

597.38
Т-78
ГОСПЛАН СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ (ВНИРО)

ТРУДЫ

ТОМ XLI

**ТЕХНИКА
ПРОМЫШЛЕННОГО
РЫБОЛОВСТВА
И
СЕТЕСНАСТНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

ПИЩЕПРОМИЗДАТ

ГОСПЛАН СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ (ВНИРО)

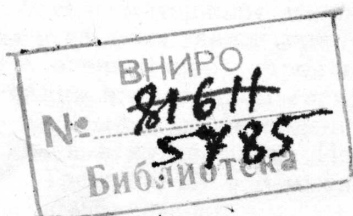
597.98
I-78

ТРУДЫ

ТОМ XLI

ТЕХНИКА
ПРОМЫШЛЕННОГО
РЫБОЛОВСТВА
И
СЕТЕСНАСТНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Под редакцией
канд. техн. наук А. И. ТРЕЩЕВА



ПИЩЕПРОМИЗДАТ
Москва • 1959

В настоящем томе Трудов ВНИРО помещены статьи кандидатов технических наук Н. Н. Андреева, А. И. Трещева, И. Г. Смыслова, А. С. Ревина, Н. М. Сабуренкова, а также В. Г. Ажажа, С. Б. Гюльбадамова, А. Н. Покровского, В. Н. Гиренко и других авторов, охватывающие вопросы теории расчета и проектирования орудий промышленного рыболовства.

Сборник состоит из трех разделов.

Решению проблемы активного морского рыболовства посвящены статьи первого раздела: о применении гидроакустических приборов при лове сельди разноглубинным тралом, об основах теории разноглубинного траления, о теории лова рыбы кошельковым неводом, об уловистости жаберных сетей и др. В этих статьях приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований авторов.

Второй раздел посвящен теории расчета и проектирования орудий прибрежного рыболовства (ставные невода). Третий раздел освещает некоторые вопросы, касающиеся эксплуатации орудий лова из синтетических волокон.

71218
2842

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий сборник является вторым специальным изданием Трудов ВНИРО по технике рыболовства и сетеснастному хозяйству. Публикуемые в нем статьи охватывают круг вопросов из области, главным образом, теории расчета и проектирования орудий промышленного рыболовства, над которыми институт в последние годы работал, решая практические задачи промышленности.

Все эти вопросы можно разделить на три группы:

теория расчета и проектирования орудий активного морского рыболовства;

теория расчета и проектирования орудий прибрежного рыболовства;

рыболовное материаловедение.

С точки зрения дальнейшего развития отечественной добывающей рыбной промышленности наиболее важное значение имеют исследования по орудиям активного морского рыболовства. Одной из основных проблем в этой области является разноглубинное траление. Хотя эта проблема возникла уже давно, интерес к ней со стороны науки и промышленности особенно возрос в последние годы, когда с помощью гидроакустики были открыты систематические вертикальные миграции многих промысловых рыб и фактически впервые наметились возможности осуществления прицельного лова.

В итоге исследований по технике прицельного разноглубинного траления, выполненных ВНИРО за последние 5—7 лет, накопился довольно значительный экспериментальный материал, позволивший сделать первые теоретические обобщения.

Найдены некоторые зависимости, облегчающие наводку трала на косяки рыб на разных глубинах. Эти материалы изложены в статье В. Г. Ажажа. Выявлен ряд общих и частных зависимостей теории разноглубинного траления, связанных с оценкой параметров глубины погружения трала, условий его равновесия на заданном горизонте, величин вертикального и горизонтального раскрытия, сопротивления и подъемной силы сетного полотна, размеров ячеи в кутке трала. Изложению этих вопросов посвящены статьи А. И. Трещева, И. Г. Смыслова, А. С. Ревина, А. Н. Покровского и С. Б. Гюльбадамова.

Указанные материалы представляют практический интерес для расчета, конструирования и эксплуатации разноглубинных тралов, а также и научный интерес, особенно если учесть, что до сих пор вопросы теории разноглубинного траления в литературе почти не были освещены.

Среди орудий активного морского рыболовства большое значение имеют кошельковые невода и дрейфтерные сети. Основные теоретические предпосылки к расчету и проектированию этих орудий изложены в труде профессора Ф. И. Баранова «Теория и расчет орудий промышленного рыболовства». За время, истекшее с момента последнего издания этой книги (1948 г.), был выполнен ряд частных исследований, развивающих идеи, заложенные в указанном труде, в связи с чем возникла необходимость обобщения работ по теории лова рыбы кошель-

ковым неводом, которое выполнил Н. Н. Андреев, в течение ряда лет руководивший во ВНИРО этой работой.

В результате исследований по уловистости дрейферных сетей на лове сельди в Северной Атлантике за последние три года были также получены некоторые новые данные. На основе этих данных написана помещенная в сборнике статья Ю. А. Изнанкина об уловистости жаберных сетей.

Среди орудий прибрежного рыболовства важное значение в промысле имеют ставные невода. Преимуществом ставных неводов перед другими орудиями прибрежного рыболовства является высокая уловистость, автоматичность работы, малые затраты труда при эксплуатации и т. д. Но эти орудия лова имеют два существенных недостатка: подверженность разрушению штормами и прилов молоди промысловых рыб.

Устранение этих недостатков возможно лишь на базе всесторонних научных исследований, связанных с обоснованием расчета конструкций неводов (размер ячей, посадка, установка и т. д.) и режимов их эксплуатации. Некоторые из этих вопросов освещены в статьях А. И. Трещева, Н. Н. Андреева, В. Н. Гиренко и А. Н. Покровского.

В области рыболовного материаловедения важнейшей задачей в настоящее время является замена растительных материалов синтетическими. В связи с этим в сборнике помещена статья Л. А. Шастиной по вопросу о защите капроновых сетей от воздействия атмосферных условий.

РАЗДЕЛ I

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА
ОРУДИЙ АКТИВНОГО МОРСКОГО РЫБОЛОВСТВАОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ
ПРИ ЛОВЕ СЕЛЬДИ РАЗНОГЛУБИННЫМ ТРАЛОМ

Инж. В. Г. АЖАЖА

Работа написана на основании материалов, полученных при использовании гидроакустических приборов во время промысла атлантической сельди траулерами типа «Пушкин». Многие положения, разбираемые ниже, могут быть применены на промысле других пелагических рыб.

РАСЧЕТ ШАГА ПОИСКА ГИДРОЛОКАТОРА

Основным гидроакустическим поисковым прибором является гидролокатор, позволяющий обнаруживать рыбу в стороне от судна. Индикаторные приборы гидролокатора дают пеленг на обнаруженный объект и расстояние до него. Поисковое судно, снабженное гидролокатором, имеет неоспоримое преимущество перед судами, снабженными только эхолотом. Опыт показал, что в осенне-зимний период в районе западной кромки Восточно-Исландского течения промысловые концентрации сельди обнаруживались гидролокатором в среднем с дистанции 2000 м. Приняв эту дальность обнаружения за оптимальную, можно подсчитать, что при скорости хода судна 12 узлов¹ (поисковая скорость судов типа «Пушкин») и определенных гидрологических условиях с помощью гидролокатора за 1 час можно обследовать водное пространство площадью 84,5 км² с глубинами в пределах от 0 до 400 м (точные пределы глубины указать невозможно, так как они зависят от траектории ультразвуковых лучей, определяемой конкретными гидрологическими условиями).

Приняв (приблизительно) угол при вершине конуса, определяющий зону действия эхолота, равным 30°, можно также подсчитать, что на глубине 150 м за 1 час хода судна при той же скорости эхолотом можно обследовать площадь в 1,8 км² (на глубине 75 м эта площадь будет равна 0,9 км²).

Таким образом, судно, имеющее гидролокатор, за 1 час обследует площадь в первом случае в 47 раз, а во втором в 94 раза большую, чем судно с эхолотом, т. е. преимущества гидролокатора как поискового прибора очевидны.

Однако точные данные о размерах косяка и глубине его нахождения можно получить только с помощью эхолота. Поэтому наиболее

¹ Поиск гидролокатором при скорости 12 узлов возможен в штилевую погоду. Уже при небольшом волнении при работе в носовых секторах появляются помехи, мешающие распознавать полезный эхосигнал.

рациональным является одновременное использование обоих гидроакустических приборов.

Гидролокатор следует использовать в режиме шагового поиска: при этом поворот вибратора в секторе наблюдения производят не плавно, а через строго определенные углы («шагами»). После излучения вибратором ультразвукового сигнала вахтенный гидроакустик ожидает возвращения эха, а затем быстро устанавливает вибратор на очередное направление (следующий «шаг»); после этого вновь посылается ультразвуковой импульс.

На рис. 1 изображена схема, по которой производился горизонтальный поиск гидролокатором «Лодар».

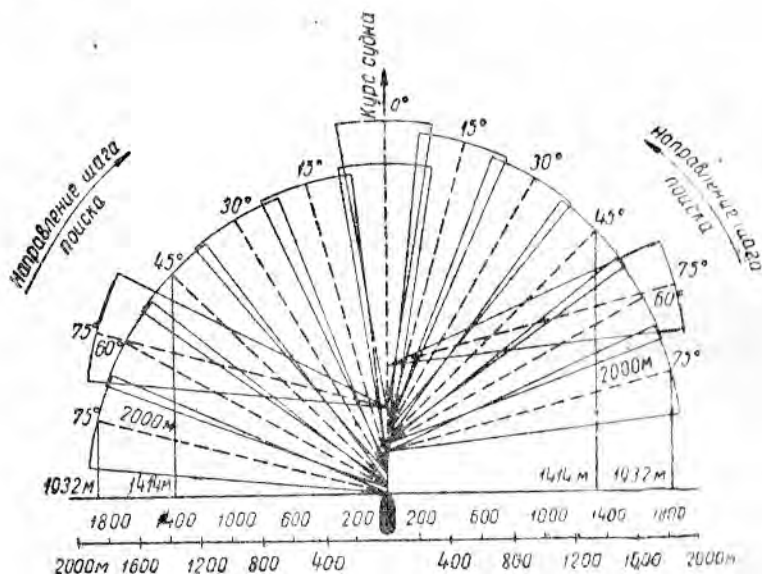


Рис. 1. Схема горизонтального поиска гидролокатором «Лодар» ($v=12$ узлов, или 6 м/сек; $\alpha=15^\circ$; промежуток времени между импульсами $t=6,06$ сек.; время, за которое совершается один поисковый цикл, $T=97$ сек.; путь, проходимый судном за время T сек. $St=580$ м)

Шаг поиска в каждом отдельном случае зависит от минимальных размеров косяка промыслового значения, дистанции обнаружения такого косяка и в некоторых случаях может зависеть от промежутка времени между излучением очередных ультразвуковых посылок (последнее необходимо учитывать в гидролокаторах, где промежуток времени может устанавливаться произвольно).

Выбранный шаг поиска α должен обеспечивать обнаружение косяка диаметром d на дистанции D (рис. 2).

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{d}{2D}, \quad (1)$$

где: α — угловая величина шага поиска;

D — дистанция обнаружения косяка, имеющего промысловое значение;

d — диаметр косяка, форму которого принимаем за сферическую.

Как видно из рис. 2, α — угол между осями симметрии соседних пучков ультразвуковых лучей, φ — горизонтальный угол пучка ультразвуковых лучей.

При выводе формулы (1) мы считали, что D — предельная дистанция обнаружения косяка данного размера, на которой такой косяк может обнаруживаться только центральной частью пучка ультразвуковых лучей.

В формуле не учтены такие величины, как глубина нахождения косяка, высота косяка и траектория ультразвуковых лучей гидролокатора. В промысловых условиях эти величины заранее определить невозможно.

Однако даже в приведенном выше виде формула (1) позволяет рассчитать шаг поиска и применить его на практике. Несомненно, что при работе в районе, где встречаются сравнительно небольшие по размеру косяки, шаг поиска будет равен всего нескольким градусам. При поиске крупных косяков и скоплений величина шага поиска может превысить 10° .

В качестве примера можно привести расчет шага поиска, применявшийся на траулере «Северное сияние» в 1956 г.

По опыту 100 тралений минимальный размер (диаметр) косяка промыслового значения был определен в 550 м. Максимальная дистанция обнаружения косяка была принята 2000 м.

Тогда

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{550}{2 \cdot 2000} = 0,1375,$$

откуда

$$\frac{\alpha}{2} = 7^\circ 48'; \quad \alpha = 15^\circ 36';$$

окончательно приняли $\alpha = 15^\circ$.

Понятие «скопление (косяк)», имеющее промысловое значение», зависит от условий промысла и определяется всякий раз для конкретной обстановки. В разобранный выше примере наименование «имеющее промысловое значение» присваивалось скоплению, облов которого приносил не менее 1000 кг за одно траление разноглубинным тралом.

Дистанция обнаружения косяка может изменяться в зависимости от размеров рыбы, стадии ее зрелости [4], размеров косяка, имеющего промысловое значение, и, наконец, от условий погоды, температурных и гидрологических условий [3]. Обычно для расчета шага поиска берется дистанция обнаружения косяка гидролокатором на слух, полученная в результате нескольких замеров.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ КОСЯКА НА ЭХОГРАММЕ

Горизонтальный масштаб записи на эхограмме является величиной переменной и зависит от скорости движения эхолотирующего судна и скорости движения бумаги в самописце эхолота. Из-за этого получение истинной горизонтальной протяженности (длины) изображенного на эхограмме скопления (косяка) или участка дна является сравнительно трудоемким делом и не всегда обеспечивает необходимую точность. Однако промысловая обстановка часто требует немедленного расшифрования эхограммы и быстрого получения длины записанного подводного объекта. Для этого можно рекомендовать следующие формулы.

$$L_s = Tv, \quad (2)$$

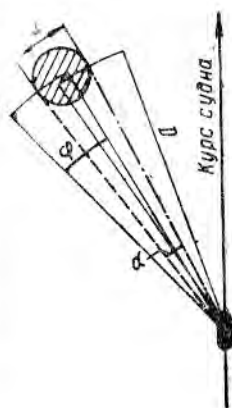


Рис. 2. Расположение соседних пучков ультразвуковых лучей при шаговом поиске

где: L_s — длина изображенного на эхограмме косяка;
 T — время прохождения судна над косяком;
 v — скорость судна.

$$T = n l, \quad (3)$$

где: n — промежуток времени, в течение которого лента самописца передвигается на 1 мм;

l — длина эхозаписи косяка в мм.

$$n = \frac{t}{m}, \quad (4)$$

где: t — время в сек. между нанесением отметок горизонтального масштаба на эхограмме;

m — расстояние в мм между соседними отметками горизонтального масштаба.

Выражая скорость судна в м/сек, окончательно получим

$$L_s = 0,51 \frac{t}{m} v. \quad (5)$$

Округлив 0,51 до 0,5 и обозначив $0,5 \frac{t}{m}$ через a , получим

$$L_s = a l v, \quad (6)$$

где a — коэффициент, учитывающий скорость движения ленты эхолота, а также перевод скорости судна из узлов в м/сек.

По формуле (6) и следует определять горизонтальную протяженность косяка, изображенного на эхограмме. Величина $a = 0,5 \frac{t}{m}$ для каждого типа эхолота и диапазона его работы является постоянной и должна быть вычислена заранее. Тогда для получения длины скопления (косяка) надо измерить длину изображения косяка на эхограмме (в мм) и произвести расчет по формуле (6).

Пример. На ленте самописца эхолота НЭЛ-5р, работавшего на 500-метровом диапазоне (скорость движения бумаги 5 мм/мин), запись косяка заняла по длине 8 мм. Ход судна 10 узлов. Определить горизонтальную протяженность косяка.

$$a = 0,5 \frac{t}{m} = 0,5 \frac{60}{5} = 6.$$

По формуле (6) горизонтальная протяженность косяка $L_s = a l v = 6 \cdot 8 \cdot 10 = 480$ м.

Там, где лентопротяжный механизм переделывался после установки эхолота на судне, скорость движения ленты самописца необходимо замерить при помощи секундомера.

Еще быстрее можно получить длину косяка по заранее рассчитанному графику (рис. 3).

В самописцах импортных эхолотов фирмы ЭЛАК, а именно: в самописце LAZ-6 («Сениор») и LAZ-17 («Супериор») и др. скорость движения бумаги может изменяться в широких пределах по желанию оператора. Единственным ориентиром для определения длины косяка служат масштабные отметки, наносимые через 5 мин. в нижней части ленты.

Формула (6) для этого случая примет вид

$$L_s = a l v \frac{1}{M}, \quad (7)$$

где M — расстояние в мм между соседними отметками времени, зависящее от скорости движения бумаги.

Коэффициент a в формуле (7) равен 154,4, а выражение

$$av = S_5, \quad (8)$$

где S_5 — расстояние, проходимое за 5 мин. судном, идущим со скоростью v .

Окончательно

$$L_2 = S_5 \frac{l}{M}, \quad (9)$$

где l — длина эхозаписи в мм.

Таким образом, длину косяка по эхограмме следует рассчитывать по формуле (9).

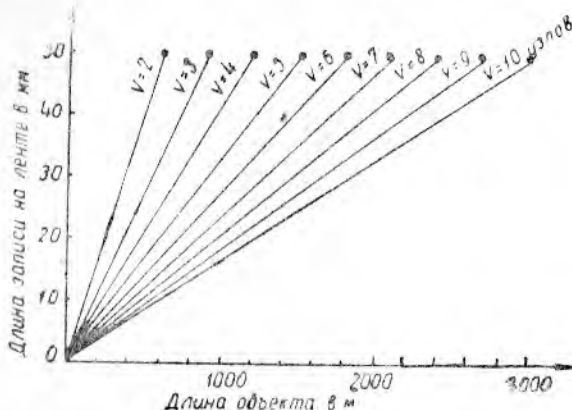


Рис. 3. График для определения длины косяка по эхограмме (эхолот НЭЛ-5р, 500-метровый диапазон)

Для облегчения работы целесообразно иметь заранее вычисленные значения S_5 .

v узлов	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
S_5 , м	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	1950	2100	2250

Рекомендуя формулы, следует заметить, что они позволяют быстро перейти от эхозаписи в каком-то масштабе к действительным линейным размерам косяка. Однако в силу специфичности конструкций современных эхолотов, излучающих звуковую энергию в сравнительно широком пространстве под судном, длина изображаемых объектов всегда будет увеличена на величину D , т. е. на величину диаметра зоны записи данного объекта эхолотом на глубине, где этот объект находится.

Величину D рассчитывают по формуле

$$D = 2\sqrt{H_1^2 - H^2},$$

где: D — диаметр активной части зоны действия эхолота;

H — глубина верхнего края серповидной записи;

H_1 — глубина нижнего края серповидной записи.

Методика расчета величины D была описана нами ранее [1]. Величина D может достигать больших значений.

Для примера можно привести рис. 4, на котором изображены зоны записи одиночной трески на глубинах от 100 до 300 м тремя эхолотами:

самописцем вертикального тракта гидролокатора «Лодар», самописцем «Сениор» эхолота фирмы ЭЛАК и самописцем эхолота «Дуатип-651» фирмы Атлас-Верке. Перечисленные эхолоты установлены на больших рефрижераторных траулерах типа «Пушкин». Как видно из рис. 4, наиболее широкой зоной и, следовательно, наибольшей величиной D обладает эхолот фирмы ЭЛАК, снабженный самописцем «Сениор».

Истинная длина косяка будет определяться по формуле

$$L_u = L_g - D, \quad (10)$$

где: L_u — истинная длина косяка;

L_g — длина косяка, полученная по эхограмме;

D — диаметр зоны записи данного объекта эхолотом на глубине нахождения объекта.

В зависимости от введенной степени усиления прибора, глубины объекта и его отражательной способности величина D будет изменяться. Навлучшие условия для определения величины D создаются при малом ходе судна.

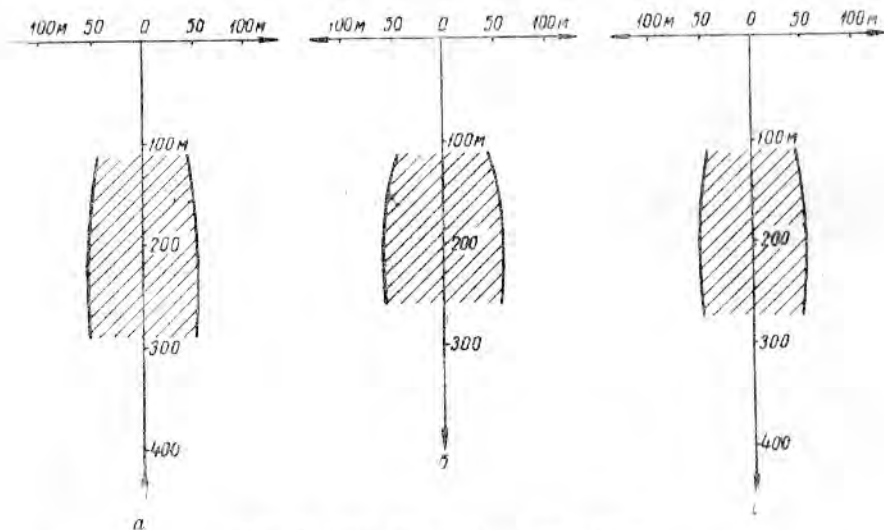


Рис. 4. Зона записи одиночной трески:

а — самописцем вертикального тракта гидролокатора «Лодар»; б — самописцем «Сениор» эхолота фирмы ЭЛАК; в — самописцем эхолота «Дуатип-651» фирмы Атлас-Верке

Там, где величина D не определена, вместо нее можно использовать величину, приблизительно равную $1/3$ глубины нахождения косяка, что значительно уменьшит ошибку в определяемой длине, т. е.

$$L_u \approx L_g - \frac{H}{3}, \quad (11)$$

где H — глубина нахождения косяка по эхограмме.

На основании вышеизложенного можно говорить об условии раздельной записи двух подводных объектов. Два расположенных на одной горизонтали подводных объекта запишутся на эхограмме раздельно, если будет соблюдено условие

$$r_z > D, \quad (12)$$

где r_z — горизонтальное расстояние между объектами.

Два расположенных на одной вертикали подводных объекта на эхограмме запишутся раздельно, если будет соблюдено условие

$$r_s > \Delta\tau, \quad (13)$$

где: r_v — вертикальное расстояние между объектами;

$\Delta\tau$ — разрешающая способность прибора по вертикали, определяемая величиной длительности посылочного импульса.

Неравенство (13) выражает также и условие раздельной записи двух объектов, расположенных на любых направлениях в случае отсутствия взаимного передвижения эхолотирующего судна и подводных объектов (судно на якорь и т. д.).

Тогда, если D_1 — расстояние между вибраторами эхолота и первым объектом, D_2 — расстояние между вибраторами эхолота и вторым объектом, выражение (13) примет вид

$$D_1 - D_2 > \Delta\tau. \quad (14)$$

Запись косяка рыбы на эхограмме обычно проявляется в виде единой сплошной массы, что создает впечатление чрезвычайной моно-

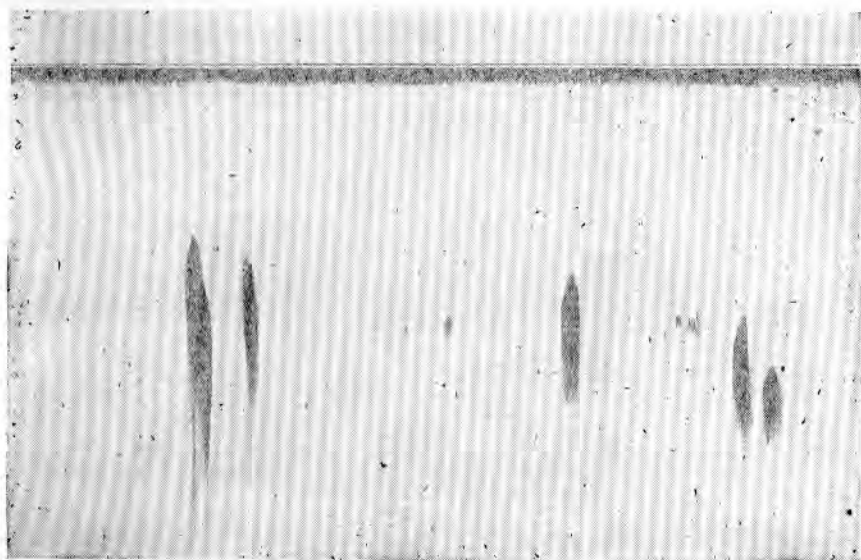


Рис. 5. Эхозапись скопления сельди, при облове которого был получен «отличный» улов (самописец «Сениор», шкала 750 м; скорость судна 10 узлов)

литности косяка. Это происходит из-за того, что в большинстве случаев отдельные особи в косяке находятся друг к другу ближе и по горизонтали, и по вертикали, чем это предусматривается условиями раздельной записи (12) и (13).

Для того чтобы реально представить, насколько близко отдельные сельди расположены друг к другу, мы произвели описываемый ниже анализ.

По итогам тралений, произведенных траулером «Северное сияние» осенью 1956 г. в Северной Атлантике, был произведен ориентировочный подсчет весового количества сельди, приходящегося на 1 м³ морской воды.

При подсчете использовались следующие величины: вертикальное и горизонтальное раскрытие разноглубинного трала, длина облавливаемого косяка, улов за траление. При этом считалось, что облавливается почти вся сельдь, встречающаяся на пути трала, и что трал фильтрует полностью всю воду, встречающуюся на пути устья трала. Не учитывалось изменение величины раскрытия трала в процессе наполнения его рыбой. Не учитывался также уход сельди от трала, так как, несмотря

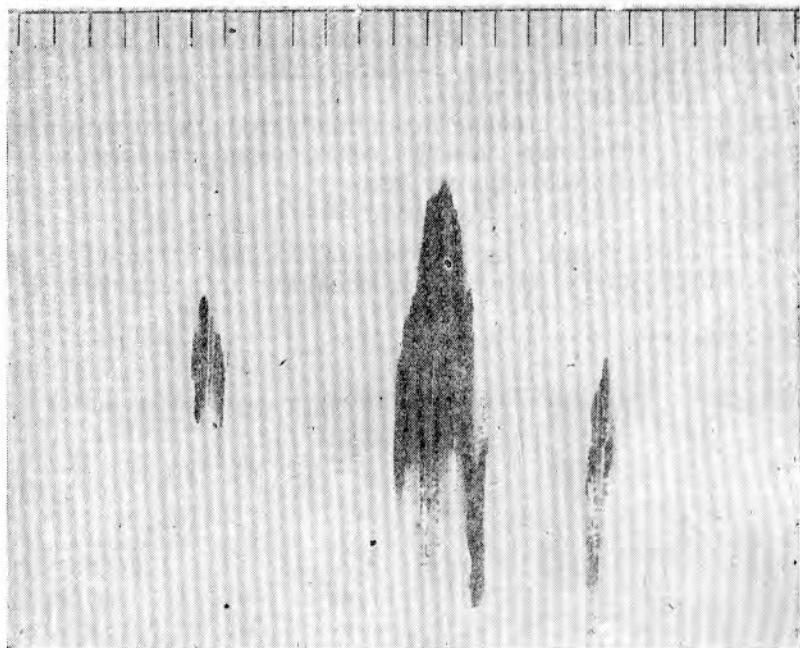


Рис. 6. Эхозапись скопления сельди, при облове которого был получен хороший улов (самолисец «Сениор», шкала 375 м; скорость судна 4 узла). Горизонтальной чертой обозначен горизонт хода разноглубинного трала

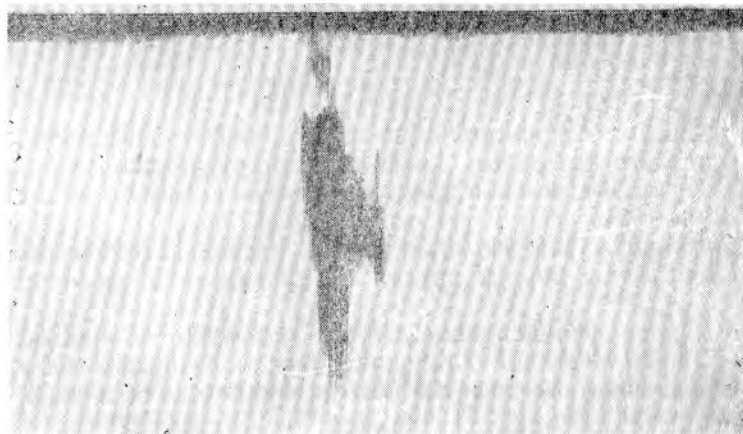


Рис. 7. Эхозапись скопления сельди, при облове которого был получен посредственный улов (самолисец «Сениор», шкала 375 м; скорость судна 3,6 узла)

на чрезвычайно статичное поведение, конечно, не вся сельдь попадала в трал. Результаты подсчета приведены ниже.

Оценка улова	Улов в кг за одно траление	Плотность косяка сельди в г/м ³
Отличный	10 000—50 000	50—250
Хороший	5 000—10 000	10—50
Средний	1 000—5 000	5—10
Плохой	100—1 000	2—5

Приведенные данные, которые нельзя считать окончательными¹, показывают, что даже при отличном улове (по принятой на траулере «Северное сияние» классификации) концентрация сельди в скоплении такова, что на 1 м³ облавливаемого водного пространства приходится менее 1 экз. сельди (средний вес сельди за 250 тралений 311 г)².

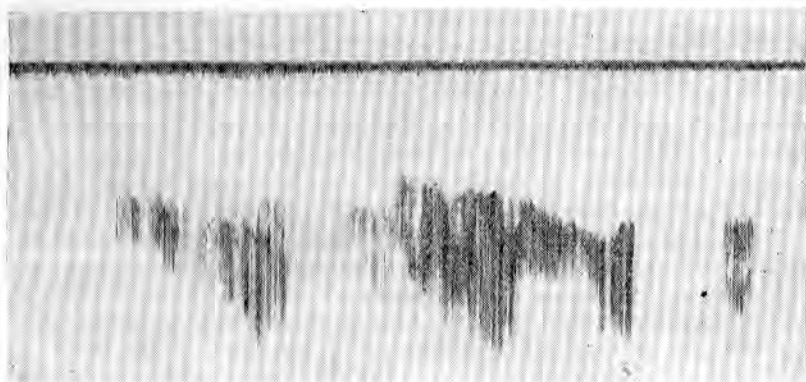


Рис. 8. Эхозапись скопления сельди, при облове которого был получен плохой улов (самописец «Сениор», шкала 375 м; скорость судна 4 узла)

Таким образом, даже плотный косяк, дающий значительный улов и изображающийся на эхограмме как густая черная масса, в действительности представляет собой совокупность особей, расположенных не вплотную друг к другу, а на расстоянии, определяемом метрами. В этом смысле косяк удобно отождествить с пространственной решеткой.

На рис. 5 показана эхозапись скопления сельди, давшего отличный улов. На рис. 6, 7 и 8 показана эхозапись скоплений, которые дали хороший, посредственный и плохой уловы.

Однако возможность получения того или иного улова зависит не только от вида скопления на эхограмме, но и от поведения рыбы.

НАБЛЮДЕНИЕ ПРИ ПОМОЩИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ЗА ПОВЕДЕНИЕМ АТЛАНТИЧЕСКОЙ СЕЛЬДИ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Первый период работы траулеров «Северное сияние» и «Витебск», характеризовавшийся определенным поведением сельди и стабильно высокими уловами, длился с 15 ноября 1956 г. по 10 января 1957 г.

В светлое время суток (с 8—9 до 17—18 час.) сельдь держалась на глубине 200—300 и даже 400 м отдельными скоплениями, которые

¹ Некоторые исследователи, в частности англичанин Кушинг, получили другие данные о концентрации сельди на единицу объема воды в условиях, отличавшихся от наших.

² По данным проф. Б. П. Мантейфеля, подсчитавшего концентрацию летней атлантической сельди в косяках, обловленных кошельковым неводом, на 1 м³ приходится 60—170 г сельди.

на эхограмме имели плавные, округлые края. Длина скоплений колебалась от 500 до 2500 м (в среднем 1500 м), высота — от 60 до 180 м.

Ввиду особенностей конструкции эхолотов, установленных на рефрижераторных траулерах типа «Пушкин», нижняя кромка изображения на эхограмме (при работе с большим усилением) может быть вытянута в вертикальном направлении (так называемая затяжка эхосигнала). Так изобразилось «дневное» скопление на эхограмме, показанной на рис. 5. Это обстоятельство иногда приводило к ошибочным суждениям о положении нижней границы скопления сельди.

При облове скоплений наибольшие уловы, исчисляемые иногда десятками тонн, были в том случае, когда ориентировались на облов верхней половины скопления. Обычно горизонт хода разноглубинного трала выбирали с таким расчетом, чтобы верхняя подбора трала шла ниже верхней кромки скопления на величину, равную $\frac{1}{3}$ высоты скопления по эхограмме. Задание такого сравнительно высокого горизонта хода трала вызвано еще и тем, что при выходе с тралом на скопление может измениться глубина нахождения рыбы, а потравить ваеры и опустить трал глубже значительно легче, чем во время хода судна подбирать ваеры и поднять трал на более высокий горизонт.

Дневные траления заканчивались сразу же после прохождения трала через скопление и были непропорциональны времени траления. Это можно объяснить различием плотности отдельных скоплений, а также неполным соответствием направления и горизонта хода трала расположению скопления. Влияния скорости траления на величину дневных уловов также не было отмечено.

Многократные наблюдения показали, что в поднятом на борт трале дневная сельдь всегда обьячивается в верхней пластине и верхних крыльях трала. Мы склонны считать поэтому, что сельдь, находящаяся на глубине в условиях полной темноты, вследствие испуга совершает бросок вверх.

С наступлением сумерек (в 17—18 час.) сельдь начинала подниматься вверх. Отдельные компактные скопления теряли свою форму и растекались. После вечерних сумерек сельдь держалась на глубине 50—180 м протяженными скоплениями с неоднородной структурой. Изображение такого скопления на эхограмме характерно неоформленными, нерезкими краями, просветами (см. рис. 8). Средняя длина скоплений составляла 2500 м, но встречались скопления длиной до 6000 м. При облове таких скоплений улов был гораздо меньше, чем при облове дневных скоплений. Средний улов составлял 1—2 т за один подъем трала. Уловы были пропорциональны времени и скорости траления.

Обьячивание рыбы в крыльях и в устье трала было незначительным. Видимо, у рыбы, поднявшейся вверх, защитная реакция была выражена сильнее, и рыба успевала уходить от трала.

Эхолотные наблюдения с научно-исследовательского судна «Академик Берг», шедшего в кильватер траулеру, показали, что после прохода траулера сельдь, находившаяся на глубине 50—70 м, опускалась на 10—12 м ниже зафиксированного траулером уровня.

Попытки получить эхограмму распределения рыбы в зоне действия разноглубинного трала окончились неудачно, так как на фоне эхозаписи сельди различить запись трала было невозможно.

При помощи звукового тракта гидролокатора «Лодар», работавшего в режиме эхопеленгования, неоднократно прослушивался шум косяка сельди, находившегося под судном на глубине 30—40 м. Одновременно работал судовой эхолот с самописцем «Сениор». Шум косяка в динамике гидролокатора и запись на ленте эхолота начинались и прекращались одновременно. Принятый гидролокатором, усиленный и преобразованный шум воспринимался как резкий шорох, всплески и сопение. Сейчас трудно говорить, были ли это шумы гидродинамиче-

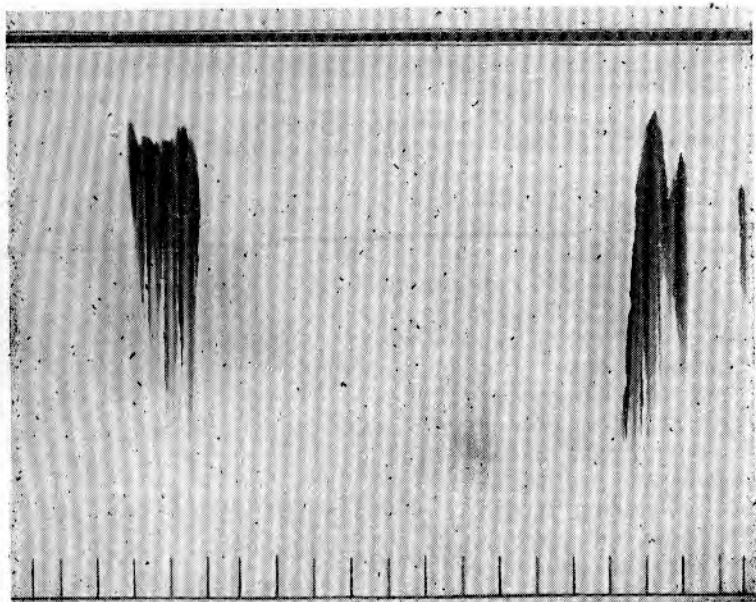


Рис. 9. Эхограмма с записью косяков сельди в светлое время суток. Рыба перестала опускаться. Наряду с протяженными по длине косяками встречаются и небольшие косяки (см. крайний справа).
Шкала: 0—375 м

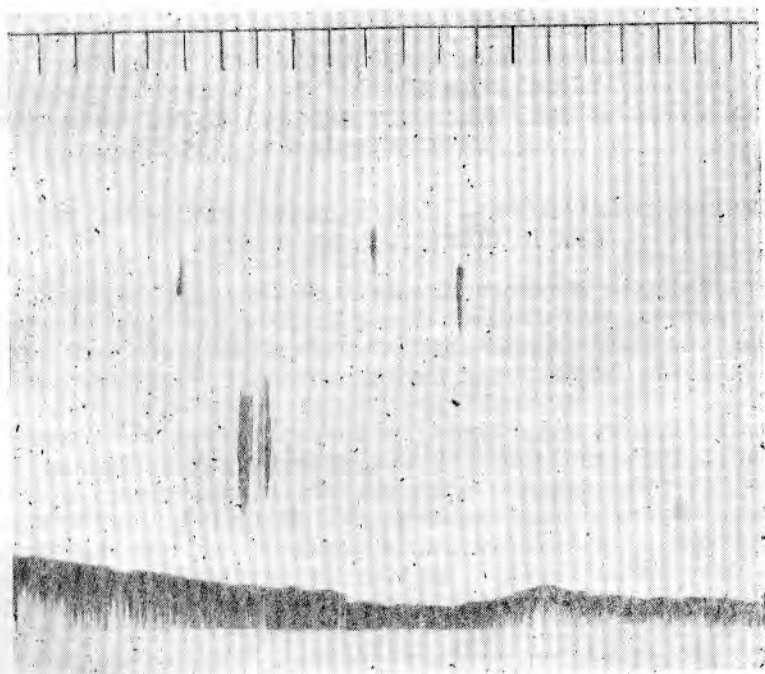


Рис. 10. Эхозапись сельди на глубине 400—550 м 22 января 1957 г. (самописец «Сеннор», шкала 750 м; скорость судна 3 узла)

ского или какого-либо другого происхождения. Можно только отметить, что они воспринимались вибратором, настроенным на резонансную частоту 20 кГц, и поэтому могут классифицироваться как ультразвуки.

Сопоставление гидрологических наблюдений, проведенных работавшим в этом же районе научно-исследовательским судном «Академик Берг», с эхограммами позволяет констатировать, что «ночная» сельдь часто концентрировалась в зоне скачка плотности.

Биологический анализ показал, что в этот период сельдь имела пустые желудки.

С 10 по 31 января 1957 г. (в квадратах 97х и 97ф) поведение сельди изменилось. Рыба перестала опускаться с наступлением светлого времени, а стабильно держалась высокими скоплениями на глубинах 50—275 м; высота скоплений 80—140 м. Наряду со скоплениями длиной 2000—3000 м встречались косяки длиной 200—300 м (рис. 9).

Замечено, что сельдь движется на восток в районы нерестилищ, хотя в косяках встречаются и неполовозрелые особи. Скорость движения крупных косяков значительно уступает скорости движения мелких косяков. Это неоднократно подтверждалось скоростью изменения гидроакустического пеленга и быстротой потери контакта. Движущиеся косяки сравнительно компактны.

Уловы траулеров в этот период резко упали. Каждое траление приносило всего лишь несколько сот килограммов сельди. Максимальные уловы наблюдались в период утренних и вечерних сумерек, когда движение косяков приостанавливалось. В основном удавалось облавливать только косяки с большой горизонтальной протяженностью. Уловы в этих случаях были пропорциональны времени траления.

22 января 1957 г. при скорости судна 9,5 узлов самописцем «Сениор» был четко записан косяк сельди на глубине 400—550 м (рис. 10). О том, что это была именно сельдь, мы судим, во-первых, по характерному виду эхозаписи и, во-вторых, по результатам спуска трала на глубину 420 м. Улов был незначительный, но он состоял только из сельди. Запись на такой большой глубине свидетельствует о большей отражательной способности косяков сельди по сравнению с косяками трески. Эхолотами указанного типа во время хода судна не удавалось записать треску на глубинах, больших 250 м.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ КОСЯКА ПРИ ПОМОЩИ ГИДРОЛОКАТОРА

Гидролокатор, позволяющий определять пеленг и расстояние до обнаруженного косяка, может быть использован для определения элементов движения косяка — направления и скорости его движения.

Для этого на судне, кроме гидролокатора, должен быть и радиолокатор.

Методика определения скорости и направления движения косяка состоит в следующем (рис. 11). На судне, находящемся в дрейфе, в момент t_1 гидролокатором производится первый замер пеленга P_1 и дистанции D_1 до движущегося косяка. В этот момент сбрасывают буй, желательнее с радиолокационным отражателем, и включают радиолокатор. Полученные пеленг и дистанцию прокладывают на планшете и получают точку K_1 первоначального положения косяка относительно судна.

Через некоторый промежуток времени, в момент t_2 , замеряют второй пеленг P_2 и дистанцию D_2 ; одновременно радиолокатором замеряют пеленг и дистанцию до сброшенного буя.

Нужно помнить, что движущийся косяк может уйти из зоны действия гидролокатора, и поэтому медлить со вторым замером не следует.

Радиолокационные пеленг и дистанцию прокладывают из точки первоначального местонахождения судна и получают на планшете новую точку, обозначающую местоположение судна в момент t_2 . Из этой точки прокладывают гидроакустические пеленг P_2 и дистанцию D_2 и получают точку K_2 положения косяка в момент t_2 . Соединяя точки K_1 и K_2 , получают путь, пройденный косяком за промежуток времени $t_2 - t_1$.

Скорость движения косяка v_k составит

$$v_k = \frac{K_1 K_2}{t_2 - t_1}. \quad (15)$$

Направление движения косяка снимается с планшета при помощи транспортира.

Наличие буйа, который обнаруживается радиолокатором, необходимо для учета дрейфа судна под влиянием ветра. Дрейф буйа по сравнению с дрейфом судна ничтожен, и его не учитывают. Обычно течение на точность расчета не влияет, так как судно, косяк и буй перемещаются течением с одинаковой переносной скоростью (в редких случаях скорость и направление поверхностного течения и течения в горизонте расположения косяка отличаются значительно).

Для большей точности, особенно в случае протяженного косяка, гидроакустик должен по возможности пеленговать определенную точку (середину, наиболее плотную часть или боковую кромку косяка).

Указанным способом во второй половине января 1957 г. была определена скорость движения косяков сельди на нерестилища, которая временами доходила до 3—4 узлов.

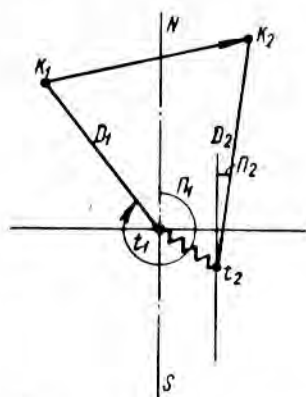


Рис. 11. Образец ведения прокладки на планшете при определении скорости и направления движения косяка при помощи гидролокатора

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДНА С ГИДРОЛОКАТОРОМ И ЭХОЛОТОМ ПРИ ПОИСКЕ И ЛОВЕ ОБНАРУЖЕННЫХ КОСЯКОВ

Гидролокатор рассчитан на работу при любой скорости судна (для траулеров типа «Пушкин» поисковая скорость равна 12 узлам). Однако уже при волнении 3—4 балла носовой сектор от 10° левого борта до 10° правого борта прослушивается гидроакустиком с большим трудом из-за появления значительных шумовых помех. Поэтому в свежую погоду поисковая скорость должна снижаться до такой величины, при которой шумовые помехи не мешают приему отраженных сигналов. Одновременно должен работать эхолот, так как часто гидрологический режим района, в частности наличие больших градиентов температуры, приводит к значительному искривлению ультразвуковых лучей гидролокатора, в результате чего обнаруженный гидролокатором косяк может быть потерян во время сближения с ним. Примерный ход лучей гидролокатора показан на рис. 12. Из рисунка видно, что косяк перестает фиксироваться гидролокатором на дистанции 600 м и затем вновь обнаруживается эхолотом.

Кроме этого, эхолот позволяет обнаруживать глубоко расположенные косяки, недоступные гидролокатору.

Наконец, только эхолот дает точные данные о глубине нахождения и размерах косяка. Часто пытаются определять глубину нахождения косяка по данным гидролокатора [4]. Мы считаем, что такой способ не может быть широко применим; он приводит к чрезвычайно

большим ошибкам, так как траектория ультразвукового луча очень редко представляет собой прямую линию.

Эхолот при поиске должен работать на максимальной шкале, гидролокатор — на шкале, которой обеспечивается рабочая дальность на данные сутки, определяемая по слышимому тону реверберации.

При лове разноглубинным тралом судно должно пройти над обнаруженным косяком для определения его размеров и глубины нахождения. Сразу же после прохода над косяком необходимо лечь на курс против ветра или по ветру во избежание бокового дрейфа судна при последующем тралении и пройти расстояние, достаточное для того, чтобы, следуя обратным курсом, успеть спустить трал и вытравить ваеры до прохода судна над косяком. Поворот на обратный курс с целью точного выхода на косяк следует производить способом координат [2] (рис. 13). При этом углы перекладки руля в точках 2, 3 и 4 должны определяться каждым капитаном опытным путем с учетом маневренных качеств своего судна.

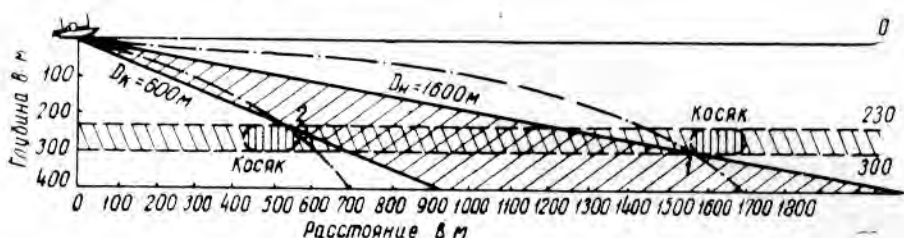


Рис. 12. Примерный ход лучей гидролокатора при обнаружении косяка в Северной Атлантике 21 ноября 1956 г.:

1 — момент обнаружения косяка; 2 — момент потери контакта; D_n — начальная дистанция обнаружения; D_k — конечная дистанция обнаружения; штрихпунктирной линией показаны предполагаемые траектории ультразвуковых лучей

Разноглубинное траление связано со значительным маневрированием судна, и поэтому его рациональнее производить в районах, где нет других судов. Однако выполнить это условие не всегда возможно.

Работая по соседству с дрейферами (а, б, в), следует производить поиск с учетом направления ветра, приведя траулер на правый или левый галфвинд (рис. 14, положение 1). Обнаружив косяк и пройдя над ним, нужно немедленно развернуться против ветра или по ветру и идти между дрейферными порядками на спуск трала (рис. 14, положение 2). Неумелое маневрирование или отсутствие концевых отличительных буев на дрейферном порядке приводит к тому, что траулер (без трала) вынужден пересекать дрейферный порядок.

В этих случаях капитан должен держать на середину между двумя соседними буйами. Вибратор гидролокатора быстро поднимают в корпус судна, прибор останавливают, причем высокое напряжение выключать не следует, так как схема должна быть готова к немедленному действию после прохода через дрейферный порядок.

Проход через дрейферный порядок во время траления обычно приводит к обрыву и потоплению порядка.

Местоположение косяка «нащупывается» гидролокатором. Кроме того, одним из факторов, резко повышающих улов разноглубинного трала, является точность путеисчисления. Место обнаруженного косяка наносится на крупномасштабный планшет. С этого момента маневрирование судна производится относительно этого косяка, который в данном случае играет роль промыслового буя — ориентира. Однако ошибки в расчетах, невозможность точно учесть дрейф судна все время

заставляют уточнять гидролокатором местонахождение косяка и вносить необходимые коррективы в прокладку на планшете.

В момент спуска трала гидролокатор выключают и обычно делают короткий профилактический осмотр приборов, расположенных в рулевой рубке или в рубке гидроакустика. Перед взятием ваеров на стопор гидролокатор включают и, осматривая горизонт, уточняют местоположение косяка, являющегося объектом траления. Эхолот включают на шкалу, обеспечивающую эхозапись косяка в наиболее крупном масштабе.

Во время движения судна с разноглубинным тралом в крайне необходимых случаях допускаются повороты и даже циркуляция на обратный курс. Однако во избежание заверта трала все повороты надо производить медленно и плавно и, как правило, циркуляцию надо завершить до прохода траулера над косяком. Без ущерба для траления повороты лучше всего удаются в штилевую погоду.

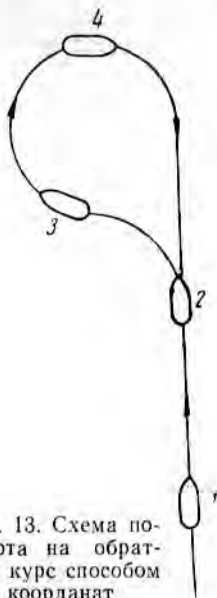


Рис. 13. Схема поворота на обратный курс способом координат

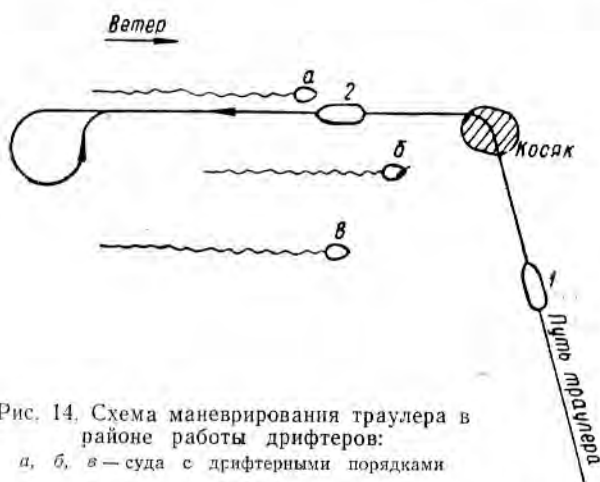


Рис. 14. Схема маневрирования траулера в районе работы дрейфтеров:
а, б, в — суда с дрейфтерными порядками

В свежую погоду при положении судна лагом к ветру прицельное траление производить чрезвычайно трудно ввиду большого сноса судна.

В случае большой угловой протяженности косяка вахтенный гидроакустик, кроме центра косяка, по силе эха может определить и наиболее плотную часть косяка, куда и следует направить тралящее судно.

Учитывая, что мелкие косяки более подвижны, чем крупные, при облове отличающихся по размеру косяков следует применять разную тактику лова. В случае протяженных косяков во время одного траления можно пойти по нескольким косякам, но при этом нужно исходить из возможности подъема улова на борт и прочности трала. При облове небольших подвижных косяков нужно на максимально возможной скорости траления облавливать один косяк, так как попытка обловить сразу два косяка может привести к потере обоих косяков.

В силу разобранных выше обстоятельств скорость траления ночью должна быть выше, чем днем.

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДНА С ЭХОЛОТОМ

За неимением на большинстве судов гидролокатора невозможно осуществить прицельный лов. Даже случай облова обнаруженного эхолотом косяка, на котором выставлен промысловый буй, нельзя назвать прицельным, так как при этом не учитывается возможное движение

косяка. В начале статьи мы сравнивали поисковую эффективность гидролокатора и эхолота по величине просматриваемой площади. Для эхолота эта величина определяется углом направленности излучения и приема ультразвуковой энергии.

Расчетный эффективный угол направленности φ отечественных эхолотов НЭЛ-4 и НЭЛ-5р равен 44° , для вертикального тракта рыболокатора «Скорпион» этот угол составляет 11° , для импортного эхолота «Бендикс» 17° .

Однако мы знаем [1], что величина угла φ может изменяться в зависимости от ряда условий (например, отражательной способности рыбы).

Величина угла φ определяет возможность обнаружения рыбы несколько в стороне от судна, определяет величину диаметра зоны обнаружения объекта и, следовательно, точную величину погрешности в определении длины (горизонтальной протяженности) и высоты (вертикальной протяженности) объекта.

На основании простых геометрических построений погрешность в определении горизонтальной протяженности

$$\delta_z = \pm \sin \frac{\varphi}{2} 100\%. \quad (16)$$

Погрешность в определении вертикальной протяженности

$$\delta_{s_1} = \pm \left(\frac{1}{\cos \frac{\varphi}{2}} - 1 \right) 100\%. \quad (17)$$

Погрешность в определении вертикальной протяженности за счет влияния длительной посылки

$$\delta_{s_2} = \frac{c\tau}{2H} 100\%, \quad (18)$$

где: c — скорость звука в воде;

τ — длительность посылочного импульса;

H — глубина расположения объекта.

Для эхолотов НЭЛ-4 и НЭЛ-5р при $\varphi = 44^\circ$ и $\tau = 0,5$ мсек $\delta_z = 40\%$, $\delta_{s_1} = 10\%$, $\delta_{s_2} = 0,075\%$ (для $H = 500$ м).

Для вертикального тракта рыболокатора «Скорпион» при $\varphi = 11^\circ$ и $\tau = 2,5$ мсек, $\delta_z = 10\%$, $\delta_{s_1} = 0,5\%$, $\delta_{s_2} = 0,38\%$ (для $H = 500$ м).

При известном угле φ формулы (16), (17) и (18) позволяют оценить точность работы эхолота по горизонтали и по вертикали в данных промысловых условиях. Однако уже сейчас можно сказать, что незначительное просматриваемое эхолотом водное пространство не позволяет производить эффективный лов разноглубинным тралом с судов, имеющих только эхолот.

При условии ведения тщательной прокладки на крупномасштабном планшете для определения границ скопления (косяка) и последующего облова его разноглубинным тралом можно рекомендовать следующий способ.

Обнаружив косяк (о чем свидетельствует начало эхозаписи), вахтенный штурман немедленно начинает маневрирование, позволяющее определить примерные границы площади, занимаемой скоплением и, следовательно, получить суждение о возможности его облова.

Маневрирование состоит в том, что судно совершает зигзаг, отворачивая от первоначального курса последовательно на 60° в ту и другую сторону, причем длина каждого отдельного галса определяется

продолжительностью непрерывной эхозаписи скопления (косяка). Этот способ применим для обследования скопления любой формы.

Не имея исчерпывающих данных о форме скоплений (косяков) пелагических рыб, при рассуждениях примем, что в одном случае горизонтальной проекцией скопления является круг (рис. 15, *а* и *б*), в других случаях горизонтальная проекция скопления имеет эллиптическую форму (рис. 15, *в*, *г*, *д*, *е*).

В первом случае (рис. 15, *а*) допустим, что первоначальный курс судна проходит через центр скопления (косяка). В момент начала эхозаписи (точка 1) судно отворачивает от первоначального курса (ПК) на 60° вправо, следует новым курсом до прекращения эхозаписи (точка 2), после чего поворачивает влево и ложится на второй галс зигзага (точка 3). Таким образом, первый и все последующие нечетные галсы будут равны $ПК + 60^\circ$, а второй и все последующие четные галсы будут равны $ПК - 60^\circ$. Второй галс заканчивается по прекращении эхозаписи скопления или косяка (точка 4), после чего совершается поворот

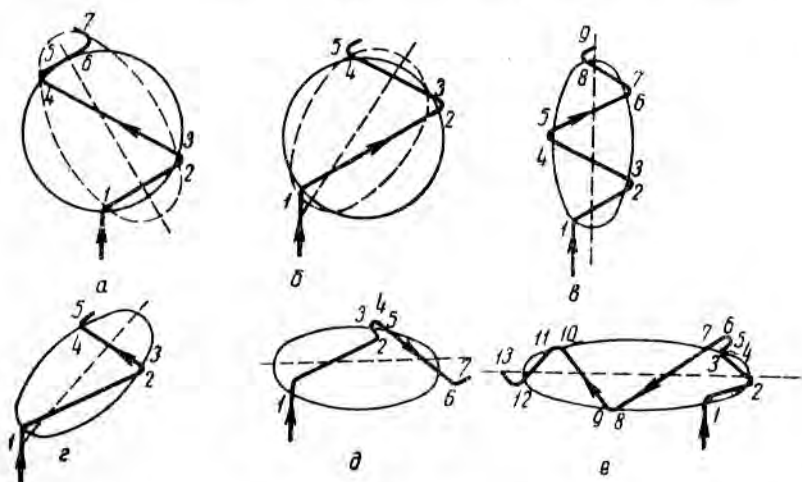


Рис. 15. Схема маневрирования судна с эхолотом при определении границ распространения косяка

на третий галс (точка 5), который также продолжается до момента окончания эхозаписи (точка 6). Затем начинается четвертый галс, но, как видно из чертежа, эхозаписи рыбы на этом галсе не будет. Поэтому из точки 7 вахтенный штурман, оценив по предыдущим галсам площадь, занимаемую скоплением, и глубину его нахождения, может занимать позицию для облова или, если скопление или косяк не имеет промыслового значения, продолжать движение первоначальным курсом.

Оценка горизонтального распространения скопления (косяка) производится на основании протяженности галсов, на которых наблюдалась эхозапись. В нашем случае это отрезки 1—2, 3—4 и 5—6, которые вахтенный штурман откладывает во время ведения прокладки на крупномасштабном планшете. Эти отрезки позволяют построить приблизительную форму горизонтальной проекции скопления (обозначена пунктиром) и провести пунктирную ось, характеризующую наибольший горизонтальный размер скопления, что особенно важно при ловле разнотравами.

Для рис. 15, *б* также справедливы приведенные рассуждения, только для этого случая мы допускаем, что первоначальный курс судна про-

ходил не через центр скопления, а по его краю. Обследование скопления здесь завершилось двумя галсами, что приемлемо только при протяженных скоплениях. Точка 5 на рис. 15, б соответствует точке 7 на рис. 15, а.

Второй случай предусматривает обследование скопления или косяка, горизонтальная проекция которого по своей форме приближается к эллипсу. На рис. 15, в, г, д последовательно изображены положения, когда судно вначале движется вдоль главной оси эллипса, под углом к ней и, наконец, поперек главной оси. Галсы зигзага рассчитываются так же, как и для первого случая, кроме положения, изображенного на рис. 15, д. Здесь второй галс (отрезок 2—3) расположен вне косяка и поэтому эхозаписи на втором галсе не будет. Тогда ложатся на курс, обратный второму галсу (отрезок 4—6), и производят эхозапись на этом галсе.

В третьем случае (рис. 15, е) обследование скопления (косяка) аналогично только что разобранному обследованию (рис. 15, д). Разница состоит в том, что расположение первоначального курса судна и вытянутая форма скопления (косяка) не позволяют сделать первый и второй галсы достаточно длинными. Небольшой путь, пройденный судном на первом и втором галсах, не позволяет получить необходимого суждения о размерах скопления. Поэтому делается четвертый (отрезок 6—8) и последующие галсы до полного обследования скопления. По направлению четвертый галс отличается от третьего на 180° .

Маневрирование с эхолотом на скоплении или косяке требует оперативности, высокой штурманской культуры и умения быстро и точно вести прокладку на крупномасштабном планшете. При отсутствии достаточного опыта вначале такое маневрирование следует производить на малых и средних ходах.

В случае мелких косяков (протяженностью в несколько десятков метров) разобранные способы маневрирования неприменимы.

Еще раз следует напомнить, что излучение эхолотом ультразвуковой энергии в виде расходящегося пучка лучей вносит неточность в определение размеров косяка. Иногда эхолот боковыми лучами записывает косяк, расположенный сбоку от судна. Запись боковыми лучами обычно бывает менее яркая, чем запись центральными лучами. Главный признак того, что косяк обнаружен боковыми лучами, это нерезкий, расплывчатый верхний край записи.

Нередко даже тщательное ведение прокладки не избавляет судно с эхолотом от потери гидроакустического контакта с ранее обнаруженным косяком.

Поэтому возникает вопрос о возможности использования при разноглубинном тралении судна, снабженного гидролокатором, в качестве наводящего для судна, имеющего только эхолоты.

ВЫВОДЫ

1. Для ведения эффективного промысла в океане, в частности при ловле разноглубинным тралом, рыболовные суда необходимо оборудовать не только эхолотами, но и гидролокаторами. При поиске гидролокатор должен быть использован в режиме шагового поиска.

2. Горизонтальная протяженность косяков, записанных эхолотом, определяется в соответствии с приведенными графиками или таблицами, рассчитанными по указанным выше формулам.

3. Несмотря на обычное изображение косяков сельди на эхограмме в виде единой сплошной массы, отдельные особи в плотном косяке сельди могут быть расположены не вплотную друг к другу, а на расстоянии, определяемом метрами.

4. Гидролокатор и эхолот позволяют получать ценные данные о поведении рыбы, которые определяют тактику лова. С помощью гидролокатора возможно определение скорости и направления движения кссяка.

