

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕТНОГО ПОЛОТНА

К. Л. ПАВЛОВ

Несмотря на многочисленные исследования по сопротивлению рыболовных сетей при их движении в воде, проведенные отечественными и зарубежными учеными, некоторые вопросы гидродинамики сетного полотна до настоящего времени остаются малоизученными. К таким вопросам в первую очередь относится определение поперечной гидродинамической силы, возникающей при движении сетного полотна с различными углами атаки по отношению к потоку. Под поперечной силой в отличие от лобового сопротивления подразумевается сила давления воды на сетное полотно, действующая по перпендикуляру к направлению движения.

Существование этой поперечной силы в настоящее время не вызывает сомнений и экспериментально доказано целым рядом отечественных и зарубежных исследований [1, 2, 4, 12].

В то же время результаты этих исследований недостаточно полны и нуждаются в проверке и уточнении применительно к конкретным типам сетного полотна. Неполнота данных, полученных при ранее проведенных исследованиях, объясняется трудностями методического характера, сводящимися к отсутствию экспериментальных установок, обеспечивающих достаточно точные измерения сил сопротивления сетного полотна, независимость этих измерений друг от друга и их синхронность.

В настоящей статье сделана попытка произвести сравнительную оценку методов экспериментирования, примененных различными авторами, занимавшимися изучением сопротивления сетного полотна, расположенного под различными углами к потоку, описана методика и аппаратура, разработанная автором для проведения аналогичных исследований и приведены некоторые результаты экспериментов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАЗЦОВ СЕТНОГО ПОЛОТНА, ПРИМЕНЯВШИЕСЯ РАЗЛИЧНЫМИ АВТОРАМИ

В 1948 г. проф. Ф. И. Барановым были опубликованы результаты экспериментов по определению сопротивления воды движению веревок и сетей [2]. Методика проведения этих экспериментов весьма проста и, как мы увидим ниже, была использована в дальнейшем и другими исследователями.

Соотношение между поперечной силой и лобовым сопротивлением для металлической трубки (имитировавшей веревку) определялось при

различных углах атаки* путем замера угла между линией действия полного сопротивления и направлением скорости естественного потока, в котором проводились эксперименты. По описанной схеме проф. Ф. И. Баранову удалось провести опыты при углах атаки, равных 90, 70, 50, 40 и 30°. В результате было установлено, что при средних углах атаки поперечная сила может быть принята равной половине лобового сопротивления.

Описанная методика не позволяла определить количественные характеристики полного сопротивления или его составляющих и поэтому никаких зависимостей для этих сил получить не удалось. Более того, вполне вероятно, что при значениях скорости потока, отличных от имевших место при проведении экспериментов и, кстати, не указанных в статье, соотношения между поперечной силой и лобовым сопротивлением могут не совпасть с полученными проф. Ф. И. Барановым величинами. Наконец, следует отметить, что все выводы по данному разделу относятся к металлической трубке, имеющей сравнительно гладкую поверхность, отличающуюся от шероховатой поверхности веревок и ниток, используемых для постройки орудий лова и поэтому нуждаются в проверке и уточнении.

Во второй части экспериментов проф. Ф. И. Баранов определял поперечную силу, действующую на образец сетного полотна, натянутого на квадратную рамку, отклоняющегося от вертикальной плоскости под действием течения при закрепленной на оси верхней кромке. Поперечная сила, действовавшая в данном случае вертикально вверх, определялась как разность между действительным и кажущимся весом рамки, отсчитываемая при помощи весов, поддерживающих рамку в вертикальном направлении. Эксперименты проводились лишь с одним образцом сетного полотна при двух углах атаки. В результате экспериментов было установлено, что поперечная сила ориентировочно может быть принята равной 20% от лобового сопротивления.

Собственное сопротивление рамки автором не определялось что, безусловно, сказалось на результатах. Как и в опыте с металлической трубкой, экспериментатор не мог в полной мере управлять исследуемым процессом и, по существу, должен был довольствоваться случайными замерами при сравнительно произвольных значениях скорости потока. Кроме того, результаты экспериментов не могли послужить основой для обобщения, так как они были проведены лишь с одним образцом сетного полотна и при одном значении посадочных коэффициентов.

