

Министерство рыбного хозяйства СССР  
ВСЕСОЮЗНЫЙ ордена Трудового Красного Знамени  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ  
( В Н И Р О )

УДК 639.222.6 (265,7)

ХЕНВИ КЛУД ЛАМБЕРТ

МЕТОД ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕКТИВНОСТИ ТРАЛОВ  
ПРИ ВЕДЕНИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОМЫСЛА В ЦВА

Специальность 05.18.17.

"Промышленное рыболовство"

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научные руководители:  
доктор технических наук, проф.

А.И.Трецев

кандидат биологических наук

С.Ф.Ефанов



Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)

Научные руководители: доктор технических наук,  
профессор А.И.Трещев  
кандидат биологических наук,  
ст.н.с. С.Ф.Ефанов

Официальные оппоненты - доктор технических наук,  
ст.н.с. С.Е.Шевцов  
кандидат технических наук,  
доцент Толмачев В.И.

Ведущая организация - ГЛАВРЫБХОД при МИНРЫБХОЗ\* СССР

Защита диссертации  
на заседании  
Всесоюзного  
научно-исследовательского  
института морского  
рыбного хозяйства и океанографии  
ВНИРО, г. Ленинград,  
Института.

Ученый секретарь  
специализированной комиссии  
к.т.н. В.И.

- I -

## I. Общая характеристика работы

В последнее время в связи с повышением интенсивности рыболовства в Мировом океане, перед рыбохозяйственной наукой и добывающим флотом возникают проблемы организации рационального ведения промысла. В некоторых случаях запасы промысловых рыб находятся на стадии подрыва.

Одним из реальных способов поддержания запасов на достаточно высоком уровне является - разработка эффективных методов и различных мероприятий при регулировании рыболовства.

Эффективным, управляемым и контролируемым способом по снижению воздействия тралового промысла на облавливаемую часть популяции, является обоснованный размер ячеи сетного полотна, устанавливаемый в удерживающей части трала и обеспечивающий высокую выживаемость и выход рыб младших возрастных групп.

Для решения данного вопроса проводятся многочисленные и дорогостоящие экспериментальные рейсы, где собирают первичные данные по селективности тралов и после этого определяют оптимальный размер ячеи для отдельного вида рыб, и только для этого района промысла. Однако, для оперативной оценки параметров селективности тралов или выявления размерного состава облавливаемых рыб различных экологических групп, необходимо разработать расчетные методы, учитывающие влияние различных факторов на эти параметры.

## 2. Актуальность темы

Актуальность обусловлена необходимостью поиска и разработки оперативных методов расчета по оценке параметров селективности тралов по отношению к рыбам ЦВА, а также и других видов рыб, с учетом их морфометрических особенностей, путем применения современной вычислительной техники.

## 3. Цель диссертации

Целью настоящих исследований является разработка программы и метода расчета, позволяющего обосновать оптимальный размер ячеи и другие параметры селективности тралов для дальнейшей рекомендации в районах промысла.



#### 4. Задачи исследований

Анализ современного состояния изученности вопроса и поиск путей регулирования рыболовства в районе ЦВА;

Анализ и выявление степени воздействия технических, биологических факторов, а также промысловых условий и их изменения на основные параметры селективности тралов;

Разработка расчетного метода количественной оценки рыб, удержанных и вышедших сквозь ячею трала в зависимости от их размера;

Разработка номограмм для оперативного определения оптимальной формы и размера ячеи в тралах при различных режимах промысла и известных биометрических показателей рыб;

Сравнение параметров селективности тралов, полученных расчетным методом с результатами экспериментальных данных.

#### 5. Научная новизна

Заключается в том, что автору удалось разработать метод расчета, и получить математическую зависимость, позволяющую определить комплекс факторов, влияющих на степень удержания и отсева рыб различных размеров при заданных размерах ячеи сетного полотна в тралах.

Показана целесообразность определения для отдельного объекта промысла критического размера ячеи, удерживающей части трала и разработка рекомендаций для специализированного и смешанного промысла рыб с близкими биометрическими показателями.

#### 6. Практическая ценность и реализация работы

Заключается в том, что любой специалист может воспользоваться и применять на практике разработанные автором номограммы для оперативного определения параметров селективности тралов при переходе промысла с одного вида рыб на другой или при смене района промысла.

Результаты исследований положены в основу разработанных автором методических рекомендаций по определению параметров селективности траловых мешков по расчетным и графическим методам.

#### 7. Апробация работы

Материалы работы докладывались и обсуждались на Рабочей группе Международной Комиссии по изучению моря (ИКЕС) и опубликован расширенный доклад в 1989г. (г.Копенгаген). Материалы диссертации докладывались на расширенных коллоквиумах лаборатории промышленного рыболовства ВНИРО (г.Москва) с 1988 по 1990гг. на НГК /Астрахань, 1987г.

#### 8. Публикации

В расширенном докладе обоснование оптимального размера ячеи в орудиях лова с учетом изменений (видовых сезонных и зональных объектов лова), представленном в ИКЕС, опубликованы основные материалы и методические разработки диссертации.

#### 9. Объем работы

Работа изложена на 25 стр. машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, выводов, списка использованной литературы, включающего работы отечественных и иностранных авторов, работа содержит 24 рисунка и 25 таблиц, в приложении 32 страницы.

#### Содержание работы

В введении излагается целесообразность проведенных исследований и новое, что вносится автором в исследование проблемы селективного использования орудий рыболовства при рациональном ведении промысла в районе ЦВА.

В реферируемой работе показана актуальность выбранного исследования, определены цели и поставлены основные задачи исследований. Кратко изложена общая методика их проведения, дается общая оценка значимости работы.

В первой главе приведен глубокий анализ литературных данных по изучению вопроса селективности рыболовных орудий и в том числе селективности траловых мешков. Для эффективного регулирования рыболовства и оценки селективности орудий лова, важнейшей задачей является определение и установление оптимального размера ячеи в удерживающей части трала, обеспечивающей свободный отсев рыб.



Для рыбодобывающего флота одним из сложных вопросов является сохранение и повышение эффективности регулирования рыболовства при переходе из одного района промысла в другой с одного объекта на другой, а также на смешанных скоплениях рыб.

В последнее время были сделаны попытки найти решение этого вопроса. В большинстве случаев, в основном сводилась к накоплению экспериментальных данных для конкретных видов рыб, применительно к орудиям лова, используемым в разных районах рыболовства (Трещев, 1974, 1984; Ефанов, Мигель, 1985; Ефанов, Истомина, Рождественская, 1988; BEVERTON and MARSHALL, 1963, 1975; JONES, 1963, 1988; GULLAND J.A., 1961; ROBERTSON J.H. and FERRO, 1988 и др.).