5. Наличие на промысловом судне гидролокатора или эхолота также определяет тактику лова и способы маневрирования судна. Маневрирование судна, имеющего только эхолот, значительно усложняется по сравнению с маневрированием судна, снабженного и гидролокатором.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А ж а ж а В. Г., Поиск рыбы эхолотом, МРП СССР, 1956.
 2. А р а н о в Н. М., Основы маневрирования кораблей, Воениздат, 1948.
 3. Т ю л и н В. Н., Основные явления, связанные с распространением акустических волн в морской среде, изд. ВМАКВ имени Крылова, 1956.
 4. G o o d C. M., Asdic in the Fishing Industry, World Fishing, London, March, 1956.
-

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛОВА РЫБЫ РАЗНОГЛУБИННЫМ ТРАЛОМ

Канд. техн. наук А. И. ТРЕЩЕВ

Разноглубинное траление основывается на биологии поведения рыбы, гидроакустике и гидродинамике трала. Разработка теории этой проблемы связана с большими трудностями и пока еще не может считаться законченной. Ниже мы излагаем основы теории разноглубинного траления в том виде, в каком она представляется нам на современном уровне.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗНОГЛУБИННОГО ЛОВА РЫБЫ

Благодаря успехам гидроакустики в настоящее время возможно достаточно точно оценивать размеры скоплений пелагических рыб и определять их местонахождение в море. Наблюдения за поведением рыб при помощи гидроакустических приборов (эхолотов) позволили установить наличие у большинства рыб систематических вертикальных миграций, о которых раньше не было ничего известно и высказывались лишь предположения. Было также установлено, что вертикальные миграции носят закономерный суточный и сезонный характер, причем во время сезонных миграций рыбы подолгу, иногда в течение нескольких месяцев, держатся в толще воды на значительном расстоянии от поверхности и дна. Вертикальные миграции обусловлены соответствующим распределением кормовых организмов, температур воды, освещенности и т. д.

В результате исследований последних лет, основанных на гидроакустической технике, значительно расширились также знания в области структуры косяков рыб, их плотности и мощности.

Был сделан ряд успешных попыток наблюдать поведение рыб в непосредственной близости от рыболовных орудий; они полностью подтвердили необходимость и реальность осуществления прицельного лова.

Все это изменило старые представления о возможностях промысла пелагических рыб и выдвинуло в качестве одной из важнейших проблем рыболовства — проблему тралового разноглубинного лова.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ И ФОРМА ТРАЛА

Первые научные исследования, давшие основные эмпирические зависимости для определения сопротивления рыболовных сетей в потоке воды, относятся к 1915—1922 гг. и связаны с именами проф. Ф. И. Баранова и проф. Таути (Япония).

Найденные ими зависимости выражены следующими формулами [1]:

$$R_{90} = 180 \frac{d}{a} F v^2; \quad (1)$$

$$R_0 = 1,8 F v^2, \quad (2)$$

где: R_{90} , R_0 — соответственно сопротивление сетей, расположенных по отношению к движению под углами 90° и 0° ;

d — диаметр нити;

a — размер ячее;

F — площадь сети;

v — скорость движения сети.

В последнее время эти формулы дополнены множителем, учитывающим посадку сети [6],

$$R_{90} = 180 \frac{d}{a} \kappa F v^2; \quad (3)$$

$$R_0 = 1,8 \kappa F v^2. \quad (4)$$

$$\kappa = \frac{u^2}{u_1 u_2},$$

где: u — посадочный коэффициент при посадке на квадрат;

u_1 , u_2 — горизонтальный и вертикальный посадочные коэффициенты при данной посадке.

Сопротивление сетей, расположенных под другими углами к направлению движения, определяют по формуле

$$R_\beta = R_0 + (R_{90} - R_0) \frac{\beta}{90}. \quad (5)$$

Приведенные формулы были получены применительно к сетям плоской формы. Они позволяют с достаточной степенью точности определять лобовое сопротивление сетей. Для расчета разноглубинных тралов не менее важное значение имеют так называемые распорно-подъемные силы сетей, т. е. силы, направленные по нормальным к их поверхности.

Для определения величины распорно-подъемных сил выделим из сети элемент площади dF (рис. 1). Действующее на него нормальное давление согласно закону сопротивления тел, установленному Ньютоном, составит

$$dP = k_p dF v^2 \sin^2 \beta.$$

Произведя далее интегрирование по всей поверхности сети, получим

$$P = k_p v^2 \int_F \sin^2 \beta dF.$$

Разделив и умножив правую часть этого выражения на F по аналогии с эмпирическими формулами для определения лобового сопротивления сетей, можем записать

$$P = \rho \frac{d}{a} F v^2 \frac{\int_F \sin^2 \beta dF}{F}.$$

Отсюда числовой коэффициент распорно-подъемной силы для рыболовных сетей

$$k_p = \frac{\rho \int_F \sin^2 \beta dF}{F}. \quad (6)$$

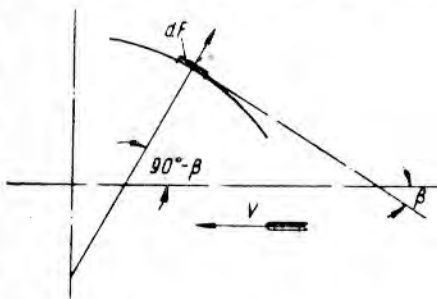


Рис. 1. Схема к определению величины распорно-подъемных сил, действующих на сеть

Величина интеграла, входящего в выражение (6), может быть вычислена, если известна форма сети.

Рыболовная сеть, помещенная в равномерный поток, принимает вполне определенную форму. Симметричная мешкообразная сеть располагается по поверхности параболы вращения. Несимметричные сети (симметричность обуславливается раскроем и оснасткой) имеют более сложные очертания. Донные тралы в сечениях плоскостями, параллельными движению, имеют параболические очертания, а в сечениях плоскостями, перпендикулярными движению, — эллиптические, т. е. принимают форму, близкую к поверхности эллиптических параболоидов. Разноглубинные тралы вследствие симметричности их раскроя в потоке имеют форму, близкую к параболоидам вращения.

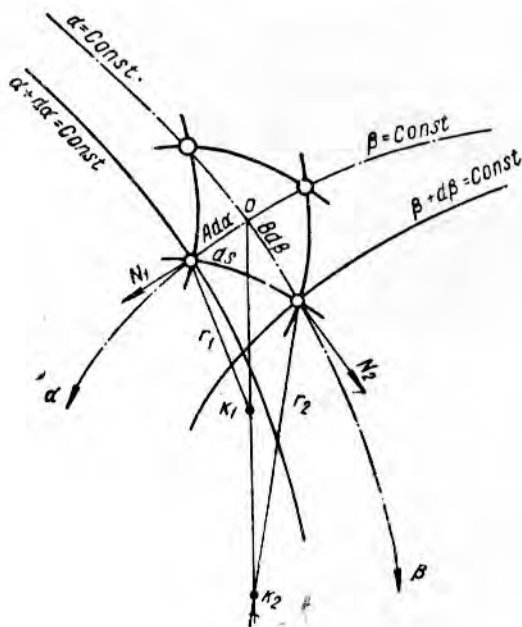


Рис. 2. Схема к определению формы поверхности сети

Рассмотрим сначала общий случай [3], когда кривизна поверхности, образуемой сетью, в любых ее сечениях неодинакова. Полагая, что сеть представляет собой сплошную тонкую пленку, вырежем мысленно из нее элемент, равный одной ячейе. Пусть α и β (рис. 2) — криволинейные ортогональные координаты с центром O в точке пересечения криволинейных диагоналей этой ячейе. Восставим в точке O перпендикуляр и проведем через него и линии диагоналей ячейе две взаимно перпендикулярные плоскости.

В пересечении поверхности сети с этими плоскостями будем иметь плоские кривые с радиусами кривизны r_1 и r_2 .

Давая независимым переменным α и β бесконечно малые приращения, получим уравнение поверхности первой квадратичной формы в виде

$$ds^2 = A^2 d\alpha^2 + B^2 d\beta^2, \quad (7)$$

где: ds — длина дуги, соответствующая размеру ячейе;

A, B — коэффициенты первой квадратичной формы;

α, β — криволинейные координаты поверхности, образованной сетью.

Здесь коэффициенты A и B — величины, одновременно зависящие от обеих переменных α и β , причем ни при каком выборе криволинейных координат α , β уравнение (7) нельзя привести к форме с коэффициентами $A=B=\text{const}$.

Такая поверхность может быть задана уравнениями Кодаци — Гаусса

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\frac{1}{A} \cdot \frac{\partial B}{\partial \alpha} \right) + \frac{\partial}{\partial \beta} \left(\frac{1}{B} \cdot \frac{\partial A}{\partial \beta} \right) = -k_1 k_2 AB; \quad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} (k_2 B) = k_1 \frac{\partial B}{\partial \alpha}; \quad (9)$$

$$\frac{\partial}{\partial \beta} (k_1 A) = k_2 \frac{\partial A}{\partial \beta}, \quad (10)$$

где k_1 , k_2 — главные кривизны поверхности.

Кривизна поверхности, принимаемая сетью, определяется действующими на сеть силами, которые можно разделить на две категории: активные (вес, давление воды, плавучесть) и реактивные (внутренние напряжения в нитях). Отнесенные к элементарно малому участку поверхности, эти силы можно считать приложенными в одной точке. Рассмотрим активные и реактивные силы отдельно.

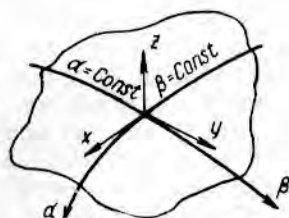
Силы внутреннего натяжения направлены по касательной к поверхности. Располагаясь в касательной плоскости, они вполне определяются системой двух координатных осей. Применяя ранее выбранную систему ортогональных криволинейных координат (α, β) , обозначим проекцию сил, действующих в направлении оси α , через N_1 , а в направлении оси β — через N_2 .

Положительные направления проекций этих сил показаны на рис. 2 стрелками.

Активные силы P являются пространственными, поэтому для их определения воспользуемся системой обычных прямоугольных декартовых координат x, y, z с центром в той же точке O и ориентированных, как показано на рис. 3. Пусть P_x , P_y и P_z будут суммарные проекции всех активных сил на выбранные координатные оси.

Тогда дифференциальные уравнения равновесия элемента сети произвольной формы будут иметь следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \alpha} (BN_1) - N_2 \frac{\partial B}{\partial \alpha} + ABP_x &= 0; \\ \frac{\partial}{\partial \beta} (AN_2) - N_1 \frac{\partial A}{\partial \beta} + ABP_y &= 0; \\ \frac{N_1}{r_1} + \frac{N_2}{r_2} + P_z &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (11)$$



где r_1 , r_2 — главные радиусы кривизны.

Решение этих уравнений относительно N_1 и N_2 позволяет найти внутренние напряжения в любой точке сети любой заданной формы.

Рис. 3. Схема расположения координатных осей

ГЛУБИНА ПОГРУЖЕНИЯ ТРАЛА

Исходя из соображений геометрии и гидродинамики, глубину хода разноглубинного трала определяют по следующей формуле [2]:

$$h = \frac{T - T_0}{q \left(1 + \frac{R_1}{2R_1 + R} \right)}, \quad (12)$$

где: h — глубина хода трала;

T — натяжение ваера в точке крепления к судну;

T_0 — натяжение ваера в точке крепления к тралу;

q — вес 1 пог. м ваера в воде;

R — сопротивление воды движению трала, приходящееся на один ваер;

R_1 — сопротивление ваера.

Подставив вместо T_0 его значение $T_0 = \sqrt{R^2 + G^2}$, формулу (12) можно записать так

$$h = \frac{T - \sqrt{R^2 + G^2}}{q \left(1 + \frac{R_1}{2R_1 + R} \right)},$$

где G — половина величины веса трала в воде.

Для практических целей глубину погружения трала удобнее выражать через скорость течения.

Принимая для трала и ваера одинаковый закон изменения сопротивления в зависимости от скорости, после подстановки значений R и R_1 , выраженных через скорость, получим

$$h = \frac{T - \sqrt{(k_m F_m v^n)^2 + G^2}}{q \left[1 + \frac{k_s F_s}{2(k_s F_s + k_m F_m)} \right]}, \quad (13)$$

где k_m, k_s, F_s, F_m — соответственно коэффициенты и площади сопротивления трала и ваера.

Если сопротивление ваеров мало по сравнению с сопротивлением трала и им можно пренебречь, формула для приближенного определения глубины погружения трала приобретает вид

$$h = \frac{T - \sqrt{(k_m F_m v^n)^2 + G^2}}{q}. \quad (14)$$

РАВНОВЕСИЕ ТРАЛА, ДВИЖУЩЕГОСЯ НА ЗАДАННОМ ГОРИЗОНТЕ

Для осуществления разноглубинного тралового лова чрезвычайно важно, чтобы трал устойчиво двигался на заданном горизонте, т. е. сохранял динамическое равновесие.

В общем случае на движущийся разноглубинный трал действуют натяжение T , направленное по касательным к ваерам, силы сопротивления R , направление которых противоположно направлению движения, вес G , всегда направленный вертикально вниз, плавучесть P , всегда направленная вертикально вверх, и знакопеременные инерционные силы, действующие по линиям движения.

Силы сопротивления частично преобразуются в распорно-подъемные силы разных направлений.

Все действующие на трал силы так или иначе передаются на две точки — точки крепления ваеров к распорным доскам. Следовательно, трал будет находиться в относительном равновесии¹, если будут в равновесии указанные две его характерные точки.

Рассматриваемые точки связаны между собой материальными связями, препятствующими свободе их движения. Хотя эта связь и не является жесткой, вследствие симметричного расположения соответ-

¹ Под относительным равновесием здесь понимаются условия, при которых остается неизменным положение главных осей симметрии трала, в отличие от абсолютного равновесия, когда все точки трала как материальной системы должны находиться в равновесии.

ственных частей трала теоретически обе точки в любой момент установившегося движения находятся в одинаковых условиях. Положение их определяется системой обычных уравнений статического равновесия

$$\left. \begin{aligned} \Sigma x &= 0; & \Sigma (yz - zy) &= 0; \\ \Sigma y &= 0; & \Sigma (zx - xz) &= 0; \\ \Sigma z &= 0; & \Sigma (xy - yx) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Соблюдение равновесия трала, буксируемого судном, осложняется тем, что судно качается на волнах. Рывки, вызываемые качкой, через ваеры передаются на трал, который начинает совершать ныряющие движения. При этом уловистость трала резко снижается или даже трал вообще перестает ловить.

Если оснастка трала правильно отрегулирована и нет моментов сил, действующих вокруг его продольной оси, то нарушение равновесия трала, вызываемое рывками ваеров, будет зависеть только от его веса и сопротивления.

Полагая, что оба ваера при рывках испытывают одинаковые нагрузки, рассмотрим колебания точки, в которой один из ваеров крепится к тралу, относя к ней половину величины веса и сопротивления трала.

Предположим вначале, что сопротивления нет. Тогда, если длина ваера такова, что, располагаясь по вертикали, он не достает дна, движение весомой точки на его конце будет отвечать условиям качания математического маятника. Применительно к этому случаю уравнение математического маятника в форме Эйлера [5] имеет следующий вид:

$$I \frac{d^2\varphi}{dt^2} + mgl \sin \varphi = 0, \quad (16)$$

где: I — момент инерции относительно центра качания, равный ml^2 ;

φ — угол отклонения;

t — время;

mg — вес маятника;

l — длина нити подвеса (длина ваера).

Принимая сопротивление воды движению трала пропорциональным второй степени скорости и выражая линейную скорость через угловую для тех же условий, получим

$$ml \frac{d^2\varphi}{dt^2} + kl \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + mg \sin \varphi = 0. \quad (17)$$

В данном случае к нижней точке ваера приложены две силы. Одна из них направлена по касательной к радиусу качания и представляет собой равнодействующую центробежной силы и силы сопротивления, вторая — вес, всегда направлена вертикально вниз. Поэтому колебания точки являются затухающими и происходят относительно вертикали.

Предположим далее, что точка подвеса получила поступательное движение по горизонтали.

Вследствие возникающих при этом гидродинамических сил точка, расположенная на другом конце ваера, получит отклонение в сторону, противоположную направлению движения. С повышением скорости гидродинамические силы будут увеличиваться, одновременно будет увеличиваться и изменять свое направление равнодействующая этих сил и веса.

Наконец наступит момент, когда вес будет полностью компенсирован гидродинамической плавучестью и по прекращении изменения

скорости точка займет какое-то положение равновесия. Если теперь к этой находящейся в равновесии, но перемещающейся поступательно точке приложить кратковременно действующую силу, то точка начнет колебаться относительно положения равновесия. Отличие этих колебаний от колебаний математического маятника будет состоять в том, что колебания маятника обуславливаются весом и происходят относительно вертикали, а колебания весомой точки, закрепленной на конце ваера, будут обуславливаться в основном силами сопротивления и происходить относительно горизонтали.

Возмущающая сила определяется выражением

$$Q = \sqrt{\frac{R^2}{4} + G^2} \sin \varphi. \quad (18)$$

Подставив значение Q в уравнение (17), получим

$$ml \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + kl \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + \sqrt{\frac{R^2}{4} + G^2} \sin^2 \varphi = 0. \quad (19)$$

Второй отличительной особенностью данных колебаний будет то, что они происходят во время движения. Следовательно, в каждый рассматриваемый момент линейная скорость колебательного движения будет складываться со скоростью поступательного перемещения по горизонтали. Результирующая скорость определяется выражением

$$v_1 = \sqrt{v^2 + l^2 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2}. \quad (20)$$

где: v_1 — результирующая скорость движения точки конца ваера;
 v — скорость поступательного перемещения;

$l \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)$ — линейная скорость колебательного движения.

Заменив массу через $\frac{G}{g}$, уравнение колебательного движения трал (19) можно переписать в следующем виде:

$$\frac{Gl}{g} v_1' + kl v_1^2 + \sqrt{\frac{R^2}{4} + G^2} \sin^2 \varphi = 0. \quad (21)$$

Вес разноглубинного трала в воде мал по сравнению с силами сопротивления, а в положении равновесия он равен нулю. Отсюда условие равновесия движущегося разноглубинного трала приобретает вид

$$kl v_1^2 + \frac{R}{2} \sin^2 \varphi = 0. \quad (22)$$

При выводе уравнения равновесия трала мы не учитывали сопротивление и вес ваера, а также взаимодействие между ваерами и тралом.

Наличие этих факторов может несколько влиять на движение точки крепления ваера к тралу, рассматриваемой отдельно, однако основной характер движения этой точки будет соответствовать приведенным формулам.

УЛОВИСТОСТЬ

При разработке способа лова рыбы разноглубинным тралом еще более сложной, чем проблема устойчивости движения трала, оказалась проблема его уловистости.

Рыбаками уже давно было замечено, что подвижные орудия лова лучше ловят рыбу у дна, чем в толще воды. Проф. Ф. И. Баранов [1]

так сформулировал причины этого явления: «Дно является неизбежной границей, на которой группируются опускающиеся вниз рыбы. Ловя по дну, мы действуем в пространстве двух измерений. Оторвавшись от дна в полводы, мы переходим в пространство трех измерений, где рыбы более разрежены и гораздо больше вероятности пройти мимо косяка».

Опыты разноглубинного лова, проводившиеся в последние годы с применением гидроакустических приборов, наглядно убедили всех в справедливости этих слов. Вместе с тем, опыты показали, что совершенные средства обнаружения рыб позволяют значительно повысить эффективность разноглубинных тралов.

Однако проблема уловистости разноглубинных тралов продолжает оставаться одной из главнейших проблем современного рыболовства, требующих всестороннего изучения и исследования.

В теории тралового промысла к вопросам уловистости до сих пор существовал самый общий подход. Уловистость обычно определяли исходя из равномерного распределения рыбы в водоеме и 100%-ной поимки рыб, оказавшихся перед тралом.

Некоторые исследователи представления об уловистости сводили к способности тралов отсеивать рыб непромысловых размеров.

С теоретической точки зрения уловистость u есть отношение улова U к тому количеству рыбы N , которое фактически находилось перед тралом и могло бы быть пойманным.

Величина U обычно бывает известна.

Современная гидроакустическая техника позволяет с известной точностью определять и величину N , поэтому величина u может быть определена опытным путем. С другой стороны, это позволяет увязать уловистость с факторами, ее определяющими.

Если расположение косяков рыбы в толще воды точно известно и конструкция трала такова, что он легко и быстро может устанавливаться на любой заданный горизонт, то его уловистость будет зависеть от плотности концентрации рыбы ρ_p , скорости движения рыбы v_p , расстояния η , с которого рыба реагирует на приближающийся трал¹, скорости траления v , размеров устья трала S .

Таким образом, можно записать, что

$$u \approx \frac{\rho_p S v}{v_p \eta}. \quad (23)$$

S , v обычно известны, v_p , η должны быть определены для каждого вида рыб из опыта, ρ_p при некотором навыке можно определять с достаточной степенью точности на основе записей скоплений рыбы гидроакустическими приборами.

Теоретически, чтобы разноглубинный трал ловил находящихся на его пути рыб, необходимо, чтобы скорость траления превышала скорость, развиваемую рыбами, т. е.

$$v > v_p.$$

Академик В. В. Шулейкин [7] установил, что скорость движения рыбы в воде определяется формулой

$$v_p = \frac{n z^{1/4}}{\left(\psi + \frac{\alpha}{Re}\right)^{1/4}}, \quad (24)$$

¹ Как показывают наблюдения, величина η у одних и тех же рыб может быть неодинаковой при разном их биологическом состоянии.

где: n, x — функции энергии, развиваемой рыбой;

z — длина рыбы;

ψ — коэффициент сопротивления воды движению рыбы;

Re — число Рейнольдса.

Инж. С. Б. Гюльбадамов [4], изучавший вопросы уловистости разноглубинных тралов, пришел к следующей зависимости между скоростью движения рыбы и скоростью траления

$$v = \frac{[B_m(\operatorname{tg} \alpha + 0,5) + 1,5\eta] \cos \alpha v_p}{0,5B_m}, \quad (25)$$

где: B_m — вертикальное раскрытие трала;

α — угол, под которым рыба уходит при испуге на глубину (величина для каждого вида рыб более или менее постоянная);

η — расстояние, с которого рыба замечает трал.

Им же получены следующие зависимости для выражения площади устья трала и коэффициента вероятности лова.

Площадь устья трала

$$S = C_k + \pi \left[\left(\frac{h_k}{2} + \eta \right)^2 - \left(\frac{h_k}{2} \right)^2 \right], \quad (26)$$

где: S — площадь устья трала;

C_k — площадь поперечного сечения косяка рыбы;

h_k — размер косяка по вертикали;

Коэффициент вероятности лова

$$k_e = \frac{F_e}{F}, \quad (27)$$

где: F_e — площадь зоны на теоретическом графике уловистости, соответствующая условиям (η, v_p, ρ_p), при которых рыба не успевает уйти от трала (S, v);

F — общая площадь на графике уловистости, соответствующая раскрытию трала.

Эти зависимости позволяют определить теоретическим путем величины уловистости при разных скоростях траления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье мы коснулись лишь основных принципиальных положений теории разноглубинного тралового лова и рассмотрели их в общей форме безотносительно к конкретным конструкциям тралов. Тем не менее это рассмотрение показало, что накоплено достаточно знаний для обоснования конструкций, условий движения и уловистости разноглубинных тралов. Приведенные основные положения теории разноглубинного тралового лова полностью рассеивают те сомнения, которые существовали ранее относительно возможности создания разноглубинных тралов и эффективности их применения. Это позволяет заключить, что развитие современной техники рыболовства должно пойти в направлении широкого освоения разноглубинного тралового лова как одного из наиболее перспективных способов лова. В связи с этим изложенный материал приобретает важное практическое значение. Он может быть весьма полезным при разработке кон-

струкций разноглубинных тралов применительно к судам разной мощности и лову разных рыб. Следует также отметить, что наша статья является лишь первым шагом в разработке этой большой и важной проблемы.

Необходимо дальнейшее развитие теории разноглубинного тралового лова и ее конкретных приложений на основе всесторонних экспериментальных исследований как самих конструкций, так и факторов, определяющих их работу.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Ф. И., Теория и расчет орудий рыболовства, Пищепромиздат, 1948.
 2. Баранов Ф. И., Форма и натяжение ваера при тралировании, «Рыбное хозяйство», 1947, № 6.
 3. Власов В. З., Основные дифференциальные уравнения общей теории упругих оболочек, Прикладная математика и механика, том VIII, Гостехиздат, 1944.
 4. Гюльбадамов С. Б., Выбор рациональной формы устья сетного мешка и определение коэффициента вероятности лова, «Рыбное хозяйство», 1956, № 11.
 5. Николаи Е. Л., Теоретическая механика, часть II, Гостехиздат, 1952.
 6. Трещев А. И., Исследование нагрузок на стационарные орудия рыболовства, Труды ВНИРО, т. XXX, Пищепромиздат, 1955.
 7. Шудейкин В. В., Физика моря, изд. АН СССР, 1953.
-

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РАВНОВЕСИЕ
И РАСКРЫТИЕ РАЗНОГЛУБИННОГО ТРАЛА

Канд. техн. наук И. Г. СМЫСЛОВ

СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА РАЗНОГЛУБИННЫЙ ТРАЛ

Сводя задачу динамики об устойчивости движения трала к задаче статики о его равновесии, рассмотрим силы, действующие на трал.

Возьмем какую-либо конструкцию трала, сетная часть которого симметрична (рис. 1).

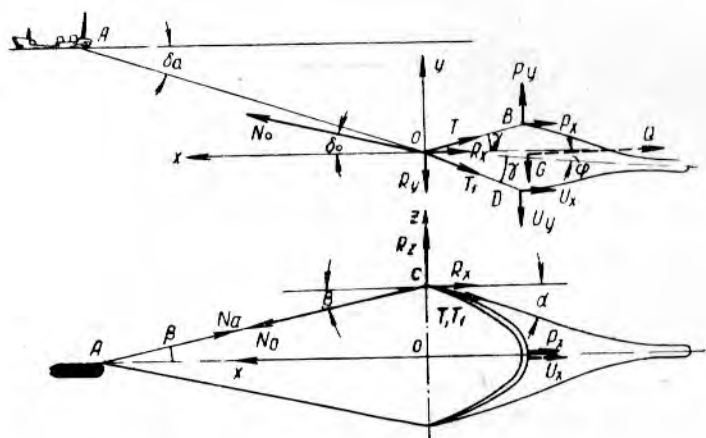


Рис. 1. Схема сил, действующих на трал

Системы сил, образуемые подъемными и углубляющими приспособлениями, могут быть сведены к равнодействующим, приложенным соответственно к верхней и нижней подборам. Эти равнодействующие двухкомпонентны: одной — является лобовое сопротивление, направленное горизонтально против движения; другой — подъемная и углубляющая силы, направленные вертикально.

Равнодействующая сил, создаваемых распорным приспособлением, в общем случае трехкомпонентна, т. е., помимо вышеуказанных двух, имеется еще третий компонент — распорная сила.

Таким образом, на половину трала, отнесенную к одному ваеру, будут действовать следующие силы (см. рис. 1).

1. Силы лобового сопротивления (направленные по вектору скорости):

- P_x — поплавок (подъемных приспособлений);
- U_x — грузил или углубляющих приспособлений;
- R_x — распорного приспособления;

$\frac{Q}{2}$ — сетной части трала.

2. Вертикальные силы:
 P_y — подъемная сила поплавков (подъемных приспособлений);
 U_y — углубляющая сила углубляющих приспособлений;
 R_y — углубляющая сила распорных устройств;
 $\frac{G}{2}$ — вес трала в воде.

3. Натяжение ваера:
 N_a — натяжение ваера у стопорного устройства, направленное по касательной к ваеру;
 N_o — то же на конце ваера, т. е. в месте прикрепления распорного устройства;
 N_z — горизонтальная составляющая натяжения ваера

$$N_z = N_o \cos \delta_o.$$

4. R_z — распорные силы распорных устройств, действующие горизонтально, перпендикулярно вектору скорости. Введя некоторые дополнительные обозначения, рассмотрим условия статического равновесия разноглубинного трала. Обозначим:

L — длина вытравленных ваеров;
 $2a$ — горизонтальное раскрытие трала, или расстояние между распорными устройствами;
 B — вертикальное раскрытие трала;
 f — стрела прогиба подборов;
 k — расстояние от оси z до геометрического центра сетной части трала;
 α — угол между проекцией касательной к подборам в точке C на плоскость xz с направлением течения;
 2β — угол между ваерами;
 γ — угол между проекциями подбор на плоскость xu и осью симметрии сетной части трала;
 δ_a — угол наклона ваера к горизонту в точке A ;
 δ_o — угол наклона ваера к горизонту в точке O ;
 φ — угол наклона оси симметрии трала к горизонту.

Возьмем начало координат в точке O . Ось x направим горизонтально навстречу потоку, ось y — вертикально вверх, ось z — горизонтально, перпендикулярно направлению потока.

Согласно принятым обозначениям условия равновесия можно написать в следующем виде:

$$\Sigma x = 0; \quad N_o \cos \beta \cos \delta_o - T \cos \alpha \cos (\gamma - \varphi) - T_1 \cos \alpha \cos (\gamma - \varphi) - R_x - P_x - U_x = 0;$$

$$\Sigma y = 0; \quad N_o \sin \delta_o + T \cos \alpha \sin (\gamma - \varphi) - T_1 \cos \alpha \sin (\gamma - \varphi) - R_y - U_y - G + P_y = 0;$$

$$\Sigma z = 0; \quad -N_o \sin \beta \cos \delta_o - T \sin \alpha \cos (\gamma - \varphi) - T_1 \sin \alpha \cos (\gamma - \varphi) + R_z = 0.$$

Преобразуем полученные уравнения, имея в виду, что при малых значениях угла φ величина T_1 близка к T .
 Обозначим

$$R_x + P_x + U_x = C; \quad R_y + U_y + G - P_y = E. \quad (1)$$

Подставив эти значения в предыдущие уравнения, получим

$$N_o \cos \beta \cos \delta_o = 2T \cos \alpha \cos \gamma \cos \varphi + C; \quad (2)$$

$$N_o \sin \delta_o = 2T \cos \alpha \cos \gamma \sin \varphi + E; \quad (3)$$

$$N_o \sin \beta \cos \delta_o = R_z - 2T \sin \alpha \cos \gamma \cos \varphi. \quad (4)$$

Распорные силы R_z , создающие горизонтальное раскрытие трала, располагаются в плоскости xz и направлены из системы перпендикулярно вектору скорости. Равными им, но обратно направленными (т. е. внутрь системы) будут силы, стягивающие концы подбор трала.

Решим уравнение (4) относительно R_z

$$R_z = N \sin \beta \cos \delta_o + 2T \sin \alpha \cos \gamma \cos \varphi. \quad (5)$$

При увеличении скорости траления угол между горизонтальной плоскостью и осью симметрии сетной части трала стремится к нулю. При φ , близком к нулю, в силу симметричности $T_1 = T$ и равенство

$$T \cos \alpha \cos (\gamma - \varphi) + T_1 \cos \alpha \cos (\gamma + \varphi) = \frac{Q}{2}$$

приобретает вид

$$\frac{Q}{2} = 2T \cos \alpha \cos \gamma,$$

откуда

$$2T \sin \alpha \cos \gamma = \frac{Q}{2} \operatorname{tg} \alpha, \quad (6)$$

а следовательно,

$$R_z = N \cos \delta_o \sin \beta + \frac{Q}{2} \operatorname{tg} \alpha. \quad (7)$$

Уравнение (7) связывает три основные величины системы: стягивающие усилия подбор, натяжение ваера и сопротивление сетной части трала.

Сопротивление сетной части трала определяется из уравнения

$$Q = 2N \cos \beta \cos \delta_o - 2C. \quad (8)$$

Тангенс угла наклона касательной к ваеру в точке O можно определить, разделив уравнение (3) на уравнения (2) и (4):

$$\operatorname{tg} \delta_o = \frac{(2T \cos \alpha \cos \gamma \sin \varphi + E) (\sin \beta + \cos \beta)}{2T \cos \alpha \cos \gamma \cos \varphi - 2T \sin \alpha \cos \gamma \cos \varphi + C + R_z}. \quad (9)$$

В рабочем положении угол φ близок к нулю, и уравнение (9) принимает вид

$$\operatorname{tg} \delta_o = \frac{E (\sin \beta + \cos \beta)}{\frac{Q}{2} (1 - \operatorname{tg} \alpha) + C + R_z}. \quad (10)$$

При малой длине и достаточно большой силе натяжения ваеров последние можно считать прямолинейными, так как провес их будет незначителен.

Тогда

$$h = L \sin \delta_o, \quad (11)$$

где: h — глубина погружения трала;

L — длина ваера.

Уравнения (10) и (11) являются основными уравнениями статического равновесия трала.

Как видно из уравнения (10), глубина погружения симметричного трала в основном зависит от отношения углубляющих сил к силам

сопротивления и распора. Трал будет устойчиво двигаться на заданной глубине, если при изменении скорости это соотношение будет оставаться постоянным.

$\sin \beta$ и $\cos \beta$, увеличивая числитель, увеличивают правую часть уравнения, а следовательно, увеличивают величину погружения трала. Однако изменение этих величин незначительно.

Основное влияние на глубину погружения оказывает соотношение вертикальных и горизонтальных сил, действующих на трал.

У тралов с поддоном (нижним сквером) будут возникать дополнительные углубляющие силы, у тралов со сквером — подъемные, вследствие несимметричности их сетной части.

ВЛИЯНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ И ВЕСА ВАЕРА НА РАВНОВЕСИЕ РАЗНОГЛУБИННОГО ТРАЛА

На ваер действуют две распределенные силы — сила веса и сила давления воды. Вес и вертикальная составляющая давления воды обратны по направлению. Если вес будет уравниваться этой вер-

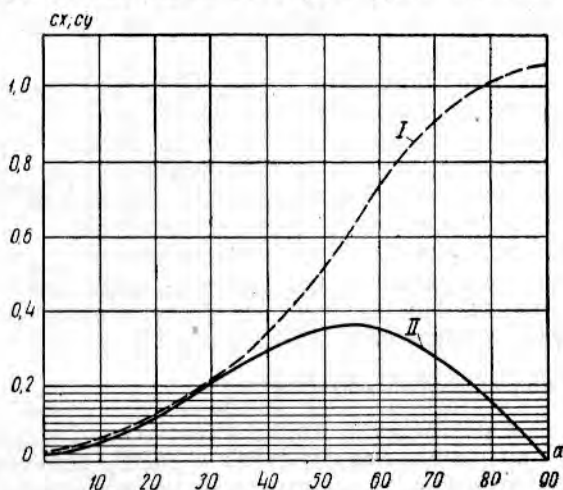


Рис. 2. Зависимость коэффициентов сопротивления и подъемной силы от угла наклона ваера:

$$I - c_x = f(\alpha); \quad II - c_y = f(\alpha)$$

тикальной составляющей W_y , то ваер в вертикальной плоскости $xу$ будет принимать прямолинейное положение. При этом

$$\delta = \text{const.}$$

Сопротивление ваера и его подъемная сила в воде при тралении могут быть определены по формулам

$$W_x = c_x \frac{\rho v^2}{2} d \sin \varepsilon, \quad W_y = c_y \frac{\rho v^2}{2} d \sin \varepsilon, \quad (12)$$

где: d — диаметр ваера;

ε — угол наклона ваера к направлению потока в плоскости;

c_x и c_y — опытные коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы.

Зависимость этих коэффициентов от угла наклона приведена на графике (рис. 2).

Пренебрегая провесом ваера в вертикальной и прогибом в горизонтальной плоскостях, будем считать, что сила натяжения направлена

по ваеру. При этом углы β и δ также будут постоянны по всей длине ваера. Тогда будут иметь место равенства

$$\delta_o = \delta_a = \delta; \quad \beta_o = \beta_a = \beta.$$

Зная величину и направление силы натяжения у стопора (точка А на рис. 1), можно определить натяжение ваера в любой точке

$$N = N_a - ph, \quad (13)$$

где: N — натяжение ваера на глубине h ;

h — глубина погружения рассматриваемой точки ваера;

p — вес единицы длины ваера.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ

В уравнения равновесия и раскрытия трала (8), (9) и (10), кроме вертикальных (подъемных и углубляющих) сил, входят силы сопротивления; к ним относится сопротивление сетной части трала Q при движении в толще воды.

Непосредственное измерение силы Q требовало бы разработки специальной подводной аппаратуры. Поэтому силу Q опытных конструкций тралов определяли как разность между агрегатным, т. е. полным, сопротивлением трала и сопротивлением его оснастки.

Для проведения натурных испытаний поплавков была смонтирована специальная установка на судне «Новатор».

При снятии гидродинамических характеристик траловых поплавков определяли величины и направления равнодействующей P при различных скоростях. По полученным функциональным зависимостям $P=f(v)$ и $\alpha=f(v)$ определили $P_y = P \cos \alpha$; $P_x = P \sin \alpha$, а также безразмерные коэффициенты c_x , c_y и $k = \frac{c_y}{c_x}$.

Величины P и α измеряли двумя способами. По первому способу, разработанному сотрудниками ПИНРО и МЭБ, величину P измеряли пятидесятикилограммовым динамометром, а величину угла отсчитывали визуально по градуированному сектору.

Способ прост, но не точен, так как при плохих гидрометеорологических условиях сектор под водой был плохо виден и отсчет углов производился с большими погрешностями. На графике (рис. 3) можно видеть, что разброс точек при визуальных отсчетах углов по сектору велик; полученные данные также оказались недостаточно достоверными.

Кроме указанных при определении α , погрешности возникали при определении силы P от трения и от перегибов на блоках тросика, на котором буксировался образец.

Для получения более достоверных гидродинамических характеристик поплавков была разработана специальная электроизмерительная аппаратура¹, состоявшая из электродатчика угловых перемещений, дистанционного пружинного электродинамометра и измерительного моста. Принципиальная схема электроаппаратуры приведена на рис. 4.

Смонтированные в блок датчики прикрепляли к подводной части установки; с помощью аппаратуры измеряли величины полной гидродинамической силы P поплавок и угла α между направлением этой силы и вертикалью при разных скоростях.

¹ Разработка аппаратуры производилась канд. техн. наук Яковлевым А. И. совместно с автором.

Для измерения скоростей была приспособлена вертушка Жестовского Ж-3. Испытания проводили в диапазоне скоростей от 1,2 до 2,3 м/сек с таким расчетом, чтобы перекрывались существующие скорости течения. Скорости измеряли по ступени от малых до предельных шестикратно. Каждый опыт повторяли трижды. Так как практически невозможно было получить скорости предыдущего опыта, то при обработке материалов был применен метод вариационных исчислений.

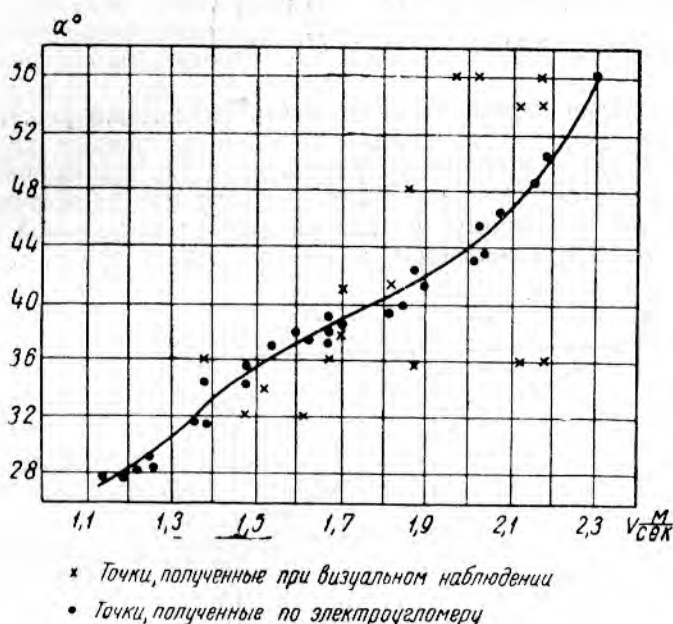


Рис. 3. График разброса точек при отсчете углов визуальным способом и при помощи электроаппаратуры

Методика получения гидродинамических характеристик распорных и углубляющих решеток аналогична методике снятия гидродинамических характеристик траловых поплавков.

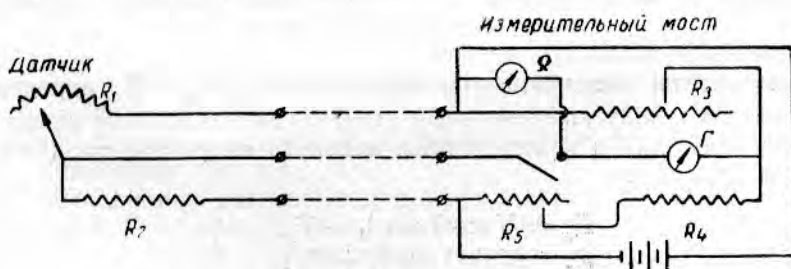


Рис. 4. Принципиальная схема электроаппаратуры

Определяли величину равнодействующей и ее направление при различных скоростях движения, а затем в результате обработки данных получали функциональные зависимости от скорости величин R_x , R_z и R_y для распорных и U_x , U_y для углубляющих решеток.

Компоненты полной гидродинамической силы, создаваемой распорной решеткой, определяются уравнениями

$$\left. \begin{array}{ll} \text{лобовое сопротивление} & R_x = R \cos \beta \cos \delta, \\ \text{распорная сила} & R_z = R \sin \beta \cos \delta, \\ \text{углубляющая сила} & R_y = R \sin \delta. \end{array} \right\} \quad (14)$$

Компоненты равнодействующей силы, создаваемой углубляющей решеткой, определяются уравнениями

$$\left. \begin{array}{ll} \text{лобовое сопротивление} & U_x = U \sin \alpha, \\ \text{углубляющая сила} & U_y = U \cos \alpha. \end{array} \right\} \quad (15)$$

Плоские доски нельзя было испытать аналогично решеткам, т. е. на одном тросике. Вместе с тем испытание распорных досок с травами не может дать достоверных результатов, так как имеется взаимовлияние доски и сетной части трала. Поэтому при испытании плоских траловых досок был применен водяной якорь с постоянной площадью раскрытия и с сопротивлением, соответствующим тралу.

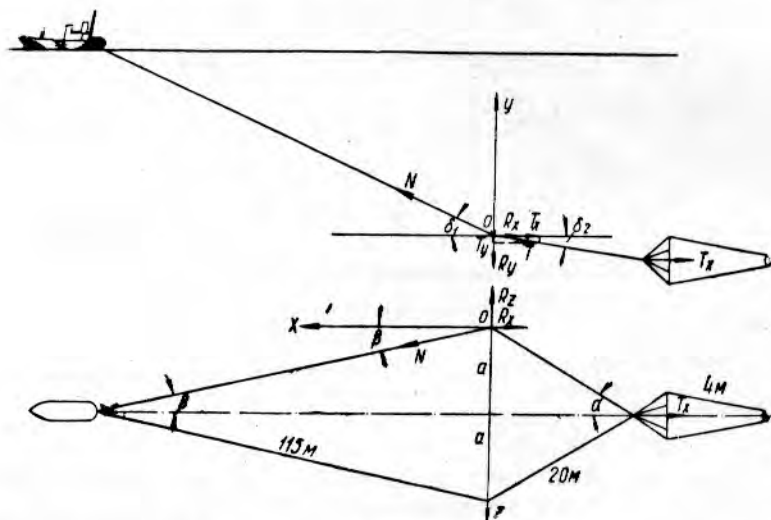


Рис. 5. Схема действующих сил при испытаниях распорных устройств с водяным якорем

Компоненты распорной траловой доски R_x , R_y и R_z определяются как разность между компонентами агрегатными (водяного якоря с распорными досками) и компонентами водяного якоря следующими уравнениями (рис. 5):

$$\left. \begin{array}{l} R_x = N \cos \beta \cos \delta_1 - T_x, \\ R_z = N \sin \beta \cos \delta_1 + T_x \operatorname{tg} \alpha, \\ R_y = N \sin \delta_1 - T_y. \end{array} \right\} \quad (16)$$

Вследствие того что длина кабелей равнялась 20 м, а длина ваеров 115 м и их размеры при испытаниях оставались постоянными, зависимость между углами выражается следующим уравнением:

$$\sin \alpha = 5,75 \sin \beta, \quad (17)$$

где β — половина угла между ваерами, а α — половина угла между кабелями.

При испытаниях опытных конструкций разноглубинного трала измеряли натяжение ваеров, углы между ваерами, глубину погружения распорных устройств и подбор трала. Для этого были применены приборы глубины — автографы, без которых невозможен был бы контроль за работой трала. Натяжение ваеров измеряли динамометром ТД-3 и динамографом системы ВИСХОМа, включаемыми в ваер посредством конических стопоров. Горизонтальное раскрытие определяли по углу между ваерами и по расстоянию между буйками.

При испытаниях опытных конструкций для измерения скоростей движения судна были применены вертушки типа Ж-3, Отто-V.

Для уменьшения ошибок наблюдений и увеличения точности результатов опыт повторяли трижды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАЗНОГЛУБИННЫХ ТРАЛОВ И ИХ ОСНАСТКИ

Результаты экспериментальных работ по снятию гидродинамических характеристик поплавков¹

В результате натурных испытаний поплавков получен экспериментальный материал, позволяющий произвести их всестороннюю оценку и выбрать рациональную оснастку верхней подборы трала.

На графиках (рис. 6) изображены зависимости полной подъемной силы и лобового сопротивления от скорости — $P_y = f(v)$ и $P_x = f(v)$ — наиболее характерных поплавков. Приведенные зависимости предназначены для практического пользования при проектировании оснастки трала.

Для более полной характеристики образцов служат графические зависимости коэффициентов подъемной силы c_y (рис. 7), лобового сопротивления c_x (рис. 8) и полного качества $k = \frac{c_y}{c_x}$ (рис. 9).

Данные по испытаниям шаровидных поплавков (кухтылей) с некоторым приближением можно сравнить с результатами многочисленных исследований шаров в аэродинамических трубах.

Полученные величины коэффициентов лобового сопротивления c_x кухтылей превышают аналогичные коэффициенты полированных шаров. Характер изменения зависимости c_x от числа Рейнольдса (Re) идентичен. Разница в числовых значениях может быть объяснена большей шероховатостью и наличием вторичных движений кухтыля при работе в области критических чисел Рейнольдса.

При визуальных наблюдениях за работой кухтылей замечено, что они идут весьма неустойчиво, совершая вторичные движения как в диаметральной плоскости судна, так и в плоскости мидельшпангоута. Особенно сильно подвержен вторичным движениям шаровидный поплавок диаметром 400 мм.

При исследовании зависимости коэффициента лобового сопротивления от числа Рейнольдса видно, что при рабочем диапазоне скоростей от 1,2 до 2,3 м/сек применяемые кухтыли работают в области критических чисел Рейнольдса или близких к ним. Так, для кухтылей диаметром 200 мм область чисел Рейнольдса колеблется от $2 \cdot 10^5$ до $3,5 \cdot 10^5$.

Для шаровидного поплавка диаметром 400 мм числа Рейнольдса колеблются от $3,5 \cdot 10^5$ до $7 \cdot 10^5$, т. е. находятся в критической области.

Из группы кухтылей с наделками заслуживает внимания поплавок К-200 (типа «Филлипс»). Сохраняя все положительные свойства

¹ В испытаниях совместно с автором принимали участие тт. А. И. Яковлев, Г. А. Траубенберг и Б. Г. Кутаков.

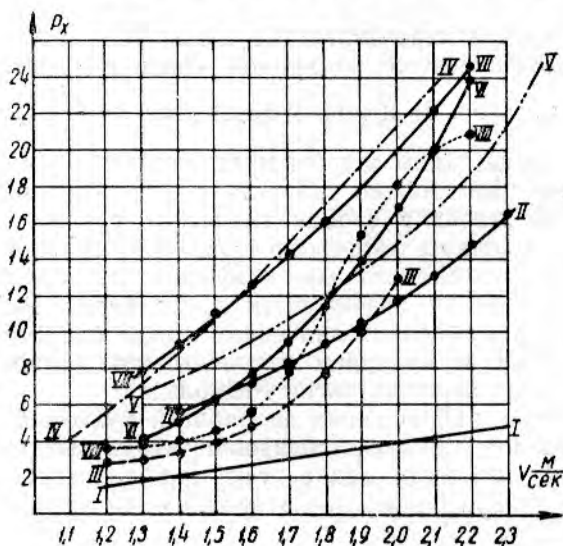
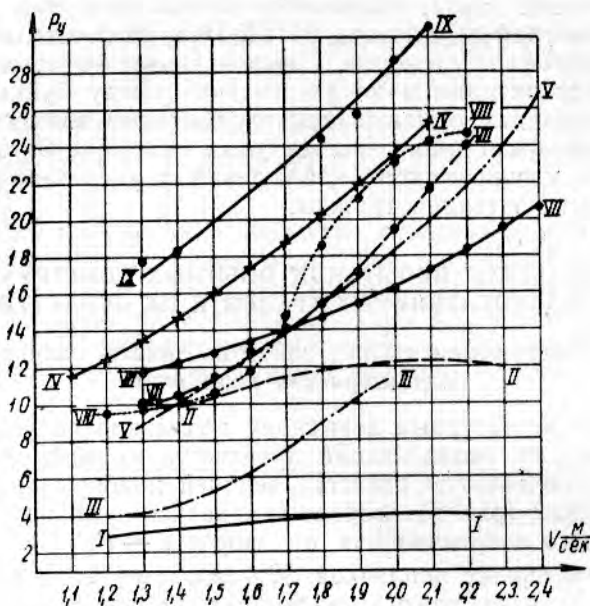


Рис. 6. Зависимость полной подъемной силы P_y и лобового сопротивления P_x от скорости для поплавков:

I — шаровидного силуминового, $d=200$ мм; II — шаровидного стального, $d=400$ мм; III — $K=200$; IV — пластины Янсона; V — пластины Васильева; VI — близнецов Старовойтова; VII — пенопластового, $d=250$ мм; VIII — пенопластового комбинированного; IX — пенопластового, $d=300$ мм

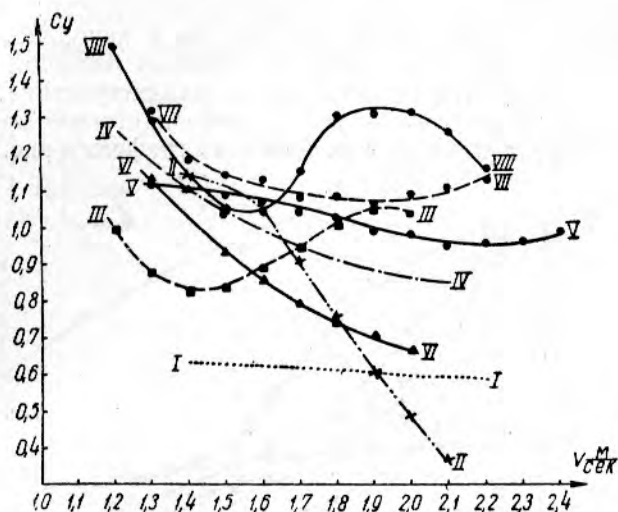


Рис. 7. Зависимость коэффициента подъемной силы от скорости для поплавков:

I — шаровидного силуминового, $d=200$ мм; II — каплевидного; III — $K=200$; IV — пластины Янисона; V — пластины Васильева; VI — близнецов Старовойтова; VII — пенопластового, $d=250$ мм; VIII — пенопластового комбинированного

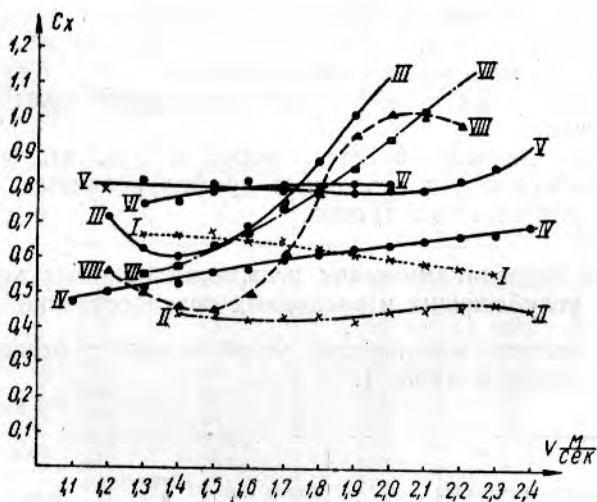


Рис. 8. Зависимость коэффициента лобового сопротивления C_x от скорости для разных поплавков

(II — шаровидного силуминового, $d=400$ мм; остальные обозначения те же, что и на рис. 7).

шаровидных поплавков, обладающих идеальным сопротивлением сжатию, этот образец имеет улучшенные гидродинамические характеристики.

Были испытаны поплавки типа К-200 из пенопласта: поплавок диаметром 250 мм с тарелью диаметром 334 мм и пенопластовый поплавок диаметром 300 мм. Эти поплавки, обладая большой статической силой, имеют хорошие гидродинамические характеристики.

Хорошие характеристики имеет и пенопластовый комбинированный (грибовидный) поплавок. Как видно из графика (рис. 6), подъем-

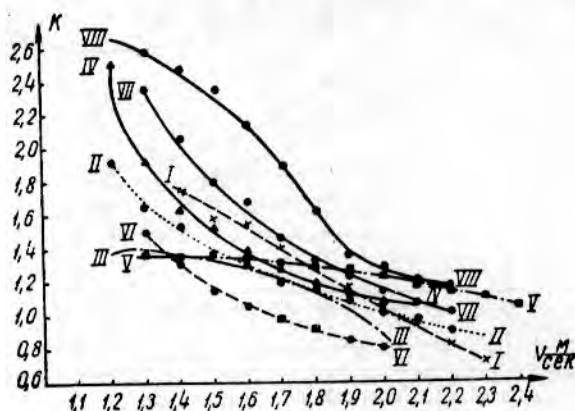


Рис. 9. Зависимость коэффициента $k = \frac{c_y}{c_x}$ от скорости для поплавков, обозначенных на рис. 7

ная сила этого поплавка резко возрастает с повышением скорости. Поэтому его рационально применять для оснастки тралов, работающих на повышенных скоростях. Кроме того, этот образец обладает наилучшим качеством из всех испытанных поплавков.

Гидродинамический коэффициент подъемной силы пластин является наилучшим.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в дальнейшем необходимо работать над созданием профилированных пластин, приспособленных для оснастки тралов.

Результаты гидродинамических испытаний опытных конструкций углубляющих и распорных приспособлений

Размеры опытных конструкций углубляющих и распорных приспособлений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тип приспособления	Длина в м	Ширина в м	Площадь в м ²	
			всех планов	общая
Углубляющая решетка	0,67	0,65	0,34	0,44
Углубляющая решетка	1,236	1,130	1,01	1,40
Распорная решетка	1,236	1,130	1,01	1,40
Распорная плоская доска	2,000	1,100	—	2,20

Имея одинаковые размеры, распорная решетка отличается от углубляющей устройством шпруйтов и наличием стабилизирующего буя. Плавучесть буя меньше веса решетки в воде, однако она доста-

точно для того, чтобы придавать распорной решетке наклон относительно диаметральной плоскости судна.

В результате наклона равнодействующая сил, действующих на решетку, помимо лобового сопротивления и углубляющей силы, образует третий компонент — распорную силу R_z . Эта сила создает горизонтальное раскрытие трала.

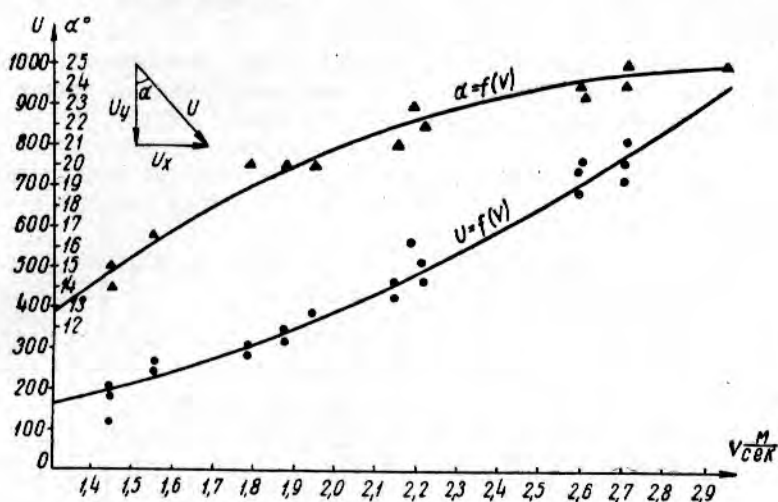


Рис. 10. Кривые, полученные в результате обработки данных по испытанию углубляющей решетки

В результате обработки материалов испытаний распорных и углубляющих решеток были получены значения:

$$U_y, U_x, R_x, R_y \text{ и } R_z.$$

По опытным данным строили кривые, выражающие функциональные зависимости $U=f(v)$ и $\alpha=f(v)$ (рис. 10).

Таблица 2

v в м/сек	U	α°	$U_x = U \sin \alpha$	$U_y = U \cos \alpha$	Качество k
1,3	160	$12\frac{3}{4}$	35	155	4,43
1,4	185	$14\frac{1}{4}$	45	180	4,0
1,5	210	$15\frac{1}{2}$	56	229	3,93
1,6	240	$16\frac{3}{4}$	69	250	3,34
1,7	275	18	85	260	3,06
1,8	310	19	101	293	2,91
1,9	350	20	120	330	2,75
2,0	395	$20\frac{3}{4}$	140	370	2,64
2,1	440	$21\frac{1}{2}$	163	410	2,52
2,2	490	$22\frac{1}{4}$	185	453	2,45
2,3	545	23	213	500	2,35
2,4	600	$23\frac{1}{2}$	240	550	2,29
2,5	655	$23\frac{3}{4}$	268	600	2,28
2,6	715	$24\frac{1}{4}$	292	650	2,22
2,7	775	$24\frac{1}{2}$	322	705	2,19
2,8	840	$24\frac{3}{4}$	350	760	2,17
2,9	910	$24\frac{3}{4}$	380	825	2,17

Значения ординат U и α сведены в табл. 2; пользуясь уравнениями (15), вычисляли значения U_x и U_y , а при помощи уравнений (14) обрабатывали данные испытаний распорно-углубляющих

решеток и находили значения компонентов R_x , R_y и R_z в том же диапазоне скоростей.

Данные по испытаниям распорной плоской доски обработаны по уравнениям (16) и (17).

Результаты испытаний показаны на графиках в виде кривых.

На рис. 11 изображены зависимости лобового сопротивления, распорной и углубляющей сил для решетки и плоской доски от скорости — $R_x = f(v)$, $R_y = f(v)$ и $R_z = f(v)$.

На рис. 12 изображены функциональные зависимости лобового сопротивления и углубляющей силы для углубляющих решеток от скорости — $U_x = f(v)$ и $U_y = f(v)$.

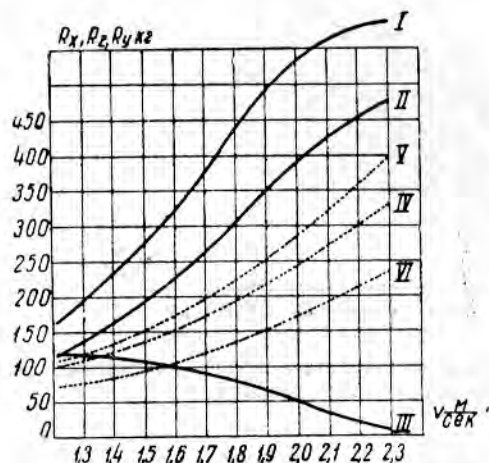


Рис. 11. Зависимость лобового сопротивления, распорной и углубляющей сил от скорости:

I, II, III—соответственно $R_x = f(v)$; $R_z = f(v)$; $R_y = f(v)$ для распорных досок;
IV, V, VI—соответственно $R_x = f(v)$; $R_z = f(v)$, $R_y = f(v)$ для решеток

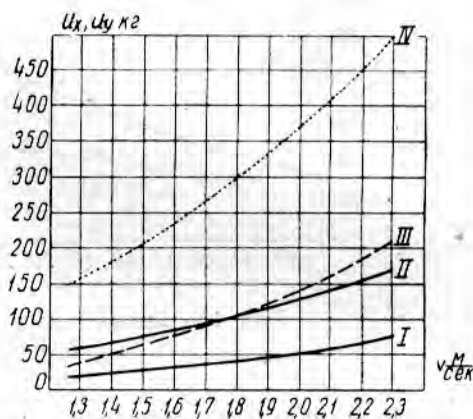


Рис. 12. Зависимость лобового сопротивления и углубляющей силы решеток от скорости:

I, II—соответственно $U_x = f(v)$; $U_y = f(v)$ для малых решеток; III, IV—соответственно $U_x = f(v)$; $U_y = f(v)$ для больших решеток

Кривые, приведенные на этих графиках, позволяют судить лишь о величине сил.

Для получения более сравнимых данных выразим величины посредством безразмерных коэффициентов. На рис. 13 показаны кривые, выражающие зависимость безразмерных коэффициентов c_x , c_y и c_z от скорости для опытных распорно-углубляющих приспособлений.

Как видно, при сравнении кривых наибольший коэффициент лобового сопротивления c_x имеет плоская распорная доска (кривая I).

При общепринятых скоростях траления 3,2—3,5 узла (1,7—1,8 м/сек) c_x плоской доски превышает c_x распорной решетки в 1,6 раза и c_x углубляющей решетки в 2,25—2,5 раза.

Распорная решетка одинаковых габаритов с углубляющей решеткой имеет большее значение c_x из-за дополнительного сопротивления, образуемого шпруйтами и стабилизирующим бумом (кривые II и IV).

Коэффициент распорной силы c_z распорно-углубляющей решетки (кривая II) почти одинаков с c_z плоской доски (кривая I).

Однако полезные силы решетки значительно превышают полезные силы распорной доски вследствие наличия у первой углубляющей силы (кривая V).

Полезные силы углубляющей решетки c_y (кривая $\sqrt{V}$) значительно больше полезных сил плоской доски c_z (кривая I).

Еще большее различие имеет качество опытных конструкций при общепринятых скоростях траления. Для плоской распорной доски $k \approx 0,75$, для распорной решетки $k = 1,3$, для углубляющей решетки $k > 2,7$. Таким образом, распорная решетка обладает качеством, в 1,75 раза, а углубляющая решетка более чем в 3,5 раза превышающим качество плоской распорной доски.

