

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).

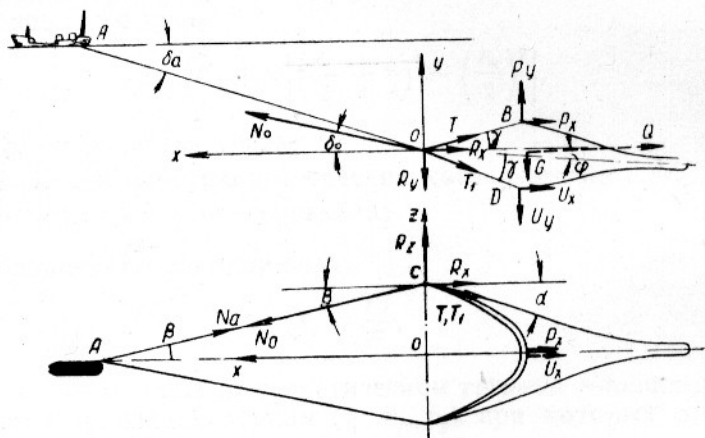


Рис. 1. Схема сил, действующих на трал

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 сила, 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 уравновешиваться этой вер-

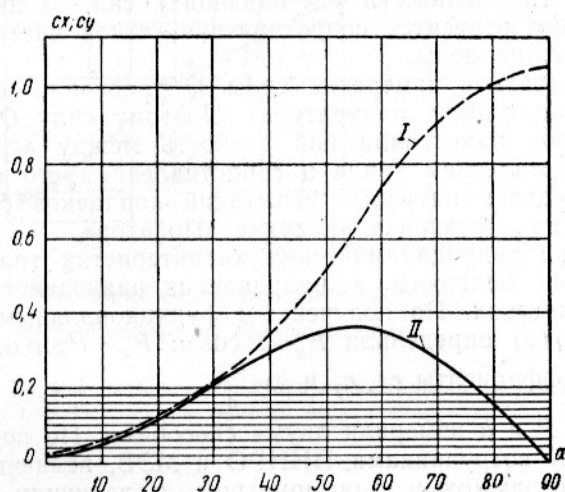


Рис. 2. Зависимость коэффициентов сопротивления и подъемной силы от угла наклона ваера:

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

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 натуральных 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 ПИПРО 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.

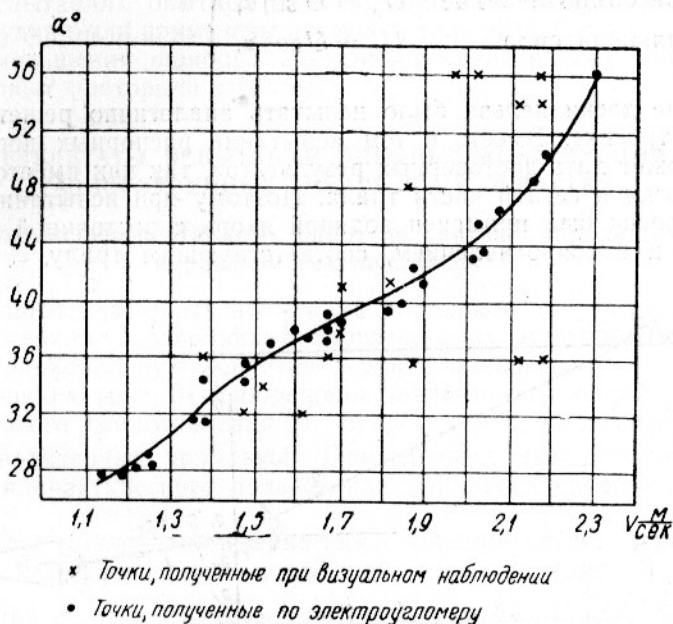


Рис. 3. График разброса точек при отсчете углов визуальным способом и при помощи электроаппаратуры

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

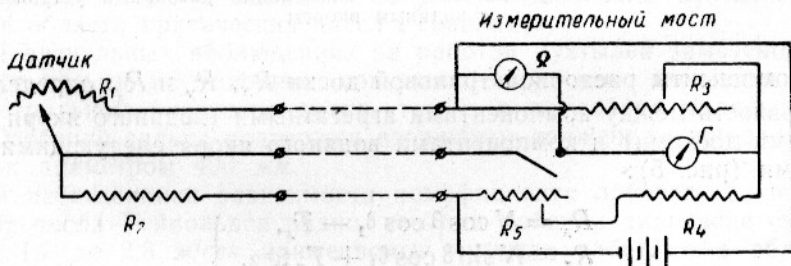


Рис. 4. Принципиальная схема электроаппаратуры

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

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

Компоненты равнодействующей силы, создаваемой углубляющей решеткой, определяются уравнениями

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

Плоские доски нельзя было испытать аналогично решеткам, т. е. на одном тросике. Вместе с тем испытание распорных досок с тралами 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.

