

Министерство рыбного хозяйства СССР
КАЛИНИНГРАДСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РЫБНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ХОЗЯЙСТВА

На правах рукописи
УДК 639.2.081.117.212.087.1(043.3)

ЗИМАРЕВ Юрий Владимирович

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ УЛОВА ДЛЯ
ОБОСНОВАНИЯ ВАРИАНТОВ ПРОЕКТА РАЗНОГЛУБИННОГО
ТРАЛА

Специальность 05.18.17. "Промышленное рыболовство"

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Калининград 1991

Работа выполнена в Калининградском техническом институте рыбной промышленности и хозяйства и научно-производственном объединении по технике промысловства

Научный руководитель:

профессор,
доктор технических
наук Фридман А.Л.

Официальные оппоненты:

профессор,
доктор технических
наук Андреев Н.Н.
кандидат технических
наук Толмачев В.И.

Ведущая организация: Производственное объединение
"Калининградрыбпром"

Защита состоится "10" октября 1991 г. в 10⁰⁰ часов
на заседании Специализированного Совета Д II 7.05.01 при Кали-
нинградском техническом институте рыбной промышленности и
хозяйства (КТИРПХ) по адресу: 236000 г.Калининград, Советский
проспект, д.1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КТИРПХ.

Автореферат разослан " " "

1991 г.

Ученый секретарь
Специализированного Совета
кандидат технических наук

В.М.Минько

Актуальность темы. В настоящее время накоплен большой мате-
риал о поведении объекта лова в зоне действия орудия лова, изу-
чены различные типы реакций рыб так или иначе влияющих на ре-
зультат траления, даны более или менее общие рекомендации для
проектировщиков орудий лова. Однако этот материал носит в боль-
шей степени описательный характер, результаты анализа воздейст-
вия орудия лова на рыбу подчас лишь качественно отражают сте-
пень соответствия трала облавливаемому объекту. Модели, изучаю-
щие количественные закономерности, описывают в основном частные
стороны процессов, происходящих при формировании уловов в тра-
лах.

Действительно, чрезвычайно сложный комплекс биотических и
абиотических факторов не позволяет ни практически, ни теорети-
чески создать даже в перспективе всеобъемлющую количественную
теорию или модель взаимодействия трала и облавливаемого объекта.
Но с другой стороны, любой прогресс на пути усовершенствования
трала возможен только в изучении условий его работы в зависимо-
сти от поведения рыбы. Один из возможных выходов из этих двух
взаимоисключающих ситуаций состоит в том, чтобы выделить основ-
ные факторы, определяющие эффективность работы орудия лова и
отбросить второстепенные. Тогда удастся создать адекватную обоб-
щающую модель работы трала. Эта модель позволила бы в рамках
единого подхода количественно описать влияние орудия лова, его
отдельных элементов на формирование улова на основе накопленного
теоретического и экспериментального материала.

Кроме того надо иметь в виду, что для повышения технико-
экономического уровня проектируемых тралов, в том числе при их
создании, повышения производительности труда, сокращения сроков,
уменьшения стоимости и трудоемкости разработок создается система

автоматизированного проектирования. Для того, чтобы создание такой системы было реальным необходимо, в частности, решить вопросы применения математических методов, средств вычислительной техники и создании эффективных, адекватно отражающих существенные особенности проектируемых объектов, математических моделей.

Цель диссертации. Основной целью данной работы является создание адекватной теоретической модели формирования улова при разноглубинном траловом лове, позволяющую методами моделирования исследовать процессы, происходящие при облове рыбы. Применение такой модели в системе автоматизированного проектирования может существенно расширить возможность обоснования проектных характеристик тралов.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- обосновать метод получения теоретической модели формирования улова для разноглубинного трала;
- исследовать закономерности образования потоков рыб в пространстве, ограниченном траловой оболочкой;
- разработать численный метод решения модельного уравнения;
- реализовать алгоритм численного решения модельного уравнения на ЭВМ;
- провести экспериментальные работы для доказательства адекватности предложенной теоретической модели.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые сформулирована модель, объединяющая влияние устья трала на улов, просеивающую способность траловой дели, характер гидродинамических потоков в трале и биолого-физиологические параметры рыб в рамках единого теоретического подхода.