В 1955 г. были опубликованы результаты экспериментов, проведенных японскими исследователями Номура и Нозава [11]. Цель исследования сводилась к определению влияния течения на отклонение образцов различных ниток от вертикали. Эксперименты проводились в бассейне для испытания моделей судов. Верхний конец образца нити длиной 130 см прикрепляли на поверхности воды к кузову грузовой автомашины, передвигавшейся над бассейном. В процессе экспериментов определяли глубину расположения нижнего конца нити. Скорость движения грузовика колебалась от 0,08 до 0,6 м/сек. Измерения сопротивления воды движению нитей не проводились из-за отсутствия необходимой измерительной аппаратуры.

Аналогичная методика была применена и при исследовании отклонения образцов сетного полотна в зависимости от скорости буксировки [12]. В этом случае образцы сетного полотна натягивали на квадратную рамку, которую подвешивали к кузову грузовой автомашины таким образом, что верхняя горизонтальная кромка рамки располагалась на глубине 2 см от поверхности воды в бассейне. В процессе эксперимен-

* Под углом атаки понимается угол, образуемый трубкой и направлением потока.

тов определяли расстояние по вертикали между верхней и нижней кромками рамки. Скорость буксировки рамки изменялась от 0,04 до 0,4 м/сек.

Таким образом, как в экспериментах с нитями, так и в экспериментах с образцами сетного полотна непосредственно замерялись лишь две величины — скорость буксировки и глубина расположения нижних частей нити или рамки. Все остальные величины получались в результате расчетов. При описании методики экспериментов авторами не указывается, какими способами или приборами производились замеры.

Очевидно, принципиальная схема экспериментов японских исследователей сходна с описанной выше методикой проф. Ф. И. Баранова. Отличие японских исследований заключается лишь в том, что скорость потока в них могла быть задана заранее, а не произвольно при изменениях течения. В то же время в экспериментах проф. Ф. И. Баранова проводились инструментальные замеры подъемной силы, чего не было у японцев. Наряду с этим японские исследователи провели массовые эксперименты с различными материалами, что позволило получить сравнительные данные.

Одна из последних экспериментальных работ, посвященных определению поперечной силы, описана в статье А. Н. Покровского [4]. Методика исследований А. Н. Покровского очень сходна с примененной проф. Ф. И. Барановым в экспериментах с металлической трубкой с той лишь разницей, что А. Н. Покровский мог регулировать скорость буксирования образцов, меняя скорость движения моторной лодки.

Во время экспериментов угол атаки образцов сетного полотна изменялся от 0 до 90° с интервалами в 10°. При каждом угле атаки образцы буксировались при двух значениях скоростей — 0,5 и 1 м/сек. В каждом отдельном случае измерялись угол атаки рамки с сетным полотном и угол отклонения полного сопротивления от линии движения. Несмотря на то, что эксперименты проводились в морском заливе, в статье не содержится никаких сведений относительно гидрологических условий. В то же время наличие волнения и поверхностного течения могло резко исказить результаты экспериментов. Сама схема установки не позволяла получить достоверные данные при малых углах атаки, так как в этом случае плоскость сетки располагалась вблизи лодки и на результаты испытаний образцов должно было оказывать влияние возмущение потока корпусом лодки.

Следует отметить также, что примененная А. Н. Покровским схема эксперимента позволяла изучать лишь качественную картину сопротивления воды движению образцов сетного полотна, количественные же характеристики оставались неизвестными. Наконец, необходимо обратить внимание также на невозможность проведения этим методом экспериментов с одной рамкой для того, чтобы выделить сопротивление только сетного полотна.