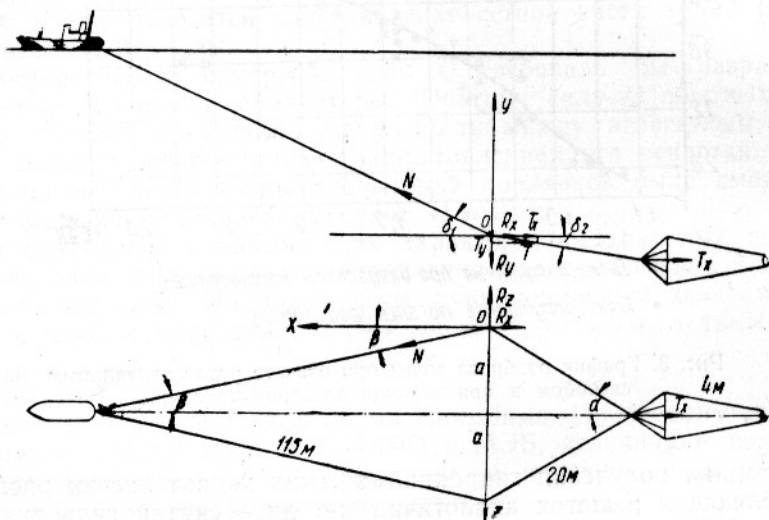


Рис. 5. Схема действующих сил при испытаниях распорных устройств с водяным якорем

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 гг. А. И. Яковлев, Г. А. Траубенберг и Б. Г. Кутаков.

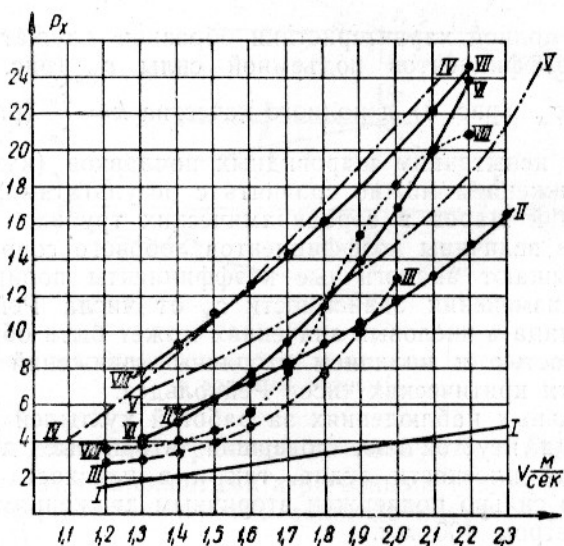
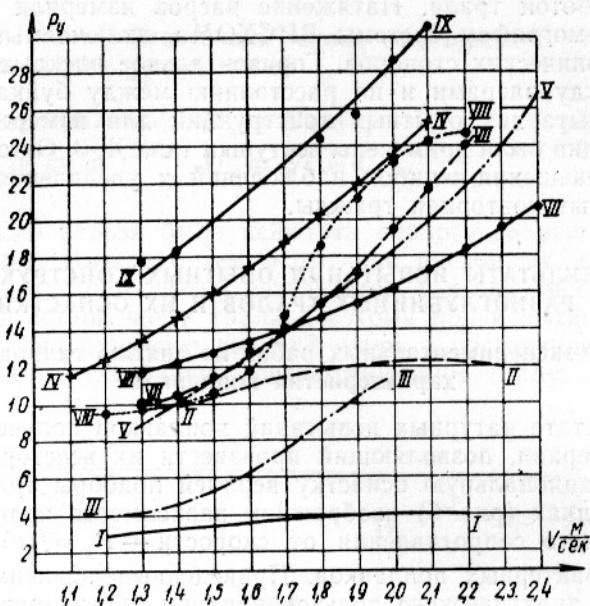


Рис. 6. Зависимость полной подъемной силы P_y и лобового сопротивления P_x от скорости для лопавков:

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

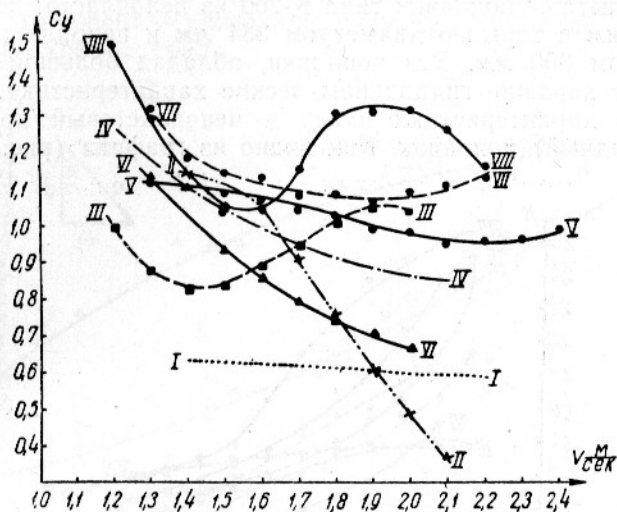


Рис. 7. Зависимость коэффициента подъемной силы от скорости для поплавков:

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

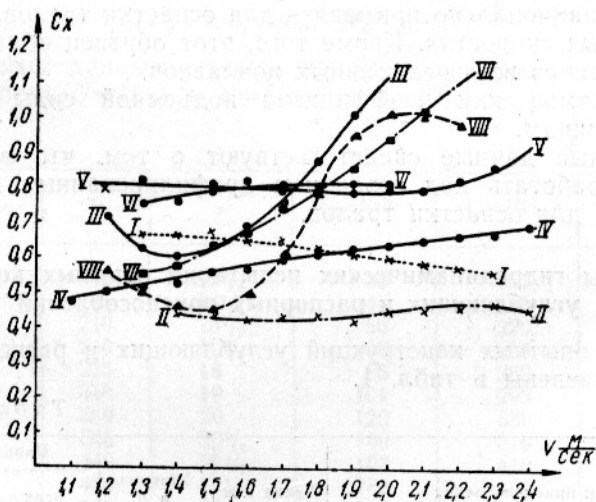


Рис. 8. Зависимость коэффициента лобового сопротивления C_x от скорости для разных поплавков

(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-

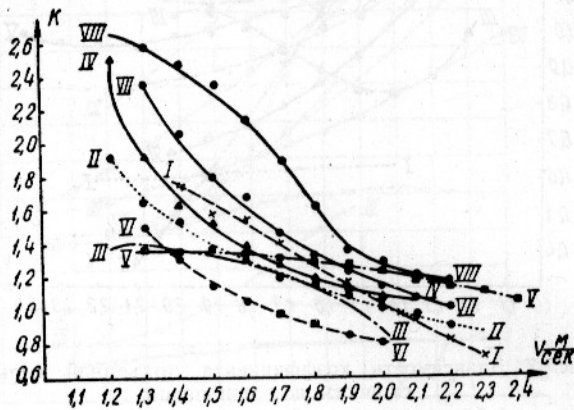


Рис. 9. Зависимость коэффициента $k = \frac{c_y}{c_x}$ от скорости для поплавков, обозначенных на рис. 7

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 шпрудов и наличием стабилизирующего буга. Плавучесть буга 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.

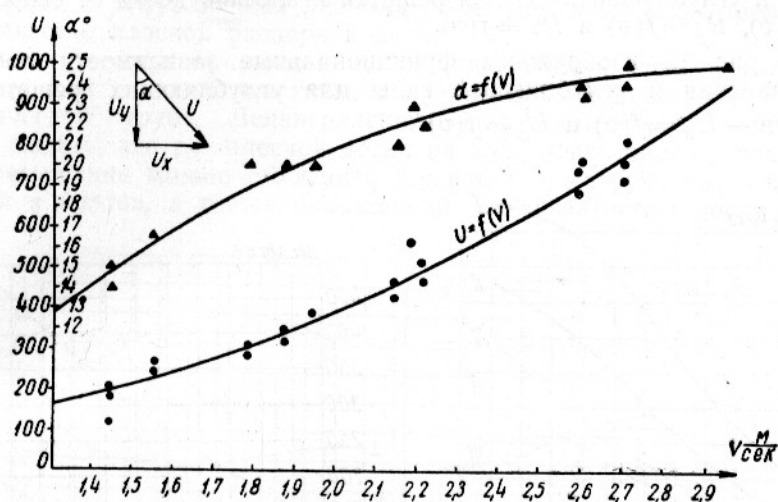


Рис. 10. Кривые, полученные в результате обработки данных по испытанию углубляющей решетки