Доказана возможность применения закона Фика для биологических систем типа этологической группы рыб.

Оперируя относительно небольшой исходной информацией об объекте промысла, модель в результате численных расчетов, позволяет получить исчерпывающую картину процесса облова, включающую в себя информацию о выходе рыбы через дель, скоростях движения рыб в трале, положении "критической" зоны в трале, динамике наполнения трала рыбой.

Практическая ценность. В результате расчетов могут быть получены практические данные о работе орудия лова в данных промысловых условиях. Предложенная теоретическая модель оперирует широким спектром технических параметров трала и поэтому может решить ряд задач в области обоснования проектных параметров и экономической эффективности орудия лова в рамках САПР.

Внедрение работы. Программа расчета распределения концентрации рыб, основанная на теоретической модели формирования улова для разноглубинного трала, внедрена в промышленную эксплуатацию в НПО промысловства.

Технико-экономические показатели рассчитаны по методике, утвержденной ГКНТ, Госпланом, АН СССР, Госстроем СССР от 17.04.1985 г.

Величина годового эффекта от внедрения программ для обоснования проектных характеристик равна 36 тыс. руб. Возможный рост НИОКР составляет 1,39 %, уровень автоматизации проектных работ - 1,37 %.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен обзор и анализ литературы, посвященной основным типам реакции рыб на орудие лова, моделям уловистости и обоснования некоторых конструктивных параметров тралов, а также в общем виде поставлена задача по исследованию

процесса формирования улова.

Основы изучения поведения рыб в зоне действия трала, их способности воспринимать движение, звук, цвет, запах заложены в работах Н.Т. Аслановой, В.В. Выхребенцева, В.К. Короткова, Б.Л. Мантейфеля, В.Н. Мельникова, Г.В. Никольского, Д.С. Павлова, В.Р. Протасова и других ученых.

Анализ данных работ показал, что при изучении процесса формирования улова в трале в первую очередь необходимо учитывать такие специфические реакции как оптомоторную и отрицательные реакции рыб на сеть.

В работах С.Б. Гюльбадамова, М.М. Розенштейна, А.И. Трещева, А.Л. Фридмана и других постулируется положение о прямопропорциональности улова протраленному объему. Коэффициент пропорциональности или коэффициент уловистости определяет, по сути дела, его улавливающую способность, соответствие конструкции трала данному виду рыбы в заданных условиях.

Представление улова как величины пропорциональной протраленному объему определило направление исследований. Основное внимание стало уделяться коэффициенту уловистости, поскольку в нем в неявном виде присутствуют все основные факторы, влияющие на эффективность лова. Исходя из анализа реакции рыбы на внешние раздражители, такими факторами могли быть: зрительная и слуховая реакции на сетное полотно, оптомоторная реакция рыб, реакция на градиенты скорости и т.д. Из конструкторских параметров это могут быть элементы оснастки, траловые доски, ассортимент делей, форма трала и тому подобное. В эти факторы могут входить и элементы тактики лова, например, скорость траления.

С другой стороны, Н.Н. Андреев, Ф.И. Баранов считают ошибочным мнение, что улов трала пропорционален количеству воды, процеженной через устье или в конечном итоге протраленному

объему. На это указывают и исследования процесса лова, проведенные Ю.С. Сергеевым и Ю.В. Кадильниковым.

А.И. Трещев предлагает определять уловистость на основе метода обловленных объемов. Фактическое определение уловистости ввиду вполне достоверного результата является наиболее простым и доступным методом в сравнительных промысловых испытаниях тралов. Однако, на стадиях предпроектного исследования конструкции трала на предмет его соответствия выдвинутым требованиям, конструктор обычно имеет дело с той или иной моделью трала. Поэтому отказ от теоретических методов исследования может привести к удорожанию проекта, ухудшению качества проектируемого изделия и увеличению сроков его разработки.

Для того, чтобы избежать ситуации, когда созданная модель окажется несправедливой для ряда условий, причем эти условия могут оказаться вне поля зрения пользователя модели, существует общий принцип построения моделей. По этому принципу при создании теоретических моделей целесообразно исходить из основных физических законов.