Отсутствие данных по количественной оценке основных воздействующих факторов, влияющих на соотношение отсеянных и удержанных рыб разных размеров (скорость траления, размерно-возрастного состава облавливаемой популяции, рабочей формы и размера ячеи, режима лова, состояния рыб, их особенностей в морфологических показателях, а также от физико-механических свойств сетного полотна применяемого в тралах) привели к тому, что до сих пор не выявлена степень влияния этих параметров на популяцию облавливаемых рыб. На основе анализа существующих способов выявлена необходимость их совершенствования.

В результате обобщений данных по проведенным исследованиям были выделены основные направления работ: разработка практических методов и рекомендаций по осуществлению мер регулирования правил рационального ведения рыболовства в районе ЦВА; разработка нормативов и метода оценки параметров селективности тралов на промысле рыб с различной формой тела.

В главе II приводятся результаты проведенных авторами экспериментальных работ по оценке удобства и точности использования приборов для измерения внутреннего размера ячеи: прибор типа ИКНАФ и прибор новой конструкции типа "ПИРС" (разработанного во ВНИРО). Цель - проверка работы и точности измерения прибора ПИРС в морских условиях и

и выявления неудобств и преимуществ по сравнению с пластинчатым щупом (типа ИКНАФ). Высокая точность измерения прибора ПИРС и удобство его эксплуатации могут рассматриваться на международных комиссиях о целесообразности его внедрения на судно.

В результате проведенных работ были выявлены следующие недостатки прибора ИКНАФ: узкий диапазон измеряемых ячей; ограниченность измерения различного ассортимента траловых делей; неудобство использования набора пластинчатых щупов при измерении ячей траловых делей различных размеров и подсоединения гири (5 кг) под сетным полотном; низкая точность измерения - 1,0 мм.

Преимуществами прибора типа ИКНАФ являются: малые габариты набора пластинчатых щупов; удобство их при транспортировке и простота в техническом изготовлении.

Преимущества прибора "ПИРС" - широкий диапазон измеряемых ячей (от 14 до 180 мм); высокая точность измерения - 0,1 мм; стабильность работы при измерении рыболовных сетей и траловых делей; возможность фиксирования измеряемого размера ячеи; удобства и надежность при работе в морских условиях; возможное участие при измерении ячеи одним человеком.

Недостатки: общий вес с футляром 6,7 кг, не удобен при транспортировке.

На основе полученных результатов можно рекомендовать прибор "ПИРС" как измерительный прибор при массовых промерах внутреннего размера ячеи в рыболовных сетях и траловой дели непосредственно в море, на сетевязальных фабриках при проведении различного рода исследований по изучению свойств рыболовных сетей для ведения занятий в учебных заведениях.

В главе III предложен метод анализа и оценки селективности рыболовства.

Один из способов теоретического подхода к оценке селективности тралов смешанных скоплений рыб был предложен Мельниковым А.В.



(1985). Метод основан на применении дисперсионного анализа экспериментальных данных и представлен в приближенном варианте, где автор получил полуэмпирические зависимости, позволяющие определить некоторые параметры селективности тралового мешка.

Одним из путей избавления от трудоемких и дорогостоящих экспериментов, проводимых в морских условиях может являться метод теоретического расчета параметров селективности орудий лова, исходя из соотношения формы тела рыбы, формы и размера ячеек, который выражается двумя основными взаимосвязанными показателями: максимальным обхватом, толщиной и высотой, и размером тела рыб и раскрытием ячеек сетного полотна в процессе траления. Селективные свойства орудий лова зависят от особенностей конструкции трала, посадочного коэффициента, растяжимости материала и режима лова (скорость траления, величина улова и др.). Эти факторы могут изменяться независимо друг от друга.

В этом случае эксперимент необходим лишь для периодического контроля при изменяющихся морфометрических параметрах рыб, а также при определении влияния не учтенных промысловых обстоятельств (технических, биологических и др. факторов). Тогда определение расчетным методом, рекомендуемые параметры селективности тралов будут иметь значения, пригодные для последующего лова, без существенного нанесения ущерба запасам гидробионтов, обеспечат максимальный вылов рыб промыслового размера и выход рыб младших возрастных групп.

При этом предполагается, что размерный состав облавливаемых скоплений рыб в разных районах промысла и сезоны года подчиняется нормальному закону распределения. Математическое ожидание длин рыб для отдельных зон (районов, сезонов или объектов лова) равных  $L_{cp.1}, L_{cp.2}, \dots, L_{cp.m}$ , а дисперсия длин рыб  $S_1^2, S_2^2, \dots, S_m^2$ .

Отсюда среднее значение математического ожидания длин для всех зон промысла (районов, сезонов или объектов):

$$L_{cp} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m L_{cp_i} \quad (1)$$

где:  $L_{cp}$  - среднее значение математического ожидания длин рыб для отдельной зоны промысла;  
 $m$  - число зон промысла (сезонов, объектов).

Исходя из того, что наиболее стабильным параметром является периметр тела рыбы, который влияет на изменение отсева рыбы через удерживающую часть трала и, зная, что он связан с длиной рыбы некоторым коэффициентом обхвата (полноты)  $K_{\Phi p}$  можно выразить следующей формулой:

$$K_{\Phi p} = \frac{\Phi_p}{L_i} \quad (2)$$

где:  $\Phi_p$  - обхват тела рыбы в максимальном сечении, см.  
 $L_i$  - промысловая длина рыбы, см.

Из формул (1) и (2) следует, что  $L_{cp} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{\Phi_{p_{mcp_i}}}{K_{\Phi p_{cp_i}}}$

$$\text{или: } \Phi_{p_{mcp}} = \frac{K_{\Phi p}}{m} \cdot \sum_{i=1}^m L_{cp_i} \quad (3)$$

Для любой рыбы, имеющей обхват  $\Phi_{pm}$ : должно существовать критическое значение размера ячеек, выше которого значение размера ячеек, отсев рыб достоверен, и меньше которого уход не возможен, отсюда можно предположить, что это критическое значение пропорционально обхвату и определяется по формуле:

$$\Phi_p = M \cdot a \quad (4)$$

где:  $\Phi_p$  - максимальный обхват рыбы, см.  
 $a$  - критическое значение размера ячеек;  
 $M$  - коэффициент пропорционально зависящий от формы ячеек.

Таким образом, для любой концентрации (скопления) рыбы или для любого конкретного размерно-возрастного состава рыб можно найти среднюю величину математического ожидания от критических значений размеров ячеек орудий лова используемых для районов (сезонов или объектов промысла), удовлетворяющую выше сказанному условию.