Подводя итоги обзора методов, применявшихся различными авторами, для изучения поперечной силы, действующей на сетное полотно при движении его в воде, можно отметить, что все они обладают одним общим недостатком, а именно: не позволяют получить конкретные цифровые величины этой силы. Кроме того, диапазоны скоростей во всех случаях были недостаточны для получения сравнительно полной картины исследуемого явления. В исследованиях Ф. И. Баранова и японских ученых угол атаки образцов сетного полотна не мог быть задан заранее и, по существу, зависел от скорости перемещения образцов относительно воды. Во всех экспериментах не использовалась регистрирующая аппаратура, что не позволяло обеспечить удовлетворительную синхронность записи производимых замеров. Сопротивление рамки экспериментальным путем не определялось, и поэтому получить истин-

ные величины гидродинамических характеристик сетного полотна было невозможно.

МЕТОДИКА И АППАРАТУРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕТНОГО ПОЛОТНА

Чтобы исследовать гидродинамические характеристики сетного полотна нами в 1959 г. была разработана и испытана соответствующая методика и аппаратура применительно к условиям опытной установки ВНИРО на Клязьминском водохранилище. Принцип действия установки и ее конструктивные особенности освещены в работе Ю. А. Знаменского [3]. Применительно к нашим исследованиям в конструкцию установки были внесены некоторые изменения. Все вспомогательные механизмы и устройства, необходимые для работы стралами (бим, подвижные каретки, лебедки и др.), при исследовании гидродинамических характеристик сетного полотна не использовались и были сняты с понтона. В средней части понтона было подготовлено место для установки специальных двухкомпонентных гидродинамических весов (рис. 1), обеспечивающих замеры лобового сопротивления и поперечной силы действующих на образец сетного полотна при движении.

Схема сил, действующих на рамку и гидродинамические весы при угле атаки рамки 90° , изображена на рис. 1. Здесь P — полное гидродинамическое сопротивление, приложенное в центре рамки O при движении понтона слева направо. При переносе точки приложения силы P на ось установки горизонтального динамометра 8 на весы будет действовать сила P и момент относительно точки O_1 ($M = p \cdot h$).

Очевидно, что этот момент будет гаситься системой подвески весов на жестких связях 3 и не будет оказывать влияния на показания динамометров 8 и 9 . При расположении рамки под определенным углом атаки линия действия силы P будет отклоняться от горизонтали и момент ее относительно точки O_1 будет меняться. В этом случае полное сопротивление будет раскладываться на две составляющих, каждая из которых замеряется соответствующим динамометром.

Два отрезка труб расположены на опорах, жестко закрепленных над поверхностью воды на понтоне. На этих трубах при помощи системы жестких связей, монтируемых на подшипниках, подвешена рама весов, которая может совершать возвратно-поступательное перемещение в горизонтальном направлении. В средней части рамы имеется П-образ-

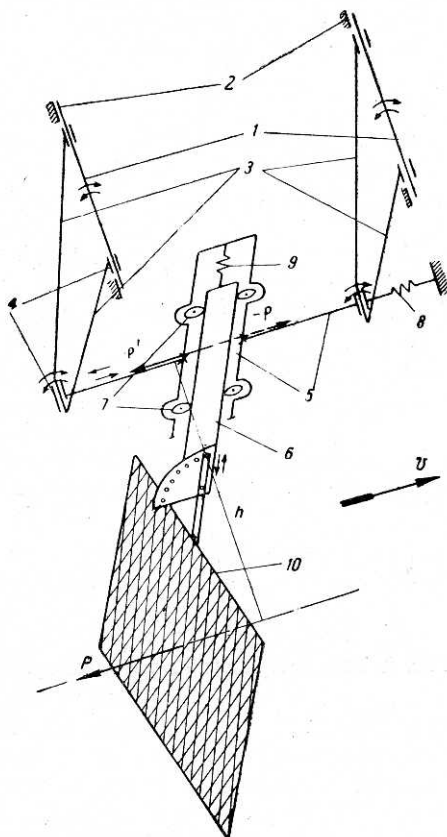


Рис. 1. Схема двухкомпонентных гидродинамических весов:

- 1 — верхние оси; 2 — опоры; 3 — жесткие связи; 4 — подшипники;
- 5 — рама; 6 — штанга; 7 — шкивы с профилированной канавкой;
- 8 — горизонтальный динамометр; 9 — вертикальный динамометр; 10 — рамка для крепления образца сетного полотна.