Для этого выделим в исследуемой области пространства произвольный объем T и рассмотрим баланс количества рыбы в этом объеме. При этом предположим, что размеры рыб и расстояния между ними много меньше линейных размеров объема T . Тогда, используя закон сохранения вещества, можно записать для элемента выделенного объема уравнение баланса:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \vec{J} = q, \quad (I)$$

где ρ - концентрация рыб; t - текущее время; \vec{J} - вектор плотности потока рыб; q - функция интенсивности стоков и источников рыб.

Задача (I), дополненная краевыми условиями решается в связанной системе координат, начало которой совпадает с геометрическим центром гужевого сечения. Ось OX направлена против направления траления, ось OZ - вертикально вверх, а ось OY - так, чтобы образовать правую систему координат.

Во второй главе исследуются процессы формирования улова применительно к одномерному пространству, то есть поиску закономерностей изменения неизвестных величин (концентрация рыб, скорости движения рыб, интенсивность выхода рыб через ячею) в зависимости от расстояния от гужевого сечения трала до рассматриваемой точки пространства, лежащей на продольной оси трала.

В одномерном приближении уравнение (I) перепишется в виде:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial J}{\partial x} = q. \quad (2)$$

В работе предполагается, что плотность потока рыб J складывается из кинезов - случайных, типа броуновского движения, перемещений и таксисов - направленных пространственно-ориентированных перемещений. Естественно, что кинезы приводят к перераспределению рыб, к выравниванию концентраций или установлению равновесного распределения концентрации рыбы в среде. Таксисы же определяют перемещение группы рыб.

Кинезы рыб в стае носят характер случайного блуждания, описываемого схемой Бернулли. Обычно математическое моделирование подобных природных процессов приводит к процессам диффузии. Такой переход осуществляется, в частности, при равновероятном перемещении рыб в положительном и отрицательном направлениях оси Ox , а также при стремлении к бесконечности количества возвратов особи к исходной точке пространства.

Процесс диффузии применительно к концентрации рыб описыва-

ется законом Фика. А диффузионный поток рыб J_D записывается в виде:

$$J_D = -D \frac{\partial \rho}{\partial x}, \quad (3)$$

где D - коэффициент пропорциональности, носящей название коэффициента диффузии.

Используя общие представления о движении рыб через выделенный объем, можно получить выражение для коэффициента диффузии D вида:

$$D = \frac{k V_p}{\rho \sigma}, \quad (4)$$

где k - безразмерный эмпирический коэффициент; V_p - скорость хаотического движения рыб (подвижность); σ - сечение взаимодействия рыб.

Считая концентрацию ρ_0 характерной для данной группы рыб для сечения взаимодействия можно получить выражение вида:

$$\sigma = 1,209 (\rho_0^{-2/3} - \ell_p^2 k_T^{2/3}), \quad (5)$$

где ρ_0 - концентрация рыб в этологической группе; ℓ_p - биологическая длина рыб; k_T - коэффициент, характеризующий форму тела рыбы, или ее видовую принадлежность.

Как видно из выражения (4) D зависит от ρ и от V_p , распределение которых, в свою очередь, зависит от конструкции трала. Поэтому диффузионные потоки могут служить для косвенной оценки соответствия данной конструкции трала условиям промысла.

Описывая второй тип перемещений надо отметить, что скорость таксисов складывается из скорости воды и скорости группы рыб относительно воды

$$\vec{V} = \vec{V}' + \vec{V}'' \quad (6)$$

где V - вектор скорости группы рыб относительно трала; V' - вектор скорости воды относительно трала; V'' - вектор скорости группы рыб относительно воды.

Скорость воды относительно трала во время траления определяется на основе экспериментальных и теоретических исследований. Скорость группы рыб относительно воды в сетной части и в мешке трала определяется в основном отношением рыб к оптомоторной реакции и их концентрацией.

В одномерной задаче возникает необходимость моделировать влияние оболочки трала на формирование улова и селективную способность траловой дель с помощью некоторой системы функцией источников q_+ и стоков рыб q_- , соответственно.

$$q = q_+ - q_- \quad (7)$$

Зная среднее значение дистанции реагирования рыбы для данных условий на траловую дель, а также форму трала можно определить интенсивность функции источника из итерационного выражения

$$q_+^i = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{R_{i-1}}{R} \right)^2 - 1 \right] (V_i + V_{i-1}) \rho_i, \quad (8)$$

где i - номер узла разностной сетки, по которой интегрируется уравнение (2).