На основании этого, можно написать следующие уравнения:

$$\begin{aligned} \Phi_{p_{mcp}} &= M \cdot a_{cp} = M \cdot B \\ \Phi_{p_{mcp}} &= \frac{K_{\Phi p}}{m} \cdot \sum_{i=1}^m L_{cp_i} \end{aligned} \quad (5)$$



Приравняв эти равенства получим:

$$\mathcal{M} \cdot B = \frac{K_{\text{фр}}}{m} \cdot \sum_{i=1}^m L_{\text{ср}i} ;$$

отсюда  $B = \frac{K_{\text{фр}}}{m} \cdot \sum_{i=1}^m L_{\text{ср}i} ; \quad (6)$

где:  $K_{\text{фр}}$  - среднее значение коэффициентов обхвата (полноты) тела рыбы одного вида или группы видов, объединенных в рассматриваемом промысле:

$$K_{\text{фр}} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m K_{\text{фр}i} ; \quad (7)$$

$K_{\text{фр}}$  - зависит от вида, пола и состояния рыбы, его средние значения рассматривались в литературе (Джонс, 1963, Денисов, 1977, Мельников, 1985 и др.)

Данный коэффициент был математически обоснован (Джонс, 1963) и выражен формулой:

$$\mathcal{M} = \frac{c}{\left[ \frac{K^2}{\sin^2 \theta} + \frac{1}{\cos^2 \theta} \right]^{1/2}} ; \quad (8)$$

где:  $c$  - отношение обхвата рыбы за жаберной крышкой к ширине ее тела  
 $K$  - отношение высоты тела рыбы за жаберной крышкой к ее ширине,  
 $\theta$  - угол, определяющий форму ячеи.

Однако, в представленной формуле (8) Джонсон не учитывает биологическое состояние рыбы (что важно при определении критического значения размера ячеи). Поэтому в нашем случае обхват и высота измеряется в максимальном сечении. Далее учитывая, что  $\sin \theta = U$  постоянный коэффициент по горизонтали и  $\cos \theta = U_{\perp}$  по вертикали, для характеристики орудий лова удобнее использовать выражение (8):  $\mathcal{M} = \frac{c}{\left[ \frac{K^2}{U^2} + \frac{1}{U_{\perp}^2} \right]^{1/2}} ; \quad (9)$

где:  $C_p = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{\Phi_{\text{ср}i}}{h_{\text{ср}i}} = \frac{\frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \Phi_{\text{ср}i}}{\frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m h_{\text{ср}i}} ; \quad (10)$

$K_p = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{H_{\text{ср}i}}{h_{\text{ср}i}} = \frac{\frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m H_{\text{ср}i}}{\frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m h_{\text{ср}i}} ; \quad (11)$

$H_{\text{ср}i}$  - среднее значение высоты тела рыб одного вида и одного размерного состава в одном районе промысла (одного сезона лова);

$h_{\text{ср}i}$  - среднее значение ширины тела рыб одного вида и одного размерного состава в одном районе промысла и сезоне лова;

$m$  - число возрастных размеров классов в одном скоплении;

$C_p$  и  $K_p$  - среднее математическое ожидание значений соотношений максимальных обхватов рыб к ширине тела в этом же месте, и среднее математическое ожидание значений соотношений максимальной высоты тела к ширине рыбы в этом же месте.

Если подставим значения  $C_p$  и  $K_p$  в выражении (9), то получим:

$$\mathcal{M} = \frac{\frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{\Phi_{\text{ср}i}}{h_{\text{ср}i}}}{\left[ \left( \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{H_{\text{ср}i}}{h_{\text{ср}i}} \right)^2 + \frac{1}{U_{\perp}^2} \right]^{1/2}} ; \quad (12)$$

Тогда формула (12) после преобразования получит вид:

$$B = \left[ \frac{\left( \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m H_{\text{ср}i} \right)^2}{\left( \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m h_{\text{ср}i} \right)^2} \cdot U^2 + \frac{1}{U_{\perp}^2} \right]^{0,5} \cdot \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m h_{\text{ср}i} ;$$

Если учесть, что ячеи орудий лова в процессе буксировки трала подвергаются определенному удлинению  $\varepsilon$ , зависящему от вида материала нити, нагрузки на нить во время лова, механического усилия, развиваемого рыбой, прошедшей сквозь ячею и т.п., то критическое значение размера ячеи будет определяться по формуле:

$$B = \left[ \frac{\left( \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m H_{\text{ср}i} \right)^2}{\left( \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m h_{\text{ср}i} \right)^2} \cdot U^2 + \frac{1}{U_{\perp}^2} \right]^{0,5} \cdot \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m h_{\text{ср}i} (1 + \varepsilon) \cdot K_{p2} \quad (13)$$

где:  $\varepsilon$  - относительное удлинение ячеи в процессе буксировки трала;  
 $K_{p2}$  - коэффициент сжатия тела рыбы ячеей.

$K_{p2}$  в основном зависит от диаметра нитей ячеи их удлинения в сетном полотне и жесткости мышц тела рыбы. По экспериментальным данным, при диаметре нити менее 1,5 мм и лове рыб, с жестким телом можно принимать равным 0,92±0,94, с мягким телом - 0,90±0,92, при диаметре более 1,5±2 мм соответственно 0,94±0,96 и 0,92±0,94. Ошибка определения  $K_{p2}$  в этом случае не будет превышать 1±2%.

Относительное удлинение ячеи определяется формулой

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \left( \frac{V}{V_0} \right)^{0,3} \left( 1 + \log \left( \frac{Q}{Q_0} \right) \right)^{0,3} \quad (14)$$

где:  $\varepsilon_0$  - первоначальное удлинение материала (для капрона оно равно 0,22);

$Q$  - улов за одно траление, T



Формула (13) является обоснованием для более точного определения критического значения оптимального размера ячеи в концентрирующей части, и может быть применена к любому объекту промысла, при оценке селективности его промысла орудиями лова.

А.И.Трещев в 1974 году предложил аппроксимировать кривую селективности с логистической кривой, так как логистическая кривая лишь соответствует экспериментальным данным. Однако, в уравнении предложенным А.И.Трещевым не учитывалось, что часть рыб, попадавших в сетной мешок, не подвергалась селективному действию ячеи, что увеличивало погрешность аппроксимации.

На кафедре промысловства Астрыбвтуза было получено уравнение кривой селективности тралового мешка  $F_M(I)$ , в котором учтено, что кривая селективности близка к логистической кривой и включает в себя параметры, характеризующие селективные свойства сетного мешка, имеющее вид:

$$F_M(I) = \frac{1 - \alpha'_{Ns}}{1 + \text{EXP} \left[ \frac{2\gamma_F}{D_s} (K_s \cdot V_{BH} - Li) + \beta_F \right]} + \alpha'_{Ns} \quad (15)$$

где:  $V_{BH}$  - внутренний размер ячеи

$$\alpha'_{Ns} = (0,16 + 0,25 \log Q_2) \cdot \frac{0,3 \cdot K_{фр} \cdot L_{min}}{2 \cdot V_{кр} - K_{фр} \cdot L_{min}} \quad (16)$$

В ходе практических расчетов и сравнения результатов таких расчетов с экспериментальными данными было выяснено, что формула дает некоторую погрешность, которая обусловлена учетом доли рыб не подвергающихся селективному действию ячеи.