Если сравнить c_x плоской доски, полученный при испытаниях, с c_x плоской гладкой пластины, полученным при продувках в аэродинамической трубе Ленинградского политехнического института, можно видеть, что c_x плоской доски на 25% превышает c_x пластины. Это превышение можно объяснить наличием арматуры, выступающих деталей и болтов, а также повышенной шероховатостью доски.

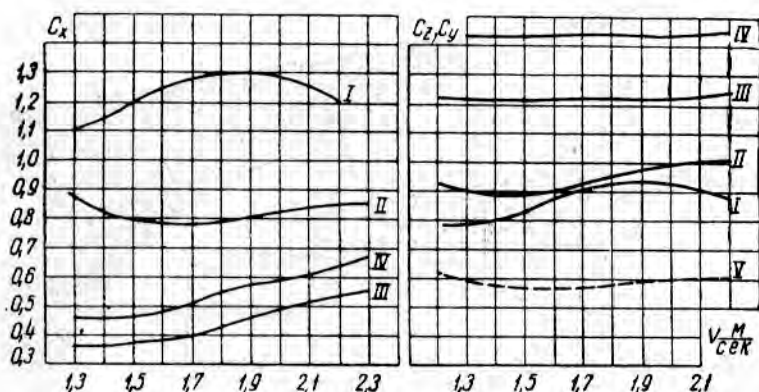


Рис. 13. Зависимость коэффициентов c_x , c_y и c_z распорных и углубляющих приспособлений от скорости:

I— c_x для распорной плоской доски; II—для распорно-углубляющей решетки; III—для углубляющей большой решетки; IV—для углубляющей малой решетки; V—для распорно-углубляющей решетки.

Гидродинамические характеристики распорной и углубляющей решеток несравненно лучше характеристик плоской распорной доски. Этим подтверждается правильность обоснования выбора опытных конструкций распорных и углубляющих решеток для оснастки тралов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ХОДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАЗНОГЛУБИННОГО ТРАЛА ТИПА ПИНРО

Были построены три различных по величине опытных образца этой конструкции. Условимся сокращенно именовать их РРТ (рыболовный разноглубинный трал), прибавляя к названию цифру, показывающую раскрытие трала. Так, трал с раскрытием 10 м между концами подбор будем называть РРТ-10, с раскрытием в 15 м — РРТ-15 и т. д. Раскроечный чертеж одной из четырех проекций сетной части РРТ-10 изображен на рис. 14.

Пластины мотни и кутка трала выкраивали из готовой хлопчатобумажной дели. Крылья вывязывали по чертежу. Крыло проектируем следующим образом:

задаемся раскрытием трала на концах подбор;

задаемся отношением длины хорды к длине цепной линии

$$\lambda = \frac{l}{S};$$

задаваясь углом наклона топенантов α° и по таблицам гиперболических функций находим $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{Sh} \varphi$.

Для РРТ-10 $l = 10$ м; $\lambda = 0,475$; $\alpha = 10^\circ 50'$.

По таблицам элементов цепной линии находим

$$\operatorname{Sh} \varphi = 4,472.$$

По имеющимся значениям

$$S = \frac{l}{\lambda}; \quad S = \frac{10}{0,475} = 21,05 \text{ м.}$$

Находим параметр цепной линии

$$a = \frac{S}{2 \operatorname{Sh} \varphi} = \frac{21,05}{2 \cdot 4,472} = 2,35 \text{ м.}$$

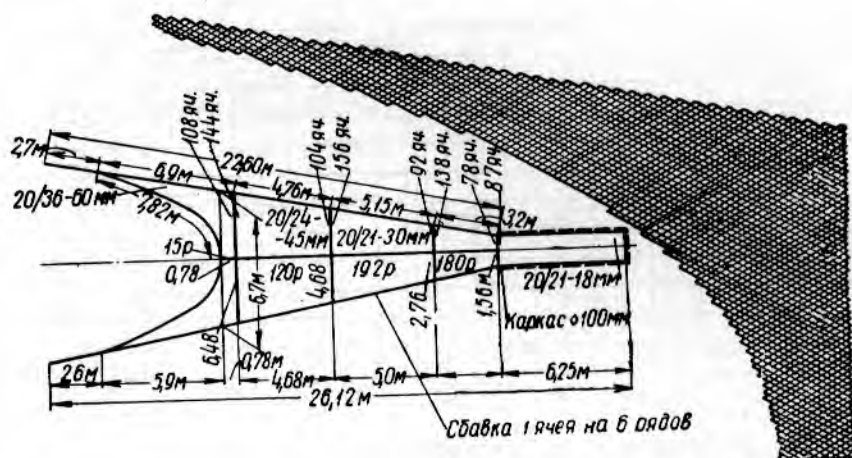


Рис. 14. Раскроечный чертеж сетной части опытной конструкции РРТ-10 типа ПИНРО

Находим некоторые ординаты цепной линии. Для этого, задаваясь величинами x , определяем величину y и f

$$y = a \operatorname{ch} \frac{x}{a}; \quad f = y - a.$$

Крыло трала вычерчивали в возможно крупном масштабе. В данном случае брали $M = 1:10$. Ячей трала вычерчивали на чертеже с учетом посадки $u_1:u_2 = 0,5:0,867$.

По шивным кромкам крыло имеет постоянную сбавку 1:3. Подборы трала изготовляли из каната «Геркулес».

Аналогичный раскрой имела и опытная конструкция РРТ-15.

В настоящее время раскрой крыльев трала упрощен, а тралы изготовляют из капроновых делей.

ЗАВИСИМОСТЬ РАВНОВЕСИЯ И ГЛУБИНЫ ПОГРУЖЕНИЯ ОПЫТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАЗНОГЛУБИННОГО ТРАЛА ОТ СКОРОСТИ

Величину и изменение глубины погружения характерных точек трала в зависимости от скорости определяли по записям автографов.

За характерные точки были приняты концы верхних и нижних подбор и концы ваеров в месте прикрепления распорных приспособлений.

При обработке данных испытаний методом графической интерполяции для РРТ-10 получены зависимости глубины погружения распорных устройств h_1 , глубины погружения верхней подборы h_2 и глубины погружения нижней подборы h_3 от скорости, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

v в м/сек	При длине ваеров L в м								
	100			200			300		
	h_1	h_2	h_3	h_1	h_2	h_3	h_1	h_2	h_3
1,4	18,0	23,5	33,5	29,0	34,5	45,0	43,0	48,0	58,0
1,7	16,5	21,0	30,0	27,0	32,5	42,0	40,1	45,5	55,0

Для РРТ-15 эти зависимости приведены в табл. 4.

Таблица 4

v в м/сек	При длине ваеров L в м								
	100			200			300		
	h_1	h_2	h_3	h_1	h_2	h_3	h_1	h_2	h_3
1,1	18,3	23,9	34,2	42,9	47,0	57,0	69,0	74,0	84,2
1,2	17,8	23,5	33,3	41,8	46,4	56,0	68,5	73,6	83,4
1,3	17,4	22,7	32,3	41,2	45,6	55,1	68,0	72,9	82,6
1,4	16,9	22,0	31,4	40,6	45,0	54,3	67,7	72,5	81,8
1,45	16,6	21,8	31,0	40,2	44,6	53,8	67,4	72,2	81,4

Как следует из табл. 3 и 4, глубина погружения опытных конструкций трала очень мало зависит от скорости. Так, при увеличении скорости на 0,7 узла (0,35 м/сек) глубина погружения РРТ-15 при длине ваеров 300 м уменьшается на 1,6 м. Глубина погружения опытных тралов практически не зависит от скорости, т. е. трал устойчиво движется по заданной глубине.

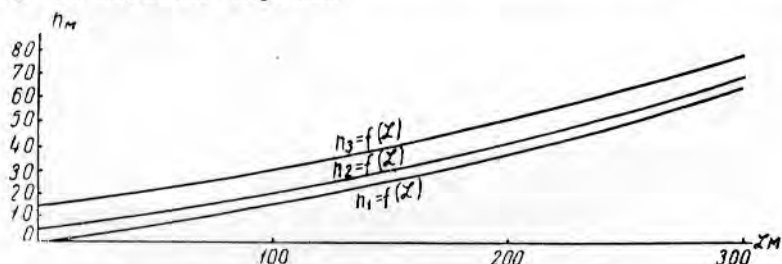


Рис. 15. Зависимость глубины погружения подбор и распорных приспособлений РРТ-15 от длины ваеров при $v=1,4$ м/сек

Рассмотрим зависимость глубины погружения трала от длины ваеров. На рис. 15 изображены кривые, выражающие зависимость h_1 , h_2 и h_3 от длины ваеров опытной конструкции РРТ-15 при скорости 1,4 м/сек. Как видно из графика, кривая, выражающая глубину погружения распорных решеток, проходит через начало координат. Две другие кривые, выражающие зависимость $h_2=f(L)$ и $h_3=f(L)$, имеют характер первой.

Это означает, что с увеличением глубины погружения форма конструкции трала не изменяется.

Возрастание глубины погружения происходит не пропорционально длине ваеров. При малых изменениях длины ваеров приращение глубины Δh незначительно и может быть выражено уравнением прямой

$$h = L \operatorname{tg} \delta.$$

Для более точных подсчетов получена следующая эмпирическая зависимость:

$$h_1 = pL^k,$$

где p и k — некоторые постоянные параметры, определяемые логарифмированием

$$h_1 = 0,05L^{1,26}. \quad (18)$$

ЗАВИСИМОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСКРЫТИЯ ОПЫТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ PPT-10 И PPT-15 ОТ СКОРОСТИ

Величиной вертикального раскрытия трала является разница между глубиной погружения нижней и верхней подбор

$$B = h_3 - h_2. \quad (19)$$

Данные, характеризующие зависимость вертикального раскрытия опытных конструкций трала от скорости, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Трал	Длина ваеров L в м	Вертикальное раскрытие трала в м при			Δ в м	Δ в %
		$v=1,7$ м/сек	$v=1,45$ м/сек	$v=1,2$ м/сек		
PPT-15	100	—	9,2	9,8	0,6	6,2
	200	—	9,2	9,6	0,4	4,2
	300	—	9,2	9,8	0,6	6,2
PPT-10	100	9,25	10,0	—	0,75	7,5
	150	9,5	10,0	—	0,5	5,0
	200	9,5	10,0	—	0,5	5,0

Принимая форму ваеров прямолинейной, половину расстояния между распорными приспособлениями определим из уравнения

$$a = L \cos \delta \cos \beta, \quad (20)$$

а половину расстояния между концами подбор — из уравнений

$$\text{для PPT-15} \quad a_1 = 0,667L \cos \delta \sin \beta + 1, \quad (21)$$

$$\text{для PPT-10} \quad a_1 = 0,635L \cos \delta \sin \beta + 1. \quad (22)$$

По экспериментальным данным, вертикальное раскрытие $h_3 - h_2$ колебалось в пределах 9,5—10 м, т. е. при изменении скорости примерно на 0,5 узла (0,25 м/сек) вертикальное раскрытие изменялось примерно на 0,5 м, что не выходит за пределы величины погрешности измерений.

Раскрытие PPT-15 не достигает запроектированной величины 15 м. Отсюда следует, что углубляющие решетки недостаточны для создания проектного раскрытия трала.

Раскрытие между центрами подбор достигало 9 м при запроектированной величине 10 м.

ЗАВИСИМОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РАСКРЫТИЯ ОПЫТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ PPT-10 И PPT-15 ОТ СКОРОСТИ

Горизонтальное раскрытие определялось по углу 2β между ваерами с последующим пересчетом.

Данные, характеризующие зависимость горизонтального раскрытия a_1 опытных конструкций трала от скорости траления и длины ваеров, приведены в табл. 6.

Таблица 6

v в м/сек	PPT-15				PPT-10	
	при $L=100$ м		при $L=200$ м		при $L=100$ м	
	2β	a_1	2β	a_1	2β	a_1
1,2	$7^\circ 20'$	10,4	$3^\circ 20'$	9,6	—	—
1,4	$7^\circ 50'$	11,0	$3^\circ 40'$	10,4	$6^\circ 00'$	8,5
1,7	—	—	—	—	$6^\circ 30'$	9,1

Как следует из табл. 6, горизонтальное раскрытие опытных конструкций при изменении скорости изменяется незначительно.

ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОПЫТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ PPT-10 И PPT-15 ОТ СКОРОСТИ

По принятой методике сопротивление сетной части трала при движении в воде определялось как разность между сопротивлением агрегатным и сопротивлением оснастки трала (распорных, подъемных и углубляющих приспособлений) по формуле (9).

Сила N является полной гидродинамической силой, действующей на половину трала. Она находится простым измерением натяжения ваера.

На основании данных испытаний построены кривые, выражающие зависимость силы N от скорости. При построении кривых использованы данные всех значений длины ваеров. При этом в величину N вносились поправки, вычисляемая по формуле (13), учитывающая влияние изменения длины ваера.

Сопротивление оснастки трала вычисляли по формуле $C = R_x + U_x + P_x$; значения этих величин брали по экспериментальным данным.

Данные, характеризующие зависимость сопротивления опытной конструкции PPT-10 от скорости траления, приведены в табл. 7.

Таблица 7

v в м/сек	N	$\cos \beta$	$\cos \delta$	$N \cos \beta$ $\cos \delta$	$C = R_x + U_x + P_x$				$\frac{Q}{2}$
					R_x	P_x	U_x	C	
1,3	915	0,998	0,983	895	107	39	18	164	731
1,4	1005	0,998	0,984	985	118	42	20	180	805
1,5	1115	0,998	0,984	1095	131	45	24	200	895
1,6	1250	0,998	0,985	1230	149	52	29	230	1000
1,7	1410	0,998	0,986	1390	166	60	34	260	1130

Аналогичные зависимости получены и для опытной конструкции PPT-15.

Результаты экспериментальных исследований по сопротивлению

сетной части тралов при тралении изображены в виде кривых на рис. 16.

Зная физическую сущность явления, предположим, что кривые представляют собой степенную функцию вида $y=ax^e$, а следовательно, могут быть выражены в виде формулы

$$Q = kFv^n. \quad (23)$$

Если построим зависимость $Q=f(v)$ в логарифмических координатах, получим линейную зависимость между $\lg Q$ и $\lg v$. Это позволит утверждать, что опытные кривые могут быть представлены формулой (23).

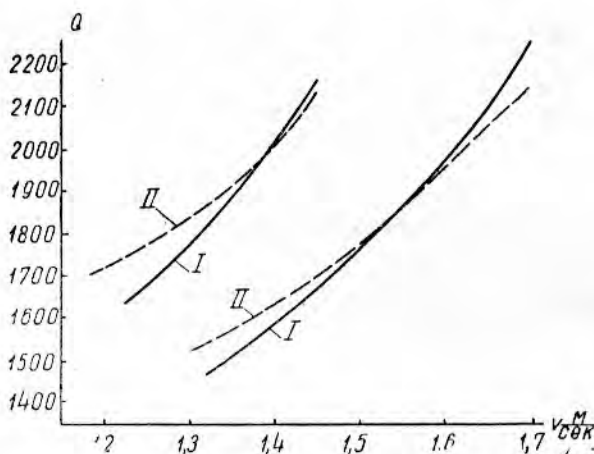


Рис. 16. Зависимость сопротивления Q сетной части опытных конструкций трала от скорости: I — по экспериментальным данным; II — по расчетным данным, полученным по формуле

Определим коэффициенты этих эмпирических формул, для чего прологарифмируем уравнение (23) и подставим значения координат первых и последних точек кривых.

Для РРТ-15 сопротивление сетной части в зависимости от скорости выражается уравнением $Q=1200v^{1,6}$, где $1200=k_1F_1$; для РРТ-10 $Q=950v^{1,6}$, где $950=k_2F_2$.

$$F_1 = 11,1 \cdot 9,2 = 102 \text{ м}^2 \text{ (площадь устья РРТ-15);}$$

$$F_2 = 8,5 \cdot 9,5 = 81 \text{ м}^2 \text{ (площадь устья РРТ-10);}$$

$$k_1 = \frac{1200}{102} = 11,75; \quad k_2 = \frac{950}{81} = 11,75;$$

$$k_1 = k_2 = k = 11,75,$$

поэтому

$$Q = 11,75Fv^{1,6}. \quad (24)$$

В табл. 8 приведены данные, характеризующие изменение процентного соотношения сопротивлений отдельных деталей опытных конструкций трала при изменении скорости.

Таблица 8

v м/сек	Агрегатное сопротивление R в кг	Сопротивление сетной части Q		Сопротивление распорных устройств R _x		Сопротивление углубляющих устройств U _x		Сопротивление шаровидных поплавков P _x	
		в кг	в 0/0	в кг	в 0/0	в кг	в 0/0	в кг	в 0/0

PPT-15

1,2	1950	1635	83,8	198	10,2	34	1,7	84	4,3
1,45	2550	2155	84,5	250	9,8	44	1,7	102	4,0

PPT-10

1,3	1790	1460	81,7	214	12,0	36	2,0	78	4,1
1,7	2780	2260	81,2	332	12,0	68	2,5	120	4,3

Как видно из табл. 8, сопротивление отдельных деталей троса в зависимости от скорости изменяется незначительно.

Сопротивление распорных решеток доходит до 10—12% от агрегатного, тогда как сопротивление распорных досок донного троса, по данным Ф. М. Михова, доходит до 40%.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ ДАННЫМИ

Рассмотрим возможность применения уравнения цепной линии для определения сопротивления сетной части троса (при раскрое крыльев по цепной линии), исходя из экспериментальных величин распорной силы.

Представим формулу в следующем виде:

$$\frac{Q}{2} = \frac{R_z}{\frac{S}{4f} - \frac{f}{S}}$$

Вычислим сопротивление Q по формуле и сравним его с опытным.

При вычислении величину распорной силы R_z берем с графика (см. рис. 11); длина подборы S — величина заданная, для PPT-10 она равна 21,05 м, для PPT-15 составляет 31,5 м.

В таблицах элементов цепной линии находим величину $\frac{f}{S}$ по отношению $\frac{l}{S}$. Отсюда определим f и $\frac{S}{4f}$.

Результаты сопоставления теоретических и экспериментальных данных по сопротивлениям опытных конструкций троса приведены в табл. 9.

Таблица 9

v м/сек	Раскрытие l	$\frac{l}{S}$	$\frac{f}{S}$	f	$\frac{S}{4f}$	$\frac{S}{4f} - \frac{f}{S}$	R _z	$\frac{Q}{2}$ (по формуле)	$\frac{Q}{2}$ (опытное)	Погрешность в %
---------	-------------	---------------	---------------	---	----------------	------------------------------	----------------	----------------------------	-------------------------	-----------------

PPT-10

1,3	8,2	0,390	0,432	9,1	0,578	0,146	115	787	731	7
1,7	8,1	0,433	0,419	8,82	0,597	0,178	191	1075	1095	1,9

PPT-15

1,2	10,4	0,33	0,444	13,98	0,564	0,120	103	860	817	5,0
1,45	11,1	0,353	0,44	13,85	0,578	0,128	138	1075	1077	—

В диапазоне общепринятых скоростей траления (1,4—1,7 м/сек) величина Q , вычисленная по расчетной формуле, мало отличается от опытной.

Рассмотрим вопрос о глубине погружения опытных конструкций трала.

Вычислим h_1 по tg угла наклона ваеров при различных скоростях (формула 10).

Результаты вычислений сравним с опытными данными, приводимыми в табл. 3 и 4.

Сопоставление теоретических зависимостей с экспериментальными данными по изменению глубины погружения опытных конструкций трала приведено в табл. 10.

Таблица 10

v м/сек	$E = R_y + U_y + G - P_y$					$\sin \beta + \cos \beta$	$(\sin \beta + \cos \beta) E$	$\frac{l}{S}$	α
	R_y	U_y	G	P_y	E				

РРТ-10

1,4	84	65	87	66	170	1,051	179	0,428	10°10'
1,7	120	92	87	66	233	1,055	245	0,419	9°50'

РРТ-15

1,2	70	60	106	77	160	1,062	170	0,330	6°35'
1,45	90	69	106	77	188	1,065	200	0,353	7°10'

Продолжение табл. 10

v м/сек	$1 - \text{tg } \alpha$	$\frac{Q}{2}$	$\frac{Q}{2} (1 - \text{tg } \alpha)$	$C + R_z$	$C + R_z + \frac{Q}{2} (1 - \text{tg } \alpha)$	$\text{tg } \delta$	$\sin \delta$	h_1 рас- четная	h_1 опыт- ная	Разница в м
--------------	-------------------------	---------------	---------------------------------------	-----------	---	---------------------	---------------	----------------------	--------------------	----------------

РРТ-10

1,4	0,821	805	660	309	965	0,185	0,182	18,2	18,0	0,2
1,7	0,827	1905	935	451	1386	0,177	0,173	17,3	16,5	0,8

РРТ-15

1,2	0,895	817	730	261	991	0,172	0,169	16,9	17,8	0,9
1,45	0,874	1077	945	336	1291	0,156	0,154	15,4	16,6	1,2

Более показательно эти зависимости представлены на графике (рис. 17).

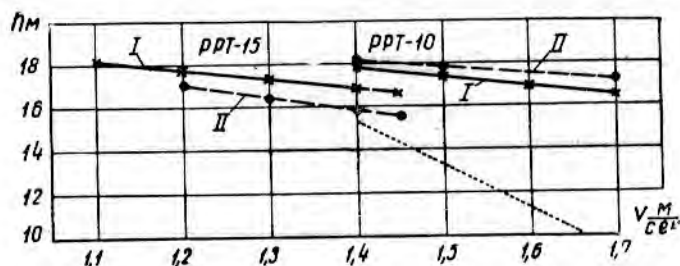


Рис. 17. Сопоставление теоретических зависимостей с экспериментальными данными по изменению глубины погружения опытных конструкций разноглубинных тралов:
I — по экспериментальным данным; II — по уравнению

Расчетные формулы, подтвержденные экспериментальными данными, свидетельствуют о малых изменениях глубины погружения при изменении скорости, т. е. об устойчивости движения опытных конструкций трала на заданной глубине.

Рассмотрим, как изменяется раскрытие и глубина погружения опытной конструкции РРТ-10, если вместо распорных и углубляющих устройств оснастить его плоскими распорными досками и грузилами, равными по весу углубляющим устройствам.

Исходя из сопротивления сетной части РРТ-10 и распорной силы плоской доски R_z , определили отношение $\frac{l}{S'}$.

В табл. 11 приведены расчетные и опытные величины раскрытия опытных конструкций разноглубинных тралов с различной оснасткой.

Таблица 11

v в м/сек	$\frac{Q}{2}$	R_z	$\frac{2R_z}{Q} = \frac{S}{4f} - \frac{f}{S}$	f	$\frac{f}{S}$	$\frac{l}{S'}$	Раскрытие трала	
							с плоскими досками	опытное с распорными решетками
1,3	731	140	0,192	8,68	0,412	0,45	9,5	8,2
1,5	890	191	0,210	8,52	0,48	0,48	10,1	8,7
1,7	1095	263	0,240	8,26	0,52	0,52	10,9	9,1

Как и следовало ожидать, горизонтальное раскрытие опытной конструкции РРТ-10 при оснастке плоскими досками увеличилось, так как распорная сила плоской доски вследствие ее большей площади превышает распорную силу решетки.

Рассмотрим, как изменится глубина погружения РРТ-10 с изменением оснастки, для чего определим числитель и знаменатель уравнения (10).

В табл. 12 и 13 приведены величины числителя и знаменателя, определенные по уравнению (10). По вычисленным данным определяем изменение глубины погружения трала в зависимости от оснастки (табл. 14).

Таблица 12

v в м/сек	$E = R_y + U_y + G - P_y$					$\sin \beta + \cos \beta$	$E (\sin \beta + \cos \beta)$
	R_y	U_y	G	P_y	E		
1,3	114	32	87	66	167	1,060	177
1,5	101	32	87	66	154	1,065	164
1,7	79	32	87	66	122	1,070	132

Таблица 13

v в м/сек	α	$\operatorname{tg} \alpha$	$1 - \operatorname{tg} \alpha$	$\frac{Q}{2} (1 - \operatorname{tg} \alpha)$	$C = R_x + U_x + P_x$				R_z	Величина знаменателя
					R_x	U_x	P_x	C		
1,3	11°	0,194	0,806	590	204	18	39	261	140	991
1,5	12°	0,213	0,787	700	282	24	45	351	191	1242
1,7	13,5°	0,240	0,760	835	377	34	60	471	263	1569

Таблица 14

v в м/сек	$\operatorname{tg} \delta$	$\sin \delta$	h_1
1,3	0,179	0,177	17,7
1,5	0,132	0,130	13,0
1,7	0,084	0,084	8,4

При изменении скорости на 0,4 м/сек глубина погружения РРТ-10, оснащенного простой (не гидродинамической) оснасткой, изменяется на 9,3 м. Это делает работу трала ненадежной, а прицельное траление на летних скоплениях рыбы трудно осуществимым.

Как видно из табл. 12 и 13, знаменатель уравнения (10) в 5,5—10 раз больше числителя. Следовательно, изменение величины сил, входящих в числитель (т. е. сил углубляющих), влияет на глубину погружения в большей степени, чем изменение величины сил, входящих в знаменатель.

ВЫВОДЫ

1. Равновесие и величина раскрытия разноглубинного трала зависят от скорости траления, длины вытравленных ваеров, гидродинамических характеристик распорно-углубляющих и подъемных приспособлений, от сопротивления и веса сетной части трала.

2. Статическое равновесие трала может быть выражено уравнением

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{E(\sin \beta + \cos \beta)}{\frac{Q}{2}(1 - \operatorname{tg} \alpha) + C + R_x}; \quad h = L \sin \delta.$$

3. Сопротивление сетной части трала определяется формулой

$$Q = 11,75 F v^{1,6}.$$

4. Между глубиной погружения трала h и длиной вытравленных ваеров L существует следующая зависимость:

$$h = 0,05 L^{1,26}, \text{ или в упрощенном виде } h = L \sin \delta.$$

5. Полезные силы, отнесенные к единице площади испытанной распорной решетки, превышают на 38% аналогичные силы плоской распорной доски.

6. Сопротивление оснастки опытных конструкций разноглубинных тралов составляет не более 19% от агрегатного. При этом сопротивление распорных устройств составляет 12%, углубляющих — 2,5%, подъемных (шаровидных поплавков) — 4,5%.

7. Из анализа уравнения (11) следует, что статическое равновесие трала в основном зависит от соотношения углубляющих сил и сил сопротивления. При углах наклона ваеров δ , близких у опытных конструкций к 10° , $C = 5,68$.

8. Разработанный на основе отечественных исследований разноглубинный трал устойчиво движется на заданной глубине и имеет практически неизменяющееся раскрытие.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Ф. И., Теория и расчет орудий рыболовства, Пищепромиздат, 1948.
2. Баранов Ф. И., Вертикальное раскрытие трала, «Рыбное хозяйство», 1947, № 2.
3. Смыслов И. Г., Анализ работы шаровидных траловых поплавков, Труды ВНИРО, т. XXX, Пищепромиздат, 1955.
4. Яковлев А. И., Результаты гидродинамических испытаний траловых поплавков, Труды ВНИРО, т. XXX, Пищепромиздат, 1955.

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ЯЧЕИ
В КУТКЕ ТРАЛА

Ижж. С. Б. ГЮЛЬБАДАМОВ

При конструировании различных рыболовных орудий, и в частности тралов, большое значение имеет правильный выбор размеров ячеи в различных частях сетного мешка.

Для орудий лова объецаивающего типа вопрос этот впервые тщательно разработан проф. Ф. И. Барановым [2] и получил дальнейшее развитие в работах Н. Н. Андреева [1], П. В. Тюрина [5], Д. А. Демидова [4] и других.

При обосновании оптимального размера ячеи для отцеживающих орудий лова, так же как и для объецаивающих сетей, мы должны полностью базироваться на биометрических показателях рыбы.

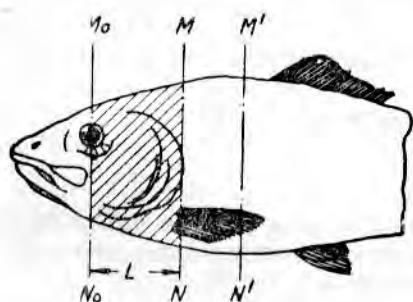


Рис. 1. Часть тела рыбы, основные размеры которой учитываются при выводе формулы для расчета оптимальной ячеи

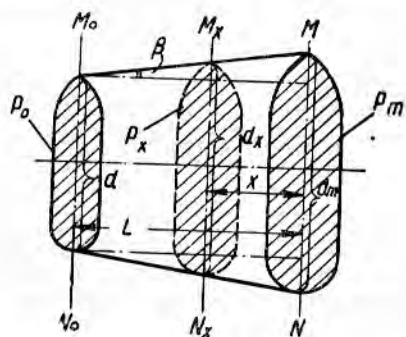


Рис. 2. Основные биометрические показатели головной части рыбы

Как показал опыт работы с пелагическими тралами на Черном, Каспийском морях и в Северной Атлантике, объецаивание рыбы в траловом мешке происходит, как правило, в том случае, если сквозь ячею полностью проходит вся голова рыбы, включая жаберные крышки. Если же жаберные крышки остаются свободными от нитей ячеи, то рыба легко может освободиться от объецаивания. На это указывает и проф. Ф. И. Баранов в своих работах.

Таким образом, если для выбора оптимального размера ячеи в жаберных сетях рассматривается часть тела рыбы (рис. 1) от конца жаберных крышек до максимального сечения рыбы ($MN-M'N'$), то в нашем случае следует рассматривать участок, ограниченный линиями M_0N_0 и MN , поскольку сечение MN является критическим.

Приняв в основу тот факт, что объецаивание рыбы может происходить начиная с сечения MN , можно сказать, что в любом другом сечении M_xN_x (рис. 2), меньшем MN , объецаивания рыбы не произой-

дет. Иначе говоря, если обозначить через P_m обхват рыбы в месте окончания жаберных крышек, а P_0 — обхват в плоскости глаза, то должно быть соблюдено условие

$$P_0 < P_x < P_m.$$

На исследуемом участке $M_0N_0 - MN$ обхват P_m является критическим. Поэтому можно записать

$$P_x = P_m - \Delta P, \quad (1)$$

где P_x — максимально возможный периметр сечения рыбы, при котором объеживания не происходит.

Приращение ΔP может быть выражено через какой-либо известный показатель, в частности P_m . Тогда выражение (1) можно переписать так

$$P_x = P_m - e_T P_m,$$

или

$$P_x = P_m (1 - e_T), \quad (2)$$

где e_T — коэффициент, характеризующий „конусность“ головной части рыбы.

Пользуясь рис. 2, можно установить, что

$$e_T = f(P_m, P_0, L).$$

Как указывает проф. Ф. И. Баранов [2], конусность рыбы на весьма малом участке может быть охарактеризована как разность обхватов между двумя сечениями, отнесенная к расстоянию между ними.

В рассматриваемом нами случае коэффициент e_T выражается следующей формулой:

$$e_T = \frac{P_m - P_0}{2L\xi} \quad (3)$$

и соответствует тангенсу угла β .

Считая, что на рассматриваемом небольшом участке ($MN - M_0N_0$) поперечные сечения тела рыбы в разных местах геометрически подобны между собой, можно написать

$$\frac{P_m}{d_m} = \frac{P_0}{d_0} = \frac{P_x}{d_x} = \xi. \quad (4)$$

Отсюда

$$\frac{P_m}{P_0} = \frac{d_m}{d_0} \quad \text{и} \quad \frac{P_m}{P_x} = \frac{d_m}{d_x},$$

где d_m, d_0 и d_x — высота тела рыбы в соответствующих сечениях.

Эти соотношения обозначим через ψ .

Пользуясь соотношением (4), величины обхвата рыбы в разных сечениях можно представить в следующем виде:

$$P_m = \xi d_m; \quad P_0 = \xi d_0; \quad P_x = \xi d_x. \quad (5)$$

Перепишем формулу (3) с учетом этих зависимостей

$$e_T = \frac{(d_m - d_0) \xi}{2L\xi}. \quad (6)$$

Подставляя значения e_T в формулу (2), получим

$$P_x = P_m \left(1 - \frac{d_m - d_0}{2L} \right). \quad (7)$$

В результате анализа биометрических показателей большого количества разных пелагических рыб (сельдь, ставрида, шпрот, салака, килька и др.) установлено, что существует определенное для данного вида соотношение между d_0 и L

$$L = d_0 \varphi. \quad (8)$$

Для большинства перечисленных пелагических рыб коэффициент φ очень близок к единице (изменяется от 0,98 до 1,03). Примем в дальнейшем $\varphi = 1$. Тогда формула (7) примет вид

$$P_x = P_m \left(1 - \frac{d_m - d_0}{2d_0} \right). \quad (9)$$

После небольших преобразований получим

$$P_x = 0,5P_m \left(3 - \frac{d_m}{d_0} \right).$$

Но ранее отмечалось, что

$$\frac{P_m}{P_0} = \frac{d_m}{d_0} = \varphi.$$

Тогда

$$P_x = 0,5P_m (3 - \varphi). \quad (10)$$

Отсюда размер ячеи в сечении $M_x N_x$ будет

$$a_x = \frac{P_x}{4} = \frac{0,5P_m (3 - \varphi)}{4},$$

или

$$a_x = 0,125P_m (3 - \varphi). \quad (11)$$

Таким образом, зная обхват рыбы в двух сечениях (P_m и P_0), по формуле (11) можно определить оптимальный размер ячеи для удерживающей секции отцеживающих орудий лова.

Для проверки правильности полученной формулы воспользуемся условием

$$a_0 < a_x < a_m \quad (12)$$

и определим значения a_x и a_m для какого-либо конкретного объекта тралового лова, например для шпрота Черного моря.

Средние значения биометрических показателей шпрота Черного моря в мм даны в табл. 1.

Таблица 1

l_p	L	d_0	d_m	P_0	P_m	P_{max}
76,5	9,0	9,0	12,0	23,5	31,0	41,0
81,5	10,0	10,0	13,0	25,5	33,5	42,0
87,5	11,5	11,0	14,5	27,5	37,0	44,0
91,0	12,0	11,5	15,5	28,0	37,5	45,5
93,0	12,0	12,0	16,0	28,5	38,5	46,0
96,5	13,0	12,5	16,5	29,5	39,0	49,5
101,5	13,0	13,0	17,5	31,5	42,0	50,5
106,0	13,5	13,5	18,0	33,5	44,5	52,0
108,5	14,0	14,0	18,5	35,0	45,5	53,0
113,5	14,5	15,0	19,5	36,5	47,5	55,0
121,0	15,5	15,5	20,5	38,0	50,5	57,0
123,0	16,0	15,5	20,5	38,0	50,5	57,5

Всего было измерено 67 экземпляров шпрота, выловленных пелагическими тралами в разные периоды в Черном море. Из них в табл. 1 вошли измерения 60 экземпляров, разделенные на 12 характерных групп.

Для каждой группы рыб с одинаковой длиной были найдены значения коэффициентов ψ , ξ и φ , а также размеры ячее по формуле (11). Полученные данные сведены в табл. 2. Кроме того, в табл. 2 приведены размеры ячее a_0 и a_m , найденные по формулам

$$\left. \begin{aligned} a_0 &= 0,25P_0, \\ a_m &= 0,25P_m. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Таблица 2

$\psi' = \frac{d_m}{d_0}$	$\psi'' = \frac{P_m}{P_0}$	$\varphi = \frac{L}{d_0}$	$\xi' = \frac{P_m}{d_m}$	$\xi'' = \frac{P_0}{d_0}$	$\frac{\xi' + \xi''}{2}$	a_0 в мм	a_x в мм	a_m в мм	$\frac{a_x}{a_m}$ в %	Отклонение Δ в % от среднего значения
1,33	1,32	1,00	2,58	2,60	2,59	5,86	6,52	7,75	84,3	0,44
1,30	1,33	1,00	2,57	2,55	2,56	6,37	7,10	8,40	84,5	0,64
1,32	1,34	1,04	2,55	2,53	2,55	6,87	7,77	9,28	83,9	0,04
1,34	1,33	1,04	2,42	2,43	2,43	7,00	7,88	9,40	84,0	0,14
1,33	1,34	1,00	2,38	2,41	2,40	7,13	8,05	9,62	84,2	0,34
1,32	1,32	1,04	2,36	2,36	2,36	7,38	8,17	9,75	83,8	0,16
1,34	1,33	1,00	2,42	2,40	2,41	7,88	8,76	10,50	83,5	0,36
1,33	1,30	1,00	2,48	2,46	2,47	8,38	9,33	11,13	83,7	0,16
1,32	1,31	1,00	2,50	2,47	2,48	8,75	9,57	11,40	84,0	0,14
1,30	1,30	0,97	2,44	2,43	2,44	9,13	10,00	11,86	83,3	0,56
1,32	1,33	1,00	2,45	2,45	2,45	9,50	10,52	12,62	83,5	0,36
1,32	1,33	1,03	2,45	2,46	2,75	9,50	10,52	12,62	83,5	0,36
Среднее значение 1,323	1,323	1,02	2,47	2,47	2,47	—	—	—	83,86	$\pm 0,36$

Из табл. 2 видно, что во всех случаях полученные расчетным путем значения a_x удовлетворяют условию (12).

Определим справедливость полученных значений a_x вторым способом. Как указывалось ранее [2], при поимке сетями внешние покровы рыбы сминаются на значительную часть — от 5—7% (у уральского усача), до 14% (у плотвы). Проведенные нами летом 1957 г. на оз. Севан опыты в этом же направлении с форелью и храмулей показали, что величина этого уменьшения для форели колеблется в пределах 8—10%, а для храмули — в среднем 5%. Примем, что внешние покровы шпрота при попытке пройти сквозь ячейку сетного полотна сминаются на 10%. Следовательно, найденная величина a_x будет справедлива, если удовлетворяется условие

$$a_x + \Delta a_x < a_m,$$

где

$$\Delta a_x = 10\% \text{ от } a_x,$$

или

$$1,1a_x < a_m.$$

Воспользуемся для проверки этого условия данными табл. 2. Например, для группы 2

$$a_x = 7,10 \text{ мм}; \quad a_m = 8,40 \text{ мм};$$

$$1,1 \cdot 7,10 = 7,81 < 8,40;$$

для группы 7

$$a_x = 8,76 \text{ мм}; \quad a_m = 10,50 \text{ мм};$$

$$1,1 \cdot 8,76 = 9,64 < 10,50;$$

для группы 11

$$a_x = 10,52 \text{ мм}; \quad a_m = 12,62 \text{ мм}; \\ 1,1 \cdot 10,52 = 11,57 < 12,62.$$

Условие сохраняется и для всех других значений табл. 2.

Следовательно, если даже допустить десятипроцентное сминание тела рыбы во время прохождения ее через ячею, то при найденных значениях a_x объеживания не происходит.

Определим степень точности формулы (11), для чего вычислим по формуле среднюю величину отклонения

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n}} = \sqrt{\frac{1,52}{12}}; \\ \delta = \pm 0,356 \approx 0,36\%, \text{ или } 0,0036.$$

С учетом этой поправки формулу (11) можно записать так

$$a_x = 0,125 P_m \cdot 3 - \psi \pm 0,0036.$$

Так как по сравнению с основными величинами формулы величина 0,0036 ничтожно мала, то при расчетах ею можно пренебречь и пользоваться формулой (11).

Практически при нахождении оптимального размера ячеи в удерживающей секции тралового мешка задача сводится к следующему: для данной группы анализируемых рыб измеряют приведенные в табл. 1 биометрические показатели и, кроме того, модальный для данного распределения рыб размер l_p . Затем, пользуясь средними значениями коэффициентов ψ , ξ и ϕ , найденных для данного вида, определяют размер ячеи a_x по формуле (11).

Эту задачу можно значительно упростить, если принять во внимание то обстоятельство, что для каждого вида рыб между рядом биометрических показателей существуют определенные соотношения. Анализируя контуры головной части различных пелагических и донных рыб, а также многочисленные данные биометрических показателей хамсы, шпрота, ставриды, сельди, кильки, храмули и форели, можно сделать вывод, что между такими показателями рыб, как l_p , P_m , а также L и d_0 существует определенная и постоянная для данного вида зависимость

$$P_m = n_0 l_p \text{ или } n_0 = \frac{P_m}{l_p} \quad (14)$$

и

$$L = \varphi d_0. \quad (14')$$

В частности, для шпрота Черного моря, как видно из табл. 1 и 2, коэффициенты n_0 и φ соответственно равны 0,41 и 1,015. Следовательно, для шпрота можно записать

$$P_m = 0,41 l_p; \\ L = 1,015 d_0.$$

Или округленно величина φ может быть принята равной единице, тогда

$$L = d_0.$$

Таким образом, зная модальный размер рыбы l_p , можно определить среднее значение P_m и с помощью коэффициентов φ , ψ и ξ найти величину a_x .

Для большинства исследованных нами рыб коэффициент φ близок к единице. Это подтверждается и данными табл. 3, в которой

даны средние значения коэффициентов φ , n_0 и ψ для некоторых промысловых рыб.

Таблица 3

Коэффициенты	Сельдь каспийская	Сельдь черноморская	Сельдь атлантическая	Килька	Сардина	Ставрида	Салака	Шпрот	Форель	Храмуля	Вобла
φ . . .	1,04	1,03	1,05	1,03	1,06	0,98	1,00	1,01	0,98	1,03	1,00
n_0 . . .	0,52	0,53	0,51	0,37	0,39	0,34	0,39	0,40	0,47	0,48	0,55
ψ . . .	1,57	1,52	1,58	1,46	1,23	1,35	1,38	1,42	1,40	1,66	1,83

Однако для некоторых других рыб величина φ может быть значительно больше единицы.

Так, например, для пеламиды Черного моря $\varphi=1,31$, для хамсы и судака соответственно $\varphi=2,00$ и $\varphi=2,03$.

В этих случаях расчет оптимального размера ячеи в удерживающей секции тралового мешка следует производить не по формуле (11), а по другой, вытекающей из формул (7) и (8),

$$a_x = 0,125P_m \left(2 - \frac{\psi - 1}{\varphi} \right), \quad (15)$$

которая учитывает отклонения значений φ от единицы.

Анализируя полученные выражения (11) и (15), нетрудно видеть, что оптимальный размер ячеи a_x в удерживающей секции тралового мешка может быть выражен через размер ячеи, соответствующий обхвату рыбы P_m с помощью некоторого переводного коэффициента (обозначим его I)

$$\frac{a_x}{0,25P_m} = \frac{a_m}{a_m} = I,$$

или

$$a_x = a_m I. \quad (16)$$

Принимая во внимание равенства (2) и (13), можно написать

$$I = 1 - e_T. \quad (17)$$

При последующих преобразованиях правая часть выражения (17) была определена через коэффициенты ψ и φ , характеризующие определенные соотношения между отдельными биометрическими показателями рыб. В результате этого в формулах (11) и (15) коэффициент I принял, соответственно, следующий вид:

$$I = 0,5(3 - \psi) \quad (17')$$

и

$$I = 0,5 \left(2 - \frac{\psi - 1}{\varphi} \right). \quad (17'')$$

Вместе с тем Ф. И. Барановым было установлено, что размер ячеи в удерживающей части стуживающих неводов (обозначим его также через a_x) должен быть на 20% меньше размера ячеи, обхваивающей данную рыбу (обозначим этот размер ячеи через a_m)

$$a_x = 0,8a_m. \quad (18)$$

Сравнив выражения (16) и (18), можно сказать, что в рекомендуемой Ф. И. Барановым формуле (18) коэффициент 0,8 есть не что иное, как I .

Следовательно, выражение (18) может быть представлено в следующем виде:

$$a_x = I a_m$$

где

$$I = \text{const.}$$

Из условий вывода формул (11) и (15), а также из табл. 3 видно, что коэффициенты ψ и ϕ для разных видов рыб различны и поэтому величина I , выражаемая формулами (17), (17') и (17''), также может быть представлена как функция следующего вида:

$$I = f(P_m, P_0, L) \quad (19)$$

или

$$I = f(\psi, \phi).$$

Таким образом, в результате произведенного анализа можно сделать следующий вывод: формулы (11) и (15), при выводе которых исходили из условия существования определенных соотношений между биометрическими показателями рыб, полностью согласуются с выражением (18), полученным Ф. И. Барановым на основе анализа кривых относительной уловистости.

Вместе с тем следует отметить, что коэффициент I не является постоянной для всех рыб величиной (равной 0,8), а зависит от характерных для тех или иных рыб значений ψ , ϕ и ξ , определяемых в свою очередь биометрическими показателями рыб. Следовательно, рассмотренная нами задача по определению оптимального размера ячеи в удерживающей секции тралового мешка сводится к уточнению полученного ранее Ф. И. Барановым коэффициента I в формуле (18).

Наконец, следует остановиться на возможности объективной оценки степени соответствия расчетной величины a_x фактической характеристике удерживающей способности сетного полотна в кутке тралового мешка.

До настоящего времени при анализе отбирающей способности тралов с разными размерами ячеи пользуются такими терминами, как «штучное», «слабое» и «сплошное» объе́еивание. При этом количество объе́еившихся рыб определяется весьма приближенно, на глаз. Естественно, таким методом не представляется возможным дать объективную оценку степени соответствия размера ячеи в кутке (или какой-либо другой части) трала оптимальным размерам ловимой рыбы.

Нам представляется, что одним из возможных вариантов решения этой задачи может быть следующий

Предположим, что двумя тралами одинаковой конструкции, но с разными размерами ячеи в удерживающей секции (кутке) сетного мешка (a_{x_1} и a_{x_2}) одновременно были произведены траления на параллельных курсах. Примем при этом, что размерный состав промыслового стада в районе лова этими тралами был одинаков и, кроме того, были одинаковы все прочие условия работы (скорость буксировки, глубина места лова, продолжительность траления, раскрытие трала и т. п.).

В результате при подъеме тралов на борт оказалось: в трале с ячеей в кутке a_{x_1} (условно назовем трал № 1) количество объе́еившихся рыб (обозначим N_y) на 1 м² фиктивной площади было N'_y , а в другом (трал № 2) — N''_y .

Если возьмем отношение количества ячей, в которых объе́еивалась рыба (очевидно, оно равно N_y), к общему количеству способных объе́еивать рыбу ячей, приходящихся на 1 м² фиктивной площади сетного полотна в кутке трала (обозначим N_0), то получим некоторый коэффициент γ_c , характеризующий относительную объе́еивающую способность сетного полотна в тралах № 1 и № 2.

Т. е. в общем виде

$$\gamma_c = \frac{N_y}{N_0}. \quad (20)$$

Как видно из рис. 3, величина N_0 может быть определена по формуле

$$N_0 = \left(\frac{L_c}{2a_x} \right)^2, \quad (21)$$

где: L_c — длина (высота) сети в жгуте в мм;
 a_x — шаг ячеи сетного полотна в мм.

В рассматриваемом случае длина и высота отрезка сетного полотна равны (в жгуте) 1 м. Следовательно, выражение (21) можно записать так

$$N_0 = \left(\frac{500}{a_x} \right)^2. \quad (21')$$

Рис. 3. Деталь сетного полотна с условным обозначением объеживания рыбы; ячеи, в которых зафиксировано объеживание рыбы, заштрихованы

Так как составляющие L_c и a_x измеряются в мм, то N_0 в формуле (21), так же как и N_y , — безразмерная величина.

Подставляя значение N_0 в формулу (20), получим

$$\gamma_c = \frac{N_y a_x^2}{25 \cdot 10^4}. \quad (22)$$

Анализируя формулы (20) — (22), нетрудно заметить, что коэффициент γ_c может изменяться в пределах от нуля до единицы, т. е.

$$0 < \gamma_c < 1.$$

Таким образом, зная размер ячеи в том или ином трале, задачу по определению удерживающей способности сетного полотна можно свести к подсчету количества объежившихся рыб на 1 м² фиктивной площади с последующим нахождением коэффициента γ_c по формуле (22).

Для установления степени соответствия размера ячеи в кутке трала оптимальным размерам ловимой рыбы поступим следующим образом.

Предположим, что трал с ячеей в кутке a_x^1 полностью удовлетворяет предъявленным требованиям и рыба в нем не объеживается. Очевидно, в этом случае можно сказать, что размер ячеи a_x^1 вполне соответствует оптимальным размерам ловимой рыбы и, естественно, у такого трала коэффициент γ_c , определяемый формулой (22), будет равен нулю. Во всех же других случаях, т. е. когда $N_y \neq 0$ и $\gamma_c \neq 0$, степень соответствия ячеи в кутке трала размеру ловимой рыбы (обозначим этот показатель δ_c) будет меньше 100% и может быть выражена формулой

$$\delta_c = (1 - \gamma_c) 100. \quad (23)$$

Подставляя значение коэффициента γ_c в формулу (23), получим

$$\delta_c = \left(1 - \frac{N_y a_x^2}{25 \cdot 10^4} \right) 100. \quad (24)$$

После небольших преобразований формула (24) примет вид

$$\delta_c = 100 - \frac{N_y a_x^2}{25 \cdot 10^2}. \quad (24')$$

Вернемся к заданным ранее условиям и попытаемся на конкретных данных определить коэффициенты δ_c для тралов № 1 и № 2.

У трала № 1 $a_{x_1} = 20$ мм; $N'_y = 18$.

У трала № 2 $a_{x_2} = 25$ мм; $N''_y = 32$.

Определим по формуле (21) значения N'_0 и N''_0 :

$$N'_0 = \left(\frac{500}{20}\right)^2 = 625;$$

$$N''_0 = \left(\frac{500}{25}\right)^2 = 400.$$

Зная N'_y , N''_y и N'_0 , N''_0 , находим коэффициенты относительной объёмности γ'_c и γ''_c :

$$\gamma'_c = \frac{18}{625} = 0,029;$$

$$\gamma''_c = \frac{32}{400} = 0,080.$$

Наконец, по формуле (23) определяем δ'_c и δ''_c :

$$\delta'_c = (1 - 0,029) 100 = 97,1\%;$$

$$\delta''_c = (1 - 0,080) 100 = 92\%.$$

Величины δ'_c и δ''_c могут быть получены и непосредственно по формуле (24'):

$$\delta'_c = 100 - \frac{18 \cdot 20^2}{25 \cdot 10^2} = 97,1\%;$$

$$\delta''_c = 100 - \frac{32 \cdot 25^2}{25 \cdot 10^2} = 92\%.$$

Из сравнения величин δ'_c и δ''_c видно, что трал № 1 обладает лучшими промысловыми качествами, чем трал № 2. Иначе говоря, размер ячеи в кутке трала № 1 подобран более правильно, чем в кутке трала № 2.

ВЫВОДЫ

1. Оптимальный размер ячеи в кутке должен подбираться на основе биометрических показателей ловимой рыбы.

2. В зависимости от значения коэффициента ϕ расчет оптимальной ячеи в кутке трала может быть произведен по формулам (11) или (15).

3. Критерием, характеризующим степень соответствия размера ячеи в кутке трала размеру ловимой рыбы, является коэффициент объёмности, определяемый по формуле (20).

4. Описанный метод подбора оптимального размера ячеи в кутке трала и оценки его промысловых качеств позволяет правильное расходовать сетематериалы и повышать эффективность лова.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н. Н., Некоторые вопросы теории лова рыбы жаберными сетями, Труды ВНИРО, т. XXX, Пищепромиздат, 1955.
2. Баранов Ф. И., Теория и расчет орудий рыболовства, Пищепромиздат, 1948.
3. Берг Л. С., Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран, ч. I—III, М.—Л., изд. АН СССР, 1948—1949.
4. Демидов Д. А., Опыт применения ставных сетей в Енисейском заливе, Научно-промысловые исследования Сибири, серия А, вып. 7, Красноярск, 1931.
5. Тюрин П. В., Материалы по изучению ставного сетного лова на восточном побережье Енисейского залива, Научно-промысловые исследования Сибири, серия А, вып. 7, Красноярск, 1931.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ И ФОРМЫ ТРАЛОВОЙ СЕТИ НА ЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В ПОТОКЕ ВОДЫ

Канд. техн. наук А. С. РЕВИН

Начало изучению сопротивления сетей в СССР положил проф. Ф. И. Баранов. Труды проф. Ф. И. Баранова в области сопротивления сетей развили и дополнили Н. Н. Андреев, Н. Т. Сенин, Б. А. Попов, А. И. Трещев и другие.

Однако, несмотря на значительные исследования в области сопротивления сетного полотна потоку воды, выполненные Ф. И. Барановым и другими отечественными и зарубежными исследователями, вопрос о сопротивлении рыболовных сетей требует дальнейшего изучения. Особенно мало изучено сопротивление траловых сетей.

В применяемых в настоящее время формулах для определения сопротивления сетного полотна не учитывается ряд факторов, существенно влияющих на величину сопротивления. Так, в формуле для расчета сопротивления сети, установленной параллельно потоку, до сих пор не учитывается влияние размера ячеи, толщины нити, посадки, а также влияние длины сети на величину ее сопротивления.

Некоторые из перечисленных вопросов затрагивались различными исследователями, однако степень их проработки недостаточна для расчета орудий лова. Подходя к решению этих вопросов, мы их рассматривали как задачи инженерные, а не как задачи теоретической гидродинамики или математической физики.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В связи с трудностями осуществления полного моделирования сетей [2, 9] нами был принят метод исследования сетей в виде отдельных образцов, имеющих ту же структуру, что и натурные орудия лова, но отличающиеся лишь размерами.

Мы задались целью в результате исследования найти количественные характеристики сопротивления образцов, по полученным количественным характеристикам найти функциональную зависимость между различными параметрами или установить корреляционную связь между ними.

Экспериментальная установка состояла из свайной эстакады и деревянного лотка. Свайная эстакада предназначалась, с одной стороны, для крепления лотка, а с другой, для размещения стенда с измерительной аппаратурой¹. Измерительный стенд устанавливался в верхней части эстакады на расстоянии 1,2 м от поверхности воды в лотке. Передняя часть лотка была открыта и устанавливалась между стойками плотины, задняя имела прямоугольный водослив, высота которого изменялась путем регулирующего разборного щита. Лоток представ-

¹ Подробное описание установки см. в Трудах ВНИРО, т. XXXI, Пищепромиздат, 1955.

лял собой открытый прямоугольный канал, размером $12 \times 2 \times 2,2$ м. Для обеспечения водонепроницаемости лотка доски при его сборке соединялись в шип. Боковые и днищевые щиты лотка крепились деревянными рамами. Внутренняя часть лотка была хорошо обработана фуганком, прошлаклевана и выкрашена цинковыми белилами.

В передней части лотка на расстоянии 0,5 м одна от другой устанавливались две успокоительные металлические решетки с прямоугольной 50-миллиметровой ячейей. На дне лотка на расстоянии 0,5 м от боковых его сторон крепились две стойки, а на боковых стенках лотка — два металлических кронштейна. К стойкам и кронштейнам крепилось по одному шарикоподшипниковому ролику. Стойки и кронштейны имели хорошо обтекаемую форму и предназначались для передачи нагрузки от сети на динамометры посредством тонких нитей.

Лоток наполнялся водой посредством поднятия шандорного щита плотины, свободно скользящего по пазам стоек. Скорость потока в лотке регулировалась щитом. Максимальная скорость в лотке, при которой возможно было производить опыты, достигала 1 м/сек. При увеличении скорости свыше 1 м/сек уровень воды в лотке и перед лотком падал, и опыты на этих скоростях не производились.

Измерительная аппаратура устанавливалась на стенде. Нагрузки, испытываемые сетью в потоке, измерялись рычажными динамометрами марки ДИН-3 и ДИН-5. Цена деления динамометра зависела от величины сменного груза и равнялась 1, 5 и 10 г. Наличие в станине динамометра указателя уровня и четырех микрометрических винтов позволяло устанавливать динамометр строго в вертикальном положении, а указатель нагрузки на нулевом делении.

Скорость потока в лотке замеряли гидрологической вертушкой речного типа Ж-3.

Опытные образцы сетей изготовлялись из консервированной травовой пряжи и хлопчатобумажной нити. Было изготовлено 63 сети с различными сочетаниями величин $\frac{d}{a}$, $\frac{L}{S}$ и $\frac{u_1}{u_2}$, изменяемыми в следующих пределах: $d : a = 0,01 - 0,12$; $L : S = 0,2 - 1$, через каждую 0,1; при $u_1 : u_2 = 0,71/0,71$; $0,8/0,6$; $0,5/0,87$; $0,3/0,95$; $0,2/0,98$. Все сети имели одинаковую высоту, равную 1 м, площадь испытываемых сетей также была одинакова — 1 м², за исключением трех сетей, применявшихся при изучении влияния удлинения; длина этих сетей составляла 2, 4 и 8 м. Сети крепили к металлическим рамкам тонкой хлопчатобумажной ниткой.

Исследование сопротивления сети в лотке производили следующим образом: до начала работ динамометры посредством микрометрических винтов и уровня устанавливали строго в вертикальном положении, а указатель нагрузки — на нулевом делении. Усилие, испытываемое сетью при воздействии потока, передавалось на динамометры нитями, один конец которых крепили к углам рамы опытного образца, второй — в зажимах динамометров. После прикрепления нитей к опытному образцу сеть устанавливали в лоток. Штангу с вертушкой устанавливали перед сетью на расстоянии 1 м. Измерив скорость течения, вертушку из лотка вынимали и отсчитывали величину нагрузки по показателям динамометров. После замера нагрузки вертушку устанавливали в лоток и скорость измеряли вторично.

Если измеренные скорости перед определением нагрузки и после по своей величине совпадали, то опыт считался проведенным правильно. Сопротивление образца сети определяли путем вычитания из общего сопротивления сети с рамкой сопротивления рамки. Результаты замеров нагрузок и скоростей заносили в журнал наблюдений. Экспериментальная установка была сооружена на р. Сестре у г. Клина в шлюзе колхозной электростанции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сопротивление рыболовной сети, расположенной перпендикулярно потоку

В настоящее время можно считать достаточно изученным лобовое сопротивление сетей, изготовленных из тонких ниток. Траловые дели почти не исследовались, поэтому мы сочли необходимым провести ряд экспериментов по определению сопротивления траловых сетей. При этом мы пользовались методикой обработки экспериментальных данных, изложенной в ряде работ [1, 5 и 6].

Изменение сопротивления сети в зависимости от скорости потока и величины отношения $\frac{d}{a}$.

В табл. 1 приведены опытные данные по сопротивлению трех плоских рыболовных сетей, имеющих отношение $\frac{d}{a}=0,01; 0,03$ и $0,12$ и постоянную посадку, равную $0,71/0,71$, при изменении скорости течения в диапазоне от $0,2$ до $1,0$ м/сек. Эти же данные изображены в виде графика (рис. 1). Обработка полученных данных методом логарифмирования [6] приводит к следующей формуле, характеризующей изменение сопротивления сети в зависимости от скорости ее движения:

$$R = 186 \frac{d}{a} F v^{1,89}. \quad (1)$$

Таблица 1

$\frac{d}{a}$	Среднее сопротивление сети в кг при скорости v в м/сек						
	1,0	0,91	0,85	0,65	0,53	0,26	0,20
0,01	1,895	1,567	1,318	0,807	0,546	0,137	0,087
0,02	3,814	3,124	2,682	1,593	1,047	0,279	0,168
0,03	5,387	4,516	3,933	2,387	1,596	0,415	0,262
0,04	7,716	6,271	5,328	3,176	2,074	0,563	0,341
0,06	9,417	7,812	6,641	4,081	2,718	0,678	0,418
0,06	10,754	9,216	7,846	4,751	3,263	0,835	0,503
0,08	15,314	12,435	10,582	6,397	4,138	1,114	0,692
0,12	22,614	18,597	16,503	9,554	6,578	1,673	0,995

Влияние посадки сети на ее сопротивление. До сих пор мы рассматривали сопротивление плоской рыболовной сети, посаженной на квадрат, т. е. такой сети, у которой посадочные коэффициенты по вертикали и горизонтали равны между собой. При увеличении густоты посадки сети количество нитей, приходящихся на одну и ту же площадь сети, увеличивается, а следовательно, должно увеличиваться и сопротивление сети при движении ее в воде.

На графике (рис. 2), по данным табл. 2, показана зависимость сопротивления от посадки для трех сетей с отношением $\frac{d}{a}=0,01; 0,03$ и $0,12$ при $v=0,65$ м/сек.

По оси абсцисс для удобства посадочные коэффициенты даны в виде произведения. Наименьшее сопротивление, как и следовало ожидать, приходится на сеть при $u_1:u_2=1$, что соответствует посадке на квадрат. Очевидно, отношение сопротивления сети при любой другой посадке R к сопротивлению сети с посадкой на квадрат R_1 будет характеризовать изменение сопротивления сети в зависимости от величины посадки.