Величина R_i определяется из формулы

$$R_i = R_{i-1} - \frac{(x_i - x_{i-1})(R - \tau) \sin \alpha}{k_+ [x_k \sin \alpha - (R_T - R) \cos \alpha + d]}, \quad (9)$$

где R - эффективный радиус косяка в вертикальной плоскости; τ - радиус цилиндрической части мешка; α - угол атаки мотеной части трала; k_+ - коэффициент, определяющий координату сечения окончания уплотняющего воздействия траловой оболочки на косяк; x_k - координата начала цилиндрической части мешка;

R_T - эффективный радиус гужевого сечения трала; d - дистанция реагирования рыб на траловую дель.

Для определения интенсивности функции стока рыб в мотеной части q_-^i использовалось выражение, предложенное С.Б. Гольбадамовым для максимального размера ячеи a_m , еще способной удержать рыбу данных размеров и вида. Очевидно, что интенсивность стока будет пропорциональна проекции потока воды V'' на направление нормали к траловой поверхности, разнице между шагом ячеи a в данном сечении трала и максимальным шагом a_m , а также концентрации рыб в данном сечении.

$$q_- = k_{V''} V'' \sin \alpha (1 - a_m/a) \rho, \quad (10)$$

где $k_{V''}$ - коэффициент пропорциональности.

В мешке трала, очевидно, возможно только наличие стоков. Для описания выхода рыб через дель тралового мешка используется пуассоновский процесс.

Число "успехов", то есть число случаев невыхода рыб через ячею за единицу времени k_S полагается пропорциональным отношению максимальной площади поперечного сечения рыбы к площади ячеи в посадке

$$k_S = \frac{1,5 \cdot k_1 \cdot l_p^2}{u_1 \cdot u_2 \cdot a^2}, \quad (11)$$

где k_1 - коэффициент, характеризующий форму тела рыбы; u_1 и u_2 - коэффициенты посадки сети.

Отсюда,

$$q_- = (1 - e^{-\frac{\mu}{k_S}}) V_{pz} \rho, \quad (12)$$

где μ - коэффициент пропорциональности; V_{pz} - вертикальная составляющая скорости движения рыб.

В этой же главе была проведена проверка предложенного подхода для описания процесса тралового лова на непротиворечивость. В соответствии с общепринятыми предположениями уравнение (2) переписется в виде

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + V \frac{\partial \rho}{\partial x} = -\rho \frac{\partial V}{\partial x}. \quad (13)$$

Решение уравнения (13) с определенными начальными условиями типа Коши приводит к тривиальному результату

$$Q \propto n_0 F_y V_T T, \quad (14)$$

где Q - улов за траление; n_0 - плотность рыб в промысловом скоплении; F_y - площадь устья трала; T - время траления.

В главе также было приведено аналитическое решение уравнения (2) для частного случая линейных коэффициентов и однородных граничных условий III рода.

В третьей главе рассмотрены методы представления модельного уравнения в конечно-разностном виде. Для получения разностных схем были опробованы интегро-интерполяционный метод, метод возмущенных коэффициентов и вариационно-разностный метод Бубнова-Галеркина. Граничные условия в гужевом сечении трала и в сечении окончания тралового мешка задавались в виде потока и аппроксимировались со вторым порядком малости по шагу интегрирования.

Задание потока в гужевом сечении позволило моделировать поступление групп рыб, распределенных определенным образом в пространстве.

Прежде чем приступить к практическим численным расчетам, необходимо было выяснить порядок величины коэффициента диффузии. С этой целью на полигоне НПО промысловства на озере Виштынецкое была проведена серия экспериментов с озерными рыбами.

Идея эксперимента заключалась в следующем. Необходимо было измерить количество рыбы, прошедшей через выделенную площадку в специальном садке за определенный промежуток времени, то есть

поток рыб через эту площадку. Затем, зная количество рыб справа и слева от площадки, а, следовательно, и градиент концентрации рыб, легко определить коэффициент диффузии из (4).