ная опора, к которой подвешивается штанга с сектором для установки угла атаки образца сети. Штанга может перемещаться в вертикальном направлении по четырем роликам, установленным на П-образной опоре. Для уменьшения трения ролики монтируются на шарикоподшипниках. Перемещения рамы в горизонтальном направлении и штанги в вертикальном независимы друг от друга. Рама весов крепится к понтону посредством измерительного прибора, являющегося индикатором горизонтального усилия. В свою очередь между штангой и П-образной опорой устанавливается второй прибор, при помощи которого измеряются вертикальные нагрузки.

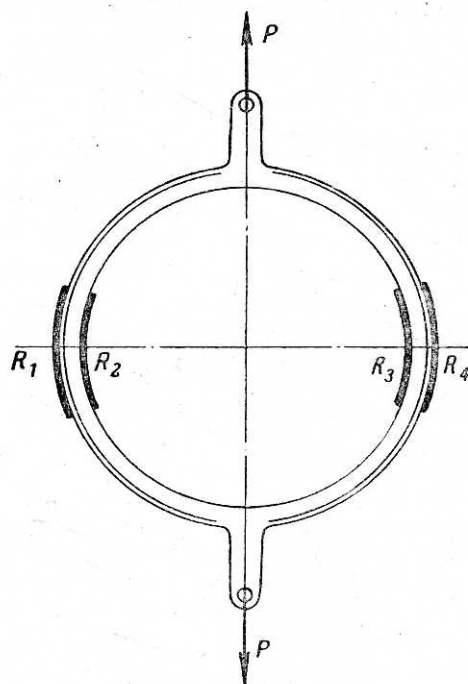


Рис. 2. Тензометрический динамометр.

Рамка с образцом сетного полотна крепится к штанге с необходимым углом атаки. При буксировке рамки в неподвижной жидкости измерительные приборы фиксируют вертикальную и горизонтальную силы, возникающие в результате сопротивления воды.

В качестве измерительных приборов могут быть применены любые приборы, предназначенные для замеров усилий. В нашем случае были использованы кольцевые динамометры с наклеенными тензодатчиками. Принцип действия этих приборов сводится к следующему. Динамометр (рис. 2) представляет собой стальное кольцо, упруго деформирующееся под действием сил, прилагаемых к ушкам. В зоне наибольших деформаций кольца наклеиваются проволочные преобразователи

(тензодатчики) R_1, R_2, R_3 и R_4 . Проволока преобразователя воспринимает деформации кольца, вследствие чего изменяются ее геометрические размеры, а также и электрическое сопротивление. В зависимости от количества и размеров тензодатчиков получаемые электрические сигналы могут фиксироваться измерительной аппаратурой непосредственно или после соответствующего усиления.

Чтобы обеспечить неизменность геометрии измерительного приспособления, а также для выбора соответствующих кольцевых динамометров было проведено предварительное определение сил сопротивления, могущих возникнуть в процессе экспериментов.

Максимальные значения лобового сопротивления будут иметь место при угле атаки образца, равном 90° , наибольшей величине отношения $\frac{d}{a}$ и наибольшей возможной скорости буксировки. При выбранном ассортименте материалов (в нашем случае траловые дели) наибольшее значение отношения $\frac{d}{a}$ будет иметь место для хлопчатобумажной дели 20/72—50 мм. В этом случае $\frac{d}{a} = \frac{4,05}{50} = 0,08$.

Сопротивление образца сети размером 1 м^2 с отношением $\frac{d}{a} = 0,08$ при скорости потока 1 м/сек и угле атаки 90° составит $15,344 \text{ кг}$ [5].

Если выразить сопротивление образца площадью 1 м^2 формулой $r = k \cdot v^2$ и считать коэффициент k независимым от скорости [6, 10], то,

определив из имеющихся данных значение k , можно перейти к определению сопротивления образца при других значениях скорости

$$\kappa = \frac{r}{v^2} = \frac{15,344}{1^2} = 15,3.$$

Наибольшая возможная скорость буксировки образцов на опытной установке составляет 1,33 м/сек. Тогда величина максимального возможного сопротивления образца 1 м² составит $r = 15,3 \cdot 1,33^2 = 27$ кг.