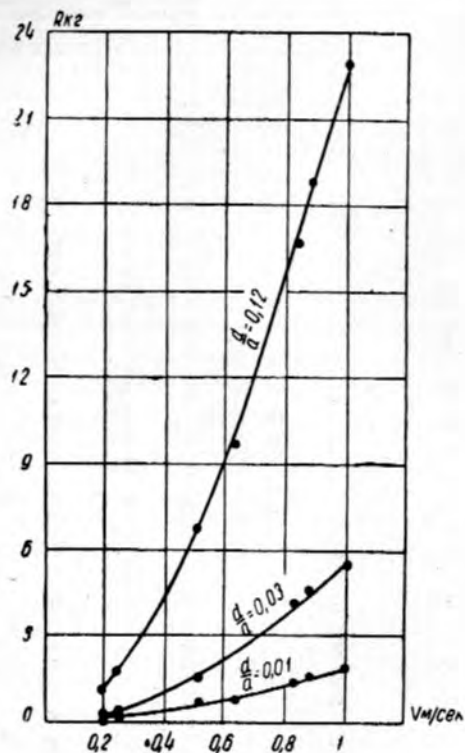


Рис. 1. Изменение сопротивления сети в зависимости от скорости ее движения при угле встречи с потоком $\alpha=90^\circ$

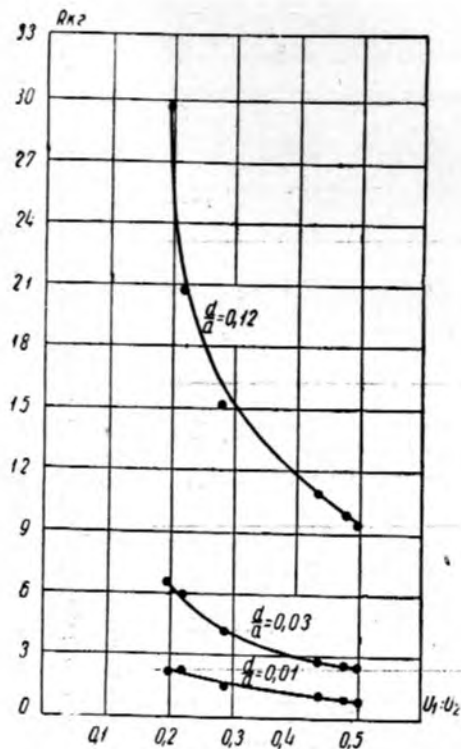


Рис. 2. Изменение сопротивления сети, расположенной перпендикулярно к потоку, в зависимости от посадки

Таблица 2

$\frac{d}{a}$	$\frac{u_1}{u_2}$	Среднее сопротивление сети в кг при скорости v в м/сек				
		1,0	0,85	0,65	0,53	0,2
0,01	0,8/0,6	1,961	1,408	0,841	0,561	0,093
0,01	0,71/0,71	1,895	1,348	0,807	0,546	0,087
0,01	0,5/0,87	2,158	1,532	0,926	0,621	0,102
0,01	0,3/0,95	3,261	2,164	1,412	0,954	0,154
0,01	0,2/0,93	5,207	3,435	2,208	1,531	0,242
0,03	0,8/0,6	5,552	3,951	2,479	1,651	0,271
0,03	0,71/0,71	5,387	3,823	2,387	1,596	0,262
0,03	0,5/0,87	6,131	4,394	2,715	1,821	0,308
0,03	0,3/0,95	9,386	6,649	4,102	2,761	0,453
0,03	0,2/0,93	14,614	10,451	6,449	4,358	0,721
0,12	0,8/0,6	23,412	15,617	9,871	6,789	1,095
0,12	0,71/0,71	22,614	14,973	9,554	6,578	1,055
0,12	0,5/0,87	25,789	16,897	10,906	7,448	1,208
0,12	0,3/0,95	38,851	25,916	16,631	11,412	1,847
0,12	0,2/0,93	—	—	29,872	20,316	2,938

Обозначая отношение $\frac{R}{R_1} = \chi$ и пользуясь табл. 3, построим график (рис. 3), где по оси абсцисс отложим значения u_1 и u_2 , а по оси ординат значения χ .

Таблица 3

R	R_1	$\frac{R}{R_1}$	$\frac{1}{u_1 u_2}$
5,552	5,387	1,03	2,1
5,387	5,387	1,00	2,0
6,131	5,387	1,14	2,3
9,387	5,387	1,74	3,5
14,614	5,387	2,71	5,1

Выразим зависимость $\chi = f(u_1 u_2)$ уравнением вида

$$\chi = b + \frac{c}{u_1 u_2}. \quad (2)$$

Определим значение параметров b и c , для чего составим два уравнения

$$\begin{aligned} 3,17 &= 3b + 6,4c, \\ 4,45 &= 2b + 8,6c. \end{aligned}$$

Решая уравнения совместно, получим $b = -0,09$ и $c = 0,54$; окончательно будем иметь

$$\chi = \frac{0,54}{u_1 u_2} - 0,09. \quad (3)$$

Подставив в уравнение (1) значение χ , получим

$$R = 186 \frac{d}{a} \left(\frac{0,54}{u_1 u_2} - 0,09 \right) F v^{1,89}, \quad (4)$$

или приближенно

$$R = 186 \frac{d}{a} \cdot \frac{0,54}{u_1 u_2} F v^{1,89}. \quad (5)$$

Формула (5) характеризует сопротивление плоской рыболовной сети с учетом рассмотренных нами основных ее параметров.

Таблица 4

$\frac{d}{a}$	$\frac{u_1}{u_2}$	$\frac{L}{S}$	Среднее сопротивление сети в кг при скорости v в м/сек				
			1,0	0,85	0,65	0,53	0,20
0,01	0,85/0,53	0,9	2,042	1,344	0,863	0,585	0,094
0,01	0,8/0,6	0,9	1,678	1,108	0,723	0,486	0,079
0,01	0,71/0,71	0,9	1,621	1,072	0,684	0,471	0,075
0,01	0,5/0,87	0,9	1,836	1,221	0,781	0,536	0,088
0,01	0,2/0,98	0,9	4,451	2,865	1,882	1,294	0,208
0,01	0,65/0,53	0,8	1,881	1,275	0,809	0,543	0,089
0,01	0,8/0,5	0,8	1,572	1,026	0,684	0,448	0,076
0,01	0,71/0,71	0,8	1,531	1,011	0,655	0,437	0,071
0,01	0,5/0,87	0,8	1,721	1,158	0,751	0,506	0,083
0,01	0,2/0,98	0,8	4,187	2,812	1,791	1,251	0,198
0,01	0,85/0,53	0,7	1,672	1,162	0,736	0,493	0,077
0,01	0,8/0,6	0,7	1,412	0,904	0,621	0,406	0,067
0,01	0,71/0,71	0,7	1,356	0,921	0,583	0,398	0,062
0,01	0,5/0,87	0,7	1,583	1,061	0,684	0,445	0,074
0,01	0,2/0,98	0,7	3,721	2,496	1,631	1,098	0,178
0,01	0,85/0,53	0,6	1,585	1,081	0,708	0,474	0,076
0,01	0,8/0,6	0,6	1,381	0,896	0,595	0,388	0,066
0,01	0,71/0,71	0,6	1,198	0,873	0,571	0,378	0,061
0,01	0,5/0,87	0,6	1,479	0,997	0,648	0,426	0,072
0,01	0,2/0,98	0,6	3,708	2,386	1,535	1,066	0,167
0,01	0,85/0,53	0,5	1,746	1,163	0,775	0,506	0,085
0,01	0,8/0,6	0,5	1,449	0,974	0,623	0,416	0,069
0,01	0,71/0,71	0,5	1,426	0,921	0,612	0,404	0,064
0,01	0,5/0,87	0,5	1,645	1,087	0,681	0,471	0,076
0,01	0,2/0,98	0,5	3,956	2,551	1,649	1,126	0,117
0,01	0,85/0,53	0,4	1,251	1,291	0,862	0,575	0,093
0,01	0,8/0,6	0,4	1,679	1,081	0,731	0,472	0,081
0,01	0,71/0,71	0,4	1,581	1,034	0,697	0,465	0,074
0,01	0,5/0,87	0,4	1,786	1,254	0,773	0,544	0,087
0,01	0,2/0,98	0,4	4,281	2,881	1,768	1,282	0,206
0,01	0,85/0,53	0,3	3,282	1,496	0,987	0,649	0,106
0,01	0,8/0,6	0,3	1,936	1,251	0,812	0,556	0,091
0,01	0,71/0,71	0,3	1,841	1,231	0,784	0,527	0,085
0,01	0,5/0,87	0,3	2,104	1,421	0,905	0,708	0,099
0,01	0,2/0,98	0,3	5,089	3,361	2,121	1,471	0,236
0,01	0,85/0,53	0,2	2,645	1,794	1,181	0,775	0,125
0,01	0,8/0,6	0,2	2,279	1,456	0,972	0,663	0,108
0,01	0,71/0,71	0,2	2,163	1,461	0,954	0,627	0,101
0,01	0,5/0,87	0,2	2,516	1,684	1,078	0,716	0,119
0,01	0,2/0,98	0,2	6,102	4,068	2,515	1,774	0,278
0,03	0,85/0,53	0,9	5,712	4,108	2,792	1,715	0,274
0,03	0,8/0,6	0,9	4,704	3,354	2,116	1,436	0,232
0,03	0,71/0,71	0,9	4,596	3,301	2,021	1,362	0,224
0,03	0,5/0,87	0,9	5,252	3,774	2,318	1,561	0,264
0,03	0,2/0,98	0,9	12,481	9,087	5,508	3,695	0,622
0,03	0,85/0,53	0,8	5,353	3,842	2,375	1,612	0,257
0,03	0,8/0,6	0,8	4,403	3,235	1,946	1,338	0,216
0,03	0,71/0,71	0,8	4,304	3,121	1,897	1,285	0,208
0,03	0,5/0,87	0,8	4,985	3,605	2,201	1,491	0,251
0,03	0,2/0,98	0,8	11,876	8,507	5,153	3,581	0,582
0,03	0,85/0,53	0,7	4,849	3,482	2,205	1,434	0,235
0,03	0,8/0,6	0,7	4,063	2,841	1,781	1,195	0,196
0,03	0,71/0,71	0,7	3,912	2,763	1,745	1,156	0,188
0,03	0,5/0,87	0,7	4,425	3,175	1,952	1,324	0,223
0,03	0,2/0,98	0,7	10,521	7,651	4,649	3,166	0,536
0,03	0,8/0,53	0,6	4,612	3,297	2,084	1,363	0,228
0,03	0,8/0,6	0,6	3,911	2,706	1,694	1,167	0,189
0,03	0,71/0,71	0,6	3,783	2,606	1,653	1,102	0,182
0,03	0,5/0,87	0,6	4,245	3,027	1,875	1,291	0,216
0,03	0,2/0,98	0,6	10,064	7,256	4,551	3,082	0,512
0,03	0,85/0,53	0,5	4,195	3,411	2,184	1,497	0,244
0,03	0,8/0,6	0,5	4,116	2,921	1,835	1,241	0,208
0,03	0,71/0,71	0,5	3,967	2,844	1,773	1,197	0,194
0,03	0,5/0,87	0,5	4,554	3,261	2,045	1,371	0,224

$\frac{d}{a}$	$\frac{u_1}{u_2}$	$\frac{L}{S}$	Среднее сопротивление сети в кг при скорости v в м/сек				
			1.0	0.85	0.65	0.53	0.20
0,03	0,2/0,98	0,5	10,876	7,152	4,596	3,302	0,531
0,03	0,85/0,53	0,4	5,768	4,076	2,451	1,714	0,282
0,03	0,8/0,6	0,4	4,714	3,312	2,106	1,414	0,228
0,03	0,71/0,71	0,4	4,554	3,224	1,996	1,311	0,226
0,03	0,5/0,87	0,4	5,264	3,687	2,312	1,571	0,257
0,03	0,2/0,98	0,4	12,584	9,046	5,431	3,708	0,612
0,03	0,85/0,53	0,3	6,349	4,764	2,851	1,838	0,212
0,03	0,9/0,6	0,3	5,366	3,807	2,402	1,633	0,164
0,03	0,71/0,71	0,3	5,176	3,779	2,344	1,549	0,254
0,03	0,5/0,87	0,3	5,978	4,243	2,612	1,754	0,294
0,03	0,2/0,98	0,3	14,197	10,251	6,245	4,315	0,705
0,03	0,85/0,53	0,2	7,814	5,671	3,465	2,363	0,312
0,03	0,8/0,6	0,2	6,451	4,549	2,841	1,916	0,314
0,03	0,71/0,71	0,2	6,172	4,526	2,752	1,849	0,307
0,03	0,5/0,87	0,2	7,253	5,167	3,143	2,122	0,362
0,03	0,2/0,98	0,2	16,744	12,361	7,654	5,086	0,846
0,12	0,85/0,53	0,9	—	15,979	10,296	7,311	1,138
0,12	0,8/0,6	0,9	19,561	13,512	8,345	5,846	0,944
0,12	0,71/0,71	0,9	18,756	12,897	8,158	5,651	0,906
0,12	0,5/0,87	0,9	22,187	14,634	9,354	6,256	1,081
0,12	0,2/0,98	0,9	—	—	24,789	17,212	2,481
0,12	0,85/0,53	0,8	23,103	14,967	9,718	6,495	1,068
0,12	0,8/0,6	0,8	19,357	12,537	7,712	5,419	0,885
0,12	0,71/0,71	0,8	18,153	12,121	7,652	5,247	0,846
0,12	0,5/0,87	0,8	20,986	13,614	8,926	6,089	0,973
0,12	0,2/0,98	0,8	—	—	23,812	16,121	2,342
0,12	0,85/0,53	0,7	20,319	13,427	8,613	5,861	0,967
0,12	0,8/0,6	0,7	16,912	11,313	7,132	4,894	0,796
0,12	0,71/0,71	0,7	16,327	10,808	6,903	4,755	0,764
0,12	0,5/0,87	0,7	18,713	12,121	7,938	5,408	0,873
0,12	0,2/0,98	0,7	—	—	21,614	14,635	2,109
0,12	0,85/0,53	0,6	19,392	12,511	8,208	5,612	0,906
0,12	0,8/0,6	0,6	16,486	10,823	6,849	4,731	0,706
0,12	0,71/0,71	0,6	15,785	10,354	6,633	4,542	0,735
0,12	0,5/0,87	0,6	17,776	11,645	7,554	5,152	0,842
0,12	0,2/0,98	0,6	—	—	20,646	14,087	2,044
0,12	0,85/0,53	0,5	20,612	14,865	8,749	6,044	0,966
0,12	0,8/0,6	0,5	17,405	11,676	7,318	5,054	0,816
0,12	0,71/0,71	0,5	16,807	11,187	7,116	4,868	0,787
0,12	0,5/0,87	0,5	19,344	12,612	8,167	5,551	0,898
0,12	0,2/0,98	0,5	—	—	22,453	15,108	2,206
0,12	0,85/0,53	0,4	23,361	15,885	9,993	6,924	1,103
0,12	0,8/0,6	0,4	19,792	13,186	8,224	5,748	0,931
0,12	0,71/0,71	0,4	19,089	12,634	8,056	5,489	0,895
0,12	0,5/0,87	0,4	22,023	14,187	9,161	6,261	1,024
0,12	0,2/0,98	0,4	—	—	24,614	17,412	2,463
0,12	0,85/0,53	0,3	27,123	17,615	11,726	7,821	1,304
0,12	0,8/0,6	0,3	22,845	15,377	9,581	6,545	1,071
0,12	0,71/0,71	0,3	22,034	14,416	9,303	6,405	1,036
0,12	0,5/0,87	0,3	25,114	16,451	10,712	7,151	1,181
0,12	0,2/0,98	0,3	—	—	28,318	19,706	2,879
0,12	0,85/0,53	0,2	32,212	31,037	13,605	9,751	1,506
0,12	0,8/0,6	0,2	27,865	16,089	11,698	7,826	1,281
0,12	0,71/0,71	0,2	26,411	17,296	11,089	7,712	1,224
0,12	0,5/0,87	0,2	29,814	19,513	12,718	8,649	1,403
0,12	0,2/0,98	0,2	—	—	34,614	23,718	3,421

Приведа (для удобства пользования формулой при расчетах) показатель степени при скорости к квадрату, получим сопротивление плоской сети, изготовленной из тралового прядена

$$R = 198 \frac{d}{a} \cdot \frac{F}{u_1 u_2} v^2. \quad (6)$$

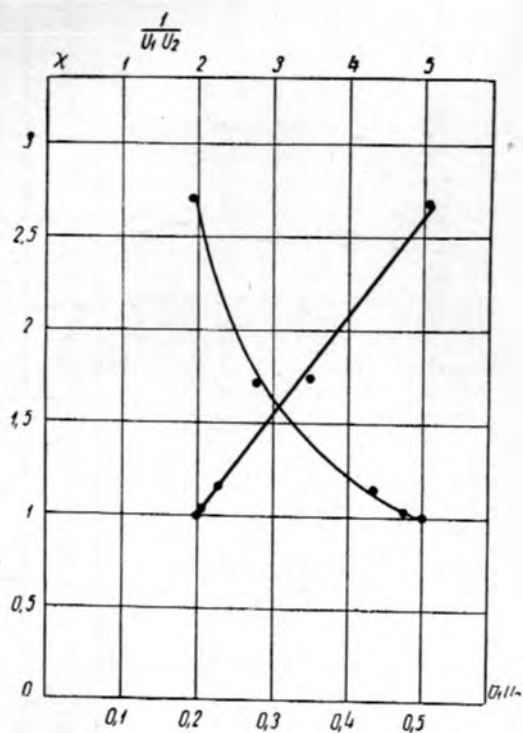


Рис. 3. Вспомогательный график к определению коэффициента χ , учитывающего изменение сопротивления сети от посадки

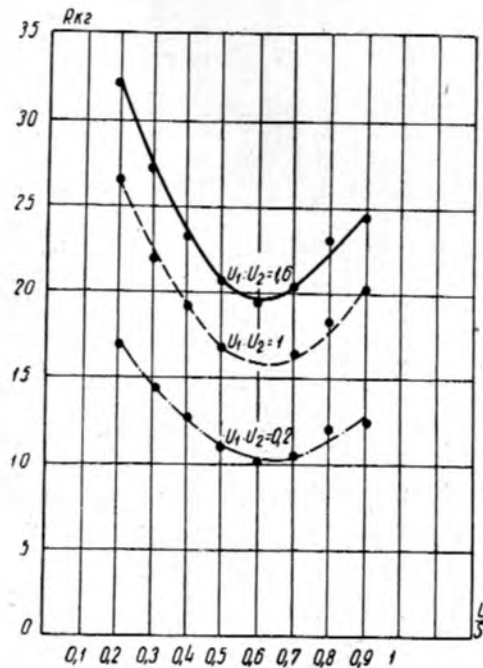


Рис. 4. Изменение сопротивления сети в зависимости от величины запаса высоты ее

Влияние запаса высоты сети $\frac{L}{S}$ на ее сопротивление. Поскольку этот вопрос является важным для проектирования орудий лова, нами были поставлены опыты по исследованию сопротивления сетей в зависимости от их формы в потоке воды.

Результаты опытов по выяснению зависимости сопротивления сети при изменении отношения $\frac{L}{S}$ приведены в табл. 4 и на графике (рис. 4).

По оси абсцисс отложены отношения $\frac{L}{S}$, а по оси ординат сопротивление сети R .

Отношение сопротивления сети R при различных значениях $\frac{L}{S}$ к сопротивлению плоской сети R_1 , очевидно, и будет характеризовать изменение сопротивления сети в зависимости от ее формы (Θ).

Для сетей с различными отношениями $\frac{d}{a}$ и различными посадками нами получена следующая осредненная эмпирическая зависимость между Θ и $\frac{L}{S}$:

$$\Theta = 1,6 - 2,96 \frac{L}{S} + 2,36 \left(\frac{L}{S} \right)^2. \quad (7)$$

Из полученной зависимости следует, что сопротивление сети с уменьшением отношения $\frac{L}{S}$ резко падает, достигая минимума при $\frac{L}{S} = 0,6$, затем вновь возрастает и при $\frac{L}{S}$ несколько менее 0,4 становится равным сопротивлению плоской сети, и лишь только при дальнейшем уменьшения $\frac{L}{S}$ оно превышает сопротивление плоской сети.

Сопротивление траловой сети, установленной перпендикулярно потоку, на основе экспериментальных данных выражается следующей формулой:

$$R = 108 \frac{d}{a} \cdot \frac{F}{u_1 u_2} \left[1,6 - 2,96 \frac{L}{S} + 2,36 \left(\frac{L}{S} \right)^2 \right] v^2, \quad (8)$$

или

$$R = 108 \frac{d}{a} \cdot \frac{\Theta}{u_1 u_2} F v^2. \quad (9)$$

Значения коэффициента Θ при различных отношениях $\frac{L}{S}$ приведены в табл. 5.

Таблица 5

$\frac{L}{S}$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.9	0,85	0,87	0,88	0,89	0,91	0,92	0,94	0,96	0,97	0,99
0,8	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,81	0,82	0,83
0,7	0,68	0,69	0,70	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72	0,72	0,73
0,6	0,67	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
0,5	0,71	0,71	0,70	0,69	0,69	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68

Сопротивление рыболовной сети, расположенной параллельно потоку

Сопротивление рыболовной сети, расположенной параллельно потоку, в общем виде выражается формулой

$$R_0 = k \frac{d}{\Delta} \theta \chi \lambda F v^n, \quad (10)$$

где λ — коэффициент, учитывающий изменение сопротивления сети при изменении ее длины.

Найдем влияние каждого из приведенных в формуле параметров на сопротивление сети.

Изменение сопротивления сети в зависимости от скорости потока. Для определения зависимости сопротивления сети, расположенной параллельно потоку, от его скорости построим по данным табл. 6 для сети с $\frac{d}{a} = 0,01$ график (рис. 5). Этот график удовлетворяет формуле

$$R = 1,43 F v^{1,96}. \quad (11)$$

Формула (11) характеризует изменение сопротивления сети в зависимости от скорости ее движения, но не учитывает влияние отношения диаметра нитки к шагу ячеи, а также посадку сети. Эта формула справедлива лишь для сети с $\frac{d}{a} = 0,01$ и посадкой на квадрат в пределах скоростей потока, указанных в табл. 6.

Таблица 6

u_1/u_2	$\frac{d}{a}$	$u_1 : u_2$	Среднее сопротивление сети в кг при скорости v в м/сек						θ ср.
			0,20	0,28	0,53	0,61	0,91	1,00	
0,98/0,2	0,01	4,900	0,066	0,129	0,484	0,649	1,231	1,634	1,089
0,9/0,44	0,01	2,040	0,059	0,116	0,421	0,557	1,085	1,461	0,977
0,8/0,6	0,01	1,334	0,057	0,112	0,416	0,558	1,076	1,431	0,956
0,7/0,7	0,01	1,000	0,061	0,118	0,442	0,581	1,128	1,476	1,000
0,5/0,87	0,01	0,577	0,065	0,127	0,475	0,626	1,220	1,612	1,078
0,2/0,98	0,01	0,204	0,073	0,143	0,536	0,704	1,378	1,794	1,198
0,98/0,2	0,03	4,900	0,077	0,149	0,558	0,781	1,421	1,927	1,096
0,9/0,44	0,03	2,040	0,064	0,132	0,494	0,692	1,239	1,712	0,979
0,8/0,6	0,03	1,334	0,066	0,129	0,476	0,671	1,216	1,661	0,951
0,7/0,7	0,03	1,000	0,070	0,137	0,507	0,714	1,281	1,759	1,000
0,5/0,87	0,03	0,577	0,075	0,145	0,551	0,774	1,381	1,879	1,074
0,2/0,98	0,03	0,204	0,081	0,166	0,607	0,862	1,689	2,121	1,211
0,98/0,2	0,12	4,900	0,119	0,214	0,818	1,065	2,048	2,718	1,108
0,9/0,44	0,12	2,040	0,105	0,185	0,716	0,921	1,811	2,345	0,961
0,8/0,6	0,12	1,334	0,102	0,182	0,688	0,908	1,791	2,291	0,936
0,7/0,7	0,12	1,000	0,108	0,193	0,734	0,959	1,882	2,445	1,000
0,5/0,87	0,12	0,577	0,115	0,211	0,789	1,039	2,007	2,696	1,096
0,2/0,98	0,12	0,204	0,132	0,232	0,905	1,183	2,268	2,987	1,221

Влияние отношения диаметра нити к шагу ячеи $\frac{d}{a}$ на сопротивление сети. Почти все исследователи, занимавшиеся изучением сопротивления сети при движении ее параллельно своей плоскости, пришли к выводу, что сопротивление сети не зависит от отношения диаметра нити к шагу ячеи, и лишь Б. А. Попов [4] и Н. Н. Виноградов [3] указывают, что на сопротивление сети существенное влияние оказывает как размер ячеи, так и толщина нити. Однако аналитической зависимости влияния отношения диаметра нити к шагу ячеи на сопротивление сети ими не приводится.

Учитывая необходимость и важность выяснения этой зависимости, мы поставили ряд опытов с сетями, имеющими отношения $\frac{d}{a}$ от 0,01 до 0,12, что охватывает все отношения, применяемые в промышленном рыболовстве, и даже выходит за их пределы. В табл. 7 дается характеристика сетей и указано их сопротивление при посадке на квадрат.

Таблица 7

$\frac{d}{a}$	Среднее сопротивление сети в кг при скорости v в м/сек						Δ
	0,20	0,28	0,53	0,61	0,91	1,0	
0,01	0,061	0,118	0,442	0,581	1,128	1,496	1,00
0,02	0,065	0,123	0,470	0,615	1,202	1,578	1,05
0,03	0,070	0,135	0,507	0,602	1,271	1,695	1,13
0,04	0,074	0,142	0,521	0,704	1,347	1,785	1,19
0,05	0,075	0,147	0,549	0,743	1,422	1,856	1,24
0,06	0,080	0,157	0,576	0,751	1,468	1,951	1,30
0,08	0,088	0,168	0,632	0,822	1,627	2,157	1,43
0,12	0,098	0,193	0,714	0,946	1,832	2,445	1,62

Из табл. 7 видно, что сопротивление сети не остается постоянной величиной, а возрастает пропорционально отношению диаметра нити к шагу ячее, увеличиваясь с увеличением этого отношения. С уменьшением величины ячее при одном и том же диаметре нити сопротивление сети растет за счет увеличения действительной площади трения и изменения условий обтекания сети. В этом, по нашему мнению, заключается основная причина увеличения сопротивления сети.

Результаты наших исследований указывают, с одной стороны, на ошибочность вывода Н. Т. Сенина и Таути о независимости сопротивления сети от величины отношения $\frac{d}{a}$, а с другой, на неправильные выводы Н. Н. Виноградова о том, что сопротивление сети уменьшается с уменьшением размера ячее.

Согласно полученным опытными данным, при увеличении отношения $\frac{d}{a}$ с 0,01 до 0,03 сопротивление сети увеличивается на 10%, а при увеличении $\frac{d}{a}$ с 0,01 до 0,12 — более чем на 60%. Таким образом, формула для определения нагрузок, испытываемых сетью при движении параллельно своей плоскости, должна включать в себя, кроме уже рассмотренных параметров, также и отношение диаметра нити к шагу ячее.

Пользуясь экспериментальными данными, найдем коэффициент Δ , характеризующий изменение сопротивления сети в зависимости от $\frac{d}{a}$.

Вычисления показывают, что величина коэффициента не зависит от посадки сети и скорости ее движения.

На графике (рис. 6) приведены изменения коэффициента Δ в зависимости от $\frac{d}{a}$. Эта зависимость изображается прямой линией

$$\Delta = 0,97 + 4,88 \frac{d}{a}. \quad (12)$$

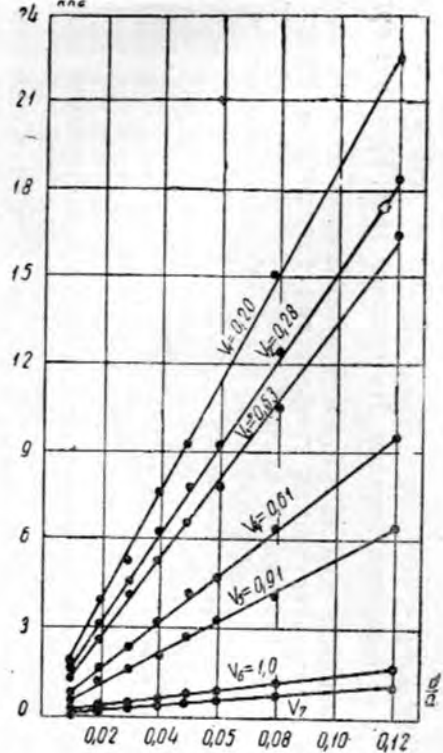


Рис. 5. Изменение сопротивления сети в зависимости от $\frac{d}{a}$ при разной скорости движения и $\alpha=0^\circ$

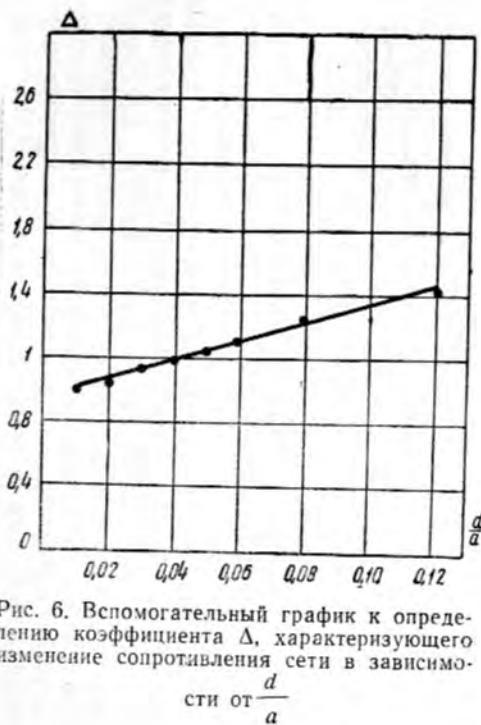


Рис. 6. Вспомогательный график к определению коэффициента Δ , характеризующего изменение сопротивления сети в зависимости от $\frac{d}{a}$

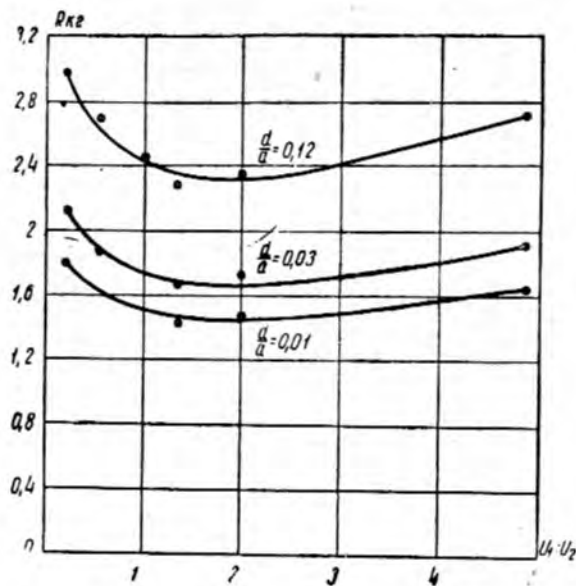


Рис. 7. Изменение сопротивления сети, расположенной параллельно потоку, в зависимости от посадки

Формула (12) характеризует изменение сопротивления сети в зависимости от отношения диаметра нити к шагу ячеи.

Влияние посадки сети на ее сопротивление. Как уже указывалось, в применяемой в настоящее время формуле для определения нагрузок, испытываемых сетью при движении параллельно своей плоскости, не учитывается посадка сети. Отсутствие в формуле параметра, учитывающего влияние посадки сети на ее сопротивление, объясняется прежде всего тем, что при изучении сопротивления сетей почти все исследователи применяли посадки в $1/3$ и на квадрат. Естественно, при таком незначительном диапазоне посадок было трудно уловить их влияние на сопротивление сети. С целью выяснения этой зависимости нами были

проведены опыты с сетями, посаженными с шестью различными посадочными коэффициентами.

На графике (рис. 7), построенном по опытным данным, приведенным в табл. 8, показано изменение сопротивления сети в зависимости от ее посадки. Из графика видно, что сопротивление сети при изменении посадки является величиной переменной. При изменении посадки $u_1 : u_2$ от 4,9 до 1,8 сопротивление сети медленно уменьшается, затем начинает увеличиваться и достигает своего максимума, когда сеть принимает форму почти сплошной пластинки. Таким образом, сопротивление сети уменьшается с увеличением

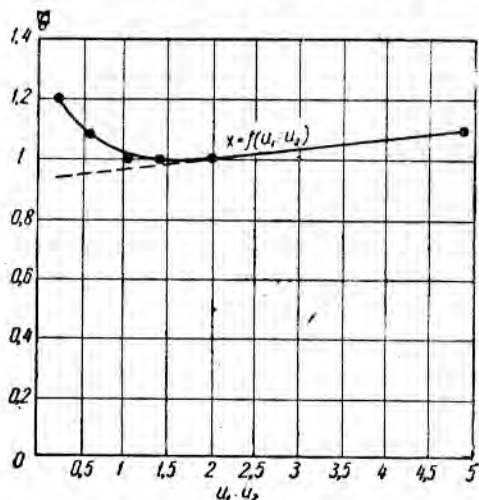


Рис. 8. Вспомогательный график к определению коэффициента Θ

угла при вершине ячеи и увеличивается при его уменьшении. Так, сеть с посадкой 0,2/0,98 имеет почти на 10% большее сопротивление, чем сеть с посадкой 0,98/0,2, хотя площадь нитей у обеих сетей одинакова. Следовательно, чем меньше угол между направлением движения потока и нитями, составляющими ячею, тем меньше ее сопротивление.

Найдем влияние посадки сети на ее сопротивление в пределах исследованных нами величин. Примем сопротивление сети с посадкой на квадрат ($u_1 : u_2 = 1$) за единицу и найдем величины коэффициента χ , учитывающего изменение сопротивления сети в зависимости от ее посадки. Величина χ не зависит от скорости движения сети и отношения $\frac{d}{a}$, но зависит от величины посадки. На графике (рис. 8) по оси ординат отложено значение χ , а по оси абсцисс отношения посадочных коэффициентов $u_1 : u_2$. Полученная графическая зависимость представляет собой кривую, состоящую из двух частей: прямолинейной и криволинейной. Характер изменения χ в пределах исследованных нами отношений $u_1 : u_2$ выразим уравнением

$$\chi = a + b \frac{u_1}{u_2} + c e^{a \frac{u_1}{u_2}}. \quad (13)$$

В правой части уравнения первые два члена характеризуют прямолинейный участок кривой, а третий член — криволинейный.

Для определения параметров a , b и c рассмотрим в отдельности прямолинейный и криволинейный участки экспериментальной кривой.

Выразим прямолинейную часть графика уравнением

$$\chi_1 = a + b \frac{u_1}{u_2}$$

и найдем параметры a и b . Пользуясь экспериментальными данными, получим $a=0,9$ и $b=0,04$.

Значения χ_1 и разность координат $r=\chi-\chi_1$ приведены в табл. 8.

Таблица 8

$u_1 : u_2$	χ	χ_1	$r = \chi - \chi_1$	$\lg r$
4,900	1,089	1,085	0,004	—
2,040	0,977	0,976	0,001	—
1,334	0,956	0,936	0,020	-1,69857
1,000	1,000	0,96	0,034	-1,19382
0,578	1,078	0,909	0,169	-0,77211
0,204	1,198	0,905	0,293	-0,53313

Зависимость между r и $u_1 : u_2$ для $u_1 : u_2 < 2$ представим в виде показательной функции

$$r = ce^{\frac{d u_1}{u_2}} \quad (14)$$

Логарифмируя уравнение (14), получим

$$\lg r = \lg c + (Md) \frac{u_1}{u_2}.$$

Подставив в уравнение вместо r и $u_1 : u_2$ их табличные значения, получим

$$Md = -1,02; \quad d = -2,4 \quad \text{и} \quad c = 0,55.$$

Итак, $r = 0,55e^{-2,4 \frac{u_1}{u_2}}$; окончательно имеем

$$\chi = 0,9 + 0,04 \frac{u_1}{u_2} + 0,55e^{-2,4 \frac{u_1}{u_2}} \quad (15)$$

Влияние длины сети на ее сопротивление. При обтекании сети жидкостью происходит явление, аналогичное обтеканию пластинки, установленной параллельно потоку, где трение происходит в пограничном слое жидкости, причем величина коэффициента трения зависит как от структуры, так и от длины сети. Рассмотрим влияние длины сети на ее сопротивление, исходя из опытных данных, приведенных в табл. 9.

Таблица 9

$\frac{d}{a}$	l	Среднее сопротивление сети в кг при скорости v в м/сек						λ
		0,20	0,28	0,53	0,61	0,91	1,00	
0,01	1	0,061	0,118	0,442	0,581	1,128	1,498	1,000
0,01	2	0,108	0,212	0,800	1,038	2,059	2,686	0,895
0,01	4	0,203	0,386	1,469	1,908	3,778	4,849	0,808
0,01	8	0,356	0,797	2,658	3,381	6,603	9,147	0,761
0,03	1	0,070	0,137	0,507	0,672	1,281	1,750	1,000
0,03	2	0,126	0,245	0,919	1,228	2,312	3,162	0,904
0,03	4	0,233	0,457	1,663	2,212	4,261	5,721	0,813
0,03	8	0,417	0,823	2,986	3,963	7,784	10,506	0,754
0,12	1	0,108	0,193	0,794	0,959	1,882	2,445	1,000
0,12	2	0,194	0,345	1,314	1,708	3,382	4,387	0,893
0,12	4	0,361	0,631	2,412	3,205	6,298	8,052	0,812
0,12	8	0,652	1,172	4,449	5,715	11,456	14,423	0,764

Сопrotивление сети, как видно из данных табл. 9, с увеличением ее длины вдвое возрастает не в два раза, а несколько меньше. Таким образом, между сопротивлением сети и ее длиной нет прямо пропорциональной зависимости, как указывает Н. Т. Сенин [5].

Пользуясь нашим методом, найдем коэффициент λ , который характеризовал бы изменение сопротивления сети в зависимости от ее длины. Принимая $\lambda=1$ для сети длиной 1 м при $\frac{d}{a}=0,01$ (рис. 9), получим

$$\lambda = 1,015l^{-0,14}. \quad (16)$$

Из этой зависимости видно, что на сопротивление сети существенное влияние оказывает изменение ее длины. Пренебрегать этим явлением

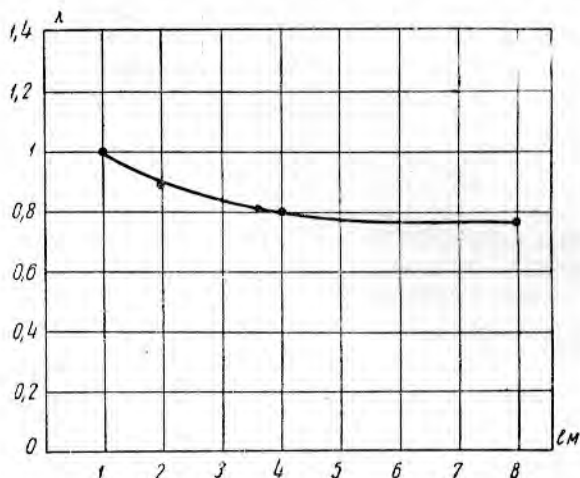


Рис. 9. Вспомогательный график к определению коэффициента λ , учитывающего изменение сопротивления сети в зависимости от ее длины

нием при расчетах нагрузок, испытываемых сетью, нельзя, так как при этом будем допускать значительную ошибку, достигающую в некоторых случаях 30%.

Подставив количественное выражение коэффициентов в уравнение (10), получим формулу сопротивления сети при движении ее параллельно своей плоскости

$$R_0 = 1,4l^{-0,14} \left(1 + 5 \frac{d}{a} \right) \left(0,9 + 0,04 \frac{u_1}{u_2} + 0,55e^{-2,4 \frac{u_1}{u_2}} \right) Fv^{1,96}. \quad (17)$$

Сопrotивление рыболовной сети в зависимости от угла встречи ее с потоком

Изучением сопротивления рыболовной сети в зависимости от угла встречи ее с потоком, кроме японских исследователей, никто не занимался.

Сопrotивление сети в зависимости от угла встречи с потоком японский исследователь Таути выражает формулой

$$R_x = R_{90} + (R_{90} - R_0) \frac{\alpha}{90}. \quad (18)$$

Таблица 10

d a	Скорость в м/сек	Сопротивление сети в кг при α°						
		0	15	30	45	60	75	90
0,02	1,00	1,572	2,146	2,578	3,108	3,624	3,712	3,824
0,02	0,91	1,206	1,743	2,174	2,573	2,876	3,044	3,152
0,02	0,53	0,468	0,623	0,765	0,887	0,984	1,015	1,066
0,02	0,20	0,069	0,092	0,117	0,134	0,149	0,160	0,165
0,04	1,00	1,791	3,312	4,765	5,956	6,876	7,442	7,716
0,04	0,91	1,347	2,618	3,794	4,807	5,547	6,067	6,268
0,04	0,53	0,528	0,926	1,298	1,618	1,848	1,985	2,068
0,04	0,20	0,077	0,141	0,212	0,265	0,308	0,331	0,349
0,08	1,00	2,146	5,546	8,643	11,274	13,217	14,518	15,287
0,08	0,91	1,627	4,318	6,986	9,165	10,916	11,983	12,486
0,08	0,53	0,639	1,547	2,364	3,108	3,641	3,917	4,158
0,08	0,20	0,087	0,231	0,384	0,511	0,603	0,661	0,687

Н. Т. Сенин, анализируя опытные данные Таути, установил, что между R и α линейной зависимости не существует.

Результаты наших исследований (табл. 10) также показывают, что между R и α нет линейной зависимости и что эта зависимость, как следует из рис. 10, изображается синусоидой.

Характер изменения сопротивления сети в зависимости от угла α выражается уравнением

$$R_\alpha = R_{90} + (R_{90} - R_0) \sin \alpha. \quad (19)$$

Это уравнение рекомендуется для определения нагрузок, испытываемых сетью при ее движении под углом к своей плоскости.

Сравнение данных, полученных по формулам (18) и (19), с опытными данными показывает, что отклонение по нашей формуле в среднем в 5 раз меньше, чем по японской формуле.

ВЫВОДЫ

На основе проведенных исследований по сопротивлению траловых рыболовных сетей в зависимости от их структуры можно сделать следующие выводы.

1. При расположении сети перпендикулярно потоку с изменением посадки сети ее сопротивление изменяется пропорционально выражению $\chi = \frac{0,54}{u_1 u_2} - 0,09$.
2. С изменением запаса высоты сети $\frac{L}{S}$ ее сопротивление изменяется пропорционально выражению

$$\Theta = 1,6 - 2,96 \frac{L}{S} + 2,36 \left(\frac{L}{S} \right)^2.$$

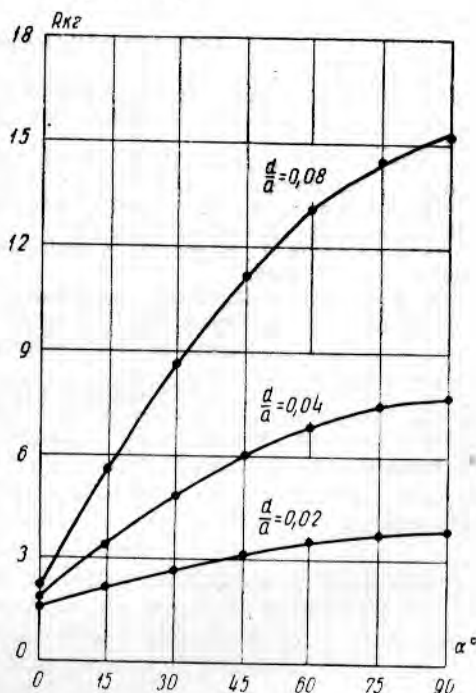


Рис. 10. Изменение сопротивления сети в зависимости от угла встречи ее с потоком

При расположении сети параллельно потоку и под некоторым углом к нему

3. С изменением отношения $\frac{d}{a}$ сопротивление сети изменяется пропорционально выражению $\Delta = 1 + 5 \frac{d}{a}$.

4. С изменением посадки сети ее сопротивление изменяется пропорционально выражению

$$\chi = 0,9 + 0,04 \frac{u_1}{u_2} + 0,55e^{-2,4 \frac{u_1}{u_2}}.$$

5. С изменением длины сети при постоянной высоте сопротивление сети изменяется пропорционально выражению

$$\lambda = 1,015l^{-0,14}.$$

6. С изменением угла встречи сети с потоком ее сопротивление изменяется по закону синусоиды и выражается формулой

$$R_z = R_{90} + (R_{90} - R_0) \sin \alpha.$$

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Ф. И., Теория и расчет орудий рыболовства, Пищепромиздат, 1948.
2. Баранов Ф. И., Моделирование рыболовных орудий, «Рыбное хозяйство» 1940, № 5.
3. Виноградов Н. Н., Скорость погружения нижней подборы кошелькового невода, Труды Азчерниро, т. XIV, Крымиздат, 1950.
4. Попов Б. А., О сопротивлении рыболовных сетей в потоке воды, Труды ВНИРО, т. XXX, Пищепромиздат, 1955.
5. Сенин Н. Т., К вопросу о сопротивлении сетей, Труды Мосрыбвтуза, вып. I, Пищепромиздат, 1938.
6. Трещев А. И., Определение нагрузок на ставные невода с учетом течения, наносов и волнения, Труды ВНИРО, т. XXX, Пищепромиздат, 1955.
7. Myake U., Resistance of plane nets in Water, Journal of the Imperial Fisheries Institute, vol. XXIII, No 2, 1927.
8. Tauti M., A relation between experiments on model and full Scale of fishing net. Bull. of the Japanese Society of Scientific Fisheries, vol. III, No 4, 1934.
9. Tauti M., Resistance of plane nets in Water, Journal of the Imperial Fisheries Institute, vol. XXI, No 2, 1925.

ОПЫТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСПОРНОЙ СИЛЫ ПЛОСКОЙ СЕТИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЕЕ В ВОДЕ

Инж. А. Н. ПОКРОВСКИЙ

Известно, что при движении плоской наклонной сети в воде сила сопротивления ее может быть разложена на две составляющие: одну — направленную параллельно линии движения, вторую — перпендикулярную к первой [1]. Назовем последнюю распорной силой. Термин «распорная сила» является до некоторой степени условным и введен для удобства дальнейшего изложения.

Вопрос учета распорной силы в силовых расчетах буксируемых и стационарных орудий лова представляет известный практический интерес. Однако в настоящее время решение его затруднено вследствие недостаточной изученности этой силы применительно к различному типу рыболовных сетей.

До настоящего времени вопрос о распорной силе затрагивался только Ф. И. Барановым [1] и Б. А. Поповым [2]. В первой статье на основании опыта доказывалось существование распорной силы и из опыта приводится ее величина для одного образца наклонной плоской сети, установленной в речном потоке с наклоном к нему под углом 25 и 50°, в другой — теоретическим путем обосновывается величина распорной силы в зависимости от коэффициентов посадки сетного полотна и угла наклона плоскости сети к потоку. Это обоснование сделано применительно к таким условиям, при которых характер обтекания сетных нитей одинаков с характером обтекания одиночных нитей, не связанных в сеть. Более того результаты обоснования расходятся с опытными данными Ф. И. Баранова и не подкреплены другими фактическими или экспериментальными данными.

Таким образом, имеющиеся данные, связанные с вопросом величины распорной силы, нуждаются в проверке и уточнении применительно к нескольким типам рыболовных сетей. В связи с этим мы провели опыты с несколькими буксируемыми образцами сетей для определения значения распорной силы.

Образец сети натягивали на квадратную (600×600 мм) рамку из 5-миллиметровой стальной проволоки. Натянутую на рамку сеть буксировали моторной лодкой. При этом плоскость сети располагалась вертикально, а верхняя сторона рамки — горизонтально в 10—15 см от поверхности воды. По желанию плоскость сети можно было повернуть вокруг вертикальной оси на тот или иной угол с направлением движения. Для этого углы рамки были присоединены равными отрезками стальной струны ($d=0,3$ мм) к вертикальным стойкам, заделанным в горизонтальный поворотный брус (рис. 1). Благодаря такому креплению горизонтальные стороны рамки будут всегда располагаться параллельно горизонтальному поворотному брусу, а угол атаки α (угол между плоскостью сети и направлением ее движения) будет равен углу между кромкой бруса и направлением движения сети.

Поворачивая брус в горизонтальной плоскости и изменяя тем самым угол между плоскостью сети и направлением ее движения, мы могли получать любые углы атаки от 0 до 90°. Очевидно, что угол отклонения от направления движения буксирной струны, соединяющей тот или иной угол сети с вертикальной стойкой, является углом отклонения силы полного сопротивления воды T от лобового сопротивления R . Отсюда тангенс этого угла (обозначим $\tan \beta$) является отношением распорной силы Q к лобовой R . Таким образом, определив угол между направлением движения и горизонтальной кромкой поворотного бруса, мы могли получить величину угла атаки, а определив угол между отрезком буксирной струны и направлением движения, найти соответствующее ему значение тангенса или иначе отношение $\frac{Q}{R}$.

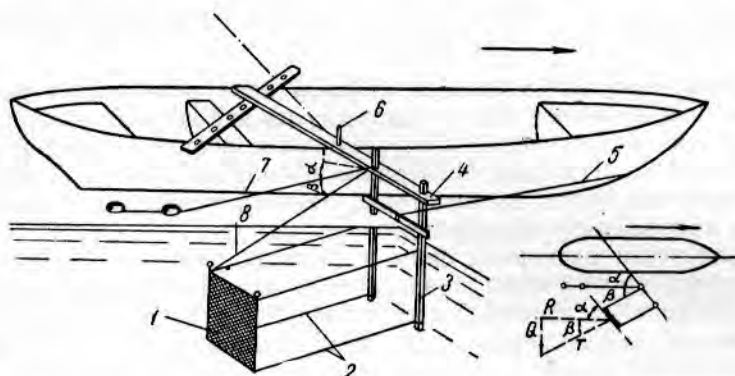


Рис. 1. Схема оборудования мотодори для испытания образцов сетей;

1 — сеть; 2 — буксирная струна, $l=3$ м; 3 — вертикальная стойка; 4 — горизонтальный поворотный брус; 5 — оттяжка; 6 — шарнир; 7 — нить с буйками; 8 — нить; T — полное сопротивление воды; R — лобовое сопротивление; Q — распорная сила

Направление движения сети определяли с помощью нити с буйками 7, а отклонение буксирной струны от направления движения — с помощью нити 8. Угол β определяли путем измерения угла между нитями 7 и 8, а угол α — путем измерения угла между нитью 7 и вертикальной плоскостью задней грани поворотного бруса. Измеряемые углы вследствие наклона нитей могли быть примерно на 2% меньше истинных, но этой относительно небольшой ошибкой при определении углов мы пренебрегали.

По указанной схеме определили значение распорной силы для семи образцов различного типа рыболовных сетей. Образцы включали три сорта делей, применяемых для поделки тралов, снюрреводов и ставных неводов (табл. 1). Значение распорной силы каждого образца сети определяли при различных углах атаки, которые изменяли от 0 до 90° через интервалы около 10°. При том или ином угле атаки каждый образец буксировали со скоростью 0,5 и 1,0 м/сек.

Характеристика опытных образцов сети дана в табл. 1.

По данным, полученным в результате опытов, построены графики зависимости $\frac{Q}{R}$ от α (рис. 2, 3).

При определении влияния основных конструктивных характеристик сетей на величину $\frac{Q}{R}$ мы рассматриваем влияние формы ячеи, которую характеризуем посадочным коэффициентом u_x горизонтальной кромки сети или коэффициентом u_y вертикальной кромки сети, и влияние отно-

Таблица 1

Номер образца	Номер нити	Диаметр нити в мм	Шаг ячеи в мм	Коэффициенты посадки ¹	Размер образца в ячейках
1	20/12	1,3	16	0,71/0,71	26×26
2	3,6/12	2,7	35	0,71/0,71	12×12
3	3,6/12	2,7	35	0,36/0,93	24×10
4	3,6/12	2,7	35	0,93/0,36	10×24
5	27/30	1,5	42	0,71/0,71	9×9
6	27/30	1,5	42	0,92/0,42	18×8
7	27/30	1,5	42	0,42/0,92	8×18

¹ В числителе показаны коэффициенты посадки по горизонтальной кромке сети, расположенной под углом к направлению ее движения; в знаменателе — коэффициенты посадки по вертикальной кромке сети, перпендикулярной к направлению ее движения.

шения диаметра сетной нити d к площади просвета квадратной ячеи S . Необходимо отметить, что обычно вместо принятой нами конструктивной характеристики $\frac{d}{S}$ применяют более простую характеристику $\frac{d}{a}$, где a — шаг ячеи. Однако при предварительном рассмотрении влияния величины $\frac{d}{a}$ на $\frac{Q}{R}$ не выявилось закономерно выраженной зависимости этих величин. Поэтому мы были вынуждены при рассмотрении результатов опытов заменить отношение $\frac{d}{a}$ отношением $\frac{d}{S}$, где $S = (a-d)^2$.

Рассматривая результаты опытов с сетями, имеющими квадратную ячею ($u_x = u_y = 0,71$), можно отметить, что наибольшее значение распорной силы той или иной сети является величиной непостоянной. Она, как это хорошо видно из рис. 4, зависит от скорости движения сети и отношения $\frac{d}{S}$. В наших случаях величина отношения $\frac{Q}{R}$ закономерно увеличивалась по мере увеличения скорости движения сети и отношения $\frac{d}{S}$. Применительно к сетям с $\frac{d}{S} = 0,0009—0,0052$ максимальное значение распорной силы в зависимости от $\frac{d}{S}$ колебалось: при $v = 0,5$ м/сек — от 0,25 до 0,35, а при увеличении скорости до 1,0 м/сек — от 0,35 до 0,48.

Из приведенных графиков (см. рис. 2), составленных для того же типа сетей, можно видеть, что распорная сила достигает максимального значения при малых углах атаки ($5—10^\circ$) и сохраняет это значение на большом диапазоне углов примерно до $25—40^\circ$. Затем до угла атаки 90° значение распорной силы постепенно уменьшается до нуля.

Рассматривая результаты опытов с сетями, имеющими различные формы ячей (см. рис. 3), можно отметить следующее.

При изменении квадратных форм ячей на вытянутые по горизонтали и сжатые по вертикали или, наоборот, — на сжатые по горизонтали и вытянутые по вертикали максимальные значения распорной силы менялись. Характер этих изменений для отдельных образцов сети был различен и определялся величиной отношения $\frac{d}{S}$, где S — площадь квадратной ячеи.

Для сетей с относительно небольшой величиной $\frac{d}{S}$ (около 0,0009)

изменение квадратной формы ячеек на вытянутую по горизонтальной кромке сети, расположенной под углом к направлению движения ($u_x=0,92$), приводит только к незначительному увеличению максимального значения $\frac{Q}{R}$. Наряду с этим при $u_y=0,93$ с изменением квадратной формы ячеек на сильно вытянутую по вертикали максимальное значение распорной силы уменьшается на 20—38%.

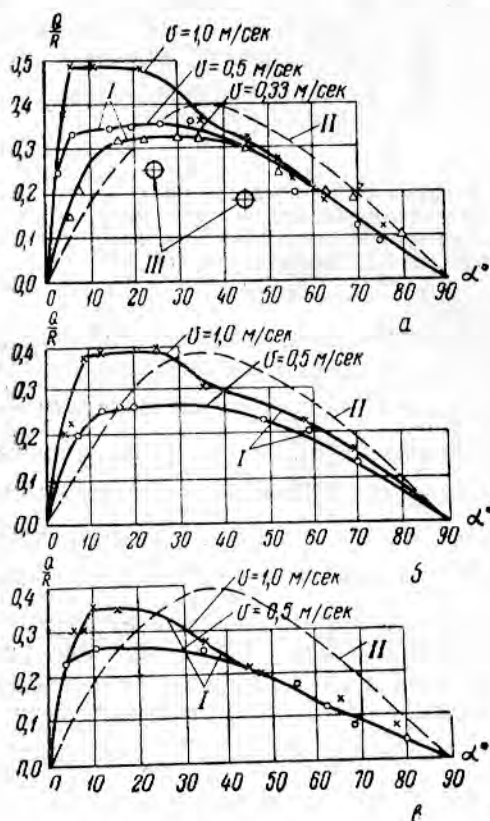


Рис. 2. Зависимость $\frac{Q}{R}$ от угла атаки α при посадке сетей с коэффициентом $u=0,71$:

а—дель х/б 20/12—16 мм, $\frac{d}{a} = 0,081$, $\frac{d}{S} = 0,0052$;
б—дель х/б 3,5/12—35 мм, $\frac{d}{a} = 0,078$, $\frac{d}{S} = 0,0022$; в—
дель х/б 27/30—42 мм, $\frac{d}{a} = 0,036$, $\frac{d}{S} = 0,0009$; I—зависимости, полученные опытным путем; II—зависимости, полученные теоретически, по Б. А. Попову [2]; III—данные Ф. И. Баранова [1].

результатах могла произойти вследствие различий в скоростях движения, при которых производились определения. С уменьшением скорости движения образцов сетей с 1,0 до 0,33 м/сек разница между нашими результатами и результатами Ф. И. Баранова уменьшается в 2,5 раза. Однако следует заметить, что скорости движения потока воды в статье Ф. И. Баранова не приведены, а потому указанная последняя причина расхождения результатов является лишь предположительной.

При рассмотрении теоретической кривой Б. А. Попова и кривых,

значение распорной силы уменьшается на 20—38%.

Для сетей с относительно большой величиной $\frac{d}{S}$ (около 0,0022) изменение квадратной формы ячеек на сильно вытянутую по горизонтальной или вертикальной кромке сети приводит к увеличению максимального значения $\frac{Q}{R}$ на 25—40%. В дополнение необходимо отметить, что характер изменения величины $\frac{Q}{R}$ в зависимости от угла атаки при той или иной форме ячеек примерно одинаков. Во всех случаях распорная сила быстро достигает своего наивысшего значения при малых углах атаки, сохраняя его на большом протяжении этих углов.

Сопоставляя полученные нами значения распорной силы с данными Ф. И. Баранова и Б. А. Попова, можно отметить следующее.

Величины отношений $\frac{Q}{R}$, по Ф. И. Баранову [1], в сравнении с величинами, полученными нами для близкого типа сетей, ниже на 50—20% (см. рис. 2). Такое расхождение в результатах отчасти можно объяснить известными неточностями опыта Ф. И. Баранова [2], которые могли привести к занижению фактических величин $\frac{Q}{R}$. Также возможно,

что некоторая разница в результатах могла произойти вследствие различий в скоростях движения, при которых производились определения. С уменьшением скорости движения образцов сетей с 1,0 до 0,33 м/сек разница между нашими результатами и результатами Ф. И. Баранова уменьшается в 2,5 раза. Однако следует заметить, что скорости движения потока воды в статье Ф. И. Баранова не приведены, а потому указанная последняя причина расхождения результатов является лишь предположительной.

полученных нами и характеризующих зависимость $\frac{Q}{R}$ при углах α от 40 до 90°, можно заметить, что характер этих кривых (см. рис. 2) примерно одинаков. Но кривые намного расходятся при углах, меньших

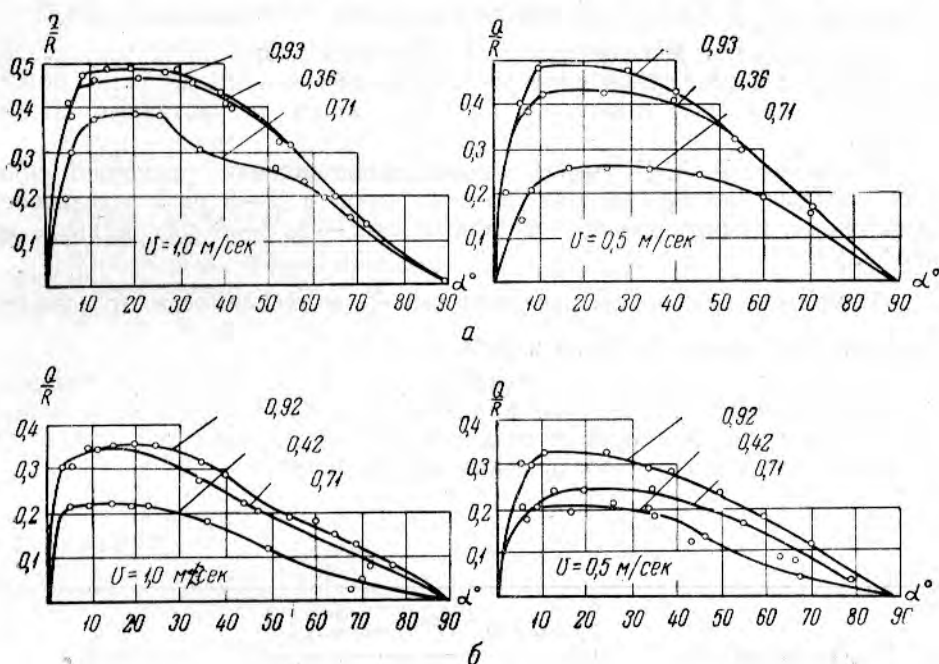


Рис. 3. Зависимость $\frac{Q}{R}$ от угла атаки α при различных коэффициентах посадки u_x по кромке сети, расположенной под углом к направлению движения (v — скорость движения сети; цифрами на графиках указано значение коэффициента посадки u_x):

а — дель $x/б$ 3,5/12—35 мм., $\frac{d}{a} = 0,078$, $\frac{d}{S} = 0,0022$; б — дель $x/б$ 27/30—42 мм., $\frac{d}{a} = 0,036$, $\frac{d}{S} = 0,0009$

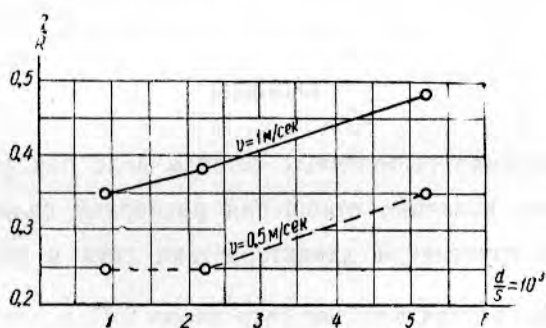


Рис. 4. Зависимость $\frac{Q}{R}$ max от $\frac{d}{S}$ при коэффициенте посадки $u_x = 0,71$

40°. По нашим кривым отношение $\frac{Q}{R}$ достигает наибольшей величины при значительно меньших углах атаки, сохраняя ее на большем про-

тяжении этих углов. При этом максимальные значения $\frac{Q}{R}$ также имеют большие расхождения. Таким образом, выведенная Б. А. Поповым закономерность изменения $\frac{Q}{R}$ от α применительно к испытанным сетям с квадратной формой ячеей нашими опытами не подтверждается.

Рассматривая выведенную Б. А. Поповым зависимость максимального значения распорной силы от коэффициента посадки сети, можно заметить, что она также не подтверждается результатами наших опытов.

Указанное Б. А. Поповым максимальное значение распорной силы при больших коэффициентах посадки сети в 2—3 раза превышает полученные нами значения, а при малых — в 3—7 раз меньше их (табл. 2).