По данным экспериментов был рассчитан коэффициент диффузии. Он совпадал по порядку величины с теоретическим значением.

Для проверки соответствия теоретической модели распределения концентрации рыбы реальному распределению были проведены экспериментальные работы в ЮВА и ЦВА. Была выбрана секция трала в районе мелкоячейной части, которую в определенный момент времени, например, перед выборкой трала надо было выгородить и, подсчитав там рыбу после выборки, найти отношение этого количества к объему этой секции, то есть концентрацию рыб. Затем необходимо было сравнить эту концентрацию с расчетной.

В работе был использован комплекс "Актиния". Оснащенный двумя шторками, этот комплекс позволил по команде с борта судна выделить исследуемую зону в любой заданный момент времени, рисунок I.

На рисунке 2. в виде диаграмм представлены результаты экспериментов. В мешке трала концентрация рыб определялась по условию плотной "упаковки" рыбы.

Данные машинного эксперимента в виде графика приведены также на этом рисунке. Полученные значения концентрации рыбы совпадали по порядку величины с экспериментальными данными. Это позволяет сделать вывод о том, что предложенная одномерная теоретическая модель распределения рыбы в трале в процессе траления адекватна. При введении в модель стоков и источников появилась возможность теоретически оценивать влияние на результат траления не только габаритных размеров трала, но его конусности и ассортимента делей, из которых собраны сетные пояса.

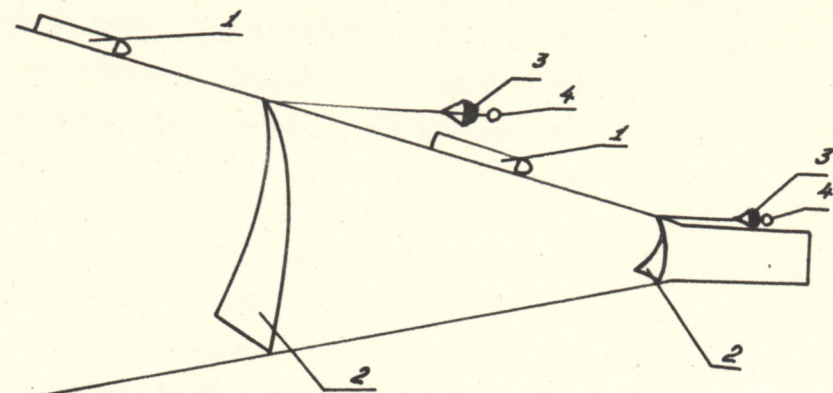


Рис. 1. Схема экспериментального оборудования трала

- 1 - электронный блок устройства "Актиния";
 2 - перегораживающие сетные шторы в рабочем положении;
 3 - вытяжные парашюты;
 4 - стопорные кольца.

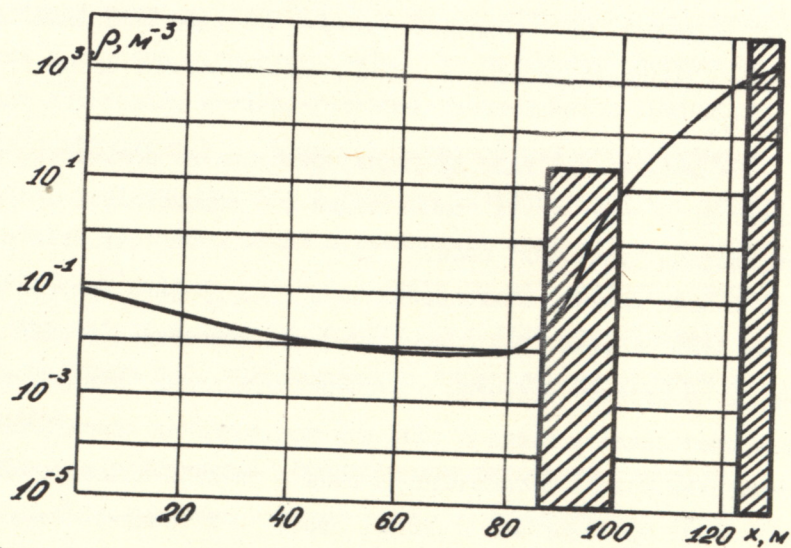


Рис. 2. Распределение концентрации рыб по длине трала по данным натуральных и машинных экспериментов

- ▨ - данные экспериментальных тралений;
 — - теоретическая кривая с учетом стоков и источников.