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	$12^{3/4}$	35	155	4,43
1,4	185	$14^{1/4}$	45	180	4,0
1,5	210	$15^{1/2}$	56	220	3,93
1,6	240	$16^{3/4}$	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	$20^{3/4}$	140	370	2,64
2,1	440	$21^{1/2}$	163	410	2,52
2,2	490	$22^{1/4}$	185	453	2,45
2,3	545	23	213	500	2,35
2,4	600	$23^{1/2}$	240	550	2,29
2,5	655	$23^{3/4}$	268	600	2,28
2,6	715	$24^{1/4}$	292	650	2,22
2,7	775	$24^{1/2}$	322	705	2,19
2,8	840	$24^{3/4}$	350	760	2,17
2,9	910	$24^{3/4}$	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 $U_y = f(v)$.

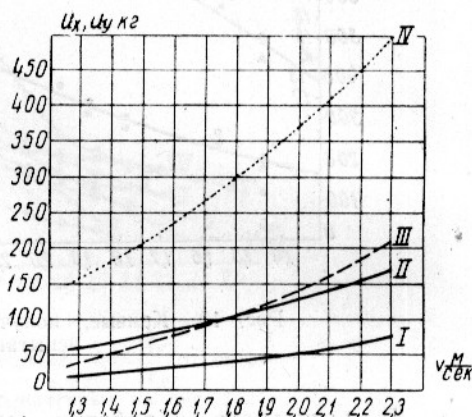
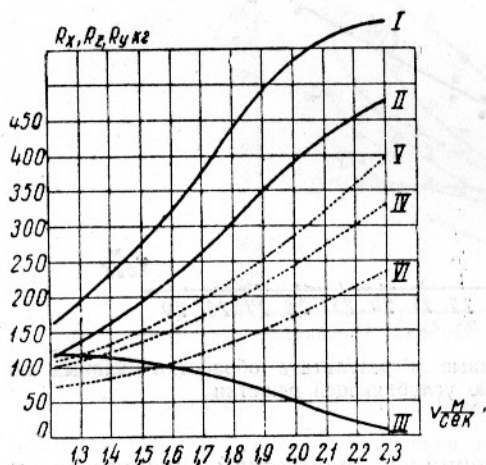


Рис. 11. Зависимость лобового сопротивления, распорной и углубляющей сил от скорости:

Рис. 12. Зависимость лобового сопротивления и углубляющей силы решеток 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

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.

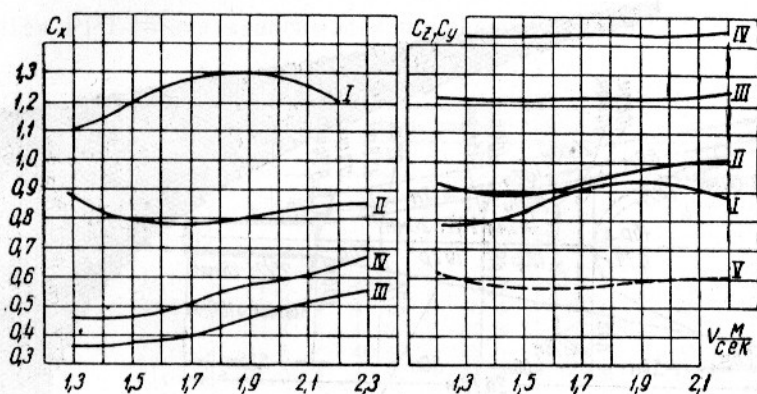


Рис. 13. Зависимость коэффициентов c_x , c_y и c_z распорных и углубляющих приспособлений от скорости:

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

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

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

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

По таблицам элементов цепной линии находим

$$Sh\varphi = 4,472.$$

По имеющимся значениям

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

Находим параметр цепной линии

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

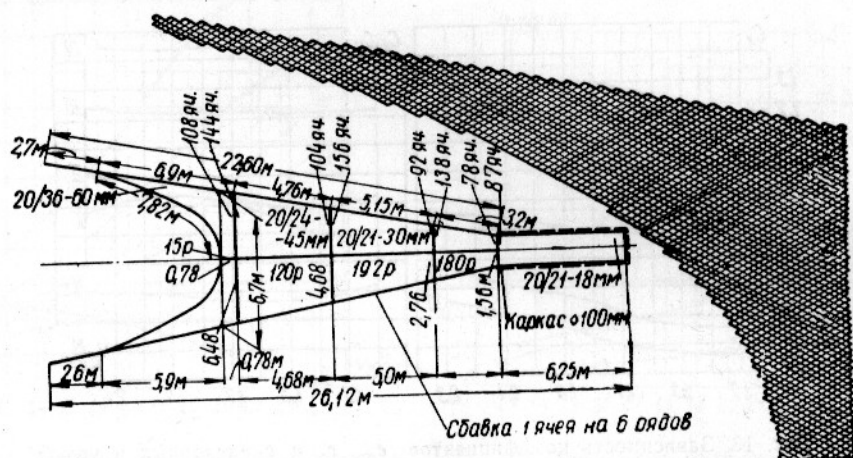


Рис. 14. Раскроечный чертеж сетной части опытной конструкции РРТ-10 типа ПИНРО

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 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 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.

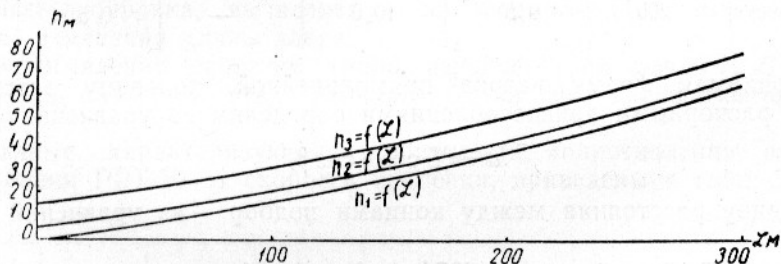


Рис. 15. Зависимость глубины погружения подбор и распорных приспособлений РРТ-15 от длины ваеров при $v=1,4$ м/сек

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°20'	10,4	3°20'	9,6	—	—
1,4	7°50'	11,0	3 40'	10,4	6°00'	8,5
1,7	—	—	—	—	6°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 поправка, 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).

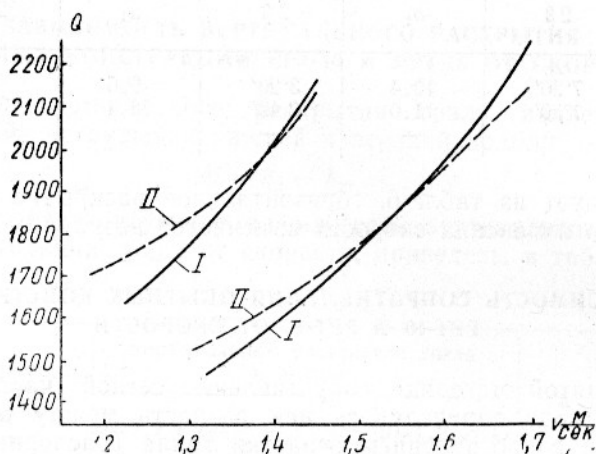


Рис. 16. Зависимость сопротивления Q сетной части опытных конструкций трала от скорости: I — по экспериментальным данным; II — по расчетным данным, полученным по формуле

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

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

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

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

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

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

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 в 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 %	в кг	в %	в кг	в %	в кг	в %

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 трала в зависимости от скорости изменяется незначительно.

Сопротивление распорных решеток доходит до 10—12% от агрегатного, тогда как сопротивление распорных досок донного трала, 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 трала (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 трала приведены в табл. 9.

Таблица 9

v в 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	$1 - \text{tg } \alpha$	$\frac{Q}{2}$	$\frac{Q}{2} (1 - \text{tg } \alpha)$	$C + R_z$	$\frac{C + R_z + Q}{2} (1 - \text{tg } \alpha)$	$\text{tg } \delta$	$\sin \delta$	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).

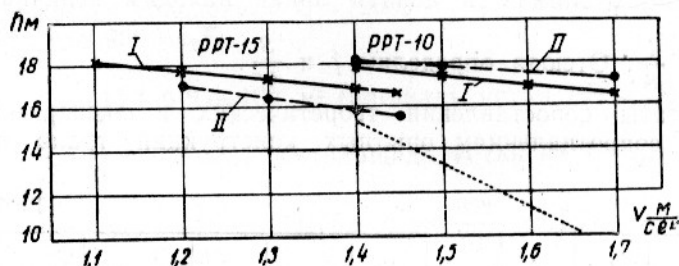


Рис. 17. Сопоставление теоретических зависимостей с экспериментальными данными по изменению глубины погружения опытных конструкций разноглубинных тралов:

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

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

3. Сопротивление сетной части трала определяется формулой

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

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

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

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.