Для оптимизации и уточнения расчетов эта формула была нами уточнена. Для этого были использованы экспериментальные данные о селективности траловых мешков по отношению к ставриде и скумбрии, зубана района ЦВА и балтийской сельди. По этим данным были построены экспериментальные кривые селективности (рис.4,5) и рассчитаны кривые селективности по формуле:

$$F_M(l) = \frac{1 - \alpha'_{Ns}}{1 + \text{EXP} \left[ \frac{1,15\gamma_F}{D_s} (K_s \cdot V_{кр} - Li) + \beta_F \right]} + \alpha'_{Ns} \quad (17)$$

где:  $\beta_F = \ln \frac{0,5}{0,5 - \alpha'_{Ns}}$ ;  $\gamma_F = \frac{0,5 - \alpha'_{Ns}}{2(0,75 - \alpha'_{Ns})}$

В дальнейшем сравнивали экспериментальные кривые селективности с кривыми селективности, полученные расчетным методом.

Путем подбора коэффициентов удалось получить разницу между расчетными и экспериментальными кривыми селективности не превышающую 5-7%.

В результате, при помощи компьютерных расчетов для определения оптимального размера ячеи в траловых мешках, формулу (17) преобразовали приведя ее к следующему виду:

$$F_M(l) = \frac{1 - \alpha'_{Ns}}{1 + \text{EXP} \left[ \frac{1,15\gamma_F}{D_s} (K_s \cdot V_{кр} - Li) + \beta_F \right]} + \alpha'_{Ns} \quad (18)$$

где:  $V_{кр}$  - критическое значение (оптимальное) размера ячеи.

Формула (18) является основным уравнением для аналитической оценки селективности орудий.

В развернутой формуле она имеет вид:

$$F_M(l) = \frac{1 - \alpha'_{Ns}}{1 + \text{EXP} \left[ \frac{1,15\gamma_F}{D_s} \left( K_s \cdot \left[ \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m H_{cp_i}^2}{\left( \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m H_{cp_i} \right)^2} \cdot U^2 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m h_{cp_i}^2 (1+\varepsilon) \cdot K_{p_2} \right) - Li \right) + \beta_F \right]} + \alpha'_{Ns} \quad (19)$$

где:  $\alpha'_{Ns}$  - доля рыб подвергающихся селективному действию орудий лова;

$K_s$  - коэффициент селективности;

$H_{cp_i}$  - среднее значение высоты тела рыб одного вида и одного размерного состава в одном районе промысла (сезоне лова);

$h_{cp_i}$  - среднее значение ширины рыб одного вида и одного размерного состава в одном районе промысла (сезоне лова);

$m$  - число возрастных размеров в одном скоплении;

$U, U_i$  - коэффициент посадки сетного полотна по горизонтали и по вертикали;

$\varepsilon$  - рабочее относительное удлинение ячеи (зависит от вида материала);

$K_{p_2}$  - коэффициент сжатия тела рыбы ячеей;

$Li$  - длина рыбы в скоплении.



На основе математических результатов предложена методика компьютерной обработки данных поэтапного решения, которое показано ниже.

Приведены примеры решения на траловой промысле ставриды и скумбрии ЦВА, и получены следующие результаты: (табл. I ).

Проведены расчеты, и выявлена степень влияния коэффициента посадки на селективные свойства трала при изменении структуры облавливаемой части популяции рыб, например ставриды и скумбрии ЦВА, а также балтийской сельди предлагается диапазон применения коэффициента при рациональном и эффективном ведении их промысла (табл. 2 ).

Предложена методика практических расчетов при оценке селективности орудий рыболовства на основе, которой получены номограммы, предназначенные для оперативной и количественной оценки основных факторов, влияющих на селективные свойства при проектировании и псстройки орудий лова (рис. 4, 5, 6). При применении номограмм допустимая относительная ошибка не превышает 2...3%.

Получены расчетные кривые селективности и критическое значение размера ячеи для облавливаемой популяции ставриды, скумбрии и балтийской сельди, а также критическое значение размера ячей для смешанных скоплений ставриды и скумбрии при различных формах ячеи (таб. 2 )

В завершении были выполнены для каждой популяции ставриды и скумбрии сравнительные теоретические расчеты, на основе которых получены многовариантные кривые селективности орудия лова по отношению к облавливаемой популяции ставриды и скумбрии ЦВА (рис I-2) и балтийской сельди (рис. 3 ).

В главе IV в ходе экспериментальной проверки и обсуждения результатов исследований было проведено сравнение теоретических и экспериментальных графиков селективности тралов по отношению к ставриде, скумбрии и балтийской сельди, выявлена слабо, репрезентативность экспериментальных графиков, которая является результатом структуры и

Сравнения экспериментальные и расчетные результаты при обосновании оптимального размера ячеи

Таблица I

Состав рыб в скоплениях	50% (мм)	Коэфф. селективн. (мм)		Диапазон селектив. (мм)		Критический размер Заданный размер ячеи (мм)		Внн			
		ромб. форма	кв. зад.	ромб. форма	кв. зад.	ромб. форма	кв. зад.		ромб. форма	кв. зад.	
1. Ставрида (Зап. Сахара)	280 278 230	4,59	4,64	4,64	52,53	63,54	60,88	61,0	73,5	60	50
2. Скумбрия (Зап. Сахара)	265 260 207,5	4,30	4,36	4,35	47,99	56,84	54,74	61,63	73,81	60	50
3. Ставрида и скумбрия (Зап. Сахара)	270 265 235	4,45	4,498	4,492	49,74	59,90	57,47	61,289	73,610	60	50
4. Ставрида (Балтийская)	101 126 132	4,39	-	4,56	22,21	-	24,27	22,817	28,762	28	28

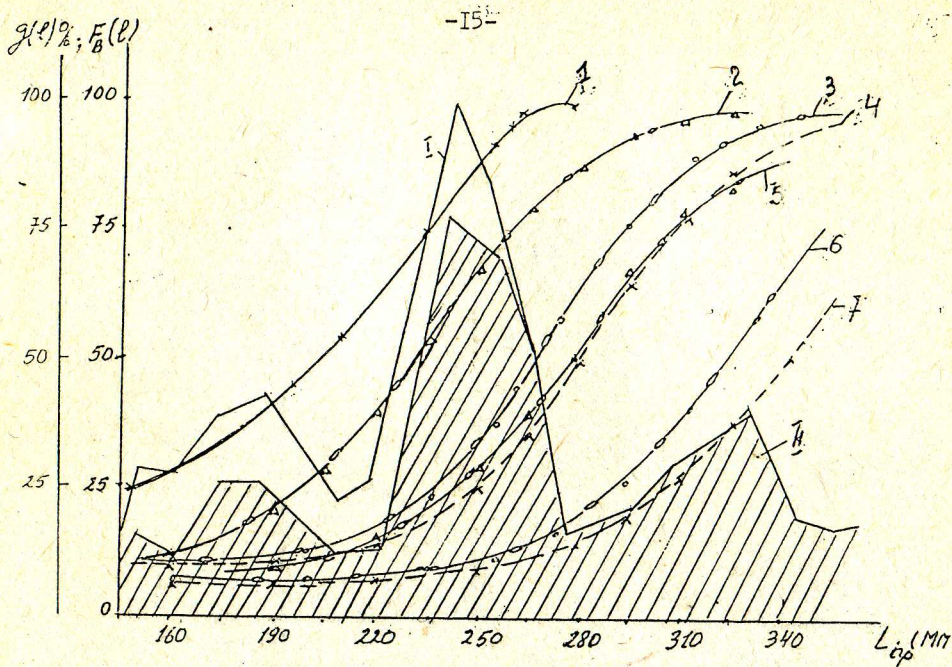


Расчетно-аналитическое определение величины посадочного коэффициента и его влияние на селективные свойства траловых мешков