В четвертой главе была предложена пространственная модель распределения рыбы в трале, как обобщение принципов, положенных в основу одномерной модели.

В связи с тем, что направления движения рыб в пространстве не являются равноправными, в пространственной модели коэффициент диффузии представлен как тензор второго ранга вида:

$$D_j^i = \begin{pmatrix} D_1^1 & 0 & 0 \\ 0 & D_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & D_3^3 \end{pmatrix}. \quad (15)$$

Поскольку эффекты, связанные с действием оболочки трала на формирование улова в пространственной модели учитываются естественным образом, в модельное уравнение нет необходимости включать стоки или источники рыб. Тогда,

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + (\rho V^i - D_j^i \rho, j), i = 0. \quad (16)$$

При начальных и граничных условиях задача (16) оказывается замкнутой и решается численными методами.

Одной из основных проблем при численном решении многомерных задач математической физики, к которым относится рассматриваемое уравнение баланса рыб, является поиск экономичных вычислительных алгоритмов, требующих минимального машинного времени для получения приближенного решения с любой заданной точностью. Основным показателем экономичности обычно считают число арифметических действий для получения решения задачи.

Все экономичные методы имеют одну общую алгоритмическую идею: процесс отыскания приближенного решения многомерной задачи разбивается на несколько этапов, на каждом из которых решается простая (одномерная) задача. Для того, чтобы перейти к решению цепочки простых задач вводится понятие суммарной аппроксимации. Если для решения одномерных задач основным свойством разностной схемы являлось свойство аппроксимации на решении исходного диф-

дифференциального уравнения, то для многомерных задач суммарная аппроксимация достигается за счет суммирования всех невязок, то есть погрешностей, аппроксимации для всех промежуточных схем. При этом каждая из промежуточных схем цепочки может не аппроксимировать исходную задачу.

При численном решении (16) использовались методы обратной и циклической прогонки.

Блок-схемы программ расчета концентрации рыб по одномерной и пространственной модели представлены на рис. 3 и 4, соответственно.

Заключение. Известно, что при создании теоретических моделей целесообразно исходить из основных физических законов в их наиболее "чистом" фундаментальном виде. Одним из таких законов является закон сохранения вещества. Формулировка этого закона применительно к процессу лова позволила получить достаточно общую универсальную модель лова. То есть, эта модель может быть использована для широкого ряда условий, например, условий промысла, разных конструкций тралов и разной тактики лова.

При постановке задачи использовался ряд упрощающих предположений и гипотез. Считалось, что линейные размеры рыб много меньше линейных размеров трала, движение рыб относительно трала складывается из пространственно-ориентированных перемещений группы рыб и хаотического движения собственно рыб.

Теоретическая модель формирования улова позволила выявить количественные закономерности воздействия орудия лова на объект лова.

Экспериментально доказана принципиальная возможность применения закона Фика к биологическим объектам в определенных условиях. В частности, этот закон применим для рыб, находящихся под