Изменение максимальных значений $\frac{Q}{R}$ в зависимости от коэффициентов посадки u_x показано в табл. 2

Основная причина расхождения данных Б. А. Попова с нашими, очевидно, кроется в том, что характер обтекания водой испытанных нами образцов сетей отличен от характера обтекания сетей, принятого Б. А. Поповым в его теоретических рассуждениях.

Таблица 2

Характеристика сетей	Скорость движения в м/сек	$\frac{Q}{R}$ max при различных u_x			Примечание
		0,36	0,71	0,92	
Допускающие свободную фильтрацию воды	—	0,07	0,4	1,19	Данные Б. А. Попова [2]
№ 27/30—42 мм	{ 1,0 0,5	0,21 0,20	0,35 0,24	0,35 0,33	Результаты наших опытов (см. рис. 2)
№ 35/12—35 мм	{ 1,0 0,5	0,48 0,42	0,38 0,25	0,48 0,48	

ВЫВОДЫ

1. При движении рыболовных сетей в воде под углом к направлению движения величина отношения распорной силы к лобовой $\frac{Q}{R}$ зависит от конструктивной характеристики сети и скорости ее движения.

При коэффициентах посадки сети около 0,71 и отношении диаметра нити к площади просвета квадратной ячей 0,0009—0,0052 величина отношения $\frac{Q}{R}$ может достигать: при скорости движения 0,5 м/сек 0,25—0,35, а при скорости 1,0 м/сек 0,35—0,48. При изменении коэффициента посадки сети в ту и другую сторону величина $\frac{Q}{R}$ может значительно меняться. При этом характер изменения ее определяется отношением диаметра нити к площади просвета квадратной ячей.

2. Для указанного вида сетей в пределах исследованных скоростей отношение $\frac{Q}{R}$ независимо от коэффициента посадки достигает наивысшего значения при малых углах атаки 5—10°, сохраняя его до углов 25—40°.

3. Полученные результаты опытов могут учитываться при силовых расчетах стационарных и буксируемых орудий лова. Однако эти результаты применимы только для определенного типа сетей и скоростей их движения.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Ф. И., К вопросу о сопротивлении воды движению веревок и сетей, «Рыбное хозяйство», 1948, № 1.

2. Попов Б. А., О подъемной силе сети, помещенной в поток, Труды ВНИРО, т. XXX, Пищепромиздат, 1955.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТРАЛОВЫХ ЛЕБЕДОК

Канд. техн. наук Н. М. САБУРЕНКОВ

Главным промысловым механизмом, от которого существенно зависит успех тралового лова, является траловая лебедка.

На вооружении больших рыболовных траулеров находится более десяти типов паровых и электрических траловых лебедок. Еще большее разнообразие лебедок имеется в малом траловом флоте.

Основная причина большого разнообразия траловых лебедок заключается в том, что до настоящего времени этому важному механизму уделялось недостаточно внимания. При проектировании лебедок основные параметры и конструктивные узлы брали по аналогии с работающими.

Проектные организации подходили к созданию этого механизма без достаточного учета специфики его работы в промысловых условиях, не занимались изучением этих условий, что приводило и приводит до настоящего времени к созданию таких конструкций лебедок, которые не удовлетворяют полностью условиям промысла.

Исследованием работы траловых лебедок до сих пор занимались мало и в литературе нет сколько-нибудь полных описаний условий их эксплуатации, за исключением некоторых данных по паровым и электрическим траловым лебедкам, приведенных в отчетах ЦНИИВТа [3].

В целях определения основных расчетных параметров (тяговые усилия и скорости выборки ваеров), выявления природы и величины действующих на траловую лебедку нагрузок, а также для эксплуатационной оценки конструкций и отдельных узлов работающих траловых лебедок нами в течение 1947, 1948 и 1949 гг. были проведены испытания нескольких типов лебедок¹.

КЛАССИФИКАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТРАЛОВЫХ ЛЕБЕДОК

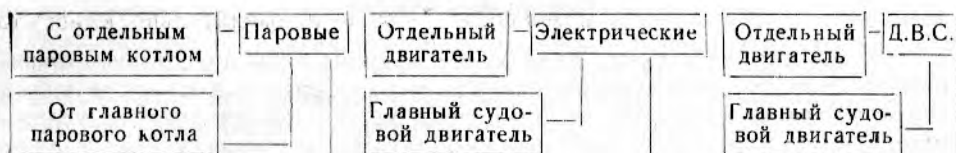
Для того чтобы дать общую оценку многочисленным типам лебедок и разобраться в них, мы классифицировали существующие конструкции траловых лебедок. В качестве классификационных признаков были приняты следующие:

- вид используемой энергии в приводе (тип двигателя);
- тип передачи;
- количество валов;
- количество и вид турачек;
- способ включения барабанов;
- реверсивность;
- тяговое усилие;
- способ переключения скоростей;
- количество скоростей в лебедке;
- тип муфты съема мощности.

¹ Более подробные материалы по этому вопросу приводятся в диссертационной работе автора «Траловая лебедка и природа нагрузок на нее».

Классификация траловых лебедок

По роду двигателя



По типу передачи



По количеству валов



По способу включения барабанов



По тяговому усилию

Большие 7—8 т Тралы 39; 34; 31	Средние 3—4 т 25; 20,4	Малые 0,8—2,5 т 9; 12; 15; 18; 20
-----------------------------------	---------------------------	--------------------------------------

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК НА ВАЕРАХ В ПРОЦЕССЕ ВЫБОРКИ ТРАЛА ПРИ ВОЛНЕНИИ

Постановка задачи

Чтобы наметить схему задачи, мы должны ясно представить физическую сторону исследуемого явления и разобраться в сопутствующих этому явлению факторах, которые пока не поддаются учету и усложняют общую картину. С этой целью обратимся к процессу лова тралом и выделим из него подлежащий исследованию участок работы.

Известно, что техника работы с тралом состоит из следующих операций:

- подготовка к работе с тралом;
- спуск трала;
- подготовка к приему улова;
- траление;
- выборка трала.

Так как нашей задачей является определение нагрузок на ваерах в процессе работы траловой лебедки, то остановимся на наиболее необходимой операции — выборке трала.

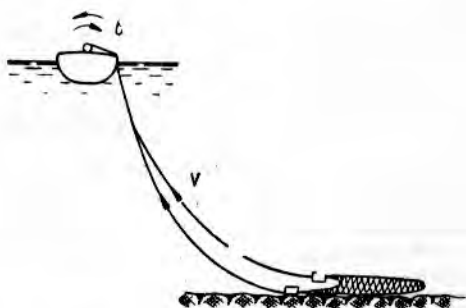


Рис. 1. Выборка ваеров до момента отрыва трала от грунта:

v — скорость выборки ваеров; θ — угол крена корабля



Рис. 2. Выборка ваеров с момента отрыва трала от грунта:

P — вес трала, остальные обозначения те же, что на рис. 1

Схема выборки трала состоит, как известно, в следующем: к концу траления судно ставят кормой к ветру, готовят лебедку, уменьшают ход и при помощи руля отводят ваеры от борта. Затем стопорят главную машину, отдают ваеры со стопора и начинают выбирать их на лебедку. Трал, как правило, выбирают с наветренного борта.

Выборка ваеров заканчивается с момента подхода траловых досок к траловым дугам. Затем доски отсоединяют от ваера и после циркуляции, которую производят с целью загона рыбы в куток, выбирают кабели до прихода кляченок к траловым дугам. Далее начинают грузовые операции по подъему сетной части трала с рыбой на палубу.

Исходя из описанного порядка подъема трала, расчетную схему по определению нагрузок на ваерах можно представить в следующем виде.

Судно стоит с застопоренной машиной лагом к волне и качается на волнах. На судне работает лебедка и выбирает ваеры с наветренного борта с некоторой скоростью.

Эта схема в свою очередь может быть разделена на две:

- 1) выборка ваеров до момента отрыва трала от грунта (рис. 1);
- 2) выборка ваеров с момента отрыва трала от грунта (рис. 2).

Задача определения нагрузок на ваерах в процессе выборки трала до момента отрыва трала от грунта очень сложна и требует многих данных, которые практически получить пока невозможно. Очевидно, в этом случае необходимо знать коэффициент трения трала вместе с уловом о грунт дна, характер поведения досок при выборке трала, форму кривой, по которой провисает ваер в процессе его выборки, степень амортизации ваером рывков, возникающих вследствие качки судна, величину относительного сближения трала и судна в процессе выборки и т. д.

Все эти вопросы требуют больших экспериментальных работ и вряд ли могут быть разрешены при натурных испытаниях.

При выборе расчетной схемы для определения нагрузок на ваерах в процессе выборки трала необходимо учитывать максимальные нагрузки. Подходя к оценке двух выбранных схем с этой точки зрения, надо отдать предпочтение второй схеме, так как здесь вес трала с оснасткой и уловом полностью входит в натяжение ваера.

Сопrotивление траловых досок также намного больше по сравнению с первой схемой вследствие изменения угла атаки досок. Это проверено нами экспериментально. Максимальные нагрузки на ваерах получились в момент отрыва трала от грунта.

Итак, задачу определения нагрузок на ваерах в процессе выборки трала мы сводим к определению возможных максимальных нагрузок при вертикально расположенных ваерах. Угол, который составляют ваеры с вертикалью, невелик и может быть принят равным нулю.

Для того чтобы составить уравнение натяжения ваера в процессе выборки трала при волнении, необходимо выяснить природу действующих сил.

Очевидно, что основной причиной, вызывающей появление динамических нагрузок на ваерах на волнении, является качка корабля.

В дальнейшем будет неоднократно упоминаться выражение «динамические нагрузки», которое принимается нами условно; нагрузки на ваерах при выборке трала на волнении вернее было бы назвать пульсирующими.

Уравнение нагрузок на ваерах в процессе выборки трала на волнении

Очевидно, что при выборке трала на волнении с момента отрыва трала от грунта нагрузка на ваерах будет складываться из нагрузок, действующих на спокойной воде, и нагрузок, являющихся следствием качки корабля.

Как известно из теории качки корабля, абсолютные координаты верхнего конца ваера на регулярном волнении изменяются по периодическому закону.

Под абсолютными мы будем понимать координаты, относящиеся к «неподвижной» системе координат, связанной с землей (с морским дном). Изменением горизонтальной ординаты верхнего конца ваера ввиду ее малой величины будем пренебрегать, а изменение вертикальной ординаты примем происходящим по простейшему периодическому закону косинуса; за начало неподвижной системы координат будем считать центр колебания верхнего конца ваера.

При составлении дифференциального уравнения движения верхнего конца ваера будем рассматривать трал как материальную точку.

Рассмотрим природу действующих сил при выборке трала на волнении и выразим их аналитически.

Силы, действующие на ваерах при выборке трала на спокойной воде. Сила веса P . В эту силу войдет вес трала, досок, ваеров и улова в воде.

Обозначим: P_1 — вес трала с вооружением и уловом (в воде);
 P_2 — вес траловых досок (в воде);
 P_3 — вес ваеров (в воде).

Общая сила веса $P = P_1 + P_2 + P_3$. По мере выбирания ваеров эта сила будет уменьшаться на величину веса выбранных ваеров.

Величину уменьшения веса ваеров по истечении времени t с момента отрыва траловых досок от грунта можно выразить формулой

$$\Delta P_t = vtq,$$

где: v — скорость выбирания ваеров в $м/сек$;
 q — вес 1 *поз. м* ваера в воде.

В дальнейшем собственный вес ваера будем относить непосредственно к весу трала.

Сила сопротивления жидкости. Эта сила будет состоять из сопротивления жидкости движению трала с уловом, сопротивления траловых досок и ваеров.

Известно, что сопротивление, испытываемое телом, движущимся со скоростью v в неподвижной жидкости, может быть в общем виде выражено формулой

$$R = k_0 F v^n,$$

где: R — сопротивление в $кг$;
 $k_0 = 100k$ — коэффициент сопротивления, характеризующий условия движения (величина его зависит от формы тела и величины числа Рейнольдса);
 F — площадь сопротивления тела в $м^2$;
 v — скорость в $м/сек$;
 n — показатель степени.

В нашем случае эту формулу мы можем отнести к суммарному сопротивлению, которое является следствием движения трала, траловых досок и ваеров при выборке последних с некоторой скоростью.

Тогда в формуле $R = k_0 F v^n$ отдельные члены будут означать следующее:

$R = R_1 + R_2 + R_3$ — суммарное сопротивление,

где: R_1 — сопротивление отакелажной сетной части трала с уловом;

R_2 — сопротивление траловых досок;

R_3 — сопротивление ваеров и кабелей;

$k_0 = k_{01} + k_{02} + k_{03}$ — суммарный коэффициент сопротивления, учитывающий особенности формы тела и условия его движения;

где: k_{01} , k_{02} , k_{03} — коэффициенты сопротивления, относящиеся соответственно к тралу с уловом, траловым доскам и ваерам;

$F = F_1 + F_2 + F_3$ — суммарная площадь сопротивления;

где: F_1 , F_2 , F_3 — площади сопротивления тех же тел;

v — скорость выбирания ваеров в $м/сек$.

Пользоваться приведенной формулой для простых геометрических тел (шара, цилиндра, пластинки и др.) не представляет большого труда. Коэффициенты сопротивления этих тел подробно изучены и про-

верены многочисленными опытами. Применение формулы в нашем случае, когда форма тела и условия его движения остаются для нас малоизвестными, крайне затруднительно. Это относится в первую очередь к сетной части трала.

Для решения нашей задачи необходимо определить сопротивление трала в процессе выборки ваеров и выяснить характер зависимости этого сопротивления от скорости выборки.

Определить опытным путем величины k_0 и R для различных частей трала крайне затруднительно. Из опыта по измеренным R и v можем получить лишь произведение величины суммарного коэффициента сопротивления на общую площадь сопротивления $k_0 F$, которое назовем агрегатным коэффициентом сопротивления.

Инерционные силы от ускорения верхних концов ваеров при качке судна при $v=0$. Уравнение качки верхних концов ваеров (точки около подвижных роликов траловых дуг), как следует из теории качки судна на регулярном волнении, можно записать так

$$L = A \cos \sigma t.$$

Тогда скорость и ускорение верхних концов выразятся через первую и вторую производные от L по времени t . В результате получим скорость

$$\frac{dL}{dt} = -A\sigma \sin \sigma t,$$

ускорение

$$\frac{d^2L}{dt^2} = -A\sigma^2 \cos \sigma t.$$

Масса, которая будет двигаться с подобным ускорением, будет состоять из массы трала с вооружением, траловых досок и ваеров. При этом очевидно, что при определении массы надо брать вес тела в мокром виде с впитавшейся в него водой.

Кроме основной массы, при ускоренном движении, каким является движение верхних концов ваеров (следовательно, и самого трала), необходимо учитывать действие «присоединенной» или «виртуальной» массы.

Для ряда тел простых геометрических форм, движущихся в идеальной жидкости, гидромеханика дает аналитические способы получения величины присоединенной массы. Решения таких задач даны, например, для шара, эллипсоида вращения, цилиндра бесконечного размера с различной формой сечений.

Определить величину присоединенной массы для трала каким-либо аналитическим путем вследствие сложности, неопределенности и изменчивости формы трала не представляется возможным. Уподобить же трал какой-либо простой фигуре, например эллипсу или шару, нет никаких оснований. Поэтому для вычисления его присоединенной массы нам придется прибегнуть к косвенному способу (об этом будет сказано при обработке экспериментальных данных).

Таким образом, в общем виде величину инерционной силы трала с уловом, досками и ваерами при качке корабля и положении трала на «панере» можно написать так

$$(M + \Delta M) A \sigma^2 \cos \sigma t.$$

При этом необходимо помнить, что величина инерционной силы $MA\sigma^2 \cos \sigma t$ будет уменьшаться при выборке на величину, соответствующую инерционной силе выбранных ваеров, которой мы будем пренебречь (помня, что вес ваеров нами отнесен к весу трала).

Для уяснения знака и характера силы $(M + \Delta M)A\sigma^2 \cos \sigma t$ построим график колебаний, скорости и ускорения верхних концов ваеров при совместном действии вертикальной и бортовой качки (рис. 3).

Как видно из графика, колебания, скорость и ускорение верхних концов ваеров сдвинуты относительно друг друга на 90° . Если за положительное направление принять движение борта вниз, то инерционная сила $(M + \Delta M)A\sigma^2 \cos \sigma t$ в первой и четвертой четвертях (от $\sigma t = 0^\circ$ до $\sigma t = 90^\circ$ и от $\sigma t = 270^\circ$ до $\sigma t = 360^\circ$) будет иметь отрицательный знак, т. е. будет направлена вверх, а во второй и третьей четвертях (от $\sigma t = 90^\circ$ до $\sigma t = 180^\circ$ и от $\sigma t = 180^\circ$ до $\sigma t = 270^\circ$) — положительный, т. е. будет направлена вниз.

Таким образом, если трал колеблется в унисон с колебаниями верхних концов ваеров, инерционная сила $(M + \Delta M)A\sigma^2 \cos \sigma t$ будет иметь знак, противоположный направлению движения верхних концов ваеров.

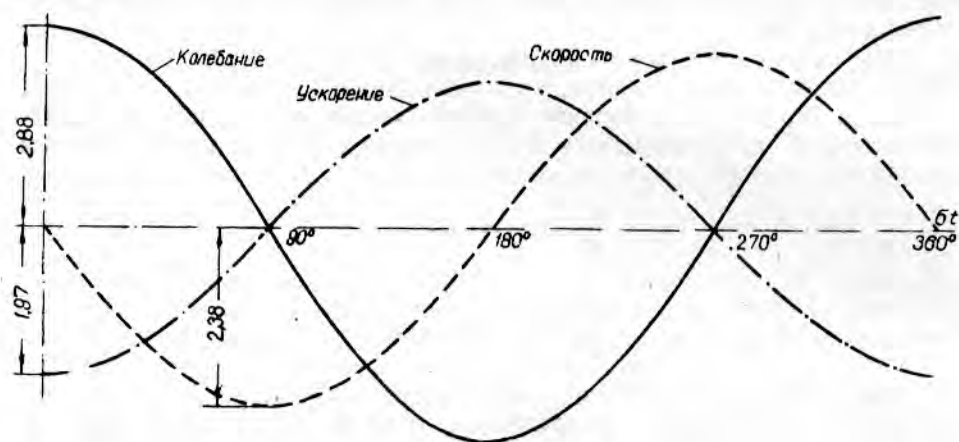


Рис. 3. График колебаний, скорости и ускорения концов ваеров у траловых дуг при совместном действии вертикальной и бортовой качки.

Сила сопротивления трала с оснасткой, возникающая под влиянием скорости перемещения верхних концов ваеров при качке корабля. Принимая тот же закон сопротивления, что и при спокойной воде, силу сопротивления трала с оснасткой можно написать в виде

$$k_0 F (v - A\sigma \sin \sigma t)^n,$$

где: $k_0 F$ — агрегатный коэффициент сопротивления;

v — скорость верхних концов ваеров при качке корабля;

n — показатель степени.

Для установления знака сопротивления $k_0 F (A\sigma \sin \sigma t)^n$ обратимся к графику (см. рис. 3). Из графика устанавливаем, что если за положительное направление принять движение борта вниз, то сила скоростного сопротивления $k_0 F (A\sigma \sin \sigma t)^n$ в первой и второй четвертях будет отрицательной, т. е. будет направлена вверх, а в третьей и четвертой четвертях — положительной, т. е. направлена вниз.

Таким образом, в процессе выборки трала на волнении на него действуют следующие силы:

P — сила веса трала с оснасткой и уловом;

$(M + \Delta M)A\sigma^2 \cos \sigma t$ — инерционная сила, являющаяся результатом ускоренного движения трала при качке корабля;

$k_0 F (v - A\sigma \sin \sigma t)^n$ — скоростное сопротивление, являющееся результатом движения трала со скоростью, равной алгебраической сумме

скорости выборки трала лебедкой и скорости движения верхних концов ваеров при качке корабля. Пренебрегая изменением веса ваеров при выборке и относя его к весу трала, уравнение нагрузок на ваерах в процессе выборки трала на спокойной воде можно записать так

$$T' = P + k_0 F v^n.$$

Уравнение динамических (или пульсирующих) нагрузок на ваерах от действия качки корабля при условии $v=0$ будет иметь вид

$$T'' = -(M + \Delta M) A \sigma^2 \cos \sigma t + k_0 F (v - A \sigma \sin \sigma t)^n.$$

Тогда общее уравнение нагрузок на ваерах в процессе выборки трала на волнении в положении трала на «панере» может быть написано в следующем виде:

$$T = T' + T'' = P - (M + \Delta M) A \sigma^2 \cos \sigma t + k_0 F (v - A \sigma \sin \sigma t)^n.$$

Перейдем к анализу выведенного уравнения.

Прежде всего необходимо отметить, что полученное уравнение является приближенным. Оно характеризует и учитывает лишь основные силы, составляющие нагрузку на ваеры в процессе выборки трала на волнении, и не учитывает сопутствующих им дополнительных нагрузок, величину которых мы еще не можем выразить аналитически.

Разберемся в природе возможных дополнительных нагрузок и сделанных допущениях.

При выводе основного уравнения качки корабля исходили из условия установившегося волнения, т. е. вывод уравнения был сделан применительно к условию мертвой зыби. Применение его в условиях обычного волнения, когда период и форма волны не являются постоянными, приводит к погрешности.

Формула получена в предположении полного совпадения по времени колебания верхних концов ваеров и трала.

В действительности картина много сложнее, так как трал вместе с рыбой при некоторых скоростях качки отстает в своем движении от движения верхних концов ваеров (трал некоторое время как бы находится во взвешенном состоянии); в унисон с опусканием борта будут двигаться траловые доски, бобинцы и ваеры.

Картина и дальше усложняется. В то время как из формулы выключается член скоростного сопротивления от качки корабля $k_0 F (v - A \sigma \sin \sigma t)^n$ из-за скорости качки в верхней и нижней точках, близких к нулю, нагрузка на ваерах падает, лебедка повышает число оборотов (паровые и электрические со схемой В. Леонардо), в результате чего происходит увеличение скорости выборки ваеров, а следовательно, возрастает и сопротивление трала.

Изменение числа оборотов лебедки вследствие нерегулярности волнения происходит также по довольно сложному закону. В результате мы имеем дело с наложением нескольких неправильных нагрузок, от чего диаграмма, а следовательно, и формула нагрузок будет более сложной.

Уравнением не учитывается угол атаки досок (т. е. в данном случае угол между плоскостью доски и ваером), который меняется при изменении скорости движения ваеров.

Уравнением не учитываются дополнительные нагрузки, возникающие вследствие дрейфа судна в процессе выборки трала.

При выводе формулы вес ваеров искусственно отнесен к весу трала, а ваеры приняты за невесомые, нерастяжимые нити, что также условно.

Для выяснения количественного влияния всех перечисленных погрешностей необходима опытная проверка полученных формул.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ

Определение натяжения ваеров

Натяжение ваеров при тралении, подъеме и спуске трала измерялось динамометром и динамографом (рис. 4).

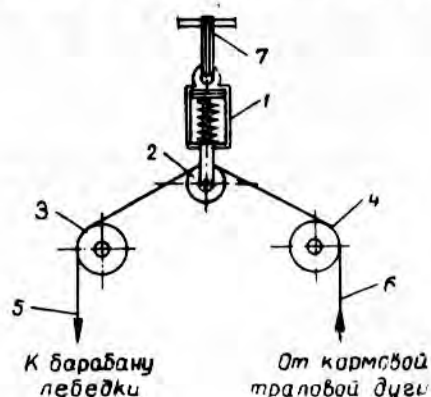


Рис. 4. Схема включения динамографа: 1 — динамограф; 2 — подвижный блок динамографа; 3 — центральный роуль; 4 — бортовой роуль; 5, 6 — ваеры; 7 — место крепления к носовой траловой дуге

Основными элементами волны являются период τ , длина λ и высота h .

Длина волны λ и ее период τ связаны между собой простой зависимостью

$$\lambda = 1,56 \tau^2.$$

Нормальные погрешности при отсчете времени по секундомеру не превышают 0,2 сек. и, следовательно, наибольшая ошибка наблюдения не превышает 0,4 сек., а максимальная погрешность определения среднего периода волны не превосходит 0,04 сек. Поэтому при определении волнового периода при помощи секундомера можно ограничиваться десятком волн.

При замере периода волны с судов, не стоящих на якоре, в качестве фиксированной точки наблюдения используют вертикальный буй или другой небольшой плавающий предмет. В наших испытаниях в качестве плавающего тела мы принимали траловый буй и торцовые отпилы от деревянных бобинцев.

Длину волны в опытах определяли с помощью ручного лага. С кормы судна выбрасывали сектор ручного лага и свободно потравливали лаглия. В тот момент, когда гребень следующей волны был у кормы судна, замечалась длина вытравливаемого лаглия, которая и являлась длиной волны.

Помимо визуального способа, высоту и период волны определяли при помощи простейших приборов, для чего применяли свободно плавающую волномерную рейку Фруда, состоящую из размеченного делениями стержня с грузом, линия и парусиновой рамки. Рамка располагалась на такой глубине, где величина вертикальной оси волновых орбит не превышала требующейся точности отсчетов по рейке.

При опыте было принято: точность отсчета 0,1 м, высота волны $h=5$ м, длина волны $\lambda=10h$.

Для получения полного силового режима лебедки в процессе подъема трала с уловом производились замеры натяжений вспомогательных тросов: джильсона, массенжера, квартропов. Натяжение их определялось с помощью гидравлического тензомера и тензомера конструкции инж. А. И. Трещева и опытного тралового динамографа системы доцента Ю. Ю. Ревякина.

Определение элементов волн

Как уже было отмечено, динамические нагрузки на ваерах являются функцией размахов и периода качки корабля, которые зависят от состояния моря, т. е. элементов волны.

Тогда глубина расположения рамки может быть определена по формуле

$$h_z = h e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}};$$

$$0,1 = 5e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}}; \quad z = 30 \text{ м.}$$

При пользовании рейкой правильность отсчетов искажается из-за наклона рейки. Однако при определении высоты волны с точностью до 0,1 м можно игнорировать отклонения волномерной рейки от вертикали, не превышающие 10—15°.

Определение периода волны по рейке Фруда такое же, как и определение его по траловому бую.

Определение амплитуды и периода качки

Амплитуду и период качки определяли в момент выборки трала, когда судно стоит с застопоренной машиной.

В опытах определяли лишь угол размаха и период бортовой качки.

При изучении бортовой качки корабля часто для определения угла крена пользуются кренометрами, которые имеются на каждом судне. Однако этот простой удобный прибор дает большие погрешности в показаниях вследствие вынужденных колебаний маятника, вызванных перемещениями точки подвеса.

Вопрос работы маятникового кренометра (рис. 5) был разработан академиком А. Н. Крыловым.

Приближенное выражение ошибки кренометра выражается следующей формулой:

$$\varphi = \frac{2\pi r}{\lambda} \cdot \frac{\tau^2}{\tau^2 - T'^2} \sin \frac{2\pi t}{\tau} + \\ + 4 \frac{\pi^2 c}{g} \left[\frac{A_2}{T_2^2 - T'^2} \sin \left(\frac{2\pi t}{T_2} + \beta \right) + \right. \\ \left. + \frac{B_2}{\tau^2 - T'^2} \sin \frac{2\pi t}{\tau} - \sigma_2 \right],$$

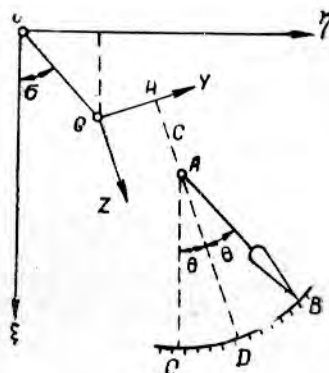


Рис. 5. Схема маятникового кренометра:

$O\xi, O\zeta, O\eta$ — неподвижные оси в пространстве; G — центр тяжести корабля; Ox, Oy, Oz — подвижные оси, связанные с кораблем; AC — положение оси маятника при отсутствии погрешности; $AB = l$ — общий случай расположения маятника (при наличии погрешности в отсчете); θ — наклонение корабля (угол крена); B, H, C — координаты точки подвеса.

где: $\varphi = \theta + \xi$ — погрешность кренометра;
 r — полувысота (амплитуда) волны;
 λ — длина волны;
 τ — период волны;

$T' = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}}$ — период собственных колебаний маятника, где: I — момент инерции массы маятника относительно оси,

проходящей через точку подвеса A параллельно Gx ; l — длина маятника; m — масса маятника;

$T_2 = \frac{2\pi}{\omega}$ — период собственных бортовых качаний корабля;
 t — время;

- A_2, B_2 — соответственно амплитуды свободных и вынужденных колебаний;
 β — начальная фаза свободных колебаний;
 σ — сдвиг фаз вынужденных колебаний по отношению к волне.

Проанализируем полученное уравнение.

а) В формулу ошибки кренометра совершенно не входит координата B точки подвеса, что является следствием допущения об относительной малости колебания корабля и маятника. Это дает нам право сделать заключение, что отстояние точки подвеса кренометра от диаметральной плоскости не оказывает существенного влияния на точность его показаний, если только измеряемые углы крена относительно невелики.

б. Допустив, что $c=0$, т. е. точка подвеса располагается на одном уровне с ц. т. корабля, получим

$$\varphi = \frac{2\pi r}{\lambda} \cdot \frac{\tau^2}{\tau^2 - T'^2} \sin \frac{2\pi t}{\tau} = \alpha_0 \frac{\tau^2}{\tau^2 - T'^2} \sin \frac{2\pi t}{\tau},$$

где $\alpha_0 = \frac{2\pi r}{\lambda}$ — наибольший склон волны.

Таким образом, точность кренометра не зависит от свободных и вынужденных колебаний корабля, а является только следствием горизонтальных перемещений точки подвеса. При $c=0$ и так как $\alpha_0 \sin \frac{2\pi t}{\tau} = \Delta$ — текущий склон волны, при $\frac{\tau^2}{\tau^2 - T'^2} = 1$ будем иметь $\varphi = \Delta$, т. е.

в этом случае маятник отклоняется от вертикального направления на угол, равный действующему склону волны, и, следовательно, устанавливается по нормали к волновому профилю в том месте, где находится корабль, поперечные размеры которого предполагаются весьма малыми по сравнению с длиной волны

Условие $\frac{\tau^2}{\tau^2 - T'^2} = 1$ может быть выполнено, если период свободного колебания маятника мал по сравнению с периодом волны.

Указанный кренометр носит название короткопериодного и вполне надежно измеряет угол крена корабля по отношению к поверхности волны, если только $c=0$.

В таких примерно условиях находится на корабле кренометр, установленный в машинном отделении и подвешенный к точке, лежащей в плоскости ГВЛ.

Принимая во внимание отмеченные условия работы маятникового кренометра, в наших опытах мы пользовались кренометром, расположенным в машинном отделении.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ

В течение 1947—1949 гг. автором были проведены испытания траловых лебедок восьми различных систем:

- паровая траловая лебедка с отдельным приводом;
- паровая траловая лебедка с нераздельным приводом;
- электрическая траловая лебедка;
- малая траловая лебедка с приводом от главного двигателя;
- лебедка типа «Демаг»;
- тралово-сейнерные лебедки трех систем.

Обработка экспериментальных данных проводилась в соответствии с задачей определения природы нагрузок на ваерах в процессе выборки трала на волнении.

Величина и характер нагрузок, действующих на ваеры на спокойной воде

В процессе испытаний нами были получены динамограммы нагрузок на ваерах при различном состоянии моря.

Характер и величина нагрузок на ваерах при спокойной воде видны из диаграммы нагрузок на ваерах за полный цикл работы с тралом (рис. 6).

Из динамограммы следует, что нагрузки на ваерах в течение всего цикла работы лебедки носят переменный характер.

В процессе травления ваеры свободно сматываются с барабанов лебедки. Скорость судна в этом случае доводится до 7—8 узлов. Ступенчатый характер кривой нагрузки при травлении ваеров объясняется периодическим притормаживанием барабанов лебедки при помощи ленточных тормозов.



Рис. 6. Диаграмма нагрузок на ваерах за полный цикл работы с тралом

Частые, небольшие колебания величины нагрузок на ваерах являются следствием вибрации ваеров, находящихся под действием сил сопротивления трала, и вибрации корпуса судна при работе главной машины.

В конце травления, когда с барабанов лебедки начинают сматываться последние 100—80 м ваеров, скорость судна уменьшают до малой, а иногда и совсем стопорят главную машину (судно движется вперед по инерции). Далее как мессенжера пускают от носовой траловой дуги на носовой ваер и при помощи лебедки сводят оба ваера до момента, когда они лягут вместе на подушку стопорблока, после чего ленточные тормоза закрепляют и увеличивают скорость травления до 3—4 узлов.

Процесс взятия ваеров на стопор и закрепление ленточных тормозов вызывает резкое возрастание нагрузок на ваерах (до 11—12 т); это является следствием того, что сравнительно спокойное опускание трала при сматывании ваеров с барабанов лебедки на ходу судна оканчивается почти полной остановкой трала.

В дальнейшем скорость движения трала от величины, близкой к нулю, доходит до нормальной. Нарастание скорости происходит быстро, за несколько секунд. Ввиду этого наблюдается явление динамического удара, следствием чего и является резкое повышение нагрузки на ваерах в конце травления (в начале траления).

Траление. Величина нагрузки на ваерах при тралении зависит в первую очередь от скорости траления. Обычные установившиеся на практике скорости траления не превышают 3—4 узлов. Попытки увеличения скорости траления не дали положительных результатов, так как при этом наблюдалось уменьшение расстояния между траловыми досками. Скорость траления несколько меняется при лове рыб разных пород (так, например, при лове камбалы скорость траления не превышает 2,5 узла).

В общем скорость траления зависит от мощности механизмов и мореходных свойств судна, величины сопротивления трала при букси-

Испытание 34-метрового отечественного трала с укороченными косыми крыльями (грунт—ил)

Показатели	Номера испытаний																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Состояние моря в балах	3	3	2	2	2	2	2	3-4	4	4	4-5	4-5	5	5	5	4-5	3	3	2	1-2	1	1
Скорость ветра в м/сек	6	6	5	5	5	5	4	6	5	5	6	6,5	7	8	7,6	7,1	5,6	5,7	4,1	4,0	4,0	3,0
Направление ветра относительно судна в град.	120	90	45	100	270	330	90	110	30	0	30	0	270	270	30	90	270	110	160	30	220	340
Глубина моря в м	53	52	49	50	66	65	153	170	180	200	215	170	185	250	160	175	175	165	150	170	155	165
Длина ваеров в м	250	250	250	250	250	250	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Угол между ваерами в град.	12	12	15-16	15	14	14	7	7	8	6,5	7	8	8	6	7	6,5	7	7	6,5	7	6,5	7
Угол между диаметральной плоскостью и биссектрисой угла между ваерами в град.	10	7	8	12	8	7	13	15	15	15	17	12	15	8	4	6	7	10	6	8	7	10
Количество рыбы в т	0,5	0,5	0,6	1	1	0,8	2	3,5	2,5	2	2	1,5	1,5	2	2	1,8	2	1,4	1,9	1,5	1,8	1,0
Соппротивление трала в кг	8150	7800	8000	8000	8000	8350	9000	9200	9000	9350	8400	9200	8700	9500	8500	8600	8700	8450	8200	8100	8000	8450
Тяговое усилие в кг	8400	7740	7880	7820	8380	8300	8770	8800	8690	9040	8100	8820	9320	9140	8460	8600	8670	8300	8050	7930	8840	8320
Скорость буксировки в м/сек (2,8-3,1)	3	2,8	2,9	3	3	2,9	3,3	3,3	3,2	3,2	3	3,4	3,2	3,4	3,1	3,2	3,3	3,1	3,2	3,2	3,1	3,4

ровке, гидрометеорологических условий промысла, характера грунта, уловистости трала на различных скоростях.

Результаты испытаний 34-метрового трала с укороченными крыльями приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 2

Испытание 34-метрового трала с укороченными крыльями (грунт—песок)

Показатели	Номера испытаний									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Состояние моря в баллах	3	4	4	5	5	6	6	6	5—6	6
Скорость ветра в м/сек	5,2	7,8	8,1	10,2	8,9	11,2	13	14,0	13,0	14,1
Направление ветра относительно судна в град.	30	0	90	180	40	270	330	220	40	50
Глубина моря в м	140	140	140	170	175	180	140	175	110	150
Длина ваеров в м	400	400	400	500	500	500	400	500	500	400
Угол между ваерами в град.	9	8,5	9,5	7	7	6,5	9	7	6,5	8,5
Количество рыбы в т	0,8	1,2	1,6	1,5	1,2	2,0	0,8	1,0	2,5	1,4
Сопротивление трала в кг	5400	5260	5300	5450	5200	5450	5100	6000	5800	5450
Скорость буксировки в милях в час	2,9	2,75	3,0	3,2	3,0	3,2	2,85	3,	2,8	2,8

Таблицы показывают, что вид грунта оказывает большое влияние на величину сопротивления трала при буксировке. Так, при испытании на песчаном грунте сопротивление 34-метрового трала составляло примерно 5000 кг, а на илистом грунте доходило до 8000—9000 кг (и даже до 9500 кг).

Анализ таблиц показывает, что сопротивление трала при тралении изменяется прямо пропорционально изменению скорости.

Выборка трала. В конце траления машину стопорят, ваеры отдают со стопора, приступают к выборке. В то время когда главная машина перестает работать, нагрузка на ваерах, как видно из динамограммы, резко падает, а в следующий момент, который соответствует началу выборки ваеров, нагрузка резко увеличивается (доходя до 12 т). Затем скорость выборки становится обычной, принятой при выборке ваеров (1—1,2 м/сек).

Прежде чем оценивать характер действующих нагрузок на ваерах, остановимся более подробно на явлении резкого увеличения нагрузки при окончании траления ваеров и начале траления, а также в конце траления и в начале выборки ваеров. Резкое возрастание усилий здесь сходно с возрастанием усилий при начале движения какого-либо тела, расположенного на мягком грунте.

Сила тяги P в этом случае складывается из тягового усилия при установившемся движении P' , дополнительного сопротивления P'' , вызываемого погружением тела в грунт за период стояния тела на месте, а также из произведения массы тела m на ускорение a при трогании с места, т. е.

$$P = P' + P'' + ma.$$

Величины P'' и a зависят от свойств грунта и запаса мощности тягового механизма, а поэтому могут иметь различные значения. Необходимая мощность при трогании с места уменьшается в случае медленного нарастания скорости.

Итак, при установившейся выборке трала скорость движения его (1,2 м/сек) меньше, чем при буксировке (около 1,5 м/сек), и на первый взгляд нагрузка на ваерах при выборке должна быть меньше, чем при

тралении. Однако характер нагрузок на ваерах в процессе выборки сложнее, чем при установившейся скорости траления.

При тралении нагрузка на ваерах будет относительно постоянной величиной (опыты подтверждают это). Изменения сопротивления трала от увеличения улова не наблюдается. Причиной этого, видимо, является уменьшение горизонтального раскрытия трала, происходящее по мере увеличения улова.

При выборке трала картина осложняется тем, что количество выгравленных ваеров уменьшается по мере их выборки. В первый момент нагрузки на ваерах меньше, чем при тралении, вследствие уменьшения скорости движения трала. При дальнейшей выборке ваеров появляются вертикальные составляющие (вес трала). Вес на воздухе отдельных частей трала в мокром виде приведен в табл. 3.

Таблица 3

Вес отдельных частей 34-метрового отечественного трала в мокром виде (на воздухе)

Наименование частей	кг	% от общего веса	Наименование частей	кг	% от общего веса
Крылья, сквер и мотня с тросами	480	24,7	Носовой грунтроп с бобинцами	220	10,8
Куток с тросами	500	24,7	Клячевки и бобинцы у клячевок	110	5,4
Кормовой грунтроп с бобинцами	260	12,8	Кухтыли	50	2,7
Центральный грунтроп с бобинцами	400	19,9	Мокрый 34-метровый трал . .	2020	100

Максимальные натяжения ваеров при различных скоростях выборки в положении трала на «панере» и сопротивления трала при тех же скоростях приведены в табл. 4.

Таблица 4

Максимальные натяжения ваеров и сопротивления трала при различных скоростях выборки¹

Скорость выборки ваеров в м/сек	Максимальная нагрузка на ваерах в кг	Максимальное сопротивление трала в кг	Скорость выборки ваеров в м/сек	Максимальная нагрузка на ваерах в кг	Максимальное сопротивление трала в кг
0,4	3250	850	0,93	4500	2100
0,51	3500	1100	0,98	4550	2150
0,62	3700	1300	0,03	4700	2300
0,63	3850	1450	1,05	4800	2400
0,70	3950	1550	1,08	4750	2350
0,71	4070	1600	1,12	5000	2600
0,76	4050	1650	1,18	5150	2750
0,78	4200	1800	1,20	5050	2650
0,85	4250	1850			

¹ Табл. 4 составлена на основании обработки 17 динамограмм. Скорость выборки определена как средняя за опыт.

В табл. 5 приведены результаты взвешивания трала и его частей в воде.

Цифры второй графы табл. 5 соответствуют сопротивлению трала в начальный момент нахождения его на «панере» и получены путем вычитания из величины максимального натяжения ваера величины веса трала, траловых досок и ваеров в воде ($P=2400$ кг).

Таблица 5

Вес трала, траловых досок и ваеров в воде в кг
(трал 34-метровый с металлическими бобинцами)

Наименование частей	Общий вес в кг	Вес отдельной части
Два ваера, $d=25$ мм, по 250 м каждый	1000	Вес 1 пог. м ваера равен 2 кг
Две траловые доски . . .	1000	Вес одной траловой доски равен 500 кг
Сетная часть трала	400	

По данным табл. 4 построен график зависимости максимального значения сопротивления трала от скорости выборки (рис. 7), на котором по оси абсцисс отложена средняя скорость выборки ваеров, а по оси ординат — максимальное значение сопротивления трала в процессе выборки.

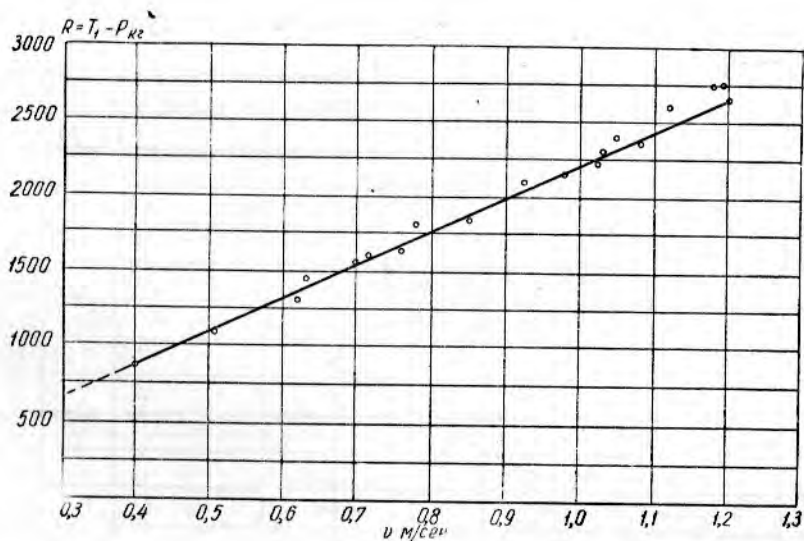


Рис. 7. Сопротивление трала с оборудованием при выборке ваеров в момент нахождения трала на «панере» (состояние моря — штиль; глубина моря 250 м)

Как видно из графика, зависимость сопротивления трала от скорости выборки в момент нахождения трала на «панере» изображается прямой линией, т. е. сопротивление трала пропорционально скорости в первой степени. Следовательно, формулу сопротивления можно написать так

$$R = T_1 - P.$$

С целью определения сопротивления трала на «панере» были сделаны замеры натяжения ваеров при различных уловах и постоянной скорости выборки (правда, постоянную скорость выборки выдержать не удалось, она колебалась в опытах в пределах 0,85—1,0 м/сек). При обработке данных брали среднюю в опыте скорость.

Результаты замеров приводятся в табл. 6.

Таблица 6

Сопротивление трала с уловом

Количество рыбы в т	Сопротивление трала в кг		
	опыт 1	опыт 2	опыт 3
0,5	2400	2400	—
0,6	2450	2450	—
1,0	2400	2450	2500
1,3	2550	—	—
2,0	2600	2650	—
2,6	2800	2750	—
3,0	2850	2750	2800
4,0	3200	3100	—
4,3	3100	—	—
4,8	3450	—	—
5,0	3500	3550	—

Сопротивление трала в табл. 6 получено как разность между максимальным натяжением ваеров в процессе выборки и весом трала в воде. Таким образом, в цифру сопротивления трала вошли также вес улова и добавочное сопротивление трала от улова. Характер зависимости сопротивления трала R от улова показан на графике (рис. 8).

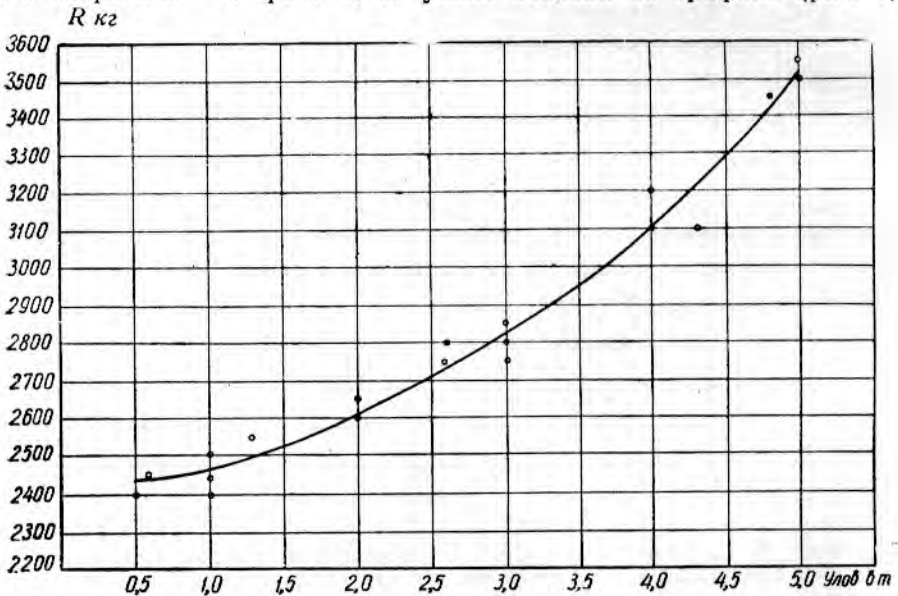


Рис. 8. График зависимости сопротивления трала от улова (состояние моря — штиль; глубина траления 200—250 м; скорость выборки трала 1 м/сек).

Пользуясь полученными экспериментальными данными и зная основные размеры корабля, нетрудно решить уравнение движения борта корабля при совместном действии бортовой и вертикальной качки и приступить к решению уравнения нагрузки на ваерах.

Проделав такую работу на частном примере, мы установили, что наше уравнение в основном правильно отражает природу действующих сил на ваерах при выборке трала на волнении. Однако из-за сложности вычисления нагрузок этим способом и условности результата ввиду неизученности качки траулера и трудности получения точных отправных данных мы отказались от рекомендации этого способа для применения при практических расчетах.

Разбор частного примера с учетом экспериментальных данных позволил получить выводы, которые помогли нам упростить это уравнение и найти более простой способ его решения.

Наши выводы свелись к следующему.

1. Сопротивление трала в момент нахождения его на «панере» является линейной функцией скорости выборки, т. е. показатель степени n в нашем уравнении равен единице.

2. Величиной присоединенной массы ΔM можно пренебречь, так как это не повлечет большого изменения суммарной нагрузки. Если допустить, что $\Delta M = M$, то суммарная нагрузка увеличится всего на 2—2,5%. Считать, что величина присоединенной массы больше, чем величина массы трала с оборудованием, у нас нет оснований: трал представляет собой гибкую и протекаемую систему.

3. По абсолютной величине инерционные силы меньше скоростных сил в 5—6 раз. Это позволяет взять для расчета случай, когда $\sigma t = 90^\circ$, потому что эти силы сдвинуты по фазе одна относительно другой на 90° .

Тогда уравнение нагрузок на ваерах может быть представлено в виде

$$T = P + k_0 F (v - A \sigma \sin \sigma t).$$

Ниже мы приводим один из способов решения этого уравнения.

Приближенный метод расчета максимальных нагрузок на ваерах при заданном волнении и угле крена корабля

С точки зрения практики нас интересует вопрос нагрузки на ваерах при выборке трала и качке корабля на заданной волне. Ввиду несовершенности теории качки корабля на нерегулярном волнении этот вопрос может быть решен только при условии, если из наблюдений мы получим отправные данные для расчета. К этим данным следует отнести высоту волны h , период волны τ и угол крена корабля на этой волне Θ . Нами определены указанные данные. Результаты помещены в табл. 7.

Таблица 7

Нагрузки на ваерах, полученные в результате наблюдения и вычисленные

Состояние моря в балах	Глубина места лова в м	Высота волны в м	Период волны в сек.	Угол крена корабля в°	Максимальная нагрузка на ваерах в кг (по наблюдению)	Максимальная нагрузка на ваерах в кг (вычисленная)	Погрешность в %
7—8	250	6	8,2	28	12,500	11,460	9,2
7—8	250	5,2	11,0	26	10,000	8,500	15,0
	180	4,8	7,6	20	10,300	9,400	8,0
	180	4,7	8,1	21	9,500	8,670	8,7
6	180	4,2	7,2	19	10,200	9,120	10,3
	180	4,2	8,0	17	9,400	8,320	11,6
	180	4,0	7,1	15	9,450	8,370	11,6
	180	3,9	7,0	14	9,300	8,170	13,2
	220	3,6	6,7	18	10,100	9,000	10,9
5	220	3,6	7,0	14	9,250	8,000	12,6
	220	3,3	6,4	13	9,300	8,080	13,0
4	250	2,64	6	14	9,800	9,450	3,5
3	250	1,6	4	10	9,800	9,830	0
2	250	0,6	3,6	8	7,000	7,950	13,6
1	240	0,2	2,6	4	5,800	6,780	16,9

По полученным элементам можно определить

а) амплитуду колебаний борта $L = \frac{h}{2} + \frac{B}{2} \operatorname{tg} \Theta$, где B — ширина

судна. При небольших углах крена $\operatorname{tg} \Theta$ можно заменить значением Θ в радианах, т. е. $L = \frac{h}{2} + \frac{B}{2} \Theta$;

б) частоту волны $\sigma_0 = \frac{2\pi}{\tau}$.

Уравнение максимальных нагрузок после упрощения

$$T = P + k_0 F(v - A\sigma \sin \sigma t).$$

Наличие в этой формуле скорости выборки трала не дает возможности сравнить значения, полученные посредством расчета, с опытными данными, так как в эту формулу входит мгновенная скорость, а не средняя, которую мы замеряли.

Однако известно, что при максимальных динамических нагрузках ваеров все существующие лебедки, работая с тралом при 6—7-балльном волнении, имеют скорость выборки, близкую к нулю. Вследствие этого при расчете максимальных нагрузок для возможности их сравнения с опытными данными величиной $k_0 Fv$ можно пренебречь.

После преобразований формула для определения максимальных нагрузок на ваерах может быть представлена в виде

$$T = P + k_0 F A \sigma.$$

Результаты вычислений максимальных нагрузок приведены в табл. 7.

Как видно из табл. 7, расчетная максимальная нагрузка на ваерах при волнении до 8 баллов меньше, чем наблюдаемая нагрузка, на 9—12%. Это объясняется тем, что при выводе формулы мы пренебрегли влиянием сил инерции и скоростных сил при выборке ваеров лебедкой.

Внеся соответствующий поправочный коэффициент, получим

$$T = 1,11(P + k_0 F A \sigma),$$

где коэффициент 1,11 — опытный.

Из табл. 7 также видно, что с уменьшением волнения указанная разница растет. Это объясняется тем, что скорость выборки ваеров в момент пиковых нагрузок (которые значительно меньше, чем при большом волнении) отлична от нуля. Поэтому приведенные в табл. 7 расчетные нагрузки в опытах при волнении 1—4 балла получены с учетом средней скорости выборки ($k_0 Fv_{cp}$). Из табл. 7 видно, что расчетные нагрузки в этом случае больше полученных из опыта.

Введение в расчет средней, а не мгновенной скорости выборки и является, видимо, причиной указанного расхождения в расчетных и опытных нагрузках.

Величина и характер нагрузок на ваерах при выборке трала на волнении

Анализ полученных в опытах динамограмм позволяет сделать следующие выводы.

1. Нагрузки на ваерах при выборке трала на волнении носят резко переменный (пульсирующий) характер.

2. Величина нагрузок зависит от интенсивности волнения моря и поведения корабля на данном волнении.

Данные, характеризующие зависимость величины максимальных нагрузок и амплитуд колебаний их от волнения, приведены в табл. 8.

3. Приведенные в табл. 8 величины максимальных нагрузок и амплитуд их колебаний получены как средние из максимальных значений при обработке динамограмм. Максимальная величина нагрузки на ваерах при волнении 7—8 баллов достигает 12 500 кг, а максимальная амплитуда колебаний нагрузок — 11 000 кг. Ввиду того что

Таблица 8

**Максимальные нагрузки и амплитуда их колебаний
при волнении различной силы**

Состояние моря в баллах	Максимальная нагрузка в кг	Максимальная амплитуда в кг
Штиль	5000	—
2	7500	3 50
2-3	8000	4250
4	9500	5750
5	10000	6750
6	10750	7250
7	11250	8000
7-8	12500	11000

промысел прекращается уже при 6—7-балльной волне, в обычных условиях промысловой работы максимальная нагрузка на ваерах не превосходит 11 250 кг, а максимальная амплитуда — 8000 кг.

4. Полученные максимальные значения нагрузок и амплитуд их колебаний могут быть большими. Это возможно в том случае, когда период собственных колебаний корабля будет близок к периоду волны (явление резонанса). Поэтому из практики известны случаи, когда ваеры рвутся при выборке трала на большом волнении.

**Нагрузка на лебедку в процессе грузовых операций
по подъему и спуску трала**

Помимо выборки ваеров, с помощью траловой лебедки производят все основные операции по подъему и спуску трала.

Была хронометрирована работа траловых лебедок и определен силовой режим при грузовых операциях по подъему и спуску трала (табл. 9).

Приведенные в табл. 9 данные являются средними величинами, полученными для паровой лебедки с нераздельным приводом из 12 циклов, для паровых лебедок с раздельным приводом из 22 циклов, для электрической лебедки из 24 циклов.

Величины нагрузок на тросах получены при помощи тензометра. Их максимальные значения взяты при волне 5—6 баллов.

В результате хронометража установлено следующее.

1. Максимальная скорость выборки ваеров при спокойной воде у паровой лебедки с нераздельным приводом 1,2 м/сек, у паровой лебедки с раздельным приводом — 1,19 м/сек и у электрической лебедки — 0,925 м/сек.

Скорость выборки ваеров при обычных промысловых условиях (при волне 3—5 баллов) колеблется в пределах от 0,75 до 0,85 м/сек.

Скорость выборки трала с подветренной стороны больше, чем с наветренной (при ветре в 6 баллов примерно в 2,5 раза).

2. Максимальные нагрузки на тросах при грузовых операциях по подъему и спуску трала составляют:

на джильсоне 3300 кг при подъеме 3 т рыбы (обычно величина нагрузки не превосходит 2 т);

на мессенжере 3600 кг при волне 6—7 баллов (усилие на мессенжере зависит от положения ваеров по отношению к судну в момент взятия ваеров на стопор).

3. Время работы лебедки, затраченное на один подъем трала, при паровых лебедках 11—12 мин., при электрической лебедке 13—14 мин. Время работы лебедки, затраченное на один спуск трала, 6—7 мин., если в эту цифру включить и время, необходимое на травление ваеров,

Результаты испытания траловых лебедок при подъеме и спуске трала

Наименование операций	Отечественная паровая лебедка с нераздельным приводом			Паровая лебедка с раздельным приводом			Электро-лебедка
	время работы лебедки	максимальная нагрузка на тросах в кг	скорость выборки тросов в м/сек	время работы лебедки	максимальная нагрузка на тросах в кг	скорость выборки тросов в м/сек	время работы лебедки
Выборка ваеров до прихода кормовой доски	6 мин. 50 сек.	—	1,2	7 мин.	—	1,19	2 мин.
Довыборка ваеров до прихода носовой доски	30 сек.	7500	—	28 сек.	7000	—	42 сек.
Выборка кабелей до прихода кормовой клячевки	35 сек.	6800	0,8—1	35 сек.	6200	0,8—1	22 сек.
Довыборка кабелей до прихода носовой клячевки . . .	14 сек.	6750	—	18 сек.	6100	—	20 сек.
Выборка квартропов	40 сек.	—	0,6	32 сек.	—	0,75	40 сек.
Подъем бобинцев джилсоном	15 сек.	2000	—	13 сек.	1800	—	20 сек.
Выборка удавного стропа . .	50 сек.	—	0,9	46 сек.	—	0,85	40 сек.
Выборка патентом сетной части трала (подсушка рыбы)	35 сек.	800	—	30 сек.	600	—	38 сек.
Подъем джилсоном и патентом кутка с рыбой	22 сек.	3300	—	17 сек.	3250	—	45 сек.
Подъем джилсоном кутка для высыпания рыбы . . .	5 сек.	3200	—	5 сек.	3150	—	—
За один подъем трала							
	10 мин. 57 сек.			10 мин. 44 сек.			13 мин. 27 сек.
Выметка патентом мешка за борт	10 сек.	500	—	10 сек.	550	—	—
Выметка оставшихся сетных частей трала	18 сек.	—	—	16 сек.	—	—	31 сек.
Выметка патентом бобинцев за борт	15 сек.	1800	—	15 сек.	1800	—	18 сек.
Травление кабелей до присоединения досок	60 сек.	—	—	50 сек.	—	—	50 сек.
Травление ваеров	4 мин. 35 сек.	от 0 до 4000	2,08	4 мин. 35 сек.	от 0 до 4000	1,89	3 мин. 50 сек.
Взятие мессенджером ваеров на стопор	40 сек.	2700	—	36 сек.	2500	—	20 сек.
За один спуск трала							
	6 мин. 58 сек.			6 мин. 7 сек.			5 мин. 59 сек.
За полный цикл							
	17 мин. 66 сек.			16 мин. 51 сек.			19 мин. 26 сек.

в течение которого лебедка работает, а ваеры свободно сматываются с отключенных от валов барабанов. Таким образом, всего за полный цикл по подъему и спуску трала лебедка работает 16—20 мин., что составляет от общего времени подъема и спуска 36—45%.

Все вышеприведенные цифры соответствуют случаю подъема трала без дележки. Работа лебедки за первую дележку составляет 45 сек., за вторую — 32 сек.

ВЫВОДЫ

1. Изложенный способ определения нагрузок является общим для всех промысловых механизмов, установленных на судах (траловые лебедки, сейнерные лебедки, шпили, неводовыборочные машины, сетеподъемные машины и ярусоподъемники).

2. Для выяснения природы и величин нагрузок на судовые промысловые механизмы необходимо знать:

- а) вес орудия лова и улова в мокром виде на воздухе и в воде;
- б) характер качки корабля на волнении (угол крена и период);
- в) гидрометеорологические условия промысла (сила ветра, элементы волн);
- г) зависимость сопротивления орудия лова вместе с уловом от скорости выборки (при спокойной воде);
- д) сопротивление улова;
- е) оптимальные скорости выборки орудия лова;
- ж) нагрузки на тросах при выборке орудий лова при различных гидрометеорологических условиях.

Указанные данные должны быть определены по возможности одновременно и при критических условиях промысла, т. е. при предельном волнении моря, когда еще возможен промысел.

Для траллирующих орудий лова (трал, снюрревод), кроме того, необходимо знать величину сопротивления трения.

3. Опыты показали, что нагрузки на ваерах вследствие волнения носят резко переменный (пульсирующий) характер.

Максимальная нагрузка на ваерах большой траловой лебедки, работающей с 34-метровым тралом при 7—8-балльном волнении, достигает 12—12,5 т.

Максимальная нагрузка на ваерах малой траловой лебедки, работающей с 15-метровым тралом при волне 4—5 баллов, доходит до 2700 т.

Приближенно величина максимальной нагрузки может быть определена по формуле

$$T = 1,11 (P + k_0 F A \sigma),$$

где: P — вес трала с оборудованием, уловом и ваерами;

$k_0 F$ — агрегатный коэффициент сопротивления трала;

σ — частота волны;

A — амплитуда колебаний точки борта.

4. Максимальные нагрузки на ваерах действуют в течение очень короткого времени (1—3 сек.).

Наиболее часто встречающиеся нагрузки на ваерах не превышают 7,5—8 т. Эту нагрузку и необходимо принимать за расчетную для больших траловых лебедок (с 34-метровым тралом). Временное повышение нагрузок должно преодолеваться за счет способности двигателя работать с перегрузкой и снижения скорости выборки.

Расчетное тяговое усилие средней траловой лебедки при работе с 25-метровым тралом составляет 3,5—4 т, расчетное тяговое усилие малой траловой лебедки при работе с 15—18-метровым тралом — 2—2,5 т.

При этом, конечно, надо иметь в виду, что величина расчетных нагрузок, как это следует из последней формулы, зависит от размера трала и характера качки траулера (а следовательно, и его размеров). На новых траулерах с кормовым тралением типа «Пушкин» установлена лебедка с тяговым усилием 10 т. На этих кораблях испытания нами не проводились.

5. При существующих глубинах траления скорость выборки 45—60 м/мин является достаточной. Идти по линии повышения скорости нам представляется малоцелесообразным, так как это приведет к увеличению мощности привода и не даст ощутимой экономии в промысловом времени. Так, при увеличении скорости выборки с 48 м/мин (0,8 м/сек) до 60 м/мин (1 м/сек) разница во времени выборки 500 м ваеров составит около 2 мин.

Для улучшения промысловой работы следует стремиться сократить время, затрачиваемое на подъем и спуск трала, составляющее иногда 45—50 мин. и более; передовые траулеры доводят это время до 32—35 мин.