Если же принять скорость буксировки, которую желательно иметь для проведения наиболее полного исследования равной 4 узлам (2 м/сек), то сопротивление образца составит $r = 15,3 \cdot 2^2 = 61,2$ кг.

Поперечные силы, возникающие при движении сетного полотна с каким-то углом атаки при любых условиях, не превышают лобового сопротивления [1, 4]. Поэтому очевидно, что прочность конструкции весов и кольцевые динамометры должны быть рассчитаны с учетом определенных выше значений гидродинамической нагрузки и дополнительного сопротивления рамки для крепления сетного полотна. В то же время при малых углах атаки и относительно небольших скоростях буксировки образцов делая гидродинамические силы будут сравнительно малыми и приборы должны обладать достаточной чувствительностью, чтобы зафиксировать эти силы.

Исходя из указанных соображений, для исследований были изготовлены кольцевые динамометры, рассчитанные на четыре диапазона усилий: 0—10 кг; 0—25 кг; 0—60 кг; 0—100 кг.

Размеры выбранных кольцевых динамометров позволяли использовать тензодатчики с сопротивлением порядка 190—200 Ом при величине базы 20 мм.

При включении тензодатчиков по схеме, изображенной на рис. 3 [7], отпадает необходимость в компенсации температурной погрешности преобразователей, так как все плечи моста работают в одних условиях.

Учитывая, что относительное изменение сопротивления проволочных преобразователей не превышает 0,5% и в большинстве случаев имеет порядок десятых или даже сотых долей процента [8], сигналы, получаемые с измерительной диагонали моста, должны быть усилены. Для усиления сигналов применялся 4-канальный ламповый усилитель, разработанный лабораторией техники промышленного рыболовства ВНИРО для гравитационной установки. В качестве регистрирующего прибора использовался 8-шлейфный магнитоэлектрический осциллограф типа МПО-2.

В процессе экспериментов, кроме гидродинамических нагрузок, возникающих при буксировке образцов сетного полотна, необходимо также фиксировать и скорость буксировки, так как указанные нагрузки находятся в непосредственной зависимости от нее. Для замера скорости буксировки использовалась гидрометрическая вертушка, причем сигналы ее наблюдались не визуально, а фиксировались на один из шлейфов осциллографа. Для тех же целей определения скорости буксировки на осциллографической пленке фиксировались и отметки времени, которые получались путем подачи на один из шлейфов сигналов с частотой 50 гц. Кроме того, на пленке фиксировались нулевые отметки, которые использовались при расшифровке записей гидродинамических нагрузок.

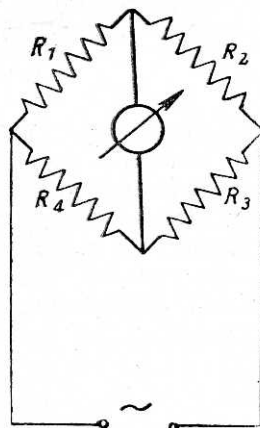


Рис. 3. Схема соединения тензодатчиков в динамометре.

Все измерительные и вспомогательные приборы располагались на понтоне (рис. 4). Питание измерительной аппаратуры осуществлялось через стабилизатор. Питание от электросети к понтону подавалось по кабелю.

Тарировка всего измерительного комплекса осуществлялась на понтоне. Весы с кольцевыми динамометрами устанавливались в рабочем состоянии и после этого выходной сигнал с усилителя приводили к нулю, контролируя его при помощи миллиамперметра. Действие веса штанги с рамкой на вертикальный динамометр устранялось при помощи балансировки усилителя.