Таблица 2

Объект промысла	Средний коэффициент обхвата, $K_{cp}$	Пределно-критическое значение размера ячеи в мм	Посадочный коэффициент изменения 50%, мм	Диапазон изменения 50%, мм	Коэффициент селективности, $K$
Ставрида (ЦВА)	0,47	67,0	0,616	257 ÷ 285	3,85
Скумбрия (ЦВА)	0,50	71,5	0,665	262 ÷ 287	3,69
Салака (балтийская)	0,48	30,65	0,636	107 ÷ 120	4,25

-14-



-15-

Рис. 1 Размерный состав ставриды ЦВА и семейство кривых селективности: I-размерный состав рыб вошедших в траловый мешок; II-размерный состав рыб удержанных траловым мешком; а/-кривая #1: экспериментальная кривая селективности при ромбической форме ячеи размером 60 мм; б/-расчетно-экспериментальные кривые селективности, при ромбической форме ячеи/кривая #4,  $V_{кр}=61,01$  мм;/ при квадратной форме ячеи/кривая #7,  $V_{кр}=73,54$  мм;/ по отношению к смешанной популяции ставриды и скумбрии,  $V_{кр}=61,3$  мм при ромб. форме/кривая #3/,  $V_{кр}=73,6$  мм при квад. форме /кривая #6/. в/-расчетно-экспериментальные кривые селективности при внутреннем размере ячеи  $V_{вн}=60,0$  мм/кривая #5/, при  $V_{вн}=50,0$  мм/кривая #2/.



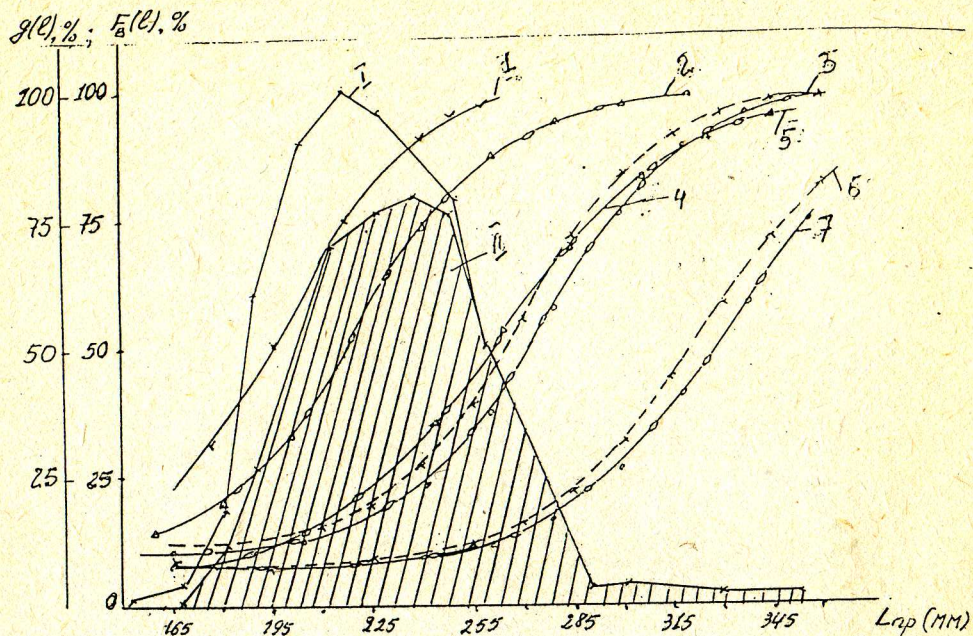


Рис. 2 Размерный состав скумбрии ЦВА и семейство кривых селективности: 1-размерный состав рыб вошедших в траловый мешок; II-размерный состав рыб удержанных траловым мешком; а/-кривая \*1: экспериментальная кривая селективности при ромбической форме ячеи размером 60,0 мм; б/-расчетно-экспериментальные кривые селективности, при ромбической форме ячеи/кривая \*4,  $V_{кр}=61,6$  мм/; при квадратной форме ячеи/кривая \*7,  $V_{кр}=73,8$  мм/; и в/-расчетно-экспериментальные кривые селективности при внутреннем размере ячеи  $V_{вн}=60,0$  мм/кривая \*5/, при  $V_{вн}=50,0$  мм/кривая \*2/.

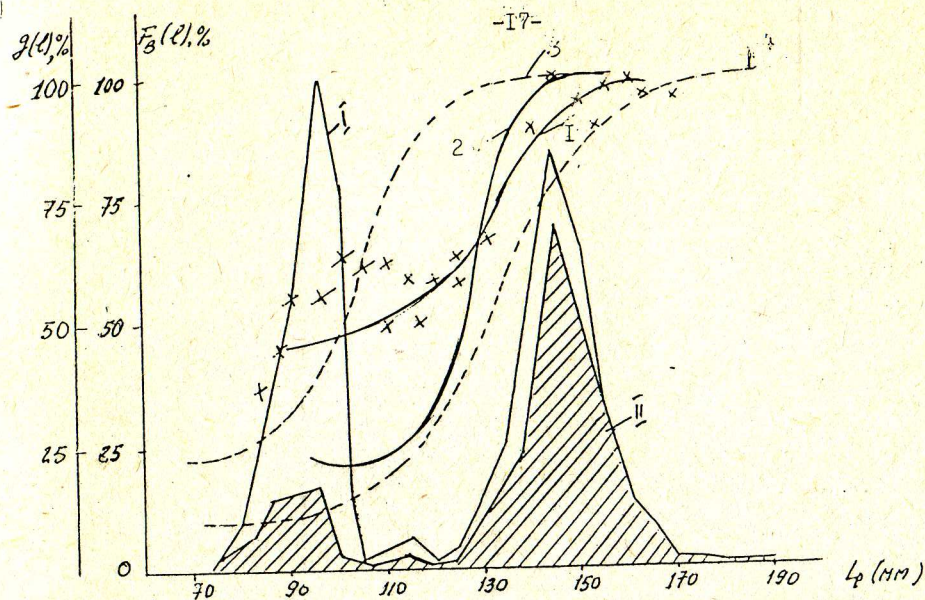


Рис. 3 Размерный состав балтийской сельди и кривые селективности траловых мешков: I-размерный состав рыб вошедших в траловый мешок; II-размерный состав рыб удержанных траловым мешком; а/-экспериментальные кривые селективности при лове траловым мешком с ромбической формой ячеи/кривая \*1/, с квадратной формой ячеи/кривая \*2/, размером 29,0 мм; в/-расчетно-экспериментальные кривые селективности при траловом лове сельди ромбической формой ячеи/кривая \*3,  $V_{кр}=22,8$  мм/; при квадратной форме ячеи/кривая \*4,  $V_{кр}=28,8$  мм/.