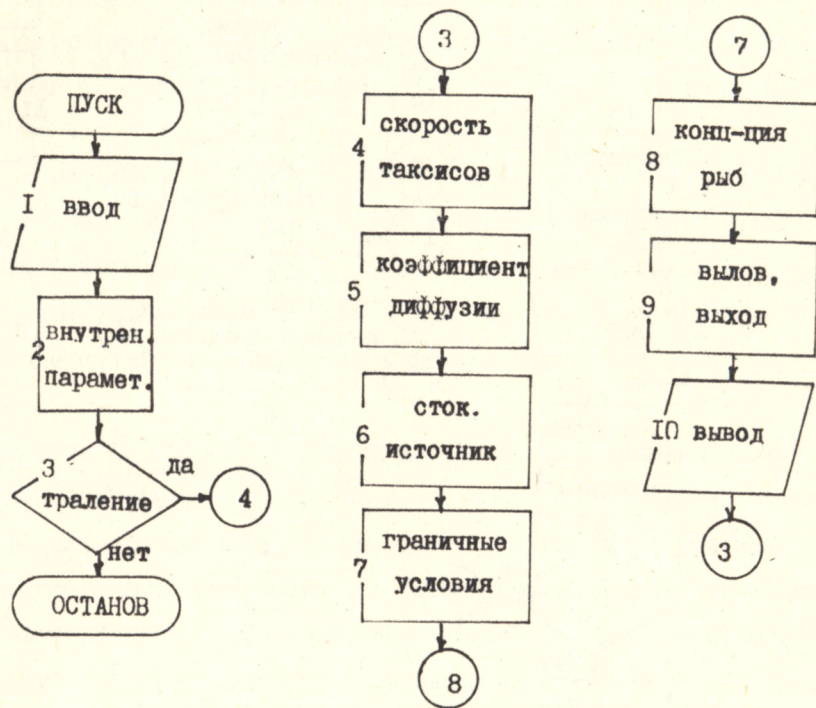


Рис. 3. Принципиальная блок-схема расчета концентрации рыб в трале в одномерном приближении.

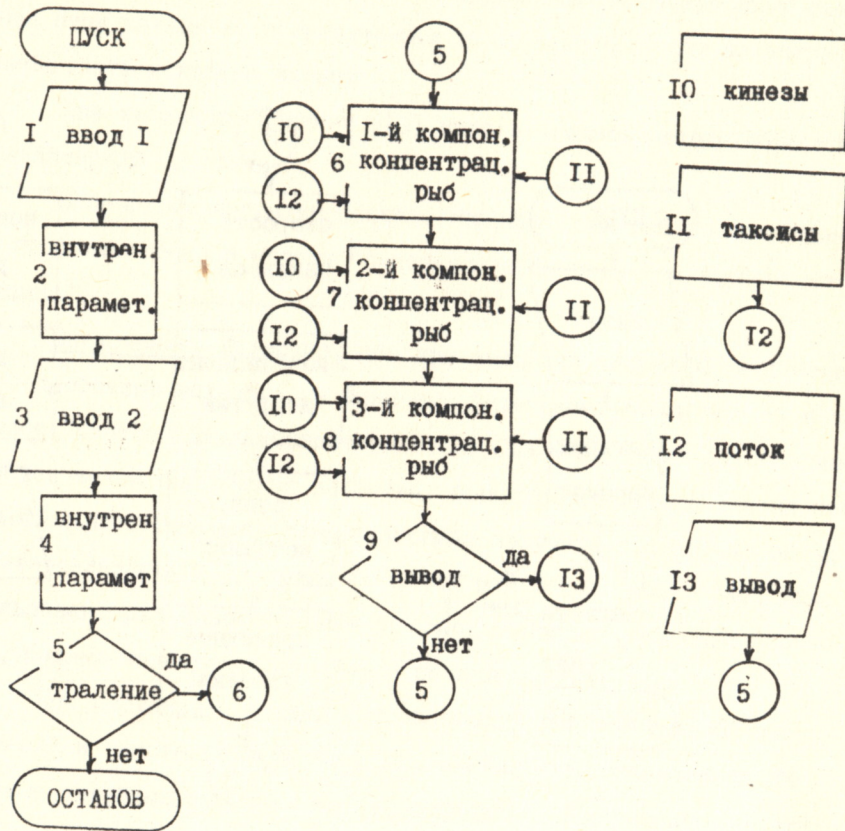


Рис. 4. Принципиальная блок-схема расчета концентрации рыб в трале.

возмущающим воздействием активного орудия лова - трала. Это позволило, в свою очередь, ввести такую частную характеристику пространственной организации рыб как коэффициент диффузии. Для определения этого коэффициента рекомендовано теоретическое выражение. Приведенный экспериментальный материал позволил подтвердить теоретические выкладки. Поскольку значение коэффициента диффузии зависит от меры воздействия трала на рыбу, то он может явиться некоторым показателем качества орудия лова.

Использование понятия плотности потока рыб через произвольное сечение области, ограниченной траловой оболочкой, позволило рассматривать движение рыб в трале в неразрывной связи с потоками воды, возникающими в нем. Таким образом, была выявлена количественная связь гидромеханики орудия лова с результатом его работы.