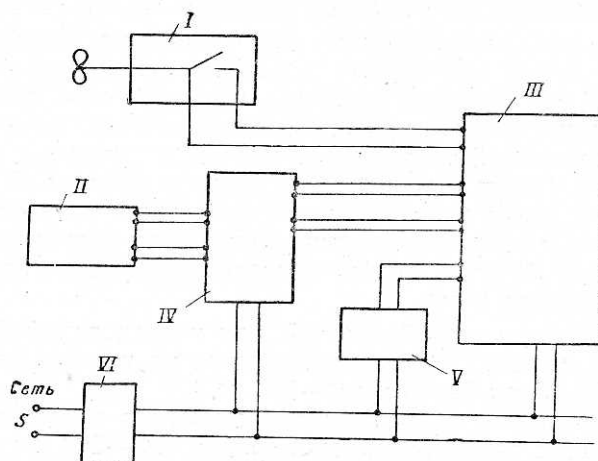


Рис. 4. Схема расположения аппаратуры при проведении экспериментов на опытной установке ВНИРО:

I — вертушка Ж-3; *II* — гидродинамические весы; *III* — осциллограф МПО-2; *IV* — усилитель; *V* — отметчик времени; *VI* — стабилизатор.

Для выборки нежелательных люфтов при измерении горизонтального усилия к весам подвешивали груз, равный 1 кг, и показания соответствующего динамометра также балансировали при помощи усилителя. После установки нулей усиленные сигналы от обоих динамометров подавали на шлейфы осциллографа. Через легко вращающийся блок к горизонтальной тяге весов подвешивали грузы, имитировавшие лобовое сопротивление сетного полотна с рамкой. Поперечную же силу имитировали путем непосредственного подвешивания грузов на штангу.

По результатам обработки осциллограмм строили тарировочные графики (рис. 5). Как видно из рисунка, тарировочная кривая весов имеет форму прямой линии, что указывает на прямолинейный характер изменения электрического сопротивления тензодатчиков в зависимости от нагрузки.

Наряду с тарировочными испытаниями описанной выше аппаратуры были проведены также и пробные буксировки образцов сетного полотна с одновременной фиксацией скорости. На рис. 6 показана типичная осциллограмма, полученная в результате одновременного замера всех исследуемых величин. На этой осциллограмме верхняя (*a*) и нижняя (*б*) тонкие линии означают нулевые отметки для соответствующего динамометра. В средней части осциллограммы расположена линия (*с*), фиксирующая работу вертушки.

Как известно, в вертушках типа Ж-3 электрическая цепь, питаемая от батареи, периодически замыкается на каждом двадцатом обороте

лопасти. Промежуток времени между двумя последующими сигналами зависит от скорости буксировки. В нашем случае эти сигналы подаются на один из шлейфов осциллографа и каждый сигнал дает один выброс

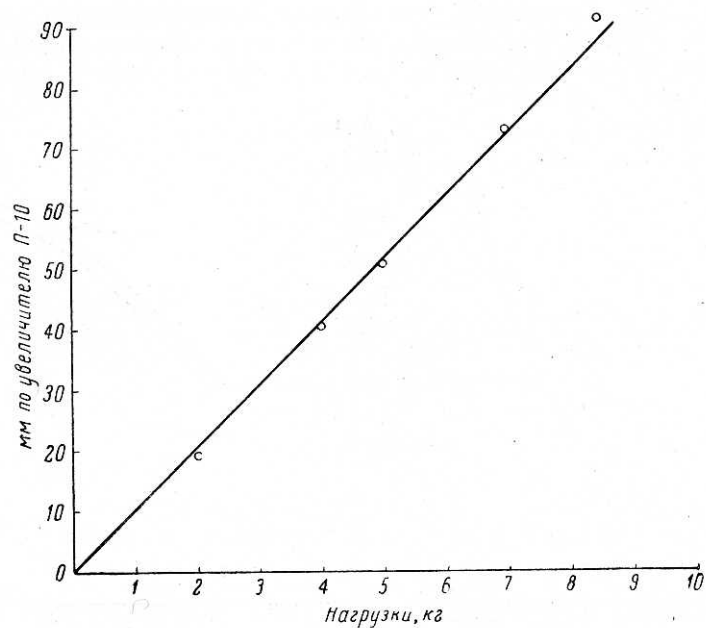


Рис. 5. Образец тарировочного графика.