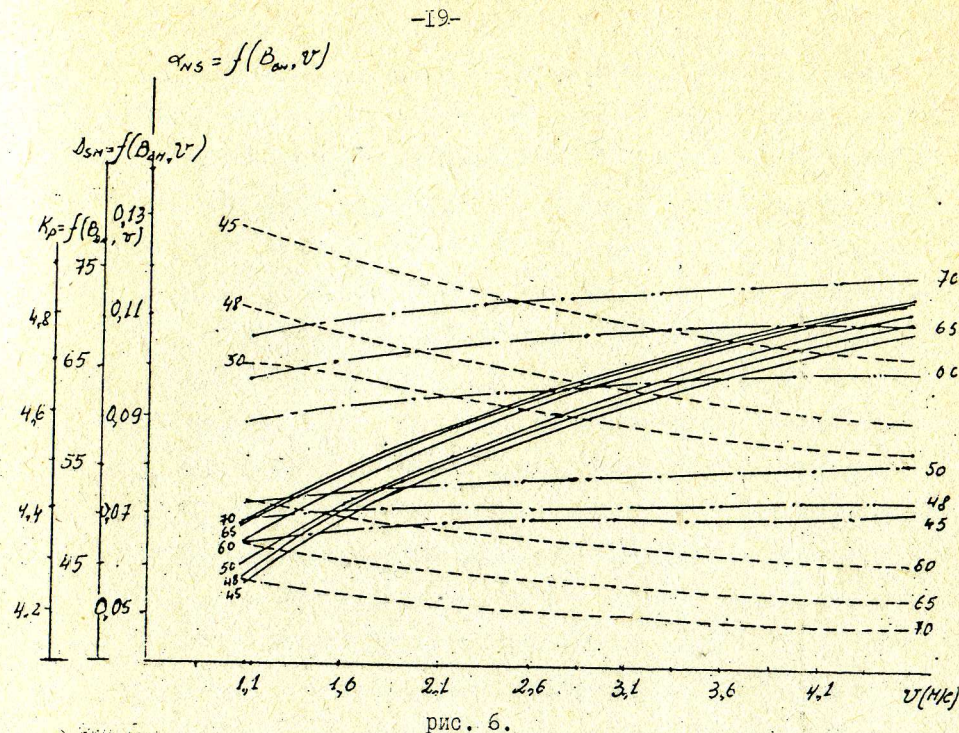
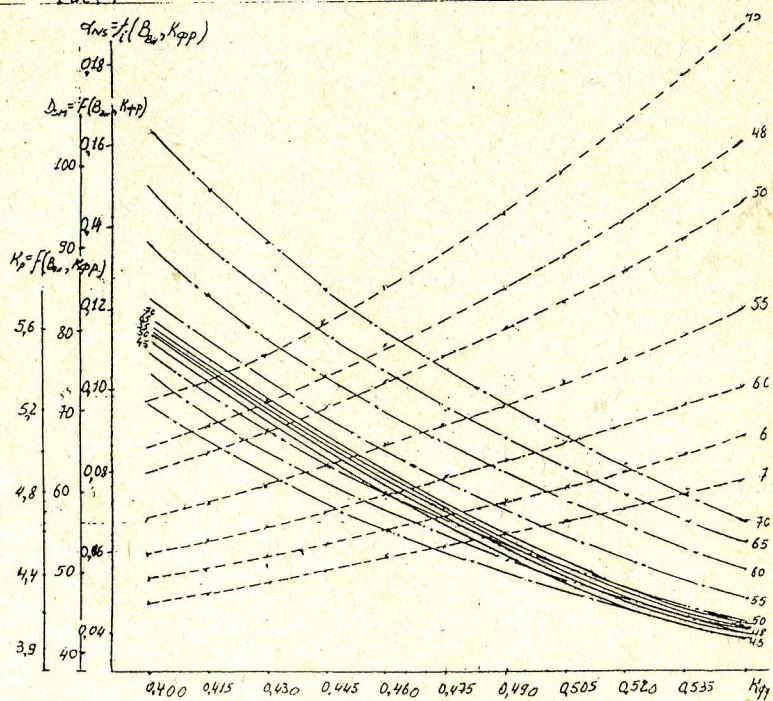
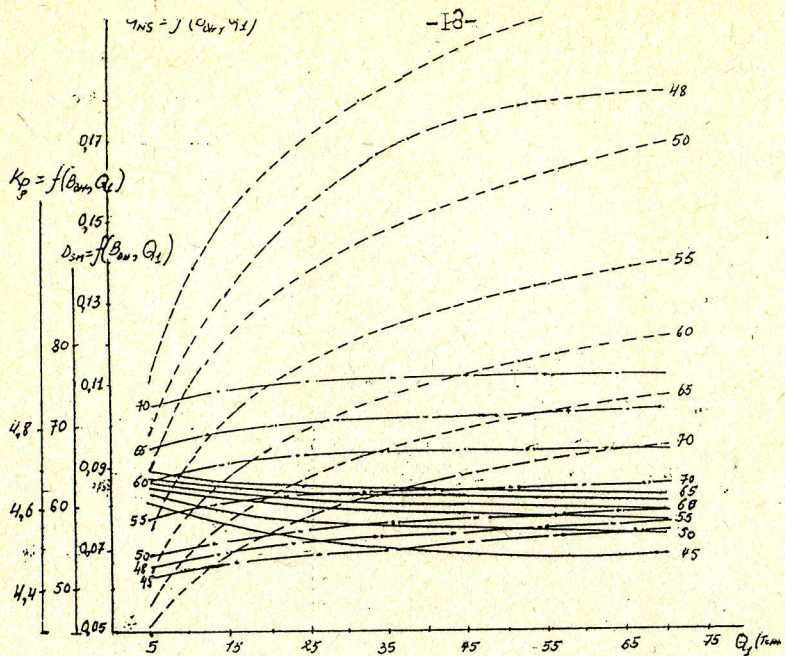


Рис. 4, 5, 6 - Номограммы для определения параметров селективности тра-  
ловых мешков в зависимости от различных факторов:  
а/- /---/ зависимости доли рыб не подвергающихся селек-  
тивному действию от размеров ячей  $B_{вн}$  и от улова  
за траление /рис. 4 /, от коэффициента обхвата  $K_{фр} = K1$   
/рис. 5 /, и от скорости траления /рис. 6 /.  
б/- /-.-.-/ зависимости диапазона селективности  
от размеров ячей  $B_{вн}$  и от улова за траление /рис. 4 /  
от коэффициента обхвата  $K_{фр} = K1$  /рис. 5 /, и от скорости  
траления /рис. 6 /.  
в/- /\_\_\_\_\_/ зависимости коэффициента селективности  $K_s$  от  
размеров ячей  $B_{вн}$ , от улова за траление /рис. 4 /, от  
коэффициента обхвата  $K_{фр} = K1$  /рис. 5 /, и от скорости  
траления /рис. 6 /.