Обычным возражением против уменьшения скорости выборки трала является будто бы возможность ухода рыбы из трала. Это утверждение неосновательно. При уменьшении скорости выборки с 1,1 м/сек до 0,75—0,7 м/сек уловы не имеют тенденции к уменьшению. Этот факт доказан практикой рыболовства, проверен и подтвержден нашими опытами.

В тех случаях, когда получение (или съем) мощности от двигателя лимитируется какими-либо причинами, без особого ущерба для промысла можно доводить расчетную скорость выборки до 40—45 м/мин.

С точки зрения промысла безразлична равномерность выборки трала, важно выдерживать среднюю скорость. Практически можно даже допустить, что при максимальных (пиковых) нагрузках скорость выборки будет равна нулю или близкой к нему величине. Однако, увеличивая скорость выборки при понижении нагрузки, все же можно выдерживать необходимую среднюю скорость. Можно даже иметь такой привод, который стоял бы при пиковых нагрузках, являющихся следствием рывков при качке, и повышал бы скорость лебедки при нагрузках меньше нормальных, выбирая только слабинку ваера. В этом случае привод имел бы наименьшую мощность.

6. Наилучшими по эксплуатационным качествам следует считать паровые лебедки, электрические лебедки и лебедки с приводом от главного двигателя внутреннего сгорания с гидравлической передачей. Эти лебедки могут не иметь механического переключения скоростей, так как сам привод обеспечивает достаточно плавное получение скоростей при работе под нагрузкой (вентилем свежего пара — в паровых лебедках, контроллером — в электрических лебедках и специальным регулировочным устройством — в лебедках с гидравлической передачей).

7. В целях уменьшения потерь от конденсации пара и улучшения эксплуатационных качеств паровые лебедки для условий Крайнего Севера (Баренцева моря и др.) целесообразно строить с отдельным приводом. Однако существующее парораспределение в отдельных лебедках должно быть переделано.

8. Лебедки с механической передачей должны иметь две-три скорости выборки ваеров, причем способ переключения должен обеспечивать возможность получения их под нагрузкой.

9. По способу включения барабанов надо отдать предпочтение фрикционному переключению, которое допускает включение и выключение барабанов под нагрузкой и исключает необходимость в реверсе лебедки.

10. Лебедки могут быть трехвальными и двухвальными, причем в первом случае турачки главного вала нецелесообразно строить двухручейковыми, а во втором случае они должны быть обязательно двухручейковыми.

11. Не удовлетворяют условиям промысла следующие траловые лебедки:

а) паровые лебедки с отдельным паровым котлом на дизельном траулере;

б) лебедки с отдельным двигателем (дизелем) при механической передаче;

в) паровые лебедки, у которых паровые машины смонтированы совместно с механической частью на палубе;

г) лебедки с приводом от главного двигателя с пневматической передачей;

д) односкоростные лебедки с приводом от главного двигателя с механической передачей и жесткой муфтой съема мощности;

е) трехвальные лебедки с двойными турачками на ваерном валу и одинарными на промежуточном валу, а также двухвальные лебедки с одной парой одинарных турачек;

ж) нереверсивные лебедки с рычажно-кулачковым включением барабанов.

12. В целях выяснения возможности снижения скорости выборки ваеров лебедкой за счет использования движения судна целесообразно поставить опыты по выборке ваеров на ходу судна.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов А. Н., Качка корабля, ВМА РККФ, 1939.

2. Крылов А. Н., О боковой качке корабля, имеющего заданную диаграмму остойчивости, Труды Всесоюзного научно-инженерного общества судостроения, т. 1, вып. 2, 1934.

3. Материалы по испытанию трех рыболовных траулеров с разными типами главных механизмов, ЦНИИВТ, Л., 1933.

4. Шулейкин В. В., Об одной существенной поправке к показаниям судового кренометра, Л., 1935.

ТЕОРИЯ ЛОВА РЫБЫ КОШЕЛЬКОВЫМИ НЕВОДАМИ

Канд. техн. наук Н. Н. АНДРЕЕВ

Многие морские рыбы, например сельдь, ставрида, сардина, хамса, в определенное время года собираются в большие косяки, держащиеся в толще и даже в верхних горизонтах воды. Иногда, совершая миграции, косяки этих рыб подходят близко к берегам и даже заходят в заливы и бухты, но в большинстве случаев они держатся в открытом море, нередко за сотни миль от берега. Для лова таких рыб применяют невода, верхняя подбора которых всегда находится на поверхности воды, а нижняя не достаёт до дна. Такие невода называются пелагическими.

Принцип лова пелагическим неводом заключается в том, что косяк рыбы окружают вертикальной сетной стеной, нижнюю кромку которой по завершении окружения стягивают, преграждая рыбе выход вниз. Стягивание нижней подборы является отличительной особенностью пелагических неводов, накладывающей своеобразный отпечаток на их конструкцию и устройство.

Существует большое количество различных конструкций пелагических неводов, однако все можно свести к двум основным типам: лампаре и кошельковому неводу.

Лампара является более примитивным, но и более легким орудием лова, чем кошельковый невод, целиком приспособленным для ручной работы с мелкими судами. В промышленном рыболовстве лампара почти повсеместно заменена кошельковым неводом и в настоящее время играет значительную роль только в рыболовстве США. Обычно лампара представляет собой равнокрылый невод, сшитый из делей разного размера ячеи наподобие обычного закидного невода. В центре лампы, где в последний момент лова концентрируется рыба, размер ячеи такой же, как в мотне закидного невода. Размер ячеи в крыле увеличивается от центра к клячу иногда в десять и более раз. Высота лампы также сильно изменяется по длине: у клячей она обычно составляет 0,5—1 м, а в центре — 20—30 м и более. Посадка к клячам более редкая. Нижняя подбора лампы значительно короче верхней. Центральная часть ее выкраивается таким образом, чтобы при выборе крыльев в этом месте образовывался бы мешок и нижняя подбора смыкалась бы, закрывая рыбе выход вниз.

С момента изобретения кошелькового невода не прошло, по-видимому, еще и 100 лет. В противоположность лампаре устройство кошелькового невода таково, что все процессы лова им можно легко механизировать. Поэтому кошельковый невод можно строить больших размеров и из более мелкой ячейной и прочного материала, чем лампару. Кошельковый невод является орудием более универсальным, чем лампара, и наиболее мощным из всех современных орудий рыболовства. Достаточно сказать, что улов кошелькового невода за один заход нередко превышает сотни тонн, достигая иногда тысячи тонн. Благодаря возможности механизации процессов лова и высокой уло-

вистости кошельковые невода заняли прочное место в промышленном рыболовстве Советского Союза и зарубежных стран.

Кошельковый невод имеет по всей длине одинаковый шаг ячеи и одинаковый посадочный коэффициент, высокий кляч, равный примерно половине высоты невода, специальные стяжные кольца. В постройке он значительно проще лампы.

Кроме кошелькового невода и лампы, имеется много промежуточных конструкций, совмещающих в себе элементы лампы и кошелькового невода. Некоторые из этих конструкций очень близки к лампе, а другие — к кошельковому неводу. Чем крупнее судно, с которого производится лов, чем полнее и совершеннее его промысловое оборудование, тем ближе к кошельковому неводу делается промежуточная конструкция. В США промежуточные конструкции называются кольцевыми сетями. Это же название иногда встречается и в нашей литературе.

В нашем рыболовстве широко распространена промежуточная конструкция, предназначенная для лова с двух баркасов. Она применяется в рыболовстве Азово-Черноморского бассейна и в Каспийском море и называется аламаном. При возникновении активного лова хамсы в Керченском проливе применялась лампа особой конструкции, которая и называлась аламаном. С развитием промысла и укреплением промыслового флота эта лампа постепенно совершенствовалась. После коллективизации рыбацких хозяйств, когда в промысле стал применяться моторный флот, аламан быстро приобрел все черты кошелькового невода. После 1930 г., когда известный специалист по постройке орудий лова К. С. Столяренко ввел в аламан стяжные кольца, аламан уже только в мелких деталях отличался от кошелькового невода, но за ним удерживалось старое название. После Великой Отечественной войны, когда рыбная промышленность получила перво-классный промысловый флот, азово-черноморские рыбаки стали быстро переходить на лов настоящими кошельковыми неводами по одноточной системе.

Успех лова кошельковым неводом зависит от многих причин. Прежде всего имеет значение размер и форма косяка, скорость его перемещения и другие биологические особенности объекта лова. Так как длину кошелькового невода во время лова изменять очень трудно, то косяки различных размеров (а часто и различных видов рыб) приходится облавливать неводом одной длины. При этом очевидно, что чем меньше размер косяка рыб, тем более вероятно, что он будет успешно обловлен, и чем длиннее невод, тем вероятнее, что косяк определенного размера будет пойман. Часто встречаются косяки таких размеров, которые не могут быть полностью обловлены за один замах. В этих случаях иногда удается обловить часть косяка.

Чем больше скорость движения косяка рыбы, тем труднее обловить его неводом, тем длиннее должен быть невод. Поэтому чем крупнее рыба, тем длиннее надо применять кошельковые неводы.

Для поимки рыбы кошельковым неводом необходимо выполнить два условия: 1) произвести окружение косяка неводом так, чтобы концы сетной стены (клячи невода) были сомкнуты до того момента, когда к ним подойдет рыба, и 2) своевременно закрыть рыбе выход вниз, не допуская ухода ее под нижнюю подбору невода.

Рассмотрим процесс окружения косяка рыбы кошельковым неводом и определим условия, при которых рыба не сможет уйти между клячами невода, т. е. когда будет выполнено первое условие. На практике, заметывая невод, учитывают направление движения рыбы, направление и силу ветра и т. д. Естественно, что успех лова зависит от той или иной схемы замата. Рассмотрим схему замата, обобщающую большинство случаев, встречающихся на практике.

откуда можно найти значение радиуса окружности, по которой происходит замет невода

$$R = \frac{\varepsilon y + \varepsilon_1 a \sin \frac{\alpha_1}{2}}{\varepsilon + \varepsilon_1 \sin \frac{\alpha_1}{2} - \pi}.$$

Длина невода L_1 должна быть равна длине окружности, т. е.

$$L_1 = 2\pi R = 2\pi \frac{\varepsilon y + \varepsilon_1 a \sin \frac{\alpha_1}{2}}{\varepsilon + \varepsilon_1 \sin \frac{\alpha_1}{2} - \pi}. \quad (1)$$

Таким образом, при замете по этой схеме концы сетной стены будут сомкнуты раньше, чем к ним подойдет рыба, если длина невода будет равна (или больше) вычисленной по этой формуле.

В этой формуле две величины α_1 и y можно изменять во время замета. Максимальное значение длины невода получается при $\alpha_1 = \pi$, т. е. когда замет начинают делать с «хвоста» косяка. Если при этом $\varepsilon = \varepsilon_1$, формула (1) примет вид

$$L_1 = \frac{2\pi\varepsilon}{2\varepsilon - \pi} (a + y). \quad (1')$$

Рассмотрим теперь условия, при которых обметанный косяк рыбы не сможет уйти под нижнюю подбору невода.

Допустим, что в момент, когда судно находилось в точке N , косяк находился в точке M . За время прохождения косяком расстояния AM судно должно пройти расстояние, равное дуге CN . Сохранив прежние обозначения, запишем

$$AM = v_p t,$$

где t — время (нам неизвестное), в течение которого косяк прошел расстояние AM .

С другой стороны,

$$CN = v_c t = R\alpha_1.$$

Из этого равенства следует, что

$$t = \frac{R\alpha_1}{v_c}.$$

Подставив это значение t в предыдущую формулу, получим

$$AM = \frac{v_p}{v_c} R\alpha_1 = \frac{R\alpha_1}{\varepsilon}.$$

Таким образом,

$$BM = AB - AM = 2(R - y) - \frac{R\alpha_1}{\varepsilon}.$$

Когда косяк находился в точке M , невод выметывался в точке N . Следовательно, за время, в течение которого косяк пройдет расстояние BM , нижняя подбор невода должна успеть погрузиться на такую глубину, на которую не сможет погрузиться рыба. Пусть время, в течение которого нижняя подбор невода погрузится на достаточную глубину, будет равно t_0 . Тогда BM должно быть равно или больше $v_p t_0$, или

$$BM \geq v_p t_0 = 2(R - y) - \frac{R\alpha_1}{\varepsilon}.$$

Таким образом, косяк не сможет уйти под нижнюю подбору невода, если будет соблюдаться это равенство. Так как в этом равенстве все величины за исключением R определяются особенностями объекта и условиями лова, то изменять мы можем только R , подбирая его таким, чтобы это равенство соблюдалось.

На основании приведенного равенства

$$R = \frac{\varepsilon (v_p t_0 + 2y)}{2\varepsilon - \alpha_1}.$$

Длина невода составит

$$L_2 = 2\pi \frac{\varepsilon (v_p t_0 + 2y)}{2\varepsilon - \alpha_1}. \quad (2)$$

Положив по аналогии с первым случаем $\alpha_1 = \pi$, получим

$$L_2 = \frac{2\pi\varepsilon}{2\varepsilon - \pi} (v_p t_0 + 2y). \quad (2')$$

Определим теперь условия, при которых в первом и во втором случае длина невода получается одинаковой. Для этого, очевидно, надо приравнять эти формулы

$$\frac{2\pi\varepsilon}{2\varepsilon - \pi} (a + y) = \frac{2\pi\varepsilon}{2\varepsilon - \pi} (v_p t_0 + 2y).$$

После преобразований и упрощений получим

$$y = a - v_p t_0.$$

Следовательно, только при таком значении y будет $L_1 = L_2$. Если $y = 0$, то

$$L_1 = \frac{2\pi\varepsilon a}{2\varepsilon - \pi}; \quad L_2 = \frac{2\pi\varepsilon v_p t_0}{2\varepsilon - \pi}.$$

В этом случае $L_2 > L_1$, ибо почти всегда

$$a < v_p t_0.$$

При лове особенно подвижных рыб замет производят иногда по схеме, показанной на рис. 2. Начинают замет из точки C и стараются выйти на линию направления движения рыбы на некотором расстоянии от «головы» косяка. Обозначим это расстояние x , а продольный размер косяка, как и раньше, $2a$.

Путь судна от точки C до D будет равен дуге

$$\cup CD = \frac{2\pi R}{4}.$$

Путь рыбы за то же время

$$AB = \sqrt{2} [R - (x + a)].$$

Следовательно, отношение скорости хода судна к скорости перемещения косяка

$$\varepsilon = \frac{\cup CD}{AB} = \frac{\pi R}{2\sqrt{2} [R - (x + a)]}.$$

Отсюда

$$R = \frac{\varepsilon (x + a)}{\varepsilon - \frac{\pi}{2\sqrt{2}}}.$$

Подставляя значение R , получим необходимую длину невода

$$L = 2\pi R = \frac{2\pi\varepsilon}{\varepsilon - \frac{\pi}{2\sqrt{2}}} (x + a) = b_1 (x + a), \quad (3)$$

где коэффициент b_1 для данного судна и данной породы рыбы — величина постоянная.

При замете по этой схеме, как показывают практические наблюдения, рыба после встречи со стеной невода не поворачивает к пятному клячу (точка C), а старается уйти под нижнюю подбору или движется по направлению движения судна. Такое поведение рыбы легко объяснимо, ибо она подходит к стене невода не под прямым углом.

Таким образом, беря длину невода равной той, которая получается из формулы (3), мы обеспечиваем смыкание клячей невода раньше, чем к ним подойдет рыба.

Рассмотрим теперь условия, при которых рыба не сможет уйти под нижнюю подбору невода.

Величина x , входящая в формулу (3), — минимальное расстояние судна от косяка, при котором оно не изменяет направления своего движения. Но, кроме этого, величину x можно выбрать так, чтобы косяк, пройдя расстояние x , встретил стену невода такой высоты, величина которой превышает максимальную глубину

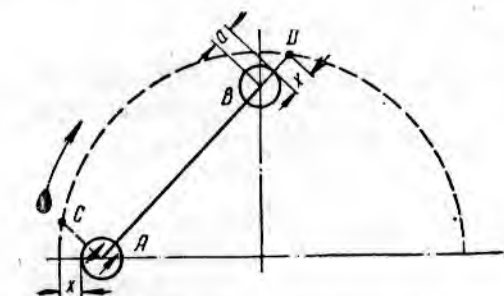


Рис. 2. Схема замета кошелькового невода при лове особенно подвижных рыб

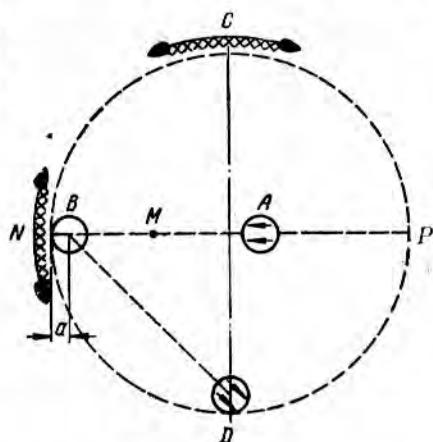


Рис. 3. Схема замета кошелькового невода при лове по двухботной системе

погружения рыбы. В этом случае косяк не сможет уйти и под нижнюю подбору. Следовательно, при рассматриваемой схеме замета должно соблюдаться условие

$$x \geq v_p t_0.$$

Таким образом, при лове по этой схеме длина невода должна быть не меньше, чем это следует из формулы

$$L = b_1(v_p t_0 + a). \quad (3')$$

При лове по двухботной системе невод замечают или с одного судна, или сразу с двух судов. Если замет производят с одного судна, то длину невода следует определять по одной из указанных выше формул. Если же невод замечают с двух судов одновременно, то определение условий, при которых обеспечивается успешная поимка косяка, производится аналогичным образом. Здесь также приходится рассматривать различные схемы замета.

Предположим, что косяк рыбы (рис. 3) продольного размера $2a$ движется по линии AB со скоростью v_p . Замет невода должен производиться так, чтобы при кошельковании и выборке крыльев баркасы относил ветром от невода. Однако какое бы направление ветер ни имел по отношению к линии движения косяка, невод всегда надо

замечать так, чтобы косяк при движении встречал середину невода или часть невода, близко расположенную от середины.

Рассмотрим случай, когда замет начинают из точки B , лежащей на пути движения косяка. Очевидно, что рыба не уйдет под нижнюю подбору невода тогда, когда

$$AB > v_p t_0.$$

Так как суда, замечающие невод, все время уходят от точки B , где косяк рыбы встретит стену невода, то второе условие, обеспечивающее успешность поимки рыбы, будет соблюдено тогда, когда суда успеют встретиться в точке P раньше, чем сюда подойдет косяк рыбы, ибо наиболее опасным случаем будет тот, когда рыба, встретив стену невода, изменит направление своего движения на обратное. Из схемы замета видно, что это условие соблюдается даже тогда, когда $\varepsilon < 1$. Именно это обстоятельство позволяет производить успешный лов кошельковым неводом по двухботной системе даже очень подвижных рыб при ручном замете. Следовательно, при этой схеме замета длина невода не играет решающей роли в успешности лова. Лов всегда будет успешным, если замет будут начинать впереди косяка на расстоянии $AB = v_p t_0$.

Рассмотрим, наконец, следующую возможную схему замета кошелькового невода с двух судов, когда ветер заставляет начинать замет из точки C , в то время как рыба движется из точки A по направлению к точке B .

Определим условия, при которых рыба не сможет уйти под нижнюю подбору невода. Предположим, что когда судно пройдет расстояние $\sphericalangle CN$, косяк рыбы переместится в точку M .

$$\text{Путь судна будет } \frac{\pi}{2} R = v_c t.$$

Следовательно, время, в течение которого рыба перемещалась из точки A в точку M , $t = \frac{\pi R}{2v_c}$.

Отсюда

$$AM = v_p t = v_p \frac{\pi R}{2v_c} = \frac{\pi R}{2\varepsilon}.$$

Если расстояние MB , оставшееся до стены невода, таково, что соблюдается неравенство $MB > v_p t_0$, то рыба не сможет уйти под нижнюю подбору.

Но $MB = AB - AM$, или

$$v_p t_0 = AB - \frac{\pi R}{2\varepsilon}.$$

Величина AB будет зависеть от выбора исходной точки замета C и может колебаться от $2R$ до 0. Обозначив $AB = mR$, получим

$$v_p t_0 = mR - \frac{\pi R}{2\varepsilon}.$$

Выражая отсюда радиус окружности, получим

$$R = \frac{v_p t_0}{m - \frac{\pi}{2\varepsilon}},$$

или длина невода

$$L = \frac{2\pi}{m - \frac{\pi}{2\varepsilon}} v_p t_0. \quad (4)$$

Так как при этой схеме замета величина BM равна величине AB в предыдущей схеме замета, то все сказанное относительно ухода рыбы между клячами невода и его длины для предыдущей схемы справедливо и при этой схеме замета.

Таким образом, успех лова кошельковым неводом зависит (при всех прочих равных условиях) от длины невода. Увеличение длины невода, очевидно, обеспечит большую надежность поимки рыбы. Однако при этом увеличится и вес невода, что сделает его эксплуатацию более трудоемкой. Поэтому при проектировании кошелькового невода мы должны определить минимальную его длину, необходимую для поимки рыбы. Формулы (2) и (3') как раз и дают эту длину для лова по одноботной системе.

С увеличением длины невода возможность ухода рыбы при замете уменьшается и, следовательно, уменьшается процент пустых (без рыбы) заметов, а такие заметы всегда бывают. Однако бригада, работающая более коротким неводом, может сделать больше заметов, чем бригада, работающая более длинным и, следовательно, более тяжелым неводом. Как показывает практика, увеличение длины невода не всегда ведет к увеличению улова.

Длина невода, полученная из формул (2) и (3'), может оказаться недостаточной только в том случае, если наименьший радиус циркуляции судна таков, что минимальная описываемая судном длина окружности больше, чем длина невода. В этом случае длину невода необходимо увеличивать до такого размера, при котором возможно осуществление замета, т. е. взять $L = 2\pi R_n$, где R_n — наименьший радиус циркуляции.

Для успешного лова кошельковый невод необходимо выметывать так, чтобы к моменту подхода рыбы к стене невода нижняя подбора его успела погрузиться на такую глубину, на которую косяк не может опуститься. Поэтому при проектировании кошелькового невода необходимо знать предельную глубину погружения косяка рыбы при встрече со стеной невода и время, в течение которого нижняя подбора погрузится на эту глубину.

Предельная глубина погружения косяка рыбы зависит от многих факторов, но прежде всего она определяется породой рыбы. В каждом конкретном случае ее следует определять из наблюдений за поведением объекта лова. Что же касается времени погружения нижней подборы невода на заданную глубину, то можно воспользоваться известной формулой проф. Ф. И. Баранова

$$t = 0,9H \sqrt{\frac{H}{q_1}}, \quad (5)$$

дающей зависимость между глубиной погружения H м, временем погружения t сек. и весом 1 пог. м нижней подборы с загрузкой, кольцами, стяжным тросом q_1 кг.

Как известно, при выводе этой формулы не принимаются во внимание силы инерции, сопротивление нижней подборы и вес сетного полотна. Первые две силы можно отбросить вследствие незначительности их, а третью — учесть, если согласно выводу проф. Ф. И. Баранова к загрузке добавить 0,6 веса дели невода в воде. Таким образом, эта формула примет вид

$$t = 0,9H \sqrt{\frac{H}{q + 0,6pH}}, \quad (5')$$

где: p — вес в воде 1 м² дели в кг;

q — вес нижней подборы, колец, уздечек, грузил в кг/пог. м.

Для определения из этой формулы H необходимо решить уравнение третьей степени

$$H^3 - \frac{t^2 0,6p}{0,81} H - \frac{qt^2}{0,81} = 0. \quad (5'')$$

Точное решение этого уравнения очень громоздко, поэтому издаются специальные таблицы и составляются номограммы, облегчающие вычисления и упрощающие выкладки¹. Однако поскольку в наших расчетах не требуется большая точность, можно воспользоваться следующим приближенным методом.

Берем сначала какое-либо приближенное значение $H = H_1$ и уточняем его по формуле

$$H_2 = H_1 - \frac{f(H_1)}{f'(H_1)},$$

где $f'(H_1)$ — первая производная.

Новое значение H , равное H_2 , можно также уточнить

$$H_3 = H_2 - \frac{f(H_2)}{f'(H_2)}$$

и продолжать этот процесс до любой степени точности.

Если, например, имеем невод, у которого $q = 2$ кг, $p = 0,1$ кг, а $t = 50$ сек., то уравнение (5'') примет вид

$$H^3 - \frac{50^2 \cdot 0,6 \cdot 0,1}{0,81} H - \frac{2 \cdot 50^2}{0,81} = 0,$$

или

$$H^3 - 185H - 6170 = 0.$$

В качестве первого приближения возьмем $H_1 = 20$ м, тогда

$$f(H_1) = H_1^3 - 185H_1 - 6170 = 20^3 - 185 \cdot 20 - 6170 = -1870;$$

$$f'(H_1) = 3H_1^2 - 185 = 3 \cdot 20^2 - 185 = 1015.$$

Новое, более точное значение H будет равно

$$H_2 = H_1 - \frac{f(H_1)}{f'(H_1)} = 20 - \left(\frac{-1870}{1015} \right) = 20 + 1,83 = 21,83 \text{ м.}$$

Уточняем значение H еще раз

$$f(H_2) = 21,83^3 - 185 \cdot 21,83 - 6170 = 180;$$

$$f'(H_2) = 3 \cdot 21,83^2 - 185 = 1245.$$

Следовательно, более точное решение

$$H_3 = 21,83 - \frac{180}{1245} = 21,83 - 0,14 = 21,69 \text{ м.}$$

Так как вторая поправка равна всего лишь 14 см, то в дальнейших уточнениях величины H нет надобности. Таким образом, при данных значениях нижняя подбора за 50 сек. успеет погрузиться примерно на 21—22 м.

Вопрос о скорости погружения нижней подборы невода, помимо теоретического рассмотрения, неоднократно изучался экспериментальным путем. Последние и наиболее обстоятельные опыты провел в 1949 г. Н. Н. Виноградов [3]. Опыты проводились со специальными секциями в 100 м длиной и 50 м высотой и с промысловыми неводами. Во время опытов было обнаружено, что скорость погружения нижней подборы зависит не только от загрузки и веса дели, но и от посадоч-

¹ Б. М. Шумягский, Таблицы для решения кубических уравнений 1950.

ного коэффициента дели. Оказалось, что с увеличением посадочного коэффициента от 0,5 до 0,8 нижняя подборка опытных секций погружалась быстрее на 100%.

На скорость погружения в начальный момент оказывает заметное влияние скорость замата невода: чем выше скорость хода судна, тем медленнее тонет нижняя подборка. По-видимому, это явление вызывается тем, что с увеличением скорости замата увеличивается натяжение нижней подборы невода, особенно тогда, когда она короче верхней подборы. Поэтому в тех случаях, когда скорость погружения нижней подборы играет большую роль, длину нижней подборы не следует брать меньше, чем длина верхней подборы.

Обстоятельного изучения скорости погружения нижней подборы промысловых кошельковых неводов не удалось провести и Н. Н. Виноградову. Однако сделанные им семь замеров скорости погружения нижней подборы двух промысловых неводов показали, что опытные секции погружались в 2—3 раза быстрее, чем промысловые невода. Это расхождение в скорости погружения объясняется тем, что в процессе погружения опытные секции сильно деформировались, ибо длина их только в два раза превышала высоту. Анализ показывает, что чем выше посадочный коэффициент, тем больше деформируется сетное полотно. Возможно этим объясняется увеличение скорости погружения с увеличением посадочного коэффициента, которое получил Н. Н. Виноградов.

Скорость погружения, вычисленная по формуле проф. Ф. И. Баранова, в среднем меньше скорости погружения опытных секций. Поэтому, учитывая небольшую точность, которой можно довольствоваться при наших расчетах, скорость погружения нижней подборы кошельковых неводов можно вычислять по формуле проф. Ф. И. Баранова, но с обязательным учетом веса дели.

При проведении опытов Н. Н. Виноградов заметил, что скорость замата невода (скорость хода сейнера при замате) уменьшается на 30—40% в зависимости от веса невода. Это обстоятельство необходимо учитывать при расчете длины невода.

ВЫВОДЫ

1. Теория лова кошельковыми неводами показывает, что успех поимки рыб определяется биологическими особенностями объекта лова, мореходными качествами судна и длиной невода.

Во всех случаях, когда известны размер облавливаемых косяков, скорость их перемещения, скорость хода судна и выбрана схема замата, пользуясь изложенным методом, можно определить минимальную длину невода, которая обеспечивает успешную поимку рыбы.

2. Как следует из теории лова, прямой зависимости между размером судна и длиной невода не существует [7].

3. Так как скорость перемещения рыб пропорциональна их длине, то с увеличением размера рыбы должны возрастать и размеры кошельковых неводов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н. Н., О длине кошельковых неводов, «Рыбная промышленность СССР», Сб. 1—2, 1944.
2. Баранов Ф. И., Теория и расчет орудий рыболовства, Пищепромиздат, 1940.
3. Виноградов Н. Н., Скорость погружения нижней подборы кошельковых неводов, Труды Азчерниро, вып. 14, Крымиздат, 1950.
4. Кагановский А. Г., Дальневосточная сардина, Примориздат, 1939.
5. Месяцев И. И., Строение косяков стадных рыб, Известия АН СССР, Серия биологическая, № 3, 1937.
6. Шулейкин В. В., Физика моря, 1941.
7. Шулейкин В. В., Лукьянова В. С., Стась И. И., Гидродинамические качества рыб, Известия АН СССР, № 3, 1937.

УЛОВИСТОСТЬ ЖАБЕРНЫХ СЕТЕЙ¹

Канд. техн. наук Ю. А. ИЗНАНКИН

Впервые определения относительной и абсолютной уловистости были даны проф. Ф. И. Барановым еще в 1914 г. Под относительной уловистостью понималась относительная вероятность поимки рыбы, размер которой I . Абсолютная уловистость была определена как отношение числа рыб, прикоснувшихся к сети, к числу рыб, пойманных сетью [3]. Так как путей определения абсолютной уловистости отмечено не было, то в дальнейшем этот термин больше не употребляли. Для оценки работы сетей некоторые авторы пользовались величиной сравнительной уловистости, которая определяется отношением уловов двух сравниваемых сетей.

Величина улова сети зависит от многих обстоятельств, в том числе и от поведения рыбы, количества рыб, подошедших к сети, от внешних условий лова (течение, прозрачность воды и пр.), от ловящих свойств сети. Важно знать, какие из ловящих свойств остаются постоянными или изменяются очень медленно, а какие значительно изменяются в зависимости от условий лова. С этой целью полезно вернуться к рассмотрению абсолютной уловистости.

АБСОЛЮТНАЯ УЛОВИСТОСТЬ

Предположим, что к установленной в водоеме сети направлялось N'' рыб, прикоснется N' рыб, из которых пойманными окажутся лишь N .

Сеть характеризуется цветом, размером ячеи, толщиной нити, материалом нити. Очевидно, эти особенности определяют два рода воздействия сети на рыбу: это, во-первых, механическое, заключающееся в захватывании и удержании сетью рыбы, прикоснувшейся к ней; во-вторых, психологическое (в отличие от механического), определяющее количество прикоснувшихся к сети рыб из всего числа рыб, направляющихся к ней.

Абсолютную уловистость, обуславливающуюся факторами механического воздействия (в дальнейшем будем называть ее уловистостью первого рода), можно записать так

$$|\omega| = \frac{N}{N'}.$$

Абсолютную уловистость, обуславливающуюся факторами психологического воздействия (будем называть ее уловистостью второго рода), запишем так

$$|\tau| = \frac{N'}{N''}.$$

¹ Более детально материал изложен в Трудах Балттиро, вып. 3.

Тогда общая абсолютная уловистость

$$|\eta| = \frac{N}{N''} = \frac{N}{N'} \cdot \frac{N'}{N''} = |\omega| |\tau|.$$

Величина τ , очевидно, в большой степени зависит как от физиологического состояния рыб, с чем связано ее поведение и соответственно степень реагирования на обнаруженную сеть, так и от условий лова, с чем связана заметность самой сети в воде. Поэтому при определениях сравнительной уловистости второго рода необходимо отмечать, для каких условий лова это имело место. Из факторов, влияющих на уловистость второго рода и относящихся к сети, можно отметить цвет сети и толщину нити [1, 6]. Считают, что рыба ловится тем лучше, чем менее заметна сеть. Посадочные коэффициенты в этом отношении вряд ли имеют значение (конечно, в определенных пределах — вытянутая жгутом сеть вообще перестанет ловить). Недостаточно ограничиваться факторами, воздействующими на рыбу лишь посредством зрительного аппарата, ибо у нее имеются органы слуха, обоняния, ощущения токов воды (боковая линия).

Если нет веских оснований предполагать, что величина $|\tau|$ в какой-то мере зависит от размерного состава облавливаемой стаи рыб, то величина $|\omega|$ явно и в большой степени зависит от него. Обуславливается это избирательностью сетей. Таким образом, приведенное определение уловистости первого рода не имеет ценности, так как величина $|\omega|$ может изменяться в очень широких пределах в зависимости от неизвестных условий лова (например, от размерного состава облавливаемой стаи рыб).

Учитывая избирательность жаберных сетей, следует рассматривать не общее отношение $\frac{N}{N_1} = |\omega|$, а подобные ему, относящиеся к рыбам определенного размера.

Во время лова к сети прикоснулось N' рыб. Размерный состав их был $n'_1, n'_2, n'_3, \dots, n'_k, \dots, n'_m$, где n'_i определяет величину класса, включающего рыб размером от $l + (i - 1)\Delta l$ до $l + i\Delta l$, причем $\sum_{i=1}^m n'_i = N'$.

Состав улова с тем же интервалом класса оказался соответственно $n_1, n_2, n_3, n_4, \dots, n_k, \dots, n_m$. Индексом k обозначен класс, включающий размер рыб, наиболее подходящий для сети. Успешность поимки рыбы зависит от размеров ее, поэтому рыбы из размерных классов 1, 2, 3 ... будут неодинаково успешно ловиться сетью. В пределах какого-либо одного класса, где представлены рыбы приблизительно одинаковых геометрических размеров, будут пойманы не все рыбы из прикоснувшихся к сети. В этом случае невозможно отдать предпочтение поимке каких-то определенных рыб и приходится считать поимку отдельной рыбы случайностью (случайностью в том отношении, что поймана именно эта рыба, а не другая такая же); поимку рыбы из определенного размерного класса надо считать величиной вероятной; вероятность поимки рыбы из размерного класса принимаем равной

$$y'_i = \frac{n_i}{n'_i}.$$

В общем случае, если размерный состав облавливаемой стаи рыб выражается $n' = \Phi(l)$, состав улова $n = \psi(l)$, гипотетически распределяя рыб по размерным классам и определяя величины n'_i и n_i , фактически определяем площади F_1 и F_2 (рис. 1) и среднее значение

$$y'_i = \frac{n_i}{n'_i}.$$

В пределе получим

$$y' = \frac{\psi(l)}{\Phi(l)} = f(l).$$

Следует отметить, что $f(l)$ не является плотностью вероятностей, ибо для каждого значения Y'_1, Y'_2, Y'_3 число возможных случаев различно.

Разделив $f(l)$ на величину $|v| = f(l_k)$, получим кривую избирательности (относительной уловистости) сети

$$Y = \varphi(l) \text{ и } Y' = |v| \varphi(l).$$

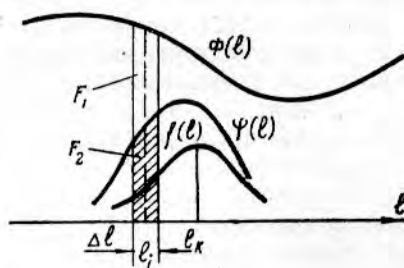


Рис. 1. График, характеризующий уловистость первого рода

Таким образом, уловистость первого рода определяется формой и параметрами кривой избирательности и величиной коэффициента $|v|$.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ УЛОВИСТОСТЬ

При облове сетью стаи рыб, размерный состав которых определяется некоторой функцией $\Phi(l)$, улов сети (в шт. рыб) можно определить как

$$N = \int_0^{\infty} \Phi(l) |\tau| |v| \varphi(l) dl.$$

Сравнительную уловистость двух сетей определяют отношением уловов их

$$\frac{\int_0^{\infty} \Phi(l) |\tau_1| |v_1| \varphi_1(l) dl}{\int_0^{\infty} \Phi(l) |\tau_2| |v_2| \varphi_2(l) dl}.$$

Изменяющаяся в зависимости от условий лова величина $|\tau|$ изменяется, вероятно, и в зависимости от улова сети, ибо психологическое действие пустой сети, имеющей небольшой улов, и сети с обильным уловом на вновь подходящих рыб будет, вероятно, различным. Можно ожидать, что во время эксплуатации сети постепенно изме-

няется и величина $|\nu|$. Однако, рассматривая некоторые средние величины их для конкретного случая лова, можно написать

$$\frac{|\tau_1| |\nu_1| \int_0^{\infty} \Phi(l) \varphi_1(l) dl}{|\tau_2| |\nu_2| \int_0^{\infty} \Phi(l) \varphi_2(l) dl}.$$

Если $\varphi_1(l) = \varphi_2(l)$, получим

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{|\tau_1|}{|\tau_2|} \cdot \frac{|\nu_1|}{|\nu_2|} = \tau\nu = \eta.$$

т. е. сравнительная уловистость равна отношению уловов сетей. Если нет уверенности, что $\varphi_1(l) = \varphi_2(l)$ (например, при сравнении капроновых и хлопчатобумажных сетей), то нельзя быть уверенным, что отношение уловов представляет сравнительную уловистость. В этом случае величина отношения уловов связана с различием кривых избирательности, а следовательно, зависит от размерного состава облавливаемых рыб. Таким образом, с точки зрения уловистости каждую сеть следует характеризовать тремя величинами τ , ν , $\Phi(l)$.

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ СЕТЕЙ

Впервые явление избирательности было объяснено проф. Ф. И. Барановым еще в 1914 г. Рассматривая взаимодействие сил при попадании рыбы в ячею, Ф. И. Баранов показал, что успешность поимки рыбы сетью зависит от соотношения ее размера и размера ячеи сети. Пользуясь принципом механического подобия, он нашел, что оптимальный для сети размер рыб пропорционален шагу ячеи сети $a = k_1 L$, где L — длина рыбы. Ф. И. Баранов дает два метода определения коэффициента k . Первый из них [3, 6] основывается на допущении о симметричности кривой уловистости, второй [6] — на статистике величин $\frac{S}{4a}$, где S — наибольший обхват рыбы, $4a$ — периметр ячеи, поймавшей ее. Допустив, что кривая избирательности подобна кривой Гаусса, Ф. И. Баранов представляет ее в общем виде не зависящей от ячеи сети $y = e^{-h^2 \left(\frac{l-l_0}{l_0} \right)^2}$ и дает метод определения меры точности $-h$ [3].

По определению Ф. И. Баранова [6], для каспийских сельдей $h=12$, для воблы $h=16,5$.

Им же определены значения коэффициента k_1 для окуня и воблы (0,15) и для каспийских сельдей (0,125).

Ф. И. Баранов считает, что оптимальное значение $\frac{S}{4a}$ приблизительно одинаково для разных пород рыб и равно 1,25. Несколько иные значения коэффициента k_1 получены А. Ф. Лексуткиным [1]: для воблы 0,18, для долгинской сельди 0,12, для большеглазого пузанка 0,15, для аграханской сельди 0,122 и для каспийского пузанка 0,145. По А. Ф. Лексуткину, получается, что периметр ячеи должен составлять 75—80% от наибольшего обхвата рыбы, т. е. $\frac{S}{4a} = 1,33—1,25$.

Кроме упомянутого общеизвестного взгляда на природу избирательности сетей, существуют и другие взгляды. Так Г. Р. Farran [15] считает, что сетью одинаково хорошо ловятся все рыбы, имеющие максимальный обхват немного больше периметра ячеи и обхват у конца

жаберных крышек немного меньше периметра ячеей. В этом случае верхняя часть кривой уловистости изобразится отрезком прямой, параллельной оси абсцисс. Однако в результате некоторого различия в форме тела отдельных (одной породы) рыб (различный экстерьер) форма кривой искажается. Согласно данным Г. Р. Фаган форма ее обуславливается главным образом различием экстерьера и зависит от размерного состава облавливаемых рыб.

В сети всегда имеется разница в размерах ячеей, на что указывалось ранее [3]. Ю. Т. Губенко [7] утверждает, что форма кривой избирательности определяется, в первую очередь, неравномерностью ячеей сети. Он же считает, что периметр ячеей ивасевых сетей должен быть на 10% меньше наибольшего обхвата рыбы и приводит зависимость $a=0,1075L$, не указывая, как получена величина 0,1075.

Проф. Ф. И. Баранов, хотя и упоминает о влиянии неравномерности ячеей [3] и экстерьера рыб [6], но не дает способа учета их.

Влияние неравномерности ячеей на избирательность сети

Так как неравномерность ячеей возникает в результате влияния множества незначительных причин, то естественно предположить, что характеризуется она нормальным законом распределения случайных величин.

Характеристика неравномерности ячеей сетей приведена в табл. 1.

Таблица 1

Средний периметр ячеей a_0 в мм	Среднее квадратическое отклонение σ_c в мм	Коэффициент вариации $V_c = \frac{\sigma_c}{a_0} \cdot 100\%$	Оценка по критерию Пирсона $P(\chi^2)$	Оценка по критерию Колмогорова $P(\lambda)$	Количество измерений
117	4,9	4,2	0,47	1,0	122
131	5,9	4,5	0,7	1,0	124
145	5,9	4,1	1,0	1,0	75
130	6,0	4,6	0,13	1,0	165
127	3,8	3,0	0,09	0,76	212

Следует учитывать, что рыба может подойти к ячейе любого размера. Вероятность подхода ее к ячейе, размер которой не выходит за пределы $a_x; a_x + da_x$, если средний размер ячеей в сети a_0 , будет

$$P_1 = \frac{h_c}{\sqrt{\pi}} e^{-h_c^2 (a_x - a_0)^2} da_x,$$

$$h_c = \frac{1}{\sigma_c a_0 \sqrt{2}}.$$

Вероятность поимки рыбы размера l ячейей с размером $a_x; a_x + da_x$ определится по формуле

$$\frac{h_c}{\sqrt{\pi}} |y| e^{-h^2 \left(\frac{l - l_x}{l_x} \right)^2} e^{-h_c^2 (a_x - a_0)^2} da_x.$$

Вероятность поимки рыбы размером l сетью с неравномерной ячейей будет

$$y' = \frac{h_c}{\sqrt{\pi}} \int_{a_0 - \varepsilon}^{a_0 + \varepsilon} |y| e^{-h^2 \left(\frac{l - l_x}{l_x} \right)^2} e^{-h_c^2 (a_x - a_0)^2} da_x.$$

По теории жаберного лова, основывающейся на принципе механического подобия, оптимальный размер рыб l_x для ячеи a_x определяется из прямолинейной зависимости $a_x = kl_x$. Практически наблюдаются некоторые отклонения от прямолинейности [3], но в пределах изменения размеров ячеек в одной сети можно считать справедливой прямолинейную зависимость. В пределах $a_0 + 3\sigma_c$ содержится 99,7% всех возможных случаев [9], поэтому в общем виде можно записать

$$y' = \frac{hc_1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} |\gamma| e^{-h^2 \left(\frac{l-l_x}{l_x} \right)^2 - h^2 c_1 (l_x - l_0)^2} dl_x. \quad (1)$$

Величина $|\gamma|$ в пределах одной сети изменяется незначительно. Поэтому независимо от формы кривой $|\gamma| = R \frac{d}{dx}$ в этом случае ее можно приближенно интерполировать прямой. А так как нас интересует кривая относительной уловистости (избирательности), то эту прямую можно характеризовать лишь углом наклона $\operatorname{tg} \alpha$. Анализ уравнения (1) показывает, что допустимы некоторые упрощения, в результате которых оно приводится к виду

$$y' = \frac{hc_1 |\gamma|}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} e^{-h_1^2 (l-l_x)^2 - h_{c_1} (l_x - l_0)^2} dl_x. \quad (2)$$

или:

$$y' = \frac{hc_1 |\gamma|}{\sqrt{h_1^2 + h_{c_1}^2}} e^{-H_1^2 (l-l_0)^2},$$

$$\text{где } H_1 = \frac{h_1 h_{c_1}}{\sqrt{h_1^2 + h_{c_1}^2}}.$$

Если кривую избирательности выражать как и прежде в относительных единицах

$$y' = e^{-H^2 \left(\frac{l-l_0}{l_0} \right)^2},$$

где $H = H_1 l_0$, то в этом случае коэффициент вариации v_H будет равен среднему квадратическому отклонению σ_H .

Таким образом, кривая избирательности сети с разной ячейей подобна кривой избирательности ячеек, но имеет меньшую меру точности.

На рис. 2 приведена кривая I избирательности ячеек по осредненным данным проф. Ф. И. Баранова ($h=13,3$). Там же приведены кривые II, III избирательности сети с неравномерной ячейей ($v_c = 10\%$), построенные по данным графоаналитического решения уравнения (1) для $\operatorname{tg} \alpha = 0$ и $\operatorname{tg} \alpha = 0,1$. Точками нанесена кривая, полученная из решения уравнения (2). Из рис. 2 видно, насколько значительно изменяется кривая избирательности от неравномерности ячеек. Можно также видеть допустимость упрощений для перехода от уравнения (1) к (2).

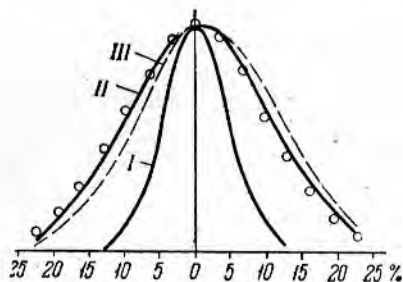


Рис. 2. Кривые, характеризующие влияние неравномерности размера ячеек

Влияние экстерьера рыб на избирательность сети

Из литературных источников известно, что избирательность сетей проявляется по отношению к длине, обхвату, весу рыб [6, 14, 15, 16, 18]. Как следствие этого избирательность проявляется также по отношению к возрасту и полу [13, 14, 16].

По теории жаберного лова, базирующейся на принципе механического подобия и полагающей соблюдение геометрического подобия рыб, не столь важно, что брать в качестве характерного размера: l , L или обхват S , так как $S = bL$. Фактически значения коэффициента пропорциональности b варьируют. Эмпирический материал, полученный для атлантической сельди, показывает, что распределение b можно считать происходящим по нормальному закону [$v_b = 4\%$, $P(\chi)^2 = 0,96$].

При учете влияния экстерьера важно установить первопричинную избирательность.

По теории жаберного лова рыба ловится лучше всего в том случае, если пройдет в ячею до сечения с конусностью β_0 , что зависит от соотношения между периметром ячеи $4a$ и обхватом в этом сечении S . При неточности геометрического подобия между рыбами местоположение сечения S_k может изменяться. Это выразится в изменении отношений $\frac{S_k}{S}$, где S — наибольший обхват рыбы. Обычно S_k незначительно отличается от S . Поэтому даже при больших отклонениях значений $\frac{S}{L} = b$ от среднего b_0 отклонение значения $\frac{S_k}{S}$ от среднего будет гораздо меньше. Очень трудно найти, да и нет смысла искать, закон распределения значений $\frac{S_k}{S}$, ибо в самой основе приведенных рассуждений лежит ряд непроверенных допущений. В теории жаберного лова

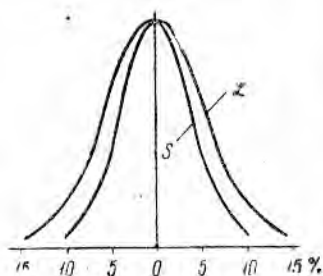


Рис. 4. График, характеризующий влияние экстерьера рыб

учитывается лишь основная причина и не учитывается ряд других причин (снятие внешних покровов рыбы и врезание в них нитей ячеи, трение нити о тело рыбы, скручивание нитей ячеи при протискивании сквозь нее рыбы и т. д.), которые должны как-то сказываться при лове. Наибольшее значение имеет избирательность по отношению к обхвату рыб, и наиболее благоприятные условия поимки рыбы определяются величиной $\frac{S}{4a} = \chi_0$.

Как отмечалось, значения b распределяются по нормальному закону. В теории вероятностей доказывается [13], что если значения аргумента линейной функции $S = bL$ распределяются по нормальному закону, то значения функции так же распределяются по нормальному закону, но с другой мерой точности.

Таким образом, если кривая уловистости по отношению к обхвату рыб подобна кривой Гаусса, то, учитывая различие экстерьера рыб (неточность геометрического подобия), уловистость по отношению к длине рыб можно выразить подобной же кривой, но с меньшей мерой точности. Суждения об избирательности по длине рыб получаются более расплывчатыми, чем об избирательности по обхвату. На рис. 4 приведена кривая избирательности по обхвату и соответствующая ей кривая избирательности по длине.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ОБ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ СЕЛДЯНЫХ ДРИФТЕРНЫХ СЕТЕЙ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

Работы по определению избирательности хлопчатобумажных сельдяных дрейфтерных сетей были проведены нами летом и осенью 1954 г. в Северной Атлантике на СРТ-416 управления «Мурмансельдь».

При определении избирательности приходится решать две задачи: во-первых, определение моды кривой избирательности, что сводится к определению коэффициента k зависимости $a=kl$ и, во-вторых, определение формы и параметров этой кривой.

Измерения. Из сетей вырезали ячейки вместе с пойманными в них рыбами. Измеряли периметр ячеек, поймавшей рыбу, наибольший обхват рыбы, длину ее (от конца рыла до развилки хвостового плавника).

Длину измеряли металлической линейкой. Для определения точности измерений многократно измеряли длину одной и той же рыбы. В результате получили среднее квадратическое отклонение отдельного измерения $\sigma=0,7$ мм. Предельная абсолютная ошибка $\epsilon_{np}=2$ мм и предельная относительная ошибка $\delta_{np}<1\%$.

Обхват измеряли с помощью тонкой целлулоидовой пластинки. Для определения точности измерений многократно измеряли обхват одной и той же рыбы различными способами и получили среднее квадратическое отклонение отдельного измерения пластиной $\sigma=0,5$ мм. Предельная абсолютная ошибка $\epsilon_{np}\approx 2$ мм и предельная относительная ошибка $\delta_{np}\approx 1\%$.

Влияние ошибок измерений. Рассмотрим это на примере $\frac{S}{L}$. Среднее квадратическое отклонение абсолютной ошибки измерения обхвата $\sigma_{\epsilon, S}=0,5$ мм и относительной $\sigma_{\delta, S}=0,003$. Приближенно можно считать, что в пределах изменения обхвата относительная ошибка остается постоянной. То же самое можно сказать и про ошибки измерения длины: $\sigma_{\epsilon, L}=0,7$ мм, $\sigma_{\delta, L}=0,002$.

Среднее квадратическое отклонение для нашего случая

$$\sigma_{\delta, S/L} = 10^{-3} \sqrt{3^2 + 2^2} = 0,004.$$

Эмпирически определенное распределение

$$b = \frac{S}{L}$$

выражается в виде

$$\frac{h_g}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{h_g^2}{2} (b-b_0)^2},$$

где $h_g = \frac{1}{\sigma_g \sqrt{2}}$ — эмпирически определенная мера точности;

b_0 — среднее значение $\frac{S}{L}$.

Здесь сказываются ошибки в определении $b = \frac{S}{L}$.

Для любого значения b закон распределения ошибок будет

$$\frac{h_{g, S/L}}{\sqrt{2}} e^{-\frac{h_{g, S/L}^2}{2} \left(\frac{b-b_x}{b_x} \right)^2},$$

где: b — вычисленное значение $\frac{S}{L}$;

b_x — действительное значение (без ошибок измерений).

Для приближенной оценки влияния ошибок можно сделать предположение, обратное сделанному ранее, но, учитывая небольшой интервал изменения L и S , допустимое. Это допущение заключается в том, что абсолютная ошибка измерений не зависит от абсолютных значений S и L . Тогда закон распределения ошибок представится проще

$$\frac{h_{\epsilon, S/L}}{\sqrt{\pi}} e^{-h_{\epsilon, S/L}^2 (b-b_x)^2}.$$

Имеем случай, полностью подобный разобранным ранее для избирательности сети с неравномерной ячейей. Среднее квадратическое отклонение действительного распределения $\frac{S}{L}$ определится по формуле

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_s^2 - \sigma_{\epsilon, S/L}^2}.$$

Из опытов было определено $\sigma_s = 0,022$; $b_0 = 0,535$;

$$\sigma_{\epsilon, S/L} = b_0 \sigma_{\epsilon, S/L} = 0,535 \cdot 0,004 = 0,002.$$

Тогда

$$\sigma_x = 10^{-3} \sqrt{22^2 - 2^2} = 0,022.$$

Аналогичные подсчеты показывают, что влияние ошибок измерений на распределение $\frac{S}{4a}$ и др. также незначительно.

Оптимальный для сети размер атлантической сельди. В табл. 2 приведено суммарное из ряда уловов различных сетей распределение частот $\frac{S}{4a}$.

Таблица 2

$\frac{S}{4a}$	1,02	1,07	1,12	1,17	1,22	1,27	1,32	1,37	1,42	1,47	1,52	1,57
Количество измерений	1	32	94	170	95	69	62	34	17	9	5	1
Частоты в %	0,2	5,4	16,0	28,9	16,1	11,7	10,5	5,8	2,9	1,5	0,8	0,2

Распределение $\frac{a}{L}$ для тех же уловов приведено ниже.

$\frac{a}{L}$	0,089	0,094	0,099	0,104	0,109	0,114	0,119	0,129	0,134
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Количество измерений	8	21	54	99	143	218	109	18	4	1
--------------------------------	---	----	----	----	-----	-----	-----	----	---	---

По модам частот этих распределений легко определить коэффициенты k_1 и k_2 зависимостей $a=k_2S$ и $a=k_1L$. Значения этих коэффициентов вполне согласуются друг с другом: $k_2=0,214$, $k_1=0,114$. Какова же точность определения их?

Прежде всего необходимо отметить, что нельзя быть совершенно уверенным в отсутствии превалирующего влияния какого-либо отдельного фактора на распределение $\frac{S}{4a}$. Поэтому хорошо иметь хотя бы доказательство того, что мода $\frac{S}{4a}$ не может переместиться в один из соседних классов ($\frac{S}{4a}=1,12$ или $1,22$).

Рассмотрим частоты $\frac{S}{4a}$, выраженные в процентах от общего числа измерений. Если пренебречь возможным влиянием упомянутого превалирующего фактора, то частностью $\frac{m}{M}$ будет определяться неизвестная для нас вероятность P события (того или иного значения $\frac{S}{4a}$). Пользуясь теоремой Лапласа, можно с любой достоверностью Q определить предельную величину разности $\frac{m}{M} - P = \varepsilon$. При числе измерений $M=589$ $\varepsilon = \sqrt{\frac{\alpha^2}{M} 2Pq}$ аргумент интеграла вероятностей α определяется по Q из специальных таблиц [11]. Задавая достоверностью $Q=0,98$, находим $\alpha=1,64$. Так как величины P и q неизвестны, берем наихудший случай $Pq=0,25$. Определяем $\varepsilon = \frac{\alpha}{\sqrt{2M}} = \frac{1,64}{\sqrt{2 \cdot 589}} = 0,05$, или 5%. Таким образом, частость оптимальных значений $\frac{S}{4a}$ лежит в пределах 24—34%. Предельная ошибка частостей прилегающих классов будет такой же и пределы значений их 11—21%. При наихудшем случае мода значений $\frac{S}{4a}$ остается равной 1,17. Достоверно, следовательно, что оптимальное значение $\frac{S}{4a}$ лежит в пределах класса, серединой которого является $\frac{S}{4a} = 1,17$.

Тогда $\left(\frac{S}{4a}\right)_0 = 1,17 \pm 0,02$, или $\left(\frac{S}{4a}\right)_0 = 1,17 \pm 2\%$.

Отсюда $k_2 = 0,214 \pm 2\%$ и $k_1 = 0,114 \pm 2\%$.

Значение $k_1 = 0,114$ в связи с изменением экстерьера (b_0) рыб (атлантической сельди) в течение года является справедливым лишь для конца августа и сентября.

Кривая избирательности. В приведенном выше распределении частот $\frac{S}{4a}$ явно определяется наличие скошенности. На причину ее указывают результаты специальных измерений. При этих измерениях зафиксировано два, ранее уже отмечавшихся [2, 3, 6] вида попадания сельди в сеть. Во-первых, рыба застревает в ячее телом; этому случаю соответствует оптимальное значение $\frac{S}{4a} = 1,17$. Во-вторых, рыба удерживается в ячее, просунув в нее голову и зацепившись за нити ячеи жаберными крышками; этому случаю соответствует оптимальное значение $\frac{S}{4a} \approx 1,32$.

На рис. 5 изображены примерно разделенные частоты $\frac{S}{4a}$. Штриховкой выделены случаи, относящиеся к лову за жаберные крышки.

Зацепление за сеть жаберными крышками носит случайный характер. Удерживается, однако, рыба лучше всего при определенном соотношении периметра ячеи и обхвата у конца жаберных крышек. Если периметр ячеи очень велик, то рыба может протиснуться дальше и быть пойманной нормальным образом или пройти сквозь ячею, или отойти назад. Такой же ход рассуждений, как и для обычного случая [3], приводит к выводу, что кривая уловистости сети получается в результате наложения одна на другую двух кривых уловистости — основной (первый случай лова) и дополнительной. При этом для дополнительной кривой имеется не меньше оснований, чем для основной,

предположить, что она подобна кривой Гаусса. Таким образом, приходится принять положение, что в основе суммарных частот $\frac{S}{4a}$ лежат две кривые нормального распределения, наложенные одна на другую.

На рис. 6 приведена полученная кривая избирательности. Пунктирными линиями показаны составные части кривой. По имеющимся данным, параметры кривой не зависят от толщины нити.

Для перехода от избирательности по обхвату к избирательности по длине рыб и для учета неравномерности ячеи кривую избирательности следует разделить на составные части — основную и дополнительную, проделать для них необходимые вычисления и затем опять сложить. Однако для дополнительной кривой допустимость таких пересчетов является сомнительной. Для основной кривой избирательность

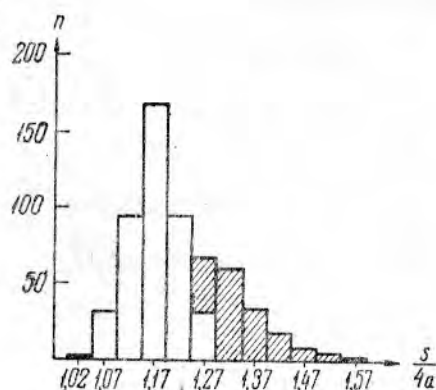


Рис. 5. Разделенные частоты $\frac{S}{4a}$

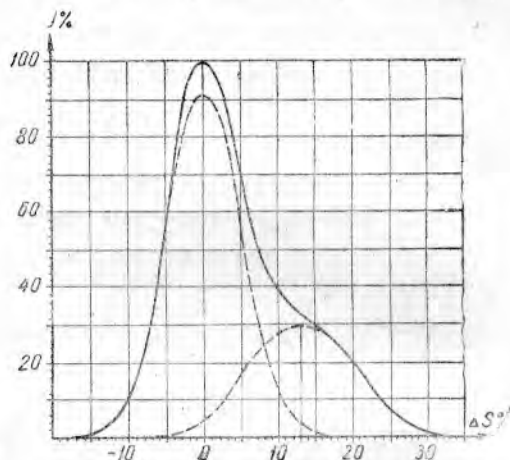


Рис. 6. Кривая относительной уловистости

по обхвату считают первопричинной, исходя из допущения, что $\frac{S_k}{S} = \text{const}$, где S_k — обхват в сечении с оптимальной конусностью. Для дополнительной кривой трудно сделать допущение, что $\frac{S_k}{S} = \text{const}$, где S_k — оптимальный обхват у конца жаберных крышек. Выражение дополнительной кривой через наибольший обхват является довольно приближенным и пересчет для этого случая при переходе от избирательности по обхвату к избирательности по длине явился бы, пожалуй, усугублением ошибки. Поэтому, проделывая любые пересчеты с основной кривой, дополнительную лучше оставлять в таком виде, в каком она определена эмпирически.

Для примера найдем кривую избирательности по длине

$$h_s^2 = 200; \quad v_{h,s} = \sigma_{h,s} = \frac{1}{\sqrt{2}h^2} = \frac{1}{20} = 0,05; \quad b_0 = 0,535; \quad \sigma_a = 0,022;$$

$$v_a = 0,04, \quad v_{h,L} = 10^{-2} \sqrt{16 + 16} = 10^{-2} \sqrt{32} = 0,057.$$

$$h_L^2 = \frac{1}{2 \cdot 0,057} = 150.$$

Тогда

$$V_{a,L} = 0,93e^{-150 \left(\frac{L}{L_0} - 1 \right)^2} + 0,3e^{-90 \left(\frac{L}{L_0} - 1 \right)^2}.$$

Для основной части кривой избирательности по длине рыб $h_L=12$. Ранее проф. Ф. И. Барановым [6] было получено для каспийских сельдей $h_L=12 \left(\frac{1}{h} - 0,085 \right)$. Такое, очевидно, не случайное совпадение результатов, полученных разными методами, подтверждает справедливость обобщающих положений, выдвинутых проф. Ф. И. Барановым.

Проведем расчеты по учету неравномерности ячеи для случая $v_c=4\%$. Имеем $v_{h,s}=0,04$; $v_c=0,04$; $v_{H,s}=0,057$; $H_s^2=150$ и $v_{h,L}=0,057$; $v_c=0,04$; $v_{H,L}=10^{-2}\sqrt{32+16}=0,69$; $H_L=100$.

