное хозяйство», 1975, № 8 (в соавторстве).

7. Устройство для лова рыбы. Авт. свидетельство № 370930. Опубл. 22.02.1973 г. (в соавторстве).