Замечание: расчеты проведены на примере тралового  
промсла стравриды в районе ЦВА.



промысла. Так например, результаты расчетных и экспериментальных анализов показывают, что для одной и той же величины коэффициента посадки  $U = 0,56$  получен рекомендуемый размер ячеи в траловом мешке 60,0 мм, экспериментально 50%-длину рыбы 278,0 мм на промысле ставриды и 260,0 мм на промысле скумбрии, а при расчетном способе получены при критическом значении размера ячеи для ставриды  $V_{кр} = 61,0$  мм.  $L_{50\%} = 280,0$  мм и для скумбрии  $V_{кр} = 61,6$  мм и  $L_{50\%} = 265,0$  мм (рис. 1; 2).

При коэффициенте посадки, равном 0,707 получены взаимосвязи эффекта в процессе лова с объектом промысла, что выражается графиками (рис. 1; 2), и соответственно, критическое значение размера ячей (фактический размер ячеи образующийся в удерживающей части трала в процессе траления, в результате всех особенностей их конструкции, эксплуатации, а также свойств примененных материалов по отношению к различным видам облавливаемых рыб.

В итоге полученных осредненных, критических значений селективных характеристик облавливаемой части популяции предложена расчетная и графическая методика обоснования оптимального размера ячеи в удерживающей части трала при рациональном ведении промысла а также поэтапное получение следующих параметров селективности:

1. На основе расчетных результатов для конкретно выбранного объекта промысла можно построить графические зависимости  $V_{кр}(l)$  при ромбовидной и квадратной формах ячеи;

2. Построить экспериментальные графики селективности на основе заданных размеров ячеи ( $F_{Вкр}(l)$ );

3. Определить на основе полученных графических зависимостей по пунктам 1 и 2 длину рыб на 50% удержания ( $L_{50\%}$ ), коэффициента селективности ( $K_s$ ) соответствующий каждому расчетному и экспериментальному графику, а также диапазонам селективности;

4. Составить итоговую сравнительную таблицу на основе собранного материала и данных в пункте 3 (табл. 2);

5. Сравнить критический размер ячеи  $V_{кр}$  с заданным или экспериментальным  $V_{ВН}$  и соответственно длину рыбы при 50% удержании (50%). Затем определить осредненное значение  $V_{кр}$  между критическими и проверить методом дисперсионного анализа, насколько такое решение верно.

Принимая, что критические значения размера ячеи, полученные в результате распределения размерного состава в траловом мешке с ромбовидной и квадратной формами ячеи, носят случайный характер. Таким образом, если  $V_{кр1}$ ,  $V_{кр2}$ ... $V_{кр}$  являются их значениями, то их дисперсии, относительно экспериментального значения  $V_{ВН}$ , равны  $S_1^2$ ,  $S_2^2$ , ...  $S_m^2$ .

Среднее значение математического ожидания критических значений размеров ячеи  $V_{кр ср.}$  равно

$$V_{кр ср.} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m V_{кр i} \dots \quad (20)$$

Дисперсия критических значений размеров ячеи получены в результате случайного распределения размерного состава облавливаемой популяции в траловом мешке при ромбовидной и квадратной формах ячеи равна:

$$S_0^2 = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m S_i^2$$

Дисперсия, связанная с неслучайным фактором, как результатом разброса математических ожиданий критических значений размеров от заданного или экспериментального равна:

$$S^2 = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m (V_{кр i} - V_{кр ср.})^2 \quad (21)$$

Поскольку здесь показатель неслучайного разброса математических ожиданий критических значений размеров ячеи от экспериментально определен, аналогично показателю влияния случайного фактора, то можно сравнивать эти два влияния по критерию Фишера. Влияние неслучайного разброса критических значений признается при доверительной вероятности  $\beta$ , если

$$S^2/S_0^2 < F_{\beta} \quad ; \quad (22)$$



где:  $F_{\beta}$  - критерии Фишера для доверительной вероятности

Критерий  $F_{\beta}$  определяется по степеням свободы

$$\nu_1 = m - 1 \text{ и } \nu_2 = n(n - 1), \quad (23)$$

где:  $n$  - число пробных тралений, по результатам которых получено каждое из критических значений размеров ячеи.

Доверительную вероятность  $\beta$  следует принимать в пределах 0,8...0,95.

6. Если условия проверки удовлетворительны, то найденное значение  $V_{кр}$  является оптимальным.

На основании данной методики определено, что для ставриды оптимальный размер ячеи  $V_{кр0} = 67,25$  мм; для скумбрии 67,70 мм, а для балтийской сельди  $V_{кр0} = 25,78$  мм.

Приведена графическая методика обоснования оптимального размера ячеи и установлено, что колебание его значения при сравнении с расчетным методом достигает лишь 0,08% рис.7а/

В завершении главы IV предложены мероприятия по рациональному ведению тралового промысла некоторых видов рыб ЦВА и балтийской сельди.

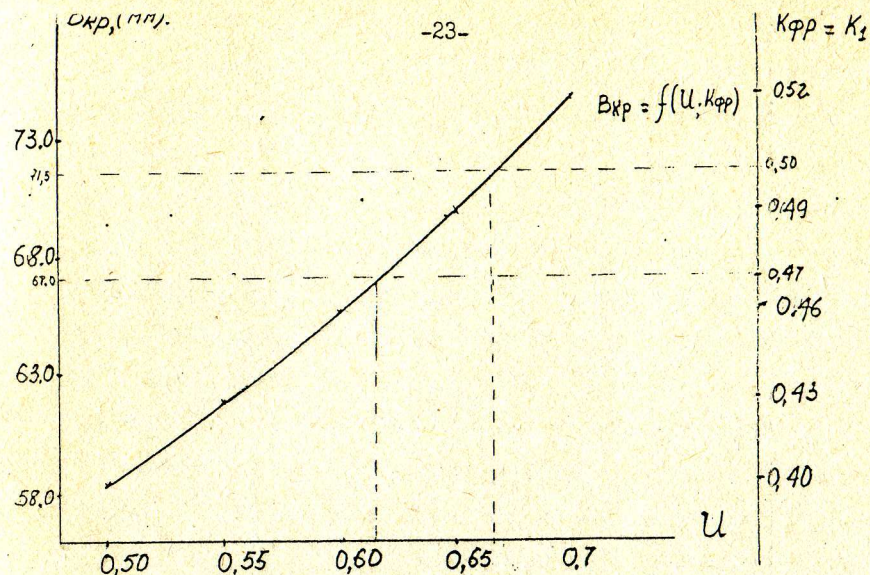


Рис. (7-а).