Соответственно

$$Y_{H,s}=0,92e^{-150\left(\frac{s}{s_0}-1\right)^2}+0,3e^{-90\left(\frac{s}{s_0}-1,13\right)^2};$$

$$Y_{H,L}=0,92e^{-100\left(\frac{L}{L_0}-1\right)^2}+0,3e^{-90\left(\frac{L}{L_0}-1,13\right)^2}.$$

ВЫВОДЫ

1. При определении сравнительной уловистости сетей желательно в результате получать более постоянные характеристики. Теоретически простое соотношение уловов не удовлетворяет этому условию, поэтому желательно иметь особую методику определения сравнительной уловистости.

2. Оптимальный размер ячеи для атлантической (норвежской) сельди определяется из соотношения $a=0,214S$ или $a=0,114L$. Причем значение 0,114 в связи с изменением экстерьера рыб справедливо лишь для конца августа — начала сентября.

3. Кривая избирательности, определенная для атлантической сельди, в значительной мере подтверждает гипотезу проф. Ф. И. Баранова о подобии ее кривой Гаусса и выражается следующим образом:

$$Y_{a,s}=0,92e^{-200\left(\frac{s}{s_0}-1\right)^2}+0,3e^{-90\left(\frac{s}{s_0}-1,13\right)^2}.$$

4. Неточность геометрического подобия рыб делает неравноценными кривые избирательности по длине и обхвату рыб. Соотношение между ними устанавливается зависимостью

$$v_L=\sqrt{v_s^2+v_c^2}.$$

5. Неравномерность ячеи сети сказывается на кривой избирательности, уменьшая меру точности ее $v_H=\sqrt{v_h^2+v_c^2}$.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н. Н., Некоторые вопросы теории лова рыбы жаберными сетями, Труды ВНИРО, т. XXX, Пищепромиздат, 1955.
2. Баранов Ф. И., Техника лова ставными и плавными сетями, Материалы к познанию русского рыболовства, т. 1, вып. 2, 1912.
3. Баранов Ф. И., Лов сельди ставными сетями, Материалы к познанию русского рыболовства, т. 3, вып. 6, 1914.
4. Баранов Ф. И., Влияние окраски сетей на успешность лова, Бюллетень рыбного хозяйства, № 21—22, 1924.
5. Баранов Ф. И., Техника промышленного рыболовства, 1933.
6. Баранов Ф. И., Теория и расчет орудий рыболовства, Пищепромиздат, 1948.
7. Губенко Ю. Т., Сетной лов сардины иваси, 1940.
8. Кунилов Ф. И., Рыболовный спорт, 1954.
9. Леонтович А. В., Вариационная статистика, 1935.
10. Сапегин А. А., Вариационная статистика, 1935.

11. Унковский В. А., Теория вероятностей, 1953.
 12. Яковлев К. П., Математическая обработка результатов измерений, 1953.
 13. Robertson J. A., The occurrence of Lee's Phenomenon in the Sprat and Size—Relation between Fish and Scale. *Journal du Conseil*, vol. XI, No 2, 1936.
 14. Rollefson G., The Selectivity of Different Fishing Gear used in Lofoten. *Journal du Conseil*, vol. XIX, No 2, 1953.
 15. Farran G. P., On the Mesh of Herring Drift Nets in Relation to the Condition Factors of the Fish, *Journal du Conseil*, vol. XI, No 1, 1936.
 16. Hickling C. F., The Selective Action of the Drift net on the Cornish Pilchard. *Journal du Conseil*, vol. XIV, No 1, 1939.
 17. Hodgson W. C., Preliminary Note on Experiments concerning the Selective Action of Drift Nets. *Journal du Conseil*, vol. II, No 3, 1927.
 18. Hodgson W. C., Further Experiments on the Selective Action of Commercial Drift Nets. *Journal du Conseil*, vol. VIII, No 3, 1933.
-

РАЗДЕЛ II

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ОРУДИЙ ПРИБРЕЖНОГО РЫБОЛОВСТВА

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА СТАВНЫХ НЕВОДОВ

Канд. техн. наук А. И. ТРЕЩЕВ

В данной статье на примере невода с комбинированным креплением сделана попытка обобщить некоторые элементы расчета ставных неводов, которые в настоящее время могут считаться достаточно отработанными. Под комбинированным здесь понимается крепление, у которого крыло устанавливается на наплавах, а ловушка — на сваях (гундерах). Такого рода крепления рекомендуются к применению на малых глубинах, где ловушки, устанавливаемые с помощью наплавов, деформируясь под действием волн и течений, могут повреждаться о дно.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Прежде чем приступить к выбору конструкции ставного невода, необходимо знать его назначение и место установки.

От биологических особенностей ловимой рыбы зависит выбор конструкции невода (длина направляющего крыла, количество открьлков, размеры входных отверстий и т. д.). По промысловым размерам рыбы выбирается величина ячеи. Вопросы зависимости конструкции неводов от поведения ловимой рыбы в настоящее время мало изучены, поэтому при выборе той или иной конструкции приходится пользоваться исключительно данными практики. В результате многолетнего опыта выработаны особые конструкции сельдевых, лососевых, частичковых и других ловушек, которые и принимают за основу при проектировании новых неводов.

Многие из существующих ловушек имеют форму прямоугольников.

Применение ловушек, имеющих правильные обтекаемые формы, желательно с точки зрения уловистости и уменьшения сопротивления, но при этом требуются более сложные крепления. Иногда, оставляя почти без изменения систему крепления, придают ловушкам остроугольные очертания, что улучшает условия обтекания. Подобные ловушки применялись на севере (беломорский тайник), в Керченском проливе (большинство проливных ставных неводов). Они штормоустойчивее ловушек с прямоугольными очертаниями.

Правильно построенный ставной невод должен быть сконструирован так, чтобы в его садках не могла обьичиваться рыба заданной длины L и не могли вылавливаться рыбы, длина которых меньше L . Этого можно достичь, если орудие изготовить из деля, сквозь которую могла бы свободно проходить рыба длиной меньше L , а те части ло-

вушки, где концентрируется улов (двор и садки), сделать настолько мелкочейными, чтобы рыбы этой длины не могли в них обь-ячиваться.

Как указывает проф. Ф. И. Баранов [1], сеть с шагом $1,2a$ (a — оптимальный шаг ячеи, равный для широких рыб $0,2L$, для средних $0,15L$ и для узких $0,1L$) не задерживает рыб заданной длины L , а сеть с шагом $0,8a$ не обь-ячивает рыб длиной L . Для постройки крыла, передних частей ловушек и открьлков чаще всего применяют дель с ячеей $(1,0—3,0)a$, а для постройки садка — дель с ячеей $(0,5—0,8)a$. В отдельных случаях крылья изготовляют из дели, имеющей ячею до $10a$. Это обь-ясняется главным образом тем, что на практике орудия лова обычно строятся для одновременного лова нескольких пород рыб, имеющих различные промысловые размеры (длину и обхват). Кроме того, некоторые рыбы при встрече с крылом не стремятся пройти через ячею, а, двигаясь вдоль крыла, пытаются его обойти, что позволяет размер ячеи в крыльях делать значительно больше, чем это необходимо для задержания рыбы.

Назначение невода определяет не только конструкцию и габариты, но в известной мере и место установки его. Различные рыбы концентрируются в разных местах. Одни не подходят близко к берегам, другие идут у самых берегов, одни концентрируются в местах со слабым течением, другие, наоборот, держатся наибольших течений и т. д.

Места установки ставных неводов выбирают на основе многолетних наблюдений. Дать какие-либо общие указания по этому вопросу невозможно, так как, кроме указанных причин, выбор места установки зависит еще от целого ряда местных условий (подход и стоянка судов, расстояние от береговой базы и т. д.), которые не поддаются учету. По установлении места установки нужно промерить глубины, исследовать грунт и определить режимы течений, волнений, наносов и движения льда. Полученные в результате подготовительной работы материалы и являются исходными данными для проектирования. Чтобы на основании этих данных спроектировать невод, необходимо прежде всего определить нагрузки, которые будут действовать на невод в промысловых условиях. Определению нагрузок при проектировании неводов следует уделять особое внимание, так как весь последующий расчет, а в конечном итоге и штормоустойчивость будущего невода зависят от того, насколько правильно определены нагрузки.

До настоящего времени расчеты ставных неводов производились с учетом только течения. Однако в последнее время доказано, что при одних и тех же скоростях течения вследствие наличия наносов и действия, оказываемого волнением, могут возникать разные нагрузки. Поэтому при расчете неводов необходимо учитывать дополнительные нагрузки на сетное полотно, связанные с наличием указанных факторов.

В результате теоретического анализа, проведения опытов и проверки полученных данных на промысловых орудиях лова автором получены расчетные формулы для определения нагрузок на ставные невода с учетом течения, наносов и волнения [3].

Применение указанных формул позволяет увязать проектирование неводов не только со скоростью течения, но и с прочими гидрологическими условиями района лова, (волнение, глубина, наличие наносов), а также с производственными особенностями эксплуатации неводов (время, на которое невод устанавливается, посадка, запас высоты). Все это позволяет более точно определять расчетные нагрузки, а следовательно, и более правильно проектировать невода.

В зависимости от специфических особенностей неводов, обусловленных требованиями уловистости, экономическими соображениями и гидрометеорологическими условиями, им надо придавать ту или иную прочность, т. е. выбирать величину коэффициента запаса прочности.

РАСЧЕТ НЕВОДА НА ПРОЧНОСТЬ

Расчет ставных неводов и сетных заграждений на прочность включает расчет каркаса и расчет сетных частей сооружения.

Расчет каркаса

Наибольшая горизонтальная сила, допускаемая на вертикальную круглую сваю со свободным верхним концом, определяется из условий прочности грунта [4] по формуле

$$Q_{\max} = \frac{mDb^3}{3(4b + 3b_1)}, \quad (1)$$

где: D — диаметр сваи в m ;
 b — плечо приложения силы в m ;
 b_1 — глубина забивки сваи в m ;
 m — коэффициент, определенный по формуле

$$m = \gamma \left[\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) - \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right], \quad (2)$$

где: φ — угол внутреннего трения мокрого грунта;
 γ — объемный вес мокрого грунта в $кг/м^3$.

Имея в виду однотипность расчетов ставных неводов, для упрощения вычислений можно также рекомендовать пользоваться графиком при определении самой величины $Q_{\max}$.

В практике ставного неводного лова наиболее часто применяются сваи (гундеры) диаметром 8—16 см, имеющие среднюю высоту точки приложения горизонтальных сил $b=2$ м. Для определения максимально допускаемых горизонтальных сил на такие сваи составлен график (рис. 1). График позволяет определять $Q_{\max}$ в зависимости от b_1 для свай диаметром от 0,08 до 0,16 м.

По определении устойчивости сваи из условий прочности грунта надо проверить ее на прочность.

Прочность вертикальной круглой сваи со свободным верхним концом проверяют по формуле Водгео:

$$\frac{M_{\max}}{W} \leq \sigma_{изг}; \quad (3)$$

$$M_{\max} = Q_{\max} \left(b + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{Q}{mD}} \right) кгм, \quad (4)$$

где: W — момент сопротивления свай круглого сечения;
 $\sigma_{изг}$ — допустимое напряжение на изгиб.

В зависимости от размеров невода величину $\sigma_{изг}$ сосновых и еловых свай рекомендуется принимать равной:

- 1) для больших ставных неводов и неводов, устанавливаемых в прибойных местах, — 100 $кг/см^2$;
- 2) для средних по размерам ставных неводов и неводов, устанавливаемых в местах со средними скоростями течений, — 120 $кг/см^2$;
- 3) для мелких орудий лова и орудий лова, устанавливаемых в защищенных от штормов местах, — 140 $кг/см^2$.

Исходя из этих допускаемых напряжений, на график (см. рис. 1) нанесены ограничительные линии, характеризующие предельные напряжения свай. Таким образом, зная размеры свай и выбрав соответствующее допускаемое напряжение на изгиб, по графику можно определить величину допускаемой горизонтальной силы.

Весь предыдущий расчет проводят, имея в виду, что верхний конец сваи не закреплен. Глубина забивки, обеспечивающая устойчивость

сваи при возникающих в неводе нагрузках, в этом случае оказывается сравнительно большой.

В рыболовной практике из-за необходимости последующей уборки сваи обычно забивают на глубину значительно меньше той, которая необходима при применении указанного выше расчета. Для обеспечения устойчивости верхние концы свай укрепляют с помощью проволочных или канатных оттяжек.

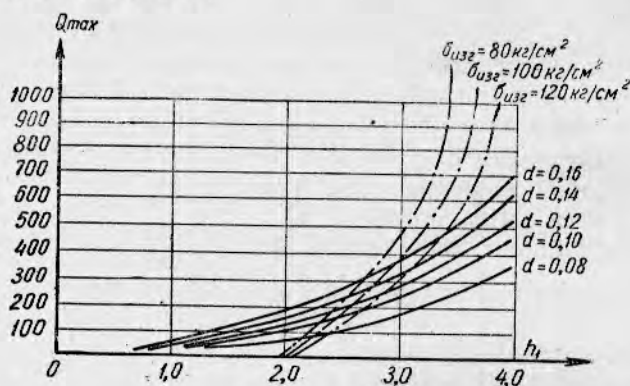


Рис. 1. График для определения максимальной горизонтальной силы $Q_{\max}$

При расчете оттяжек предполагают, что одна из свай вышла из строя и усилия переложились на две соседние. Тогда нагрузка, приходящаяся на одну оттяжку, будет определяться по формуле

$$Q = Q_{\max} + \frac{Q_{\max}}{2}. \quad (5)$$

Чтобы сваи не расшатывались при смене течений, оттяжки натягивают втугую. При этом стрела прогиба приближается к нулю и оттяжка образует прямую линию (рис. 2).

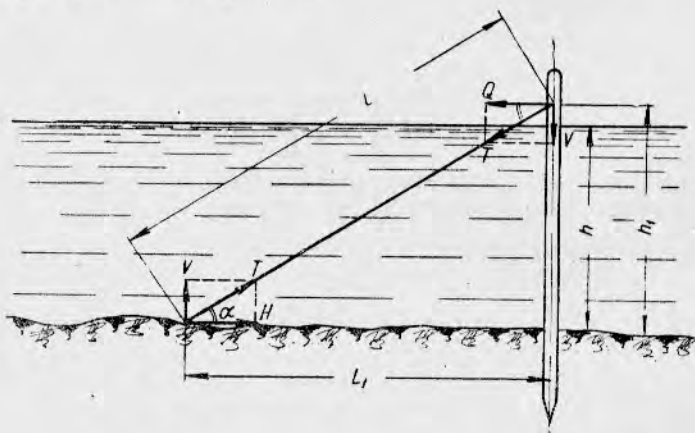


Рис. 2. Схема якорного закрепления свай

Если считать, что горизонтальная сила Q действует в верхней точке крепления, то натяжение оттяжки составит

$$T = \frac{Q}{\cos \alpha}, \quad (6)$$

где α — угол наклона оттяжки к горизонту.

По натяжению T подбирают сечение оттяжки, причем в зависимости от гидрометеорологических условий района промысла коэффициент запаса прочности берут от 2 до 4. Вертикальное и горизонтальное усилия, действующие на якорь, определяют по формулам

$$V = T \sin \alpha, \quad (7)$$

$$H = T \cos \alpha. \quad (8)$$

Исходя из формул (6) и (8) можно записать, что $Q = H$, т. е. горизонтальное усилие, действующее на якорь, равно горизонтальной силе, действующей на сваю в точке крепления оттяжки.

Максимальная горизонтальная удерживающая сила якоря определяется по формуле

$$H_{\max} = kG, \quad (9)$$

где: G — вес якоря в кг;

k — коэффициент сцепления якоря с грунтом; для песчаных грунтов $k = 5 - 6$, для глинистых $k = 10 - 12$.

Для того чтобы якоря надежно держали сооружение, необходимо, чтобы горизонтальное усилие, действующее на якорь, не превышало максимальной удерживающей силы якоря, определяемой выражением (9)

$$H \leq H_{\max}.$$

В практике обычно рекомендуется брать полуторакратный запас держащей силы якоря, т. е.

$$Q = H \leq \frac{k}{1,5} G. \quad (10)$$

Выразив вертикальное усилие, действующее на якорь, через Q получим

$$V = Q \frac{h_1}{L_1}. \quad (11)$$

По условию надежности закрепления вертикальное усилие, действующее на якорь, должно быть равно сопротивлению якоря выдергиванию или меньше его, т. е.

$$V \leq V_{\max} \quad (12)$$

или приблизительно

$$Q \frac{h_1}{L_1} \leq G.$$

Отсюда (см. рис. 2)

$$Q \leq G \frac{L_1}{h_1}. \quad (13)$$

Разделив найденное значение на выражение (10), получим

$$\frac{L_1}{h_1} \geq \frac{k}{1,5}.$$

Так как значения k изменяются в зависимости от характера грунта от 5 до 12, то отношение $\frac{L_1}{h_1}$ может колебаться от 3,33 до 8.

L_1 — расстояние по горизонтали от якоря до центра сваи. При расчетах удобнее брать отношение длины оттяжки L к глубине места установки невода h , которое изменяется примерно в тех же пределах $\frac{L}{h} = 3,5 \div 8,4$.

Чтобы наглядно представить изменение усилий, возникающих в оттяжке, при изменении $\frac{L}{h}$, составили график (рис. 3).

На этом графике по оси абсцисс отложены отношения $\frac{L}{h}$, а по оси ординат отношения усилий, возникающих в оттяжке, к горизонтальному усилию Q . Сплошная линия характеризует отношение вертикальной силы V , действующей на якорь, к силе Q . Штрихпунктирная линия выражает отношение натяжения T к силе Q . Пунктирная линия, нанесенная на график, характеризует положение самой горизонтальной силы Q .

Из графика видно, что натяжение оттяжки T всегда больше горизонтальной силы Q , а вертикальное усилие V , действующее на якорь, всегда меньше этой силы.

Величины усилий T и V резко меняются при $\frac{L}{h} \leq 5$; при $\frac{L}{h} > 5$ усилия T и V изменяются менее значительно.

Можно сделать вывод, что даже при самом благоприятном грунте опасно брать длину оттяжек меньше пятикратной высоты точки крепления оттяжки над грунтом, так как случайные кратковременные нагрузки (удар волны, подход судна и т. д.) могут вызвать резкое увеличение действующих сил и выдернуть якорь.

В существующей практике рыболовства длина оттяжек берется, как правило, равной трем глубинам места установки. Причем ни возвышение точки крепления оттяжки над поверхностью воды, ни условия грунта в расчет не принимаются.

В результате оказывается, что даже при отношении высоты точки крепления над поверхностью воды к глубине места установки, равном 0,2 (практически оно бывает еще больше), значение отношения $\frac{L}{h}$ не превышает 2,5. Это делается также и в тех местах, где по условиям грунта отношение $\frac{L}{h}$ должно быть не меньше 4. Недостаточная величина отношения $\frac{L}{h}$ снижает штормоустойчивость неводов.

Из приведенных выше расчетов и графиков следует, что для обеспечения штормоустойчивости неводов при укороченной длине оттяжек необходимо создать соответствующий запас держащей силы якорей.

Кроме увеличения длины оттяжек, этого можно достигнуть либо путем увеличения веса якорей и глубины забивки кольев (чипчи-

ков), либо путем загрузки якорей специальными грузами (подъякорниками).

Чаще всего оказывается целесообразным применять подъякорники. В качестве подъякорников используются обычные камни, упакованные в старую дель. Прикреплять куль с камнями лучше с помощью железного кольца, надетого на оттяжку. Подвязывание грузов к кольцам и опускание их на дно производится после окончания монтажа установки.

Подъякорники можно также крепить непосредственно к лапам

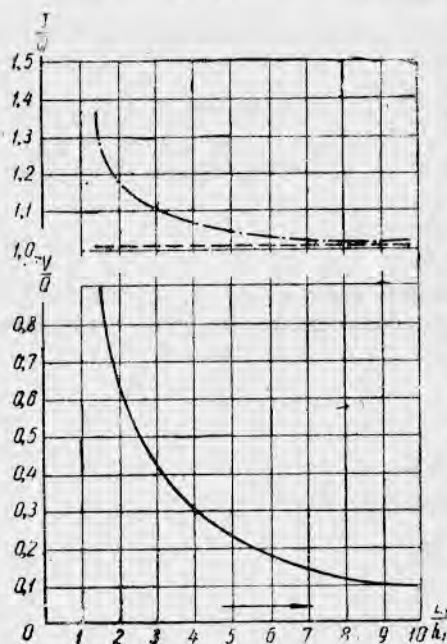


Рис. 3. График зависимости усилий, возникающих в оттяжке, от $\frac{L}{h}$

якорей при помощи каната или проволоки. В этом случае их закладывают при установке якорей.

При таком способе крепления создается некоторый запас держащей силы якорей при уменьшении расхода материалов на изготовление оттяжек.

Как видно из описания, применение подъякорников не представляет больших трудностей при установке ставных неводов и в то же время может значительно повысить их штормоустойчивость.

При расчете крепления крыла исходят из следующих соображений.

Оттяжка рассматривается как гибкая нить, для любой точки которой справедливо условие (рис. 4).

$$\Sigma M = Hy - Vx - \frac{\rho x^2}{2} = 0. \quad (14)$$

Решив это уравнение относительно y , получим уравнение кривой линии, по которой располагается оттяжка

$$y = \frac{V}{H} x + \frac{\rho x^2}{2H}, \quad (15)$$

где: H — горизонтальное усилие, действующее на якорь, равное расчетной нагрузке на оттяжку;
 V — вертикальное усилие, действующее на якорь;
 ρ — вес 1 пог. м оттяжки в воде;
 x и y — текущие координаты кривой, форму которой принимает оттяжка.

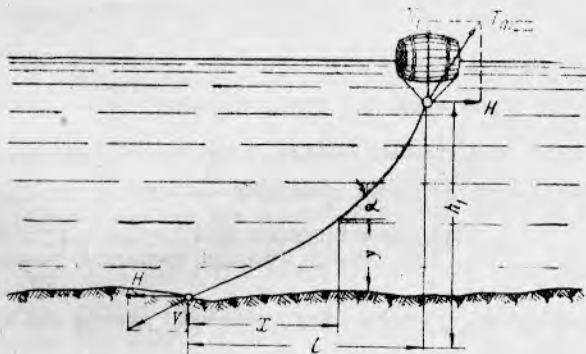


Рис. 4. Схема якорного закрепления наплава

Из условия равновесия оттяжки следует

$$V = \frac{Hh_1}{L} - \frac{\rho L}{2}; \quad (16)$$

$$V_1 = \frac{Hh_1}{L} + \frac{\rho L}{2}, \quad (17)$$

где: V_1 — давление оттяжки на наплав [2];
 L — расстояние от наплава до якоря;
 h_1 — высота точки крепления оттяжки над дном.

Подставив значение V в уравнение кривой, получим

$$y = \left(\frac{h_1}{L} - \frac{\rho L}{2H} \right) x + \frac{\rho}{2H} x^2. \quad (18)$$

Угол наклона оттяжки к горизонту

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x} = \frac{h_1}{L} - \frac{\rho L}{2H} + \frac{\rho}{2H} x. \quad (19)$$

Наибольшее усилие в оттяжке возникает в месте прикрепления ее к наплаву

$$T_{\max} = \sqrt{H^2 + V_1^2}. \quad (20)$$

Для уменьшения вертикального усилия V , действующего на якорь, необходимо, как это видно из формулы (16), увеличивать расстояние L от наплава до якоря, т. е. увеличивать длину оттяжки. Длина оттяжки, при которой $V=0$, определяется из условия $\frac{Hh_1}{L} - \frac{pL}{2} = 0$,

$$L_0 = \sqrt{\frac{2Hh_1}{p}}. \quad (21)$$

При расстоянии от наплава до якоря, большем L_0 , вертикальное усилие, действующее на якорь, равно 0, а вертикальное усилие, действующее на наплав, составит

$$V_1 = \frac{Hh_1}{L_0} - \frac{pL_0}{2}.$$

При расчете центрального троса ставного невода [1] можно идти двумя путями: или, задавшись толщиной каната, определять расстояние между точками креплений, или, задавшись расстоянием между точками креплений, определять толщину каната.

Пример. Примем расстояние между точками креплений равным l . Натяжение каната на данном участке определится по формуле

$$T_0 = \frac{Ql}{8f},$$

где: Q — нагрузка на весь пролет;

$\frac{l}{f}$ — отношение длины пролета к стреле провеса.

Обычно при расчетах ставных неводов стрелу провеса перетяжного троса можно принимать равной 5—10% от длины пролета и $\frac{l}{f} = 20-10$.

Расчет необходимо вести, как и в предыдущем случае, при условии обрыва одной из оттяжек, т. е. при расстоянии между точками креплений, равном $2l$, и нагрузке на пролет, равной $2Q$.

При этом отношение $\frac{l}{f}$ остается без изменений, так как оно является функцией отношения дуги к хорде, которое также остается неизменным.

Натяжение же каната возрастает вдвое

$$T_0 = \frac{Ql}{4f}. \quad (22)$$

Приняв запас прочности каната, по стандарту можно подобрать канат такого диаметра, который бы соответствовал расчетному натяжению T .

Расчет сетных частей невода

Имея расчетную нагрузку на 1 пог. м сетной стены (q), необходимо проверить выбранную дель на прочность.

Число ячеей, приходящееся на 1 пог. м

$$n = \frac{1000}{2au}, \quad (23)$$

где: a — размер ячеей в мм;

u — посадочный коэффициент.

Нагрузка на одну ячейю определится по формуле

$$q_1 = \frac{qa}{n}, \quad (24)$$

где α — угол, зависящий от коэффициента посадки.

Умножив полученную величину на коэффициент запаса прочности, по стандарту подбираем такую дель, прочность ячеи которой при выбранном нами размере ячеи удовлетворяла бы расчету.

Задаваясь тем или иным коэффициентом запаса прочности, необходимо иметь в виду, что для сетных частей орудий лова запас прочности следует брать по отношению не к первоначальной их прочности, а к прочности в конце эксплуатации. Последнее вызывается тем, что сетные орудия лова очень быстро изнашиваются, теряя свою прочность.

Поэтому для обеспечения надежной работы орудия лова в процессе всего периода его эксплуатации целесообразно коэффициент запаса прочности брать по отношению к остаточной прочности орудия лова в момент его списания. Опыт показывает, что в таком случае запас прочности должен быть в два раза больше по сравнению с обычным.

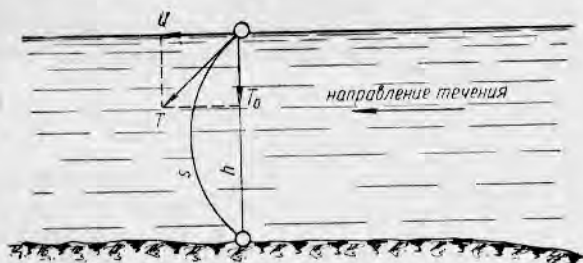


Рис. 5. Форма сетной стены, образованная под действием течения

После того как дель окончательно выбрана, проверить крыло и ловушку на деформацию их во время шторма. Разработка методики расчета деформации неводов (особенно ловушки) пока еще не закончена. По этому вопросу имеются лишь некоторые общие соображения.

Под влиянием давления воды на сеть в последней возникают вертикальные усилия. Величина вертикальных усилий зависит от формы сети. Форма сети характеризуется отношением высоты s сетной стены к расстоянию h между подборами, т. е. отношением длины дуги к длине хорды (рис. 5). Чем больше это отношение, тем меньше вертикальные силы, вызывающие сближение подбор, и тем меньше полезная площадь сети при постоянной ее длине.

Добиваясь увеличения полезной площади сети, можно вызвать вертикальные силы, которые станут опасными при работе сетного полотна на прочность.

В практике оказывается более рациональным не натягивать сетное полотно до предела, а, наоборот, брать некоторый запас на выдувание.

Для того чтобы обоснованно подойти к выбору отношения $\frac{s}{h}$, обычно рассуждают так: вырежем мысленно из средней части сети во всю ее высоту полоску шириной по подборм 1 м. Очевидно, под влиянием сил давления воды такая полоска будет изменять форму подобно нагруженной параллельными силами гибкой нити. Если принять, что нагрузка, обусловленная давлением воды, равномерно распределена по высоте s сетной стены, то с изменением s площадь сопротивления будет изменяться пропорционально изменению $\frac{s}{h}$. Для сети, у которой рас-

стояние между подборами равно высоте стены, т. е. $\frac{s}{h}=1$, сила, стремящаяся погрузить верхнюю подбору, выразится формулой

$$T_0 = \frac{Q}{2 \operatorname{tg} \alpha_0}. \quad (25)$$

У той же сети, но при $\frac{s}{h} > 1$ сопротивление должно изменяться

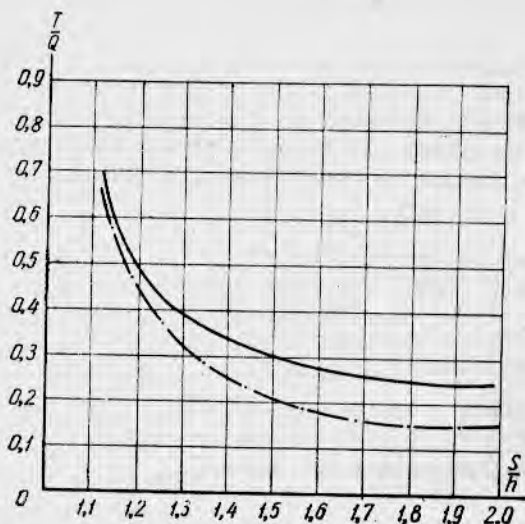


Рис. 6. График зависимости вертикальных сил, действующих на сеть, расположенную в потоке, от отношения $\frac{s}{h}$ (по Ф. И. Баранову)

пропорционально $\frac{s}{h}$. Тогда вертикальная слагающая выразится формулой

$$T_0 = \frac{Q}{2 \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{s}{h}, \quad (26)$$

т. е. сила, погружающая верхнюю подбору, пропорциональна отношению

$$\frac{s}{2h \operatorname{tg} \alpha}.$$

На основании этого выражения, пользуясь таблицей элементов цепной линии, можно построить кривую изменения отношения $\frac{T_0}{Q}$ в зависимости от изме-

нения отношения $\frac{s}{h}$ (рис. 6, сплошная линия).

На том же рисунке кривая, относящаяся к случаю распределения сил сопротивления по закону параболы, обозначена пунктирной линией.

Из графиков следует, что в том и другом случае вертикальные силы резко меняются в пределах отношений $\frac{s}{h}$ от 1,0 до 1,5. При дальнейшем увеличении этого отношения вертикальные силы меняются менее значительно.

При $\frac{s}{h}=1,3$ $T_0=0,35Q$; при $\frac{s}{h}=1,5$ $T_0=0,25Q$.

Исходя из этого при расчетах ставных неводов величину вертикальной силы следует принимать равной $0,3Q$ (расчетная нагрузка), а запас сети на выдувание не рекомендуется брать менее 30%.

Определение количества материалов

Количество материалов следует рассчитывать на основании чертежа невода. При этом рекомендуется соблюдать следующий порядок.

Составив схематический чертеж орудия, подобрать материалы для постройки разных частей орудия. Затем по таблицам стандартов выписать стандартные размеры делей, необходимых для постройки. Далее, зная размер ячее и число ячеей по ширине стандартного куска дели и выбрав посадку, определить наиболее целесообразные размеры полос, на которые дель должна разрезаться. После того как вся эта работа будет проделана, необходимо составить спецификацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имеется значительное количество достаточно «установившихся» приемов расчета, пользование которыми позволяет инженерам вполне сознательно выбирать элементы конструкции ставных неводов. Кроме рассмотренных в настоящей статье, могут быть отнесены к числу разработанных также расчеты кройки и плавучести неводов, наиболее важные аспекты которых освещены в напечатанных в данном сборнике статьях Н. Н. Андреева и В. Н. Гиренко. По-прежнему остаются недостаточно изученными и разработанными вопросы расчета ловушек ставных неводов на самозатопление.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Ф. И., Теория и расчет орудий промышленного рыболовства, Пищепромиздат, 1948.
 2. Гиренко В. Н., Расчет плавучести крыльев ставных неводов (напечатано в настоящем сборнике).
 3. Трещев А. И., Исследование нагрузок на стационарные орудия рыболовства, Труды ВНИРО, т. XXX, Пищепромиздат, 1955.
 4. Инструкция по проектированию деревянных плотин, Стройиздат, 1943.
-

РАСЧЕТ ФИГУРНОЙ КРОЙКИ ПОДЪЕМНЫХ ДОРОГ
СТАВНЫХ НЕВОДОВ

Канд. техн. наук Н. Н. АНДРЕЕВ

Угол подъема в накладной сети (подъемной дороге) колеблется в зависимости от глубины места установки от 10 до 25° и даже более. Угол подъема, по В. Ф. Канину [2], не должен превышать 20—22°.

В. С. Калиновский [1] считает, что для внешних и внутренних накладных сетей расчетный угол подъема днища должен колебаться в пределах 15—25°; на малых глубинах (до 10 м) угол подъема днища доводят иногда до 10°.

Практика показывает, что при установке на глубинах от 10 до 30 м угол подъема дороги можно брать равным глубине места установки в метрах, т. е. $\alpha \approx H$ м. Однако главная трудность, которую приходится преодолевать при расчете подъемных дорог, заключается не в определении этого угла, а в том, чтобы построенная дорога имела после постройки заданный проектом угол подъема. Эта трудность возникает из-за сильного провисания дна дороги по законам цепной линии, что ведет к значительной де-

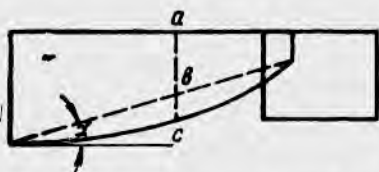


Рис. 1. Вид сбоку подъемной дороги простого раскроя

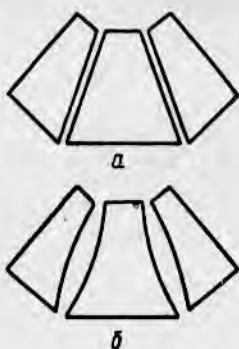


Рис. 2. Раскрой подъемной дороги:

а — простой;
б — фигурный

формации всей дороги. Расчетный угол подъема дна дороги, например 20°, в действительности не получается: в начале дороги он получается меньше этого значения, а затем постепенно увеличивается и может достичь 40° и более (рис. 1). Естественно, что построенная так дорога будет плохо работать, ибо рыба, встретив участок дна, круто поднимающийся кверху, может повернуть назад.

Для устранения этого дефекта была предложена фигурная кройка подъемной дороги. С этой целью дорогу строят из нескольких, например трех-пяти, примерно одинаковых по длине секций с постепенно уменьшающимся углом подъема дна дороги. Если, например, считать, что средний угол подъема дна дороги должен равняться 20°, то дорогу можно разбить на четыре секции и построить их из расчета на угол подъема первой секции 30°, второй 22°, третьей 14° и четвертой 6°. Благодаря такой кройке в дороге как бы делается вырез, противополож-

ный провисанию дна (рис. 2). Опыты на моделях и практика лова показывают полную возможность и целесообразность такой кройки.

Дно дороги может иметь в плане вид трапеции, т. е. боковые стороны дна, к которым пришиваются нижние кромки боковых стенок дороги, могут быть построены в виде прямых линий, без изломов. В некоторых случаях дно, так же как и боковые стенки, делают из нескольких трапеций с постепенно уменьшающимся углом между их боковыми сторонами так, что последняя трапеция — дно козырька в ловушке (или садке) — делается иногда прямоугольным. Кройка дна дороги по последнему варианту является более трудной и требует точного расчета, а при постройке — высшей квалификации рыбаков. Но такие дороги, по-видимому, лучше отвечают своему назначению. Кос-

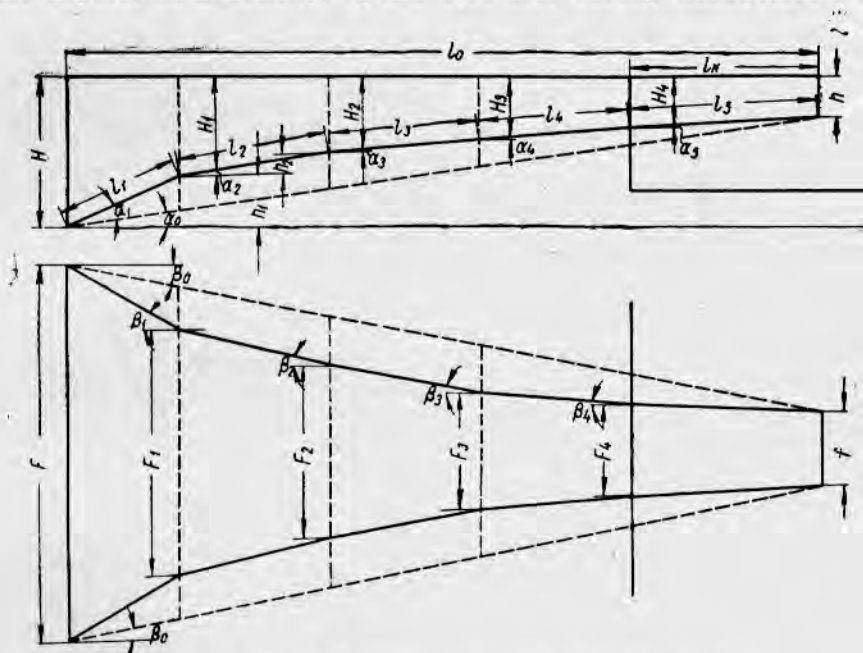


Рис. 3. Расчетная схема подъемной дороги

венное подтверждение этому можно видеть в том, что угол между последовательно расположенными открылками у входных устройств в виде вертикальной щели в подавляющем большинстве случаев делают также постепенно уменьшающимся от первого входа к садку.

При расчете кройки дороги (рис. 3 и 4) в качестве исходных данных должны быть выбраны средний угол подъема дна α_0 , средний угол между направлением дороги и боковой стеной β_0 , длина проекции козырька по верхней подборе l , длина проекции дороги по верхней подборе боковой стены l_0 , высота дороги вначале H , высота дороги в конце h , ширина дороги вначале F и в конце f .

Расчет кройки дороги следует начинать с определения углов подъема дна различных частей дороги. При заданных размерах дороги эти углы не могут быть выбраны произвольно, так как дорога, начавшись в одном месте, должна обязательно окончиться в другом, заданном месте.

Для обеспечения этого необходимо, чтобы сумма возвышений одного участка над другим была равна общему возвышению конца дороги над ее началом, т. е. $H-h$.

Положим, что дорога разбита на n одинаковых частей (нумерация частей начинается от основания дороги). Обозначим углы подъ-

ема каждой части через $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, и т. д. Определим величину подъема каждой части.

Так как длина средней линии дороги равна l_0 , то подъем первой части составит

$$h_1 = \frac{l_0}{n} \operatorname{tg} \alpha_1,$$

второй части

$$h_2 = \frac{l_n}{n} \operatorname{tg} \alpha_2 \text{ и т. д.}$$

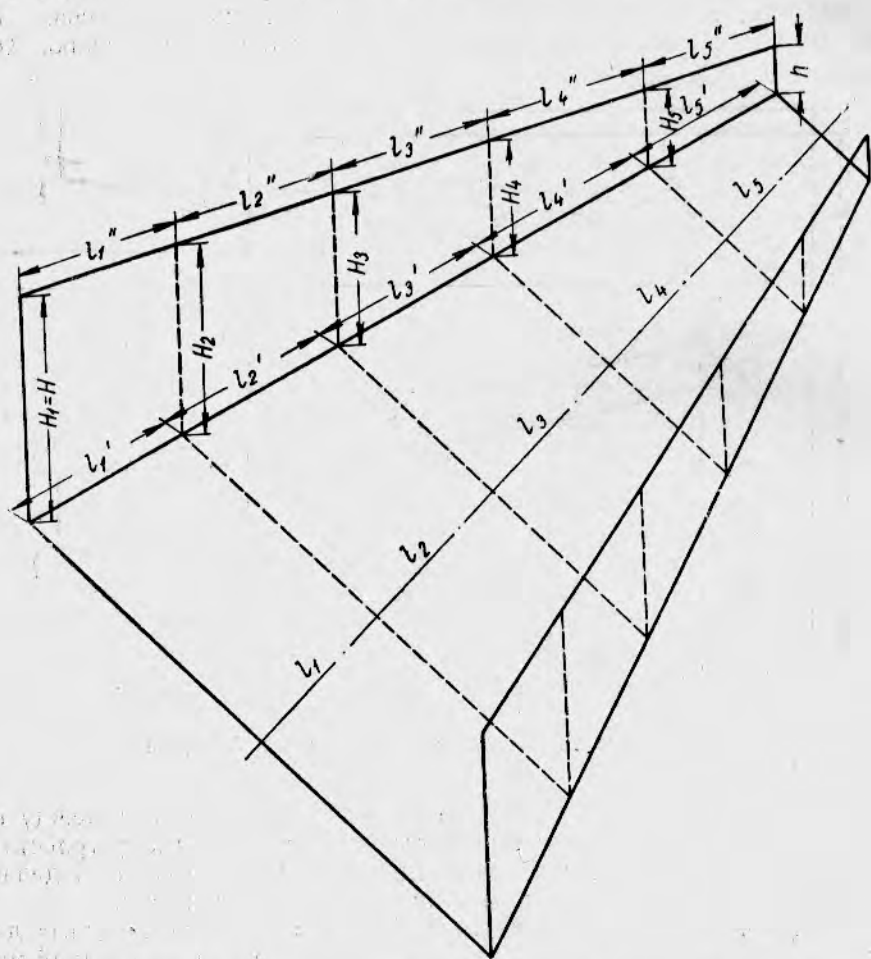


Рис. 4. Пространственная расчетная схема подъемной дороги

По условию должно иметь место следующее равенство

$$H - h = h_1 + h_2 + \dots + h_n = \frac{l_0}{n} (\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2 + \dots + \operatorname{tg} \alpha_n)$$

или

$$\frac{H - h_1}{l_0} n = \operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2 + \dots + \operatorname{tg} \alpha_n = n \operatorname{tg} \alpha_0. \quad (1)$$

Таким образом, указанное выше требование будет соблюдаться, если углы подъема отдельных частей дна дороги удовлетворяют этому уравнению.

Если, например, угол $\alpha_0 = 20^\circ$, то при разбивке дороги на четыре части нельзя выбрать углы подъема этих частей равными 30° , 22° , 14° и 6° , как это было нами произвольно сделано ранее для примера, ибо $\text{tg } 30^\circ + \text{tg } 22^\circ + \text{tg } 14^\circ + \text{tg } 6^\circ = 0,557 + 0,404 + 0,249 + 0,105 = 1,315$, а $4 \text{tg } 20^\circ = 4 \cdot 0,364 = 1,456$.

В работе В. С. Калиновского [1] при среднем угле подъема дороги 20° приведены следующие углы подъема отдельных частей дна дороги: $\alpha_1 = 30^\circ$, $\alpha_2 = 20^\circ$, $\alpha_3 = 10^\circ$, $\alpha_4 = 5^\circ$.

По уравнению (1) имеем

$$n \text{tg } 20^\circ = 4 \cdot 0,364 = \text{tg } 30^\circ + \text{tg } 20^\circ + \text{tg } 10^\circ + \text{tg } 5^\circ = \\ = 0,5774 + 0,3640 + 0,1763 + 0,0875 = 1,2052.$$

Следовательно, и такую дорогу построить нельзя.

Уравнение (1) содержит несколько неизвестных, поэтому для его определения необходимо задавать какие-либо добавочные условия. Одним из таких условий может служить то, что крайние значения углов подъема α_1 и α_n должны выбираться так, чтобы $\alpha_0 \approx \frac{1}{2}(\alpha_1 + \alpha_n)$.

Выбрав углы подъема отдельных частей дна дороги, можно определить длину в посадке средней линии частей дна дороги.

Длина средней линии какой-либо части дна

$$l_i = \frac{l_0}{n \cos \alpha_i}. \quad (2)$$

После этого можно приступить к выбору углов β и определению длины верхней подборы боковых стенок.

Ширина дороги равна в начале первой части F , а в конце $F_1 = F - 2l_1 \text{tg } \beta_1$, где β_1 — угол между боковой стенкой первой части и направлением дороги. Эта ширина будет одновременно и шириной в начале второй части. В конце же вторая часть будет иметь ширину

$$F_2 = F_1 - 2l_2 \text{tg } \beta_2 = F - 2l_1 \text{tg } \beta_1 - 2l_2 \text{tg } \beta_2.$$

Продолжая рассуждения до конца, получим следующее равенство:

$$f = F - 2l_1 \text{tg } \beta_1 - 2l_2 \text{tg } \beta_2 - \dots - 2l_n \text{tg } \beta_n,$$

где: n — число частей;

f — ширина узкой части козырька.

Это уравнение можно преобразовать в следующее:

$$\frac{F-f}{2} = \frac{l_0}{n} \frac{\text{tg } \beta_1}{\cos \alpha_1} + \frac{l_0}{n} \frac{\text{tg } \beta_2}{\cos \alpha_2} + \dots + \frac{l_0}{n} \frac{\text{tg } \beta_n}{\cos \alpha_n}.$$

Левая часть этого уравнения после деления на $\frac{l_0}{n}$ будет равна $n \text{tg } \beta_0$.

Поэтому

$$n \text{tg } \beta_0 = \frac{\text{tg } \beta_1}{\cos \alpha_1} + \frac{\text{tg } \beta_2}{\cos \alpha_2} + \dots + \frac{\text{tg } \beta_n}{\cos \alpha_n}. \quad (3)$$

Следовательно, при выборе углов β необходимо учитывать и угол, под которым эта часть дороги поднимается вверх. Во всем остальном выбор углов β аналогичен выбору углов α .

После выбора углов β можно определить длину боковых кромок дна, которая равна (в посадке) длине нижней подборы боковой стенки. Длина какой-либо части боковой кромки дна l'_i (см. рис. 4) должна составлять

$$l'_i = l_i \cos \beta_i = \frac{l_0}{n \cos \alpha_i \cos \beta_i}. \quad (4)$$

Полная длина нижней подборы боковой стенки и равной ей по длине боковой кромки дна будет составлять

$$\sum_1^n l'_i = \frac{l_0}{n} \left(\frac{1}{\cos \alpha_1 \cos \beta_1} + \frac{1}{\cos \alpha_2 \cos \beta_2} + \dots + \frac{1}{\cos \alpha_n \cos \beta_n} \right).$$

После этого можно определить длину верхней подборы боковой стенки дороги.

Длина верхней подборы какой-либо части боковой стенки дороги

$$l''_i = l'_i \cos \alpha_i = \frac{l_0}{n \cos \beta_i}. \quad (5)$$

Полная длина верхней подборы

$$\sum_1^n l''_i = \frac{l_0}{n} \left(\frac{1}{\cos \beta_1} + \frac{1}{\cos \beta_2} + \dots + \frac{1}{\cos \beta_n} \right).$$

Ширина начала и конца какой-либо части дна дороги находятся между собой в следующей зависимости:

$$F_i = F_{i-1} - 2l_i \operatorname{tg} \beta_i.$$

Этим заканчивается расчет всех размеров в посадке частей подъемной дороги. Следует только сделать одно замечание о козырьке дороги. Размеры козырька — части дороги, находящейся в ловушке (или садке), — определяются особенностями поведения рыбы в ловушке и условиями переборки, в то время как размеры внешних частей дороги определяются глубиной установки ловушки, особенностями поведения рыбы при подходе к ловушке и т. д. Поэтому при расчете дороги целесообразно рассматривать эти две части дороги отдельно. Весь расчет значительно упрощается, если сразу принять для козырька угол α , который обычно колеблется от 0 до 5°, и угол β , который можно брать в пределах от 0 до 7—10°. Так как длина козырька обычно бывает невелика, то нет смысла делить его на части.

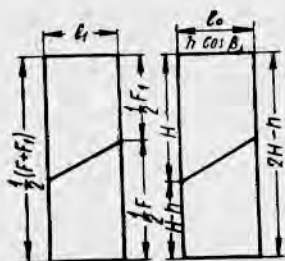


Рис. 5. Схема кройки частей боковых стенок и дна дороги

При посадке подъемной дороги берут следующие посадочные коэффициенты: вдоль верхней подборы стенок $u=0,67-0,87$, при этом последнее значение берут тогда, когда размер ячеек выбирают больше обычного и ячеек придают «отпугивающую» форму, а вдоль дна дороги посадочный коэффициент берут равным $u=0,5-0,75$, при этом первое значение берут тогда, когда боковые стенки посажены на 0,87. Козырек обычно сажают с посадочным коэффициентом 0,67 или 0,707. Отдельные части кроить лучше всего из прямоугольных кусков сетного полотна. Для кройки, например, первой части боковых стенок надо взять прямоугольник, ширина которого равна ширине первой части по верхней подбуре $\frac{l_0}{n} : \cos \beta_1$, а длина равна $H + (H - h)$, и разрезать его так, как показано на рис. 5 (правый прямоугольник).

Для кройки первой части дна дороги надо разрезать прямоугольник, как показано на рис. 5 (левый прямоугольник).

Посадку кромок отдельных частей на вертикальные и горизонтальные пожилины (а пожилины надо ставить по всем местам шворки) необходимо производить с большими посадочными коэффициентами, чем это следует из расчета плоского сетного полотна («мягкая» посадка).

В качестве примера, поясняющего расчет подъемной дороги, возьмем такие данные: $l_0=29,2$ м; $H=12$ м; $h=4$ м; $f=4$ м; $F=18$ м. Длина

проекция козырька равна 5 м. Подъемная дорога имеет опушку высотой в посадке 0,5 м. Посадочный коэффициент вдоль верхней подборы дороги возьмем 0,87, а вдоль дна дороги — 0,5. Посадочный коэффициент козырька возьмем 0,707, а запас на выдувание сетного полотна 5%.

Расчет следует начинать с определения размеров козырька. Если угол подъема дна козырька взять равным 5° , то высота боковых стенок козырька при входе в ловушку должна составить

$$H = h + l_{0\kappa} \operatorname{tg} 5^\circ = 4 + 5 \cdot 0,087 \approx 4,4 \text{ м.}$$

Таким образом, с учетом запаса на выдувание боковые стенки подъемной дороги должны иметь следующую высоту:

$$\text{в начале дороги } H = 1,05 \cdot 12 \approx 12,6 \text{ м,}$$

$$\text{в конце дороги } H_n = 1,05 \cdot 4,4 = 4,6 \text{ м,}$$

$$\text{в конце козырька } h = 1,05 \cdot 4 = 4,2 \text{ м.}$$

Если из этих размеров вычесть высоту опушки, то для расчета кройки дели получим

$$H = 12,6 - 0,5 = 12,1 \text{ м,}$$

$$H_n = 4,6 - 0,5 = 4,1 \text{ м,}$$

$$h = 4,2 - 0,5 = 3,7 \text{ м,}$$

Если угол между боковыми стенками козырька взять равным 10° , то $\beta_\kappa = 5^\circ$.

Длина средней линии дна козырька

$$l_\kappa = \frac{l_{0\kappa}}{\cos 5^\circ} = \frac{5}{0,996} = 5,1 \text{ м.}$$

Длина нижней подборы боковой стенки козырька

$$l'_\kappa = \frac{5,1}{\cos 5^\circ} = \frac{5,1}{0,996} = 5,2 \text{ м.}$$

Так как $\alpha_\kappa = \beta_\kappa$, то длина верхней подборы боковой стенки козырька оказывается равной длине средней линии дна дороги, т. е.

$$l''_\kappa = \frac{5}{0,996} = 5,1 \text{ м.}$$

Ширина дна у начала козырька, т. е. там, где он пришноривается к стенке ловушки, составляет

$$F_n = 4 + 2 \cdot 5,1 \sin \beta_\kappa = 4 + 2 \cdot 5,1 \cdot 0,087 \approx 4,9 \text{ м.}$$

Длина по верхней подборе боковой стенки козырька в жгуте будет равна $5,1 : 0,707 = 7,2 \text{ м.}$

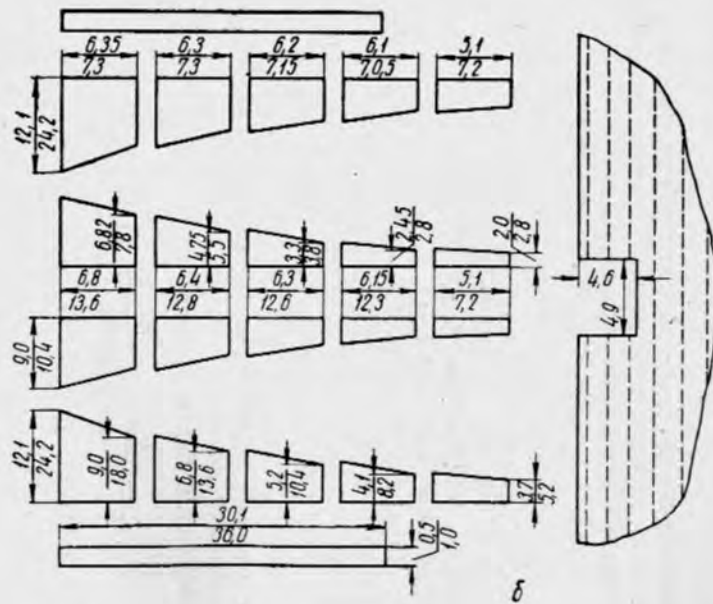
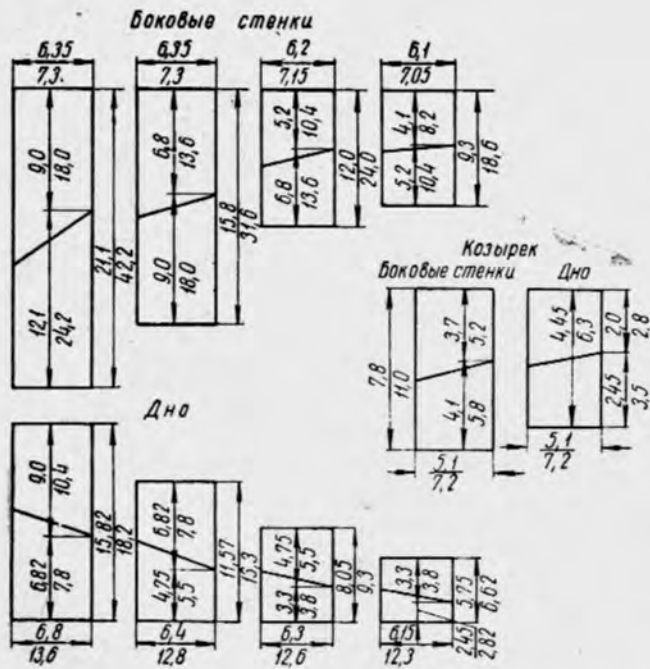
Высота боковой стенки козырька у начала составит $4,1 : 0,707 = 5,8 \text{ м}$, а у конца $3,7 : 0,707 = 5,2 \text{ м.}$

Таким образом, для постройки боковых стенок козырька надо взять прямоугольник дели, имеющий ширину $5,1/7,2 \text{ м}$, высоту $\frac{3,7+4,1}{5,8+5,2} = 7,8/11,0^*$, и разрезать его, как показано на рис. 6 а. Для постройки дна козырька надо взять прямоугольник следующих размеров.

Так как длина средней линии дна козырька в посадке равна 5,1 м, а в жгуте $5,1 : 0,707 = 7,2 \text{ м}$, то высоту прямоугольника надо взять равной $5,1/7,2$.

Ширина дна у начала козырька в посадке равна 4,9 м, а в жгуте $4,9 : 0,707 = 7 \text{ м}$. Ширина в конце козырька в посадке по заданию равна 4 м, а в жгуте $4,0 : 0,707 = 5,6 \text{ м}$. Следовательно, ширина прямоугольника должна быть равна $\frac{2+2,45}{2,8+3,5} = \frac{4,45}{6,3} \text{ м}$ и он должен быть разрезан.

* Здесь и дальше в числителе стоит размер в посадке, а в знаменателе — в жгуте.



а

б

Рис. 6. Схема к примеру:

а — кройка частей подъемной дороги; б — отдельные части подъемной дороги

как показано на рис. 6 а, а затем шит так, чтобы образовать требующуюся трапецию (см. рис. 6, а и б). Из сделанного выше расчета козырька дороги видно, что передняя стенка ловушки (или садка) должна иметь прямоугольный вырез размером в посадке $4,6 \times 4,9$ м (см. рис. 6, б).

Остальную часть дороги будем строить из четырех частей (дно и бсковые стенки), т. е. $n=4$.

Так как козырек мы рассчитали отдельно, то при расчете дороги необходимо принять $H=12,1$ м, $h=4,1$ м (без опушки), расчетная длина $l_0=29,2-5,0=24,2$ м.

Следовательно,

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{12,1 - 4,1}{24,2} = \frac{8,0}{24,2} = 0,330, \quad \alpha_0 \approx 18^\circ.$$

Подставив это значение в уравнение (1), получим:

$$4 \cdot 0,330 = 1,320 = \operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2 + \operatorname{tg} \alpha_3 + \operatorname{tg} \alpha_4.$$

Возьмем значение углов α_1 и α_4 такое, чтобы примерно соблюдалось равенство $2\alpha_0 = \alpha_1 + \alpha_4$. Угол подъема козырька равен 5° , следовательно, величину α_4 можно взять около 10° , тогда $\alpha_1 = 26^\circ$. Если теперь считать, что изменение угла подъема отдельных частей дна дороги должно быть плавным, то промежуточные углы надо выбрать $\alpha_2 = 20^\circ$, $\alpha_3 = 15^\circ$.

$$1,320 \neq \operatorname{tg} 26^\circ + \operatorname{tg} 20^\circ + \operatorname{tg} 15^\circ + \operatorname{tg} 10^\circ = 0,488 + 0,364 + 0,268 + 0,176 = 1,296.$$

Правая часть этого уравнения оказалась меньше, чем левая. Это указывает на то, что один из углов (возможно и несколько) надо немного увеличить. Взяв первый угол не 26° , а 27° , получим почти полное совпадение.

Итак, выбираем $\alpha_1 = 27^\circ$, $\alpha_2 = 20^\circ$, $\alpha_3 = 15^\circ$ и $\alpha_4 = 10^\circ$. Длина средних линий отдельных частей дна дороги составит

$$l_1 = \frac{24,2}{4} : \cos 27^\circ = 6,05 : 0,891 = 6,8 \text{ м, в жгуте } 6,8 : 0,5 = 13,6 \text{ м;}$$

$$l_2 = \frac{24,2}{4} : \cos 20^\circ = 6,05 : 0,940 = 6,4 \text{ м, в жгуте } 6,4 : 0,5 = 12,8 \text{ м;}$$

$$l_3 = \frac{24,2}{4} : \cos 15^\circ = 6,05 : 0,966 = 6,3 \text{ м, в жгуте } 6,3 : 0,5 = 12,6 \text{ м;}$$

$$l_4 = \frac{24,2}{4} : \cos 10^\circ = 6,05 : 0,985 = 6,15 \text{ м, в жгуте } 6,15 : 0,5 = 12,3 \text{ м.}$$

Как видно из этого расчета, различие в длинах отдельных частей дна дороги получилось незначительным.

Выберем углы β , пользуясь уравнением (3)

$$n \operatorname{tg} \beta_0 = \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{\cos \alpha_1} + \frac{\operatorname{tg} \beta_2}{\cos \alpha_2} + \frac{\operatorname{tg} \beta_3}{\cos \alpha_3} + \frac{\operatorname{tg} \beta_4}{\cos \alpha_4}.$$

Так как $\operatorname{tg} \beta_0 = \frac{F-f}{2l_0}$, то, выбрасывая из расчета козырек, получим

$$\operatorname{tg} \beta_0 = \frac{18 - 4,9}{2 \cdot 24,2} = \frac{13,1}{48,4} = 0,271; \quad \beta_0 \approx 15^\circ.$$

Таким образом, для определения углов β пользуемся уравнением

$$4 \cdot 0,271 = 1,084 = \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{0,891} + \frac{\operatorname{tg} \beta_2}{0,940} + \frac{\operatorname{tg} \beta_3}{0,966} + \frac{\operatorname{tg} \beta_4}{0,985}.$$

При выборе углов β поступим следующим образом. Возьмем угол β_4 равным 8° , т. е. таким, чтобы он мало отличался от угла β_k

(на 3°). Следующих два угла, т. е. β_3 и β_2 , выберем так, чтобы они отличались от β_4 и один от другого на 5° . Тогда $\beta_3 = 13^\circ$, $\beta_2 = 18^\circ$.

Определим β_1 из уравнения

$$1,084 = \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{0,891} + \frac{0,325}{0,940} + \frac{0,231}{0,966} + \frac{0,141}{0,985} = \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{0,891} + 0,345 + 0,239 + 0,142,$$

или

$$\frac{\operatorname{tg} \beta_1}{0,891} = 1,084 - 0,726 = 0,358.$$

Отсюда

$$\operatorname{tg} \beta_1 = 0,358 \cdot 0,891 = 0,320, \quad \beta_1 \approx 18^\circ.$$

Получилось, что $\beta_1 = \beta_2$.

Можно, конечно, искать и более равномерного уменьшения угла β , для чего следует уменьшить какие-то углы (β_2 , β_3 , β_4).

Если, например, взять $\beta_3 = 11^\circ$, а $\beta_2 = 16^\circ$, то получим следующие значения

$$1,084 = \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{0,891} + \frac{0,287}{0,940} + \frac{0,194}{0,966} + \frac{0,141}{0,985} = \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{0,891} + 0,305 + 0,201 + 0,142,$$

или

$$\frac{\operatorname{tg} \beta_1}{0,891} = 1,084 - 0,648 = 0,436.$$

Отсюда

$$\operatorname{tg} \beta_1 = 0,436 \cdot 0,891 = 0,389; \quad \beta_1 \approx 21^\circ.$$

Для расчета следовало бы взять именно эти углы. Однако, имея в виду чисто методическую сторону дела, для дальнейшего расчета мы возьмем первое значение углов β .