Поскольку граничные условия для численного решения задачи формирования улова задаются из соображений селективности траловой дели в том или ином сетном поясе, в поток рыб в устьевой части трала задается исходя из условий промысла и тактики лова, то задачи влияния устья трала и его селективности, о которых говорилось раньше, оказываются связаны в рамках единого подхода.

Экспериментальные данные измерения количества рыб в мелкоячейной части трала, которые проводились в рамках диссертационной работы, позволили построить одномерную модель формирования улова, адекватно отображающую процессы, происходящие при траловом лове рыбы. Это особенно важно для практического использования. Будучи значительно экономичнее общей пространственной модели, одномерная модель, в результате, может быть использована в расчетах, требующих оперативности без существенной потери в точности.

Итак, предложена теоретическая модель формирования улова, которая связывает количественными закономерностями биологические

параметры рыб, структурные параметры трала и его гидродинамические свойства с изменениями количества рыб в трале в течение всего траления.

Предложенный подход к описанию процесса формирования улова позволил учесть такие свойства живого объекта лова - рыбы, как способность реагировать на сетное полотно с помощью органов чувств, оптомоторная реакция, двигательная активность рыб в зависимости от внешних условий, реакции рыб на градиенты потока воды, плавательная способность в горизонтальной и вертикальной плоскости, реакция рыб на изменение их концентрации в группе. Кроме того, учитываются такие параметры рыб как их длина, масса, частота колебаний хвостового плавника, форма тела, распределение групп рыб по трассе траления.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ И ПУБЛИКАЦИЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основные положения диссертационной работы изложены в 4-х межвузовских научно-технических конференциях, на 3-й межвузовской конференции молодых ученых и специалистов МРХ СССР, на конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Ф.И.Баранова. По результатам работы опубликованы тезисы трех докладов, две статьи в сборнике трудов КТИРПХ, три рукописи депонированы в ЦНИИТЭИРХ МРХ СССР, внедрены два стандарта предприятия. Один из вариантов программы расчета концентрации рыб в трале был продан в ИДР.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Зимарев Ю.В., Моисеенко А.С. Определение вероятности попадания косяка в устье трала для оценки его уловистости. - В кн.: Расчет элементов рыболовных систем. - Калининград, 1984, с.57-62.

2. Зимарев Ю.В. Сравнительные расчеты влияния диффузии рыбы на величину улова. - Калининградский техн. ин-т рыбн. пром-ти и хоз-ва. - Калининград, 1985. - 9 с. - Деп. в ЦНИИТЭИРХ, № 672 РХ-Д85.

3. Зимарев Ю.В. Влияние степени заполнения трала на его уловистость. - Калининградский техн. ин-т рыбн. пром-ти и хоз-ва. - Калининград, 1985. - 7 с. - Деп. в ЦНИИТЭИРХ, № 673, РХ-Д85.

4. Зимарев Ю.В. Сравнительное определение концентрации рыбы в трале во время траления экспериментальным и расчетным путем. - Калининградский техн. ин-т рыбн. пром-ти и хоз-ва. - Калининград, 1987. - 13 с. Деп. в ЦНИИТЭИРХ, № 825, РХ87.

5. Зимарев Ю.В. Скорость диффузионных потоков рыб. - В кн.: Промышленное рыболовство. - Калининград, 1988. - С.104-107.

6. Зимарев Ю.В. Скорость рыб вблизи траловой оболочки. - В кн.: Тезисы Всесоюзной отраслевой научно-технической конференции "Проектирование и эксплуатация техники промышленного рыболовства". - Калининград, 1989. - С. 68-70.

7. СТП 0472072-492-87. САПР. Трал разноглубинный. Расчет распределения концентрации рыб в трале. - Калининград, НПО пром-рыболовства, 1987. - 24 с.

8. СТП 0472072-490-87. САПР. Трал разноглубинный. Расчет распределения концентрации рыб по длине трала. - Калининград, НПО промрыболовства, 1987. - 21 с.

Подписано к печати 3.07.91 г. Заказ 49. Объем 1,3 уч.изд.л. Бумага 60x84 I/16. Тираж 75 экз.

Зимарев
РТИ УОП КТИРПХ. 236000, Калининград обл., Советский пр-т, 1.