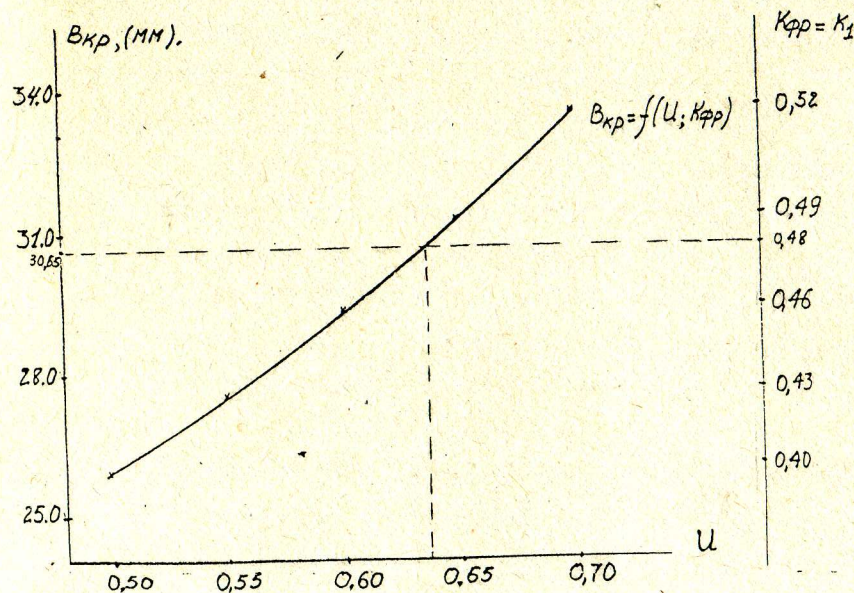


Рис. (7-б).

Рис. (7-а, б) - Графическая зависимости Критического размера ячеи ( $V_{кр}$ ), коэффициента посадки ( $u$ ) от размерного состава, коэффициента обхвата  $K_{фр}$  облавливаемой популяции ставриды ЦВА (рис. сельди).



## В ы в о д ы

1. Повышение эффективности реализации рыболовства и рациональное ведение промысла в районе ЦВА в значительной степени зависит от селективных свойств тралов, применяемых в настоящее время. Правильно, выбирая и своевременно регулируя размер ячеи в удерживающей части трала можно без особых затрат существенно повысить эффективность лова и тем самым поддержать запас рыб на достаточно высоком уровне за счет сохранения молоди рыб, прошедшей сквозь ячею трала.

2. Интенсивное использование рыбных ресурсов в промысловом районе Центрально-восточной Атлантики (ЦВА) не без предельно. При этом было выявлено, что для любой облавливаемой популяции рыб существует критическое значение размера ячеи, которое можно с достаточной точностью определить методом теоретического расчета с помощью вычислительной техники, используя при этом пробы из улова, что действительно, также для смешанного лова нескольких объектов.

3. Выполнены математические расчеты и получены формулы определяющие степень влияния скорости траления, коэффициента обхвата тела рыб и степени его сжатия. Получена основная формула, позволяющая определить критическое значение размера ячеи в сетном мешке трала и дана оценка этой величины при определении селективных свойств траловых мешков в широком диапазоне видов рыб с учетом различных факторов и условий лова. Относительная ошибка определения коэффициента селективности в этом диапазоне обычно не превышает 5...7%.

4. Кривая селективности ячеи сетного полотна трала более точно описывается интегральной кривой нормального распределения, а кривая селективности сетного мешка трала - логистической кривой. При этом колебание селективных параметров, определенных экспериментальным и расчетным путем, не превышало 3...5%.

5. Установлено, что колебания параметров селективности тралов обусловлены прежде всего колебаниями величин улова, скорости траления, а также случайными колебаниями относительного рабочего удлинения

ячеи, нагрузок на сетные нити, обхвата тела рыбы, размерно-возрастного состава облавливаемой популяции рыбы и рабочей формы ячей.

6. Показано, что квадратная форма ячеи в сетном мешке более приемлема по сравнению с ромбической формой ячеи и способствует улучшению селективных свойств тралов.

Однако были отмечены недостатки применения квадратной формы ячеи во время буксировки в удерживающей или концентрирующей части орудия лова (тралового мешка) при промысле более крупных видов рыб (высокий процент ухода рыб промыслового размера), поэтому в ходе работы было предложено принять коэффициент посадки сетного полотна в концентрирующей части траловых мешков в диапазоне  $0,60 \pm 0,67$ .

7. Исходя из полученной основной формулы определены критические значения размеров ячеи для популяции ставриды и скумбрии в районе ЦВА и балтийской сельди и соответственно получены расчетные графики селективности, позволяющие оперативно определить различные параметры селективности.

8. Установлено, что доля рыб не подвергающихся селективному действию сетного полотна в траловом мешке зависит от лова, скорости траления, размера ячеи, размерно-возрастного состава облавливаемой популяции рыб.

9. Установлена количественная связь между коэффициентом селективности, скоростью перемещения орудия лова, размера ячей, размерно-возрастного состава облавливаемых популяций рыб и рабочей формой ячеи.

10. Разработаны номограммы оценки основных параметров селективности тралов при количественном изменении основных факторов, воздействующих на промысел. Относительная ошибка при использовании номограмм по сравнению с индивидуальными расчетами не превышает 2...3%.

II. Установлен в некоторых конвенционных зонах и районе рыболовства ЦВА размера ячеи и соответственно минимальный размер на промысловую рыбу не всегда отвечают требованиям рационального ведения



промысла, поскольку они носят приближенный и временный характер и не синхронизируются с динамикой роста численности популяции рыб, их естественной и промысловой смертностью. Таким образом, предложены на основе результатов исследований методика расчетного и графического обоснования оптимального размера ячеи, которая предназначена не только для какого-то одного района или конвенционной зоны, а именно для конкретных объектов промысла при их вылове тралами, при различных промысловых условиях.

При расчетном обосновании получен:

- оптимальный размер ячеи в траловом мешке на промысле ставриды ЦВА равен  $Vkr_0 = 67,25$  мм; на траловом промысле скумбрии оптимальный размер ячеи равен  $Vkr_0 = 67,70$  мм; при смешанном траловом ловле ставриды и скумбрии оптимальный размер ячеи равен  $Vkr_0 = 67,50$  мм; на траловом промысле балтийской сельди оптимальный размер ячей равен  $Vkr_0 = 25,78$  мм.

Основное положение диссертационной работы отражено в расширенном докладе "Обоснование оптимального размера ячеи в орудиях лова с учетом изменения (видовых, сезонных и зональных объектов лова)" и обсуждалась на ИЖЕС в 1989 г.