Будем теперь определять размеры отдельных частей боковых стенок дороги. Длина верхней подборы боковых стенок по уравнению (5) составит

$$l_1'' = \frac{l_0}{n} : \cos \beta_1 = \frac{24,2}{6} : \cos 18^\circ = 6,05 : 0,951 = 6,35 \text{ м},$$

в жгутах $6,35 : 0,87 = 7,30 \text{ м}$;

$$l_2'' = 6,05 : 0,951 = 6,35 \text{ м}, \text{ в жгутах } 6,35 : 0,87 = 7,30 \text{ м};$$

$$l_3'' = 6,05 : 0,974 = 6,20 \text{ м}, \text{ в жгутах } 6,20 : 0,87 = 7,15 \text{ м};$$

$$l_4'' = 6,05 : 0,990 = 6,10 \text{ м}, \text{ в жгутах } 6,10 : 0,87 = 7,05 \text{ м}.$$

Рассчитаем теперь высоту отдельных частей боковых стенок дороги. Высота первой части в начале дороги (без опушки) $H = 12,1 \text{ м}$, в жгутах $12,1 : 0,5 = 24,2 \text{ м}$.

Высота этой части в конце равна

$$H - \frac{l_0}{n} \operatorname{tg} \alpha_1 = 12,1 - 6,05 \cdot 0,512 = 12,1 - 3,1 = 9,0 \text{ м}, \text{ а в жгу-}$$

те $9 : 0,5 = 18,0 \text{ м}$.

Высота начала второй части $9,0 \text{ м}$, в жгутах 18 м .

Высота конца второй части $9,0 - 6,05 \cdot 0,364 = 9,0 - 2,2 = 6,8 \text{ м}$, в жгутах $6,8 : 0,5 = 13,6 \text{ м}$.

Высота начала третьей части $6,8 \text{ м}$, в жгутах $13,6 \text{ м}$.

Высота конца третьей части $6,80 - 6,05 \cdot 0,268 = 6,85 - 1,6 = 5,2 \text{ м}$, в жгутах $5,2 : 0,5 = 10,4 \text{ м}$.

Высота начала четвертой части $5,20 \text{ м}$, в жгутах $10,4 \text{ м}$.

Высота конца четвертой части $5,2 - 6,05 \cdot 0,176 = 5,25 - 1,1 = 4,1 \text{ м} = H_4$, как и должно было быть. Высота этой части в жгуте равна $4,1 : 0,5 = 8,2 \text{ м}$.

Таким образом, для образования боковых стенок подъемной дороги надо взять четыре прямоугольных куска сетного полотна следующих размеров:

$$\frac{6,35}{7,3} \cdot \frac{21,1}{42,2}; \quad \frac{6,35}{7,3} \cdot \frac{15,8}{31,6}; \quad \frac{6,20}{7,15} \cdot \frac{12,0}{24,0}; \quad \frac{6,1}{7,05} \cdot \frac{9,3}{18,6}.$$

Затем надо разрезать эти куски так, как показано на рис. 6, а. Расположив их по схеме, показанной на рис. 6, б и сошворив друг с другом, получим требуемые стенки дороги.

Так как длина средних линий отдельных частей дна дороги нам известна, то остается только определить поперечные размеры F .

Ширина дна в начале дороги $F = 18 \text{ м}$, в жгуте $18 : 0,87 = 20,8 \text{ м}$.

Ширина в конце первой части $F_1 = F - 2l_1 \operatorname{tg} \beta_1 = 18 - 2 \cdot 6,8 \cdot 0,320 = 18 - 4,35 = 13,65 \text{ м}$, в жгуте $13,65 : 0,87 = 15,7 \text{ м}$.

Расчет для остальных частей дает следующие цифры: $F_2 = 13,65 - 2 \cdot 6,4 \cdot 0,325 = 13,65 - 4,15 = 9,5 \text{ м}$, в жгуте $9,5 : 0,87 = 11,0 \text{ м}$.

$F_3 = 9,5 - 2 \cdot 6,3 \cdot 0,231 = 9,5 - 2,9 = 6,6 \text{ м}$, в жгуте $6,6 : 0,87 = 7,6 \text{ м}$;

$F_4 = 6,6 - 2 \cdot 6,15 \cdot 0,141 = 6,6 - 1,7 = 4,9 \text{ м}$, в жгуте $4,9 : 0,87 = 5,65 \text{ м}$.

Таким образом, для образования дна подъемной дороги, если ее выкраивать по методу, указанному выше, надо взять четыре прямоугольных сетных полотна следующих размеров:

$$\frac{6,8}{13,6} \cdot \frac{15,82}{18,2}; \quad \frac{6,4}{12,8} \cdot \frac{11,57}{13,3}; \quad \frac{6,3}{12,6} \cdot \frac{8,05}{9,3}; \quad \frac{6,15}{12,3} \cdot \frac{5,75}{6,62}.$$

Эти прямоугольники надо разрезать так, как это показано на рис. 6, а, и после этого расположить их в необходимом для шворки порядке (см. рис. 6, б). Высота опушки в посадке равна $0,5 \text{ м}$, а в жгуте $0,5 : 0,5 = 1,0 \text{ м}$.

Длина опушки в жгуте будет равна $7,3 + 7,3 + 7,15 + 7,05 + 7,2 = 36 \text{ м}$.

Длина верхней подборы дороги (с козырьком) равна $6,35 + 6,35 + 6,2 + 6,1 + 5,1 = 30,1 \text{ м}$.

При постройке подъемных дорог обычно каждую часть сажают по всем четырем кромок на пожилыны, что значительно облегчает монтаж и разборку.

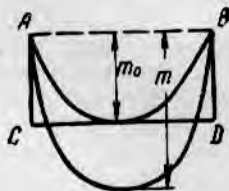


Рис. 7. Расчетная схема провисания дна дороги

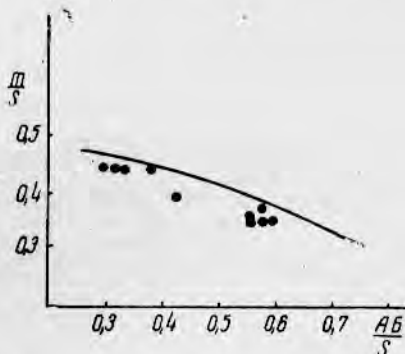


Рис. 8. Зависимость провисания дороги от отношения длины хорды АВ к длине дуги

Посадка дели на пожилыны «мягкая», т. е. с большими посадочными коэффициентами, чем это требуется для сохранения плоского положения сетного полотна. Если по расчету надо брать посадочный коэффициент $0,5$, то берут $0,67$, если $0,67$, то берут $0,75$, если $0,87$, то сажают эту же. Таким образом, пожилыны никаких усилий восприни-

О КРЕПЛЕНИИ КРЫЛА СТАВНОГО НЕВОДА ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ОТТЯЖКАМИ ИЗ СТАЛЬНОГО ТРОСА

Инж. А. Н. ПОКРОВСКИЙ

В вопросе о возможности замены в поперечном креплении крыла вертикальных оттяжек из пенькового каната оттяжками из неизолированного (голого) стального троса имеется два противоположных мнения. Одно из них заключается в том, что такая замена должна привести к разрушению крыла в процессе его эксплуатации. Однако до настоящего времени ни одно из этих мнений не было в достаточной степени обосновано.

Целью нашей работы и явилось выяснение возможности замены в поперечном креплении крыла вертикальных оттяжек из пенькового каната вертикальными оттяжками из голого стального троса.

Нами проводились испытания в течение августа 1956 года на экспериментальном крыле ставного невода, изготовленном из новой хлопчатобумажной смоляной дели 27/24 — 75 мм и выставленном в море у юго-западного побережья Сахалина под углом к берегу около 90°. В поперечном направлении крыло было закреплено вертикальными оттяжками, при этом оттяжки из пенькового троса чередовались с оттяжками из стального троса (рис. 1).

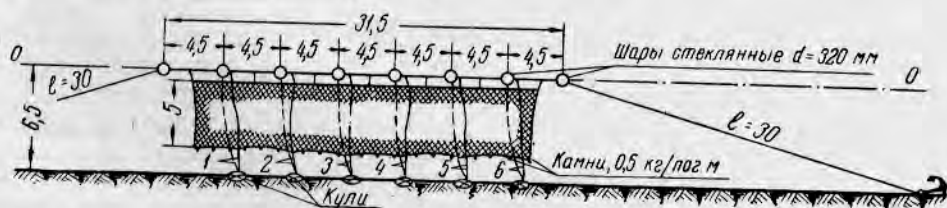


Рис. 1. Схема опытной установки крыла с поперечным креплением вертикальными оттяжками:

1, 3, 5 — оттяжки из стального троса, $d=12,5$ мм; 2, 4, 6 — оттяжки из пенькового троса, $d=15$ мм

В ходе испытаний было отмечено, что в период кратковременного действия усилий ветра и волнения до 4—5 баллов опытная установка не имела повреждений. Однако после четырехсуточного периода устойчивого ветра и волнения силой 4—5 баллов при направлении их к берегу под углом 0—45° оказалось, что сетное полотно и подборка крыла у каждой стальной вертикальной оттяжки были разорваны поперек сверху донизу. Наряду с этим сетное полотно и подборки крыла у пеньковых оттяжек повреждений не имели.

Для суждения о степени истирания дели крыла пеньковыми оттяжками за весь период нахождения его в море с помощью динамометра Шоппера была определена прочность ячеек, соприкасающихся с оттяжками, и соседних ячеек — между оттяжками. При этом о степени истирания крыла судили по разнице в величинах наименьшей проч-

ности ячей, расположенных по высоте одного и другого участка крыла. Для этого из предварительно высушенного крыла по его высоте вырезали вертикальные полосы шириной по подборам 2 м. Три такие полосы были вырезаны с участков крыла, соприкасающихся с пеньковыми вертикальными оттяжками, а три — с участков, располагавшихся между ними. Затем разрывали ячей сначала через одну ячейю верхнего ряда, а потом — отступая на полторы ячей к низу второго и так до нижней подборы. Далее находили наименьшее значение прочности ячеей для каждого ряда и определяли среднеарифметическую величину этих значений по высоте крыла. Эту величину приняли в качестве показателя средней минимальной прочности ячеей соответствующих участков крыла.

По полученным средним величинам минимальной разрывной прочности ячеей (табл. 1) можно судить о том, что при полном разрушении крыла на стальных оттяжках разница в минимальной прочности ячеей участков крыла, соприкасавшихся с пеньковыми оттяжками и не соприкасавшихся с оттяжками вообще, незначительная. Она в среднем составляла только 2,3—4,8% от средней минимальной разрывной прочности ячеей, расположенных между оттяжками.

Таблица 1

Средняя минимальная прочность ячеей крыла на оттяжках и между ними

Номера оттяжек по рис. 1	Вид троса	Диаметр троса в мм	Минимальная прочность ячеей в среднем по высоте крыла в кг	
			на оттяжках	между оттяжками
1, 3, 5	Стальной (114 про- волоков)	12,5	0	11—12,8
2	Пеньковый смольный	15	12,5	12,8
4	То же	15	10,5	11,0
6	"	15	11,0	11,5

Таким образом, применение вертикальных оттяжек из стального троса привело к разрушению опытного крыла при относительно небольшой силе шторма, тогда как применение пеньковых оттяжек при тех же самых условиях привело только к весьма незначительному уменьшению прочности ячеей сетного полотна. Можно предположить, что быстрое разрушение нитей сетного полотна крыла у стальных оттяжек происходит вследствие большей интенсивности истирания ячеей на стальных оттяжках. Для некоторого уяснения этого вопроса мы проделали лабораторные опыты по истиранию сетной нити о различные виды тросов. Эти опыты заключались в следующем.

На вертикально натянутый трос поперек его накладывали с некоторым перегибом нить (рис. 2), которую двигали по тросу вверх и вниз до момента ее разрыва. При этом натяжение нити и давление ее на трос составляли около 30% от первоначальной разрывной прочности сети. По числу истирающих движений до разрыва нити мы судили об интенсивности истирания ее о тот или иной трос. Учитывая, что истирание сетных частей ставного невода о тросы обычно происходит в воде, мы проводили опыты на мокрых

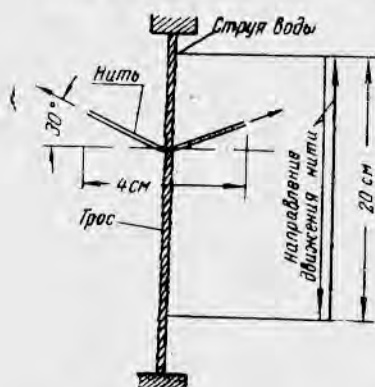


Рис. 2. Схема опыта по истиранию нити тросом

образцах тросов и нитей. Во избежание обсыхания образцов в процессе опыта их непрерывно смачивали струей воды.

В соответствии с описанной схемой опытов мы определили число движений, истирающих нить при трении ее о тросы стальные, пеньковые и комбинированный типа «Геркулес» (табл. 2)

Таблица 2

Число истирающих движений до разрыва нити при ее трении о тросы¹

Вид троса	Диаметр троса в мм	Количество опытов	Число истирающих движений		
			наименьшее	наибольшее	среднее
Стальной (9 проволок)	4	5	17	23	21
Стальной (19-6 проволок)	12,5	5	21	23	22
Пеньковый смольный типа „Геркулес“	15	1	—	—	1655
	17	1	—	—	1620

¹ Нить хлопчатобумажная № 27/36, первоначальное разрывное усилие 20 кг, давление нити на трос и ее натяжение в процессе трения около 5—7 кг.

По результатам лабораторных опытов можно заключить, что истирание нити о стальные тросы происходило в 80 раз быстрее, чем о тросы пеньковые, при этом диаметр стального троса на степень истирания нити влиял незначительно. Сравнивая степень истирания нити о тросы «Геркулес» и пеньковый, можно отметить, что она в обоих случаях была примерно одинаковой.

ВЫВОДЫ

1. Применение вертикальных оттяжек из голого стального троса для поперечного крепления крыла ставного невода приводит к разрушению крыла при относительно небольшой силе ветра и волнения, в то время как применение пеньковых оттяжек приводит только к незначительной потере прочности его ячей. Причиной этого является в десятки раз большая степень истирания дели крыла на стальных тросах. Поэтому замена пеньковых оттяжек оттяжками из неизолированных (голых) стальных тросов является недопустимой.

2. Степень истирания в воде сетных нитей о тросы типа «Геркулес» примерно одинакова со степенью истирания их о пеньковые тросы. Поэтому для изготовления вертикальных оттяжек, помимо растительных тросов, можно применять тросы типа «Геркулес», а также стальные с прочной пеньковой или другой подобной оплеткой.

3. Все другие части неводного каркаса из стального троса, которые в процессе эксплуатации могут соприкасаться с сетными частями невода, должны также иметь оплетку из пеньковых или других подобных материалов.

РАСЧЕТ ПЛАВУЧЕСТИ КРЫЛЬЕВ СТАВНЫХ НЕВОДОВ

Инж. В. Н. ГИРЕНКО

Известно, что эффективность работы ставных неводов в значительной степени зависит от правильности оснастки крыльев наплавами. Однако нередко на практике, не имея простых и доступных методов расчета плавучести, крылья оснащают наплавами неправильно. При этом снижается уловистость и штормоустойчивость невода.

Действительно, если плавучесть занижена, верхняя подбора крыла затапливается при рабочих скоростях течения (v_p). Это отрицательно отражается на уловистости. Если же плавучесть завышена, уменьшается глубина погружения верхней подборы в толщу воды во время шторма. Следовательно, крыло подвергается действию волн и легко может быть разрушено.

На рис. 1 изображены применяемые схемы крепления крыла.

Рассмотрим расчет плавучести крыльев, установленных на коротких оттяжках. Мысленно вырежем из крыла по всей его высоте $s_{кр}$ полосу шириной по подборам 1 пог. м. Влияние отброшенных частей крыла условно компенсируем внутренними силами, действующими по сечениям, так, чтобы полоска крыла, как и прежде, оставалась в равновесии. Будем считать, что в этом положении она удерживается короткими оттяжками так, как показано в правой части на рис. 1, в.

При этом заданными элементами конструкции крыла являются длина оттяжек l , высота крыла $s_{кр}$ и расстояния b и H (H — глубина места установки крыла).

Вырезанную полосу крыла расположим в прямоугольной системе координат (рис. 2). Примем, что нагрузка R_x от давления потока воды, обусловленная действием равномерного по глубине течения, имеющего скорость v_p (рабочая скорость), равномерно распределяется по площади проекции полоски крыла на плоскость xz .

Как известно, в этом случае поперечные сечения AB полоски крыла принимают форму параболы, уравнение которой имеет вид

$$y = \frac{x^2}{2p}, \quad (1)$$

где p — параметр параболы.

Рассмотрим силы, действующие на верхнюю подбору крыла.

Единственной горизонтальной силой, действующей на рассматриваемую полосу крыла, является давление потока воды.

Известно, что сопротивление плоской сети, расположенной перпендикулярно направлению течения, определяется по формуле Ф. И. Баранова

$$R = 180 \frac{d}{a} F v^2. \quad (2)$$

Применительно к рассматриваемому нами случаю, когда форма полоски крыла не является плоской, а также с учетом влияния коэф-

коэффициентов посадки, формула (2) может быть представлена в следующем виде [2]:

$$R = 180 \frac{d}{a} \Theta \chi F v_p^2, \quad (3)$$

где: v_p — рабочая скорость;

Θ — коэффициент, учитывающий влияние запаса высоты сети;

χ — коэффициент, учитывающий влияние коэффициентов посадки.

Величина коэффициента Θ зависит от отношения длины хорды L к высоте сети s .

А. И. Трещевым опытным путем установлено, что при

$$L/s = 1 \quad \Theta = 1,00$$

$$L/s = 0,75 \quad \Theta = 1,05$$

$$L/s = 0,5 \quad \Theta = 0,60$$

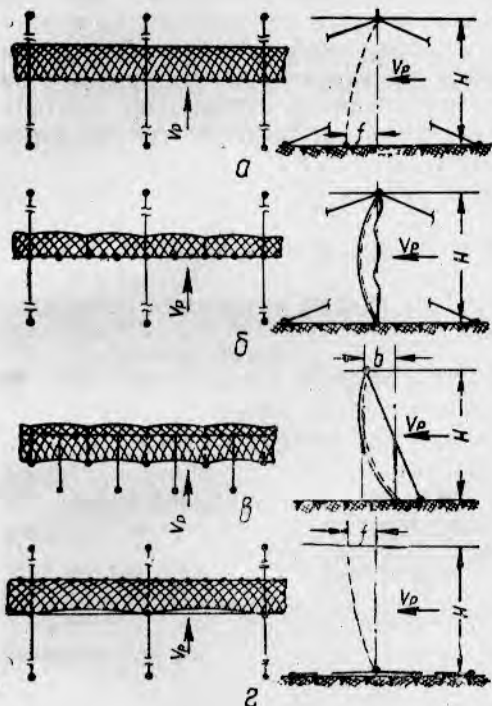


Рис. 1. Схемы крепления крыла:

а — длинными (горизонтальными) оттяжками;
б — длинными (горизонтальными) и короткими (вертикальными) оттяжками; в — короткими оттяжками; г — за нижнюю подбóру (донное крепление)

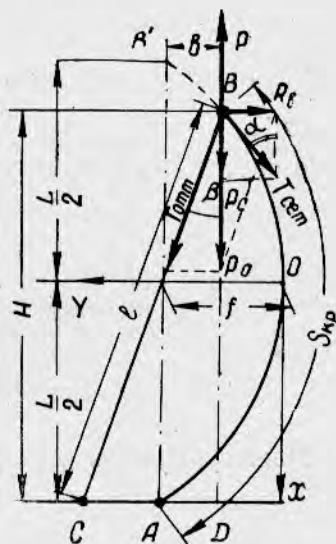


Рис. 2. Схема сил, действующих на вертикальную полосу крыла

Запас высоты крыла на практике ограничен обычно пределами 0,1—0,3 глубины места установки. Величина отношения L/s при этом находится в пределах 0,91—0,77 и; следовательно, коэффициент Θ в указанных пределах запаса высоты крыла может быть принят равным единице.

Величина коэффициента χ зависит от посадочных коэффициентов u_1 (по горизонтали) и u_2 (по вертикали) и определяется по формуле

$$\chi = \frac{0,5}{u_1 u_2}. \quad (4)$$

В большинстве случаев посадка дёли крыла на подбóры делается с коэффициентами $u_1 = u_2 = 0,707$. Тогда $\chi = 1$. Горизонтальная нагрузка R от давления потока воды на полосу крыла распределяется на верхнюю и нижнюю подбóры. Причем, как видно из рис. 2, действующую

шая на верхнюю подбору горизонтальная сила будет составлять

$$R_s = 180 \frac{d}{a} \Theta \chi \left(H - \frac{L}{2} \right) v_p^2. \quad (5)$$

В систему вертикальных сил входят подъемная сила наплавов, силы, топящие верхнюю подбору крыла, распорные силы сетного полотна и силы собственного веса в воде элементов конструкции.

Рассмотрим основные из них — подъемную силу наплавов и силы, топящие верхнюю подбору крыла (распорные силы и силы веса в воде элементов конструкции не учитываются).

К силам, топящим верхнюю подбору крыла, относятся P_{omm} — вертикальная составляющая натяжения оттяжки и P_{cem} — вертикальная составляющая натяжения верхней части сетной полоски. Для нормальной работы крыла, т. е. для удержания верхней его подбора на поверхности моря при рабочих скоростях течения, необходимо, чтобы подъемная сила наплавов P , приходящаяся на единицу длины крыла и направленная вертикально вверх, уравновешивала суммарную, противоположно направленную ей топящую силу P_{mon} , действующую на тот же отрезок крыла, т. е. чтобы

$$P = P_{mon} = P_{omm} + P_{cem}. \quad (6)$$

Таким образом, задача сводится к определению топящих сил P_{omm} и P_{cem} .

Первая из них — вертикальная составляющая натяжения оттяжки — легко определяется из соотношения

$$\frac{P_{omm}}{R_s} = \frac{H}{CD} = \operatorname{ctg} \beta. \quad (7)$$

В соотношение (7) подставим значения R_s , CD и, решив его относительно P_{omm} , получим

$$P_{omm} = 180 \frac{d}{a} \Theta \chi H \frac{H - \frac{L}{2}}{\sqrt{l^2 - H^2}} v_p^2. \quad (8)$$

Можно написать и второе соотношение (см. рис. 2)

$$\frac{R_s}{P_{cem}} = \operatorname{tg} \alpha_s, \quad (9)$$

откуда определим вертикальную составляющую натяжения верхней части полоски крыла

$$P_{cem} = \frac{R_s}{\operatorname{tg} \alpha_s}. \quad (10)$$

Но

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} = \left(\frac{x^2}{2p} \right)' = \frac{x}{p}.$$

В частном случае при $x = H - \frac{L}{2}$

$$\operatorname{tg} \alpha_s = \frac{H - \frac{L}{2}}{p}. \quad (11)$$

Подставляя в формулу (10) значения R_s и $\operatorname{tg} \alpha_s$, получим

$$P_{cem} = 180 \frac{d}{a} \Theta \chi p v_p^2, \quad (12)$$

где

$$p = \frac{L^3}{8f}. \quad (13)$$

Значения $P_{отт}$ и $P_{сет}$ подставим в исходную формулу (6), после чего получим искомую подъемную силу наплавов, приходящуюся на единицу длины крыла

$$P = 90 \frac{d}{a} \cdot \frac{\theta}{u_1 u_2} \left(H \frac{H - \frac{L}{2}}{\sqrt{l^2 - H^2}} + \frac{L^2}{8f} \right) v_p^2. \quad (14)$$

Формула (14) без каких-либо изменений применима и к случаю крепления крыла длинными и короткими оттяжками.

Применительно к случаю крепления крыла за нижнюю подбору в формуле (14) необходимо положить, что длина хорды $L=2H$, а длина оттяжек $l=0$. Тогда формула примет вид

$$P = 90 \frac{d}{a} \cdot \frac{\theta}{u_1 u_2} \cdot \frac{H^2}{2f} v_p^2. \quad (15)$$

В случае крепления крыла за верхнюю подбору формула для расчета плавучести может быть записана так

$$P = 90 \frac{d}{a} \cdot \frac{\theta}{u_1 u_2} H^2 \left(\frac{1}{\sqrt{l^2 - H^2}} + \frac{1}{2f} \right) v_p^2. \quad (16)$$

Формулы (14), (15) и (16) могут быть представлены и в общем виде

$$P = 90 \frac{d}{a} \cdot \frac{\theta}{u_1 u_2} n H v_p^2, \quad (17)$$

где n — коэффициент, зависящий от вида крепления, высоты крыла и длины оттяжек.

Для вычисления коэффициентов n необходимо установить связь неизвестных величин — длины хорды L и стрелы прогиба f — с заданными элементами поперечного сечения крыла (параболы) — H , b и $s_{кр}$ (рис. 3). Для этого в уравнение (1) вместо текущих координат x и y подставим координаты крайних точек поперечного сечения AB полосы крыла и получим систему двух уравнений

$$\left. \begin{aligned} f &= \frac{L^2}{8p}; \\ f_1 &= \frac{L_1^2}{8p} \end{aligned} \right\}, \quad (18)$$

где

$$f_1 = f - b; \quad L_1 = 2H - L.$$

Подставив в уравнение (18) значения f_1 и L_1 и исключив из них параметр параболы p путем их совместного решения относительно хорды L , получим следующее квадратное уравнение:

$$bL^2 - 4HfL + 4H^2f = 0. \quad (19)$$

Уравнение (19) имеет два корня, из которых условиям задачи удовлетворяет следующий:

$$L = \frac{2H}{b} (f - \sqrt{f^2 - bf}). \quad (20)$$

Полученная формула связывает неизвестные величины L и f с заданными элементами параболы (поперечного сечения крыла) H и b .

Другая зависимость интересующих нас величин может быть получена на основании известной формулы, выражающей длину параболы.

На основании рис. 3 имеем

$$s_{кр} = \frac{1}{2} (s + s_1). \quad (21)$$

Подставляя в выражение (21) соответствующие значения длин парабол, получим

$$s_{кр} = \frac{1}{2} \cdot \frac{L^2}{8f} \left[\frac{4f}{L} \sqrt{1 + 16 \frac{f^2}{L^2}} + \ln \left(\frac{4f}{L} + \sqrt{1 + 16 \frac{f^2}{L^2}} \right) \right] + \frac{1}{2} \cdot \frac{L_1^2}{8f_1} \left[\frac{4f_1}{L_1} \sqrt{1 + 16 \frac{f_1^2}{L_1^2}} + \ln \left(\frac{4f_1}{L_1} + \sqrt{1 + 16 \frac{f_1^2}{L_1^2}} \right) \right], \quad (22)$$

где:

$$f_1 = f - b; \quad L_1 = 2H - L.$$

С помощью формул (20) и (22) искомые элементы параболы — длина хорды L и стрела прогиба f — могут быть найдены путем подбора.

Для этого примем

$$b = mf, \quad (23)$$

где m задается в первом приближении.

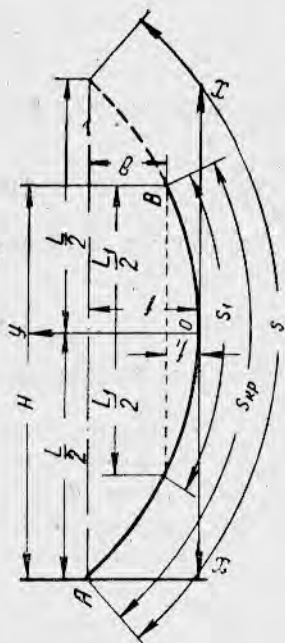


Рис. 3. Вспомогательная схема к расчету

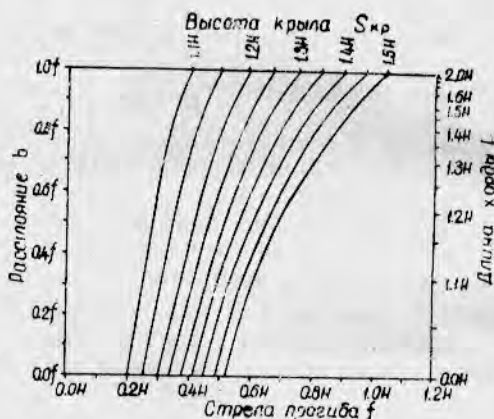


Рис. 4. График зависимости H , b и $s_{кр}$

Тогда по формуле (20) найдем L в долях H . Значение L подставим в формулу (22) и из последней определим f . Подбор f подобным способом должен продолжаться до тех пор, пока не будет найдено значение m в выражении (23), удовлетворяющее заданной величине b . Для облегчения определения L и f по заданным элементам параболы (поперечного сечения крыла) H , b и $s_{кр}$ на основании формул (20) и (22) построен график (рис. 4), выражающий связь указанных величин. По левой вертикальной стороне графика отложены величины b в долях f . По правой его стороне в долях H отложены значения L , отвечающие значениям b . По нижней горизонтальной стороне отложены значения f в долях H , соответствующие значениям высоты крыла $s_{кр}$ (длинам парабол), изображенных на графике кривыми в пределах от 1,1 до 1,5H. Пользование графиком поясним на примере. Допустим, что дано $b = 0,6f$ и $s_{кр} = 1,2H$. Требуется определить f и L .

На левой стороне графика находим заданное значение $b = 0,6f$. Из найденной точки проводим горизонтальную прямую до пересечения с противоположной стороной графика. Точка пересечения даст искомую величину $L = 1,23H$. Из точки пересечения той же горизонтальной прямой с кривой, соответствующей высоте крыла $s_{кр} = 1,2H$, опустим пер-

пендикуляр на нижнюю горизонтальную сторону графика. Точка пересечения перпендикуляра с этой стороной даст искомое значение $f = 0,435 H$. В случае, когда расстояние b задано в долях H , стрела прогиба f и длина хорды L могут быть найдены подобным же путем рядом последовательных проб.

С помощью графика (см. рис. 4) вычислены значения коэффициентов n , необходимые для пользования формулой (17). Значения коэффициентов n для рассматриваемых видов крепления крыла и наиболее употребительных в практике длин оттяжек и высот крыла приведены в таблице.

Вид крепления крыла	Длина оттяжек в долях H		Высота крыла в долях H	Расстояние b между верхней и нижней подборками по горизонтали в долях f	Величина коэффициента n	Расчетная формула
	длинных	коротких				
На длинных оттяжках	3	—	$\left\{ \begin{array}{l} 1,10 \\ 1,15 \\ 1,20 \\ 1,25 \\ 1,30 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,604 \\ 1,354 \\ 1,201 \\ 1,100 \\ 1,020 \end{array} \right.$	$P = 90 \frac{d}{a} \cdot \frac{\Theta}{a_1 a_2} n H v_p^2$
На длинных и коротких оттяжках	3	$\left\{ \begin{array}{l} 1,10 \\ 1,15 \\ 1,20 \\ 1,25 \\ 1,30 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,10 \\ 1,15 \\ 1,20 \\ 1,25 \\ 1,30 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,802 \\ 0,677 \\ 0,600 \\ 0,550 \\ 0,510 \end{array} \right.$	
На коротких оттяжках	—	$\left\{ \begin{array}{l} 1,10 \\ 1,15 \\ 1,20 \\ 1,25 \\ 1,30 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,10 \\ 1,15 \\ 1,20 \\ 1,25 \\ 1,30 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,66 \\ 0,66 \\ 0,66 \\ 0,66 \\ 0,66 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,465 \\ 1,180 \\ 0,997 \\ 0,883 \\ 0,797 \end{array} \right.$	
За нижнюю подборку	—	—	$\left\{ \begin{array}{l} 1,10 \\ 1,15 \\ 1,20 \\ 1,25 \\ 1,30 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,250 \\ 1,000 \\ 0,847 \\ 0,746 \\ 0,666 \end{array} \right.$	

С целью предельно упростить и облегчить расчеты плавучести для всех рассмотренных видов крепления крыла на рис. 5 приведены расчетные графики, построенные с помощью формулы (17).

В нижней части графиков по левой стороне нанесена шкала глубин места установки крыла H в пределах от 5 до 35 м. Против нее в виде наклонных прямых изображены рабочие скорости течения в пределах от 0,1 до 0,35 м/сек. В верхней части графиков с правой стороны нанесена шкала плавучести крыльев в кг на 1 пог. м длины крыла, отвечающая случаю, когда $\frac{d}{a}$, Θ и χ равны единице. Влево от этой шкалы наклонными прямыми изображены высоты крыла в пределах от 1,1 до 1,3 H и длины оттяжек.

Пользование расчетными графиками поясним на примере. Допустим, что крыло желают установить на коротких оттяжках, причем принято, что расстояние между верхней и нижней подборками по горизонтали $b = 0,66f$, длина оттяжек l равна высоте крыла $s_{кр}$ и превышает на 10% глубину места установки, т. е. $l = s_{кр} = 1,1H$, глубина места установки $H = 25$ м, рабочая скорость течения $v_p = 0,25$ м/сек.

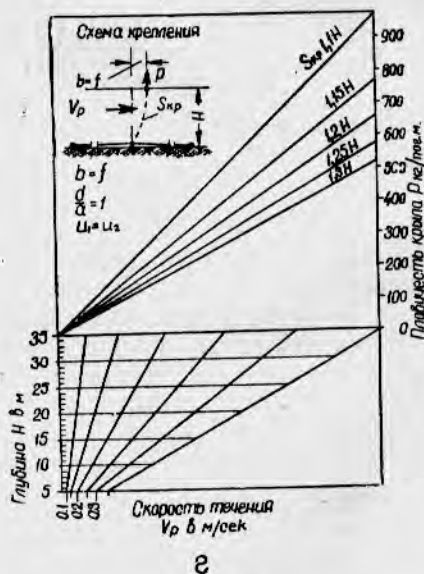
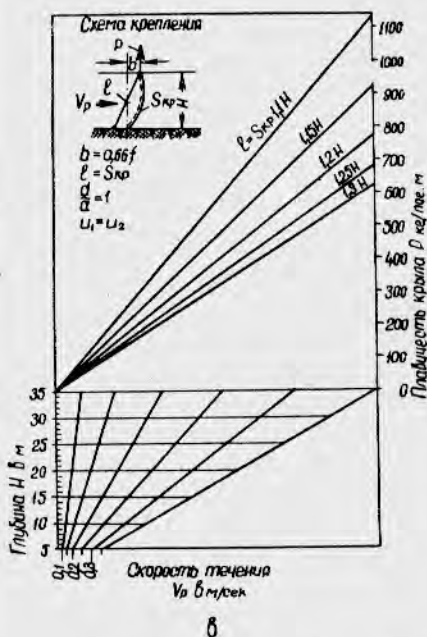
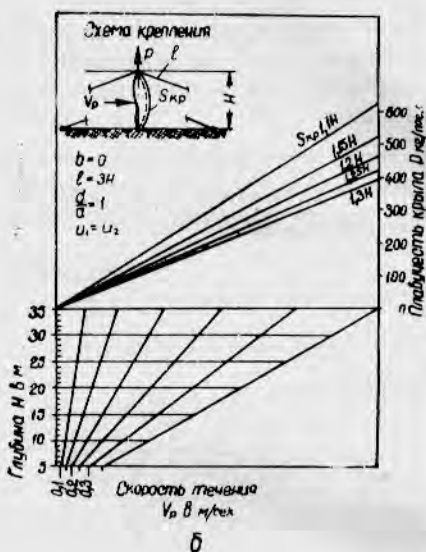
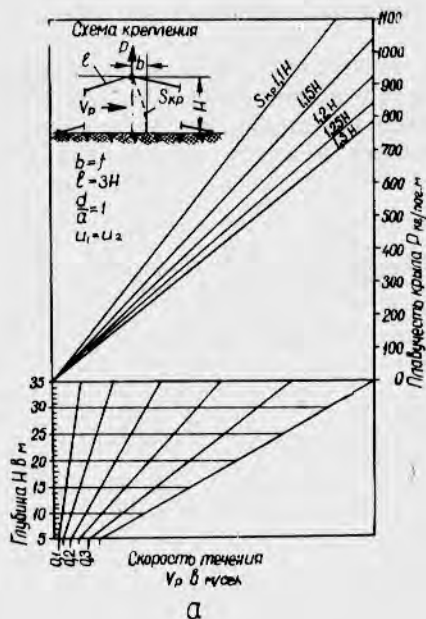


Рис. 5. Расчетный график для случая крепления крыла:

а — длинными оттяжками; б — длинными и короткими оттяжками; в — короткими оттяжками; г — за нижнюю подбóру

Требуется определить плавучесть, необходимую для удержания верхней подборы крыла на поверхности моря при рабочей скорости течения. В нижней части графика (рис. 5, в) на левой его стороне находим заданную глубину установки крыла $H=25$ м. Из найденной точки проводим горизонтальную прямую до пересечения с наклонной прямой, выражающей заданное значение рабочей скорости течения $v_p=0,25$ м/сек. Из точки пересечения данных прямых проводим вертикальную прямую в верхнюю часть графика до пересечения с наклонной прямой, выражающей заданную длину оттяжки и высоту дели крыла $l=s_{кр}=1,1H$, и из этой точки проводим горизонтальную прямую до пересечения с вертикальной стороной графика. В точке пересечения отсчитываем результат $P=415$ кг/пог. м, отвечающий случаю $\frac{d}{a}=1$. Для заданного случая, когда $\frac{d}{a}=0,02$, $P=415 \cdot 0,02=8,3$ кг/пог. м.

После этого обычным путем необходимо учесть вес элементов конструкции в воде, приходящийся на 1 пог. м длины крыла. Если надо учесть коэффициенты посадки крыла, отличные от $u_1=u_2=0,707$, полученный результат необходимо умножить на коэффициент χ , вычисляемый для заданных коэффициентов посадки по формуле (4). В исключительных случаях, не охваченных графиками, изображенными на рис. 5, можно рассчитать плавучесть, пользуясь формулами (14), (15) и (16), а также графиком, изображенным на рис. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенный метод расчета плавучести крыльев ставных неводов позволяет упростить и ускорить расчет неводов. Он разработан применительно к неводам, устанавливаемым на Сахалине, и может быть рекомендован для проверки на других бассейнах.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Ф. И., Теория и расчет орудий рыболовства, Пищепромиздат, 1948.
2. Трещев А. И., Исследование нагрузок на стационарные орудия рыболовства, Труды ВНИРО, т. XXX, Пищепромиздат, 1955.

РАЗДЕЛ III

РЫБОЛОВНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ КАПРОНОВЫХ СЕТЕЙ
ОТ РАЗРУШИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ
СОЛНЕЧНЫХ ЛУЧЕЙ И ПОГОДЫ

Канд. техн. наук Л. А. ШАСТИНА

При обследовании состояния сетеснастного хозяйства на рыбозаводах и в МРС было замечено, что капроновые сети сушат на солнце. Это во многих случаях приводит к уменьшению их прочности. В связи с этим перед ВНИРО была поставлена задача изыскания способов защиты капроновых сетематериалов от воздействия на них солнечных лучей и погоды.

Разрушение рыболовных капроновых сетей под действием солнечных лучей и погоды впервые было описано А. Н. Волковым¹. Он приводит результаты наблюдений различных исследователей. Так, по данным В. П. Лисицыной (Каспниро), проводившей наблюдения в Астрахани в апреле — июле, капроновая сеть из матированной нити № 200/9 через месяц пребывания на солнце потеряла 50%, после двух месяцев — 52% и через три месяца — 57% первоначальной прочности.

По данным А. Н. Волкова, капроновая нитка № 225/30×3 после трехмесячной экспозиции с 11/VII по 16/X потеряла 38% первоначальной крепости при разрыве сухих ниток и почти 50% при разрыве этих же ниток в мокром состоянии.

Нами проводились наблюдения за светоустойчивостью капроновых сетей в течение трех месяцев в Керчи и под Москвой, причем было установлено, что потеря прочности сетей достигала 70%.

Для решения поставленной задачи возможны следующие пути:

крашение капроновых сетематериалов светозащитными красителями;

применение каких-либо защитных покрытий;

изменение технологии получения капрона с целью создания волокна, устойчивого к действию солнечных лучей.

Нами был выбран первый и частично второй пути. Было проведено крашение образцов капроновых сетей различными красителями. В качестве защитного покрытия применялось дубление с последующим закреплением солями меди и хрома (по рецепту ВНИРО).

Для повышения устойчивости красителей к вымыванию и действию солнечных лучей и погоды проводилось закрепление отдельных красителей на волокне солями меди и хрома или только солями меди.

Проверены прямые субстантивные, кислотнo-хромовые и целлитонoвые красители.

Методически исследовательская работа была поставлена следующим образом.

¹ А. Н. Волков, «Рыболовные сети из капрона», Пищепромиздат, 1953.

Подбирали красители, устойчивые к свету и вымыванию. Проводили предварительное опытное крашение небольших образцов капроновых сетей с целью опробования рецептуры крашения, применяемой в текстильной промышленности (уточняли температуру, время, модуль ванны при крашении). Затем выбранными красителями окрашивали образцы сетей и делей из капрона для испытания их на действие солнечных лучей и погоды и на вымывание красителей.

Окрашенные, дубленые и контрольные образцы капроновых сетей монтировали для проведения испытаний в водоемах. Испытания проводили на вымывание красителя в Керченском проливе и на Учинском водохранилище канала им. Москвы; на влияние солнечных лучей и атмосферных условий (светопогоды) — под Москвой и в Керчи.

За опытными образцами установили наблюдение. Пробы брали через каждый месяц экспозиции и направляли в Москву во ВНИРО для динамометрических испытаний. На основании наблюдений за характером изменения прочности опытных образцов сделаны выводы о защитном действии отдельных окрасок или покрытий.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Крашение образцов капроновых сетей

Были использованы капроновые сети из матированной нити № 150/96 и 64/6.

Для крашения использованы следующие марки красителей.

Прямые красители и их концентрация в %

Синий КМ	200	Коричневый КХ	150
Синий ЗМ	200	Светопрочный коричневый ЖХ	150
Синий светопрочный	125	Коричневый светопрочный	200
Синий светопрочный К	200	Черный ЗЗ	250
Синий светопрочный З	200	Черный ЗС	200
Зеленый ЖХ	100		
Коричневый ЖХ	150		

Кислотно-хромовые красители и их концентрация в %

Темно-синий	100	Кислотный однохромовый коричневый З	100
Темно-синий ЗК	100	Кислотный хромовый черный С	110
Синий однохромовый З	200	То же О	125
Темно-зеленый С	100	„ „ Б	100
Кислотный хромовый коричневый К	160	„ „ ЗС	100
Кислотный хромовый коричневый ЗК	100	Кислотный однохромовый черный З	100

Целлюлозные красители и их концентрация в %

Алый Ж	100
Красно-коричневый К	100

Для защитного покрытия образцов капроновых сетей по способу дубления применяли еловый экстракт.

Прежде чем приступить к основным работам по крашению капроновых сетематериалов, были проведены предварительные опыты по уточнению рецептуры крашения. Интересно было также выяснить предварительными опытами, закрепляется ли медь на окрашенных или дубленых и неокрашенных капроновых сетях и в каком количестве.

После предварительных опытов мы приступили к основным работам по крашению сетей. При проведении экспериментальной части всегда проводилось два параллельных опыта.

Крашение образцов капроновых сетей прямыми красителями. В результате пробных окрасок для дальнейшей работы был принят следующий рецепт крашения прямыми красителями (применяемый в тек-

стильной промышленности для окраски капроновых изделий): модуль красильной ванны 1:10, время крашения 1 час, температура крашения 95°, концентрация красильной ванны 5% к весу сухих капроновых сетей (в пересчете на 100%-ный краситель).

Крашение образцов капроновых сетей прямыми красителями проводилось в одинаковых условиях в трех вариантах: 5%-ное крашение без закрепления; 5%-ное крашение с последующим закреплением в растворе сернокислой меди; 5%-ное крашение с последующим закреплением солями меди и хрома.

Все окрашенные образцы имели хороший цвет, глубокую прокраску, равномерную окраску.

Закрепление крашеных образцов капроновых сетей в растворе сернокислой меди проводилось в течение 1 часа при температуре 65°; модуль ванны 1:10, концентрация сернокислой меди 10 г/л. Количество металлической меди, закрепленной на образцах капроновых сетей, составляло 0,14—0,16% к весу сухих сетей. После часового кипячения окрашенных с последующим закреплением образцов в 5%-ном растворе мыла на большинстве сетей меди не обнаружено.

Сернокислой медью закрепляли образцы капроновых сетей, окрашенных следующими прямыми красителями: коричневым К, синим, синим ЗМ, синим светопрочным К, зеленым ЖХ, коричневым светопрочным.

Закрепление всех окрашенных прямыми красителями образцов капроновых сетей в водном растворе сернокислой меди и двуххромовокислого калия проводилось в течение 1 часа при температуре 65° и модуле ванны 1:10. Концентрация сернокислой меди в закрепительной ванне составляла 10 г/л и двуххромовокислого калия — 6 г/л.

После закрепления образцы тщательно промывали и сушили.

Крашение образцов капроновых сетей кислотно-хромовыми красителями. Для крашения брали 5% кислотно-хромового красителя к весу сухого волокна (в пересчете на 100%-ный краситель), 2% уксусной кислоты 30%-ной, концентрированной серной кислоты 3% и двуххромовокислого калия 3% к весу сухой ткани. Модуль красильной ванны был принят 1:10.

В отмеренное количество воды добавляли краситель и медленно нагревали до температуры 60°. Затем в красильную ванну помещали капроновые сети и температуру красильной ванны доводили до 100°. Через 10 мин. крашения при этой температуре добавляли половину необходимого количества уксусной кислоты, еще через 10 мин. добавляли оставшуюся половину уксусной кислоты. После 30 мин. кипячения в красильную ванну в три приема (через каждые 10 мин.) равными порциями добавляли серную кислоту.

После часового кипячения красильную ванну охлаждали до 70° и в нее добавляли двуххромовокислый калий. Затем ванну снова нагревали до кипения, и крашение продолжалось еще 30 мин. После этого красильную ванну вместе с образцами охлаждали и образцы сетей тщательно промывали и сушили.

Все образцы капроновых сетей окрасились хорошо в глубокие ровные тона.

Крашение образцов капроновых сетей целлитоновыми красителями (для ацетатного шелка). Целлитонового красителя брали 5% от веса окрашиваемого материала. К навеске красителя добавляли при тщательном перемешивании теплую воду (температура 40°) до модуля ванны 1:20 и затем красили в течение 40 мин. (на водяной бане), постепенно повышая температуру до 90°. При этой температуре красили в течение 1 часа, затем красильной ванне вместе с образцами сетей давали остыть и промывали окрашенные образцы.

Дубление образцов капроновых сетей

Для дубления капроновых сетей был использован еловый экстракт. Дубление проводилось по инструкции ВНИРО в двух вариантах: дубление еловым экстрактом без закрепления; дубление еловым экстрактом с последующим закреплением в смеси растворов сернокислой меди и двуххромовокислого калия.

При первом варианте в приготовленный дубильный раствор концентрацией 30 г елового экстракта в 1 л воды помещали сухие капроновые сети и выдерживали их в растворе в течение 1 часа при температуре 95°.

При втором варианте образцы капроновых сетей дубили, отжимали и без промывки и просушки помещали в закрепительную ванну, содержащую 10 г сернокислой меди и 6 г двуххромовокислого калия в 1 л воды. В закрепительной ванне образцы выдерживали в течение одного часа при модуле ванны 1:10 и температуре 65°. После закрепления образцы сетей тщательно промывали и высушивали. От высушенных до постоянного веса образцов брали навеску сети в 1 г, на которой с помощью электролиза определяли количество закрепленной меди.

В результате проведенных исследований было выяснено, что капроновые сети окрашиваются всеми испытанными нами прямыми, кислотно-хромовыми и целлитоновыми красителями по примененным нами рецептам.

Для крашения капроновых сетей прямыми красителями можно рекомендовать следующие условия: температура крашения 95°, модуль красильной ванны 1:10, количество красителя 5% от веса взятых сухих сетей (в пересчете на 100%-ный краситель). Время крашения капроновых сетей, видимо, можно менять в зависимости от ассортимента окрашиваемых сетей, но данный вопрос требует специальной дополнительной проработки.

На окрашенных прямыми красителями капроновых сетях (5%-ное крашение) при последующем закреплении в растворе сернокислой меди (по рецепту ВНИРО) закрепляется 0,15% меди к весу волокна.

Капроновые сети хорошо продубливаются по рецепту ВНИРО, применяемому для хлопчатобумажных сетей. Количество металлической меди на капроновом волокне после закрепления составляет 0,18—0,22% к весу воздушносухих капроновых сетей.

Испытания окрашенных капроновых образцов сетей на воздействие света и погоды

Подготовка к испытаниям. Для перечисленных испытаний были подобраны следующие образцы сетей из капроновой матированной нитки № 150/96 и № 64/6: контрольные неокрашенные, окрашенные прямыми красителями, окрашенные прямыми красителями с последующим закреплением в растворе сернокислой меди, окрашенные прямыми красителями с последующим закреплением в растворе сернокислой меди и двуххромовокислого калия, окрашенные кислотно-хромовыми красителями без последующего закрепления, окрашенные целлитоновыми красителями, дубленые без последующего закрепления, дубленые с последующим закреплением.

Образцы капроновых сетей были смонтированы в определенном порядке (в виде так называемых «выемок») на веревках. Всего было смонтировано для испытания на действие светопогоды и на вымываемость красителей 12 выемок из нитки № 150/96 и 12 выемок из нитки № 64/6 с одинаковым числом и расположением опытных образцов.

Исследования были проведены под Москвой и в Керчи на экспериментальной базе рыбной промышленности.

Проведение испытаний. При проведении испытаний под Москвой выемки устанавливали на крыше здания, имеющей уклон около 30° , на высоте 50 см. Все шесть выемок установили одновременно 15 июля. Первая выемка (из ниток № 150/96 и № 64/6) была снята 15 августа, вторая — 15 сентября и третья — 15 октября, т. е. образцы капроновых сетей подвергались непрерывному воздействию солнечных лучей и погоды 30, 60 и 90 дней.

После испытания на воздействие солнечных лучей и погоды образцы капроновых сетей разрывали на динамометре как в сухом, так и в мокром виде в сетеснастной лаборатории ВНИРО.

В Керчи выемки были выставлены во дворе Керченской экспериментальной базы 24 июля. Их натянули на колья на расстоянии 1 м от земли. Первую выемку из нитки № 150/96 и № 64/6 сняли 24 августа, вторую (такую же) — 25 сентября, третью (такую же) — 24 октября.

По окончании экспозиции образцы направили в Москву и исследовали на прочность в сетеснастной лаборатории ВНИРО.

Результаты испытаний капроновых сетей на действие солнечных лучей и погоды. Проведенные испытания образцов капроновых сетей из ниток № 150/96 и 64/6, окрашенных различными красителями и неокрашенных, показали, что прочность всех контрольных неокрашенных образцов при разрывах как в сухом, так и в мокром состоянии после экспозиции резко падает.

В течение первых тридцати дней экспозиции в Керчи отмечено более резкое снижение прочности сетей, чем под Москвой, в последующие 60 дней прочность снижалась незначительно или совсем не снижалась.

Крашение капроновых сетей прямыми красителями как без закрепления, так и с закреплением снижает их первоначальную прочность незначительно или (в отдельных случаях) совсем не снижает (работа проводилась с сетями, предварительно обработанными горячей водой с целью затяжки узлов).

При крашении капроновых сетей кислотнo-хромовыми красителями их первоначальная прочность снижается на 20—25%. Такое снижение объясняется, видимо, окислительным действием этих красителей на капроновое волокно.

Почти все испытанные нами красители в большей или меньшей степени предохраняли капроновые сети от действия солнечных лучей и погоды.

Испытания, проведенные в Керчи и под Москвой, показали, что хорошие результаты были получены при крашении такими прямыми красителями (без применения закрепления), как коричневый КХ, зеленый ЖХ, коричневый светопрочный ЖХ, светопрочный коричневый, коричневый ЖХ. Худшие результаты были получены при крашении сетей красителями синим светопрочным З, черным ЗС и синим КМ. Из прямых синих красителей удовлетворительные защитные свойства показал синий светопрочный К.

В результате испытаний образцов капроновых сетей, окрашенных прямыми красителями с последующим закреплением водным раствором сернокислой меди, установлено, что закрепление повышает защитные свойства красителей синего КМ, синего ЗМ, синего светопрочного К против действия солнечных лучей и погоды. При закреплении других красителей водным раствором сернокислой меди не отмечено резкой разницы в их защитных свойствах. Защитное действие их как бы

сблизились. Несколько лучшие результаты показали красители коричневый К и зеленый ЖХ.

Испытание образцов капроновых сетей, окрашенных прямыми красителями с последующим закреплением солями меди и хрома, после экспозиции на светопогоду в Керчи и под Москвой показало, что такое закрепление также сближает защитное действие всех красителей, повышая их защитные свойства. Особенно это заметно на прямых синих красителях.

Лучшее защитное действие в результате такой обработки проявили красители прямой синий 3М, синий светопроочный, зеленый ЖХ, коричневый ЖХ, коричневый КХ, светопроочный коричневый.

Кислотно-хромовые красители предохраняют капроновые сети от разрушения их под влиянием солнечных лучей и погоды хуже, чем прямые красители.

Дубление капроновых сетей без последующего закрепления слабо предохраняет их от разрушительного действия солнечных лучей и погоды. Закрепление дубленых сетей сернокислой медью и двуххромовокислым калием резко улучшает защитное действие этого вида обработки.

Окраска целлюлозовыми красителями как алым Ж, так и красно-коричневым слабо предохраняет капроновые сети от разрушительного влияния солнечных лучей и погоды.

Испытания на вымывание красителей из образцов капроновых сетей

Испытания на вымывание красителей из образцов капроновых сетей были проведены в Керченском проливе с 24/VII по 24/X. Пробы образцов сетей для определения степени вымывания красителей брали через каждый месяц пребывания сетей в водоеме. По изменению окраски тщательно промытых и высушенных образцов сетей судили о вымываемости того или иного красителя.

Помимо сравнительной оценки вымываемости отдельных красителей, мы проводили также наблюдения за изменением крепости окрашенных капроновых образцов сетей после их стояния в водоеме.

Степень вымывания прямых красителей, рекомендованных для крашения капроновых сетей, была весьма незначительной. Большинство окрашенных образцов сетей после непрерывного стояния в Керченском проливе в течение трех месяцев или совсем не изменили окраски, или изменили ее очень мало.

Стойкость одних красителей к вымыванию, например синего светопроочного и прямого синего КМ, после закрепления солями меди и хрома повысилась. Стойкость других красителей, например прямого черного 3З, после закрепления солями меди и хрома, наоборот, уменьшилась.

Изменение крепости окрашенных образцов капроновых сетей после экспозиции показано в таблице.

Из таблицы видно, что после тридцати дней непрерывного нахождения в Керченском проливе первоначальная прочность образцов капроновых сетей снизилась в среднем на 6—7%. После девяноста дней первоначальная прочность сетей уменьшилась в среднем на 20%.

Интересно отметить, что капроновые сети, окрашенные кислотно-хромовыми красителями, утратившие при крашении до 25% своей первоначальной прочности, после 30 дней непрерывного нахождения в водоеме потеряли в среднем только 1,6% своей первоначальной прочности, а через 90 дней — около 9%.

**Изменение крепости образцов капроновых сетей из нитки № 150/96,
окрашенных различными красителями, после экспозиции их в Керченском
проливе**

Вид обработки	Контроль до испы- тания	После 30 дней экспо- зиции (с 24/VII по 24/VIII)		После 90 дней экспозиции (с 24/VIII по 24/X)	
	крепость в кг	прочность в кг	потеря прочности в %	прочность в кг	потеря прочности в %
<i>Крашение прямыми красителями без последующего закрепления</i>					
Неокрашенный	27,6	25,4	8,0	23,8	13,7
Синим КМ	27,1	24,8	8,5	22,2	18,1
Синим ЗМ	25,7	25,3	1,6	20,9	18,7
Синим светопрочным	26,0	24,7	5,0	20,8	20,0
Синим светопрочным К	26,5	23,1	12,8	20,7	22,0
Синим светопрочным З	27,6	24,4	11,5	18,3	33,6
Зеленым ЖХ	26,8	25,2	6,0	22,2	17,2
Коричневым ЖХ	26,3	23,8	9,4	21,1	19,7
Коричневым КХ	26,4	25,4	4,0	21,9	17,0
Коричневым светопрочным ЖХ	28,1	25,0	11,0	19,2	31,6
Коричневым светопрочным	25,5	23,9	6,4	19,2	24,7
Черным ЗЗ	26,3	25,0	5,0	21,2	19,4
Черным ЗС	27,0	25,9	4,0	20,7	23,7
<i>Крашение прямыми красителями с последующим закреплением солями меди и хрома</i>					
Синим КМ	25,3	24,0	5,1	19,3	23,7
Синим ЗМ	25,4	23,4	7,9	19,3	24,0
Синим светопрочным	25,8	24,1	6,5	18,9	26,7
Синим светопрочным К	26,8	23,6	12,0	19,6	27,0
Синим светопрочным З	27,6	25,7	6,9	19,7	28,6
Зеленым ЖХ	26,5	24,5	7,6	20,4	23,0
Коричневым ЖХ	26,1	24,0	8,0	23,8	8,8
Коричневым КХ	27,3	24,1	11,7	19,9	27,0
Коричневым светопрочным ЖХ	26,6	23,4	12,1	20,6	22,6
Коричневым светопрочным	26,6	23,2	12,7	20,0	24,9
Черным ЗЗ	26,1	23,9	8,5	20,3	22,2
Черным ЗС	26,2	24,0	8,3	18,6	29,0
<i>Крашение кислотно-хромовыми красителями без последующего закрепления</i>					
Темно-синим	22,5	23,2	0,0	20,8	7,5
Темно-синим ЗК	22,2	21,2	4,4	20,0	9,8
Синим однохромовым	20,2	21,4	0,0	20,6	0,0
Темно-зеленым С	24,4	23,9	2,0	20,1	17,6
Коричневым К	24,4	23,3	4,5	19,6	19,7
Коричневым ЗК	20,2	21,9	0,0	19,9	1,5
Коричневым З	19,9	21,2	0,0	19,5	2,0
Черным С	26,7	24,3	9,0	21,4	19,8
Черным О	23,5	23,5	0,0	21,1	10,2
Черным Б	20,6	21,0	0,0	18,0	12,6
Черным ЗС	24,3	25,0	0,0	21,4	11,9
Черным З	20,4	21,6	0,0	21,5	0,0
Неокрашенный	27,6	23,8	13,8	18,2	34,0
<i>Крашение прямыми красителями и дубление без последующего закрепления</i>					
Коричневым К	27,2	24,9	8,4	22,3	12,0
Синим КМ	27,3	24,5	10,2	21,8	20,0
Еловым экстрактом	26,7	24,2	9,3	21,1	21,0
<i>Крашение прямыми красителями и дубление с последующим закреплением солями меди и хрома</i>					
Коричневым К	25,1	24,9	0,8	19,8	21,1
Синим КМ	27,1	24,0	11,4	21,0	22,5
Еловым экстрактом	25,6	24,2	5,5	20,3	20,7

Продолжение

Вид обработки	Контроль до испытания	После 30 дней экспозиции (с 24/VII по 24/VIII)		После 90 дней экспозиции (с 24/VII по 24/X)	
	крепость в кг	прочность в кг	потеря прочности в %	прочность в кг	потеря прочности в %
<i>Крашение прямыми красителями с последующим закреплением медным купоросом</i>					
Коричневым К	26,9	25,2	6,3	18,1	32,8
Синим КМ	27,1	25,0	7,7	18,4	32,0
Синим ЗМ	26,7	25,0	6,3	19,4	27,3
Синим светопрочным К	27,2	25,0	8,0	19,1	29,7
Зеленым ЖХ	26,2	24,6	6,2	20,3	22,5
Коричневым светопрочным	26,7	24,6	7,85	19,4	27,4
<i>Крашение целлитоновыми красителями</i>					
Алым Ж	26,9	25,0	7,0	21,4	20,4
Красно-коричневым К	27,6	25,4	8,0	20,9	24,3

Примечание. Испытывали на разрыв только сухие образцы капроновых сетей.

ВЫВОДЫ

В целях предохранения капроновых сетей от разрушительного действия света и погоды можно рекомендовать следующую их обработку.

1. Крашение прямыми красителями без последующего закрепления с применением красителей: коричневого КХ, зеленого ЖХ, коричневого светопрочного ЖХ, коричневого светопрочного, коричневого ЖХ.
2. Крашение прямыми красителями синим светопрочным К, синим ЗМ с последующим закреплением.
3. Дубление еловым экстрактом с последующим закреплением солями меди и хрома.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

Раздел I

Вопросы теории проектирования и расчета орудий активного морского рыболовства

В. Г. А ж а ж а, Об использовании гидроакустических приборов при лове сельди разноглубинным тралом	5
А. И. Трещев, Теоретические основы лова рыбы разноглубинным тралом	24
И. Г. Смыслов, Исследование факторов, определяющих равновесие и раскрытие разноглубинного трала	34
С. Б. Гюльбадамов, Обоснование оптимального размера ячеи в кутке трала	57
А. С. Ревин, Исследование влияния структуры и формы траловой сети на ее сопротивление в потоке воды	66
А. Н. Покровский, Опыты по определению распорной силы плоской сети при движении ее в воде	83
Н. М. Сабуренков, Исследование работы траловых лебедок	90
Н. Н. Андреев, Теория лова рыбы кошельковыми неводами	114
Ю. А. Изнанкин, Уловистость жаберных сетей	124

Раздел II

Вопросы теории расчета и проектирования орудий прибрежного рыболовства

А. И. Трещев, К методике расчета ставных неводов	137
Н. Н. Андреев, Расчет фигурной кройки подъемных дорог ставных неводов	148
А. Н. Покровский, О креплении крыла ставного невода вертикальными оттяжками из стального троса	159
В. Н. Гиренко, Расчет плавучести крыльев ставных неводов	162

Раздел III

Рыболовное материаловедение

Л. А. Шастина, Способы защиты капроновых сетей от разрушительного действия солнечных лучей и погоды	170
---	-----