на линии записи работы вертушки. Определив при помощи синусоиды, полученной от отметчика времени d , период между двумя выбросами, можно вычислить число оборотов лопасти вертушки в единицу времени и затем скорость буксировки.

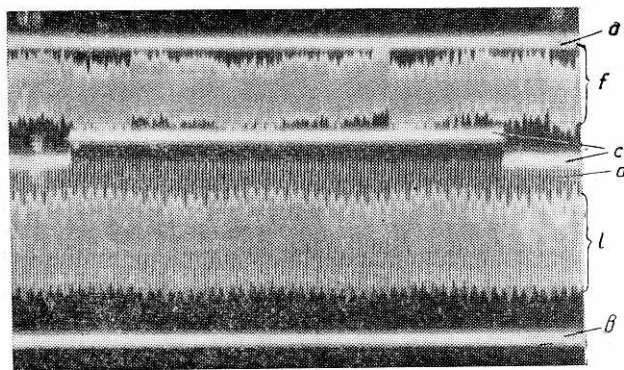


Рис. 6. Осциллограмма гидродинамических характеристик сетного полотна.

Величина гидродинамической силы определяется путем измерения ординаты кривой, проходящей по средней линии записей (f и l) в соответствующем месте, взятой от нулевой линии.

Чтобы проверить пригодность описанной методики и аппаратуры, в 1959 г. были проведены пробные буксировки образца сетного полотна, изготовленного из консервированной траловой дели с шагом ячеи 70 мм.

Результаты этих экспериментов были обработаны и представлены на рис. 7 а и б. На рис. 7 а изображена зависимость лобового сопротивления образца от скорости буксировки при угле атаки, равном 90° . Для сравнения на этом же графике нанесены экспериментальные данные А. С. Ревина [5]. Характер изменения лобового сопротивления сетного полотна при изменении скорости буксировки в обоих случаях одинаков. Цифровые величины сопротивления также близки друг к другу.

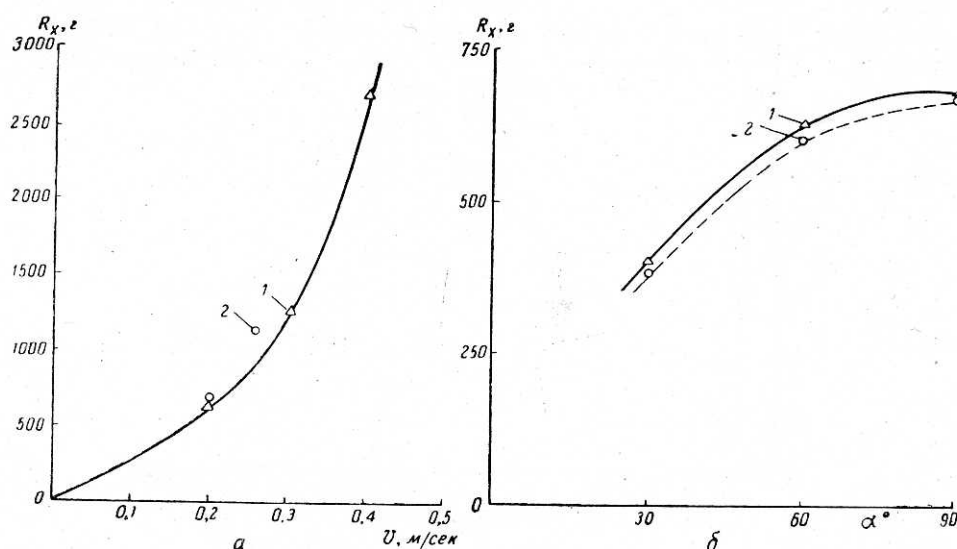


Рис. 7. Изменение лобового сопротивления образца сетного полотна (по результатам экспериментов на опытной установке ВНИРО): а — от скорости буксировки; б — при изменении угла атаки; 1 — экспериментальные данные; 2 — данные А. С. Ревина.

На рис. 7 б изображена зависимость лобового сопротивления образца от угла атаки при скорости $0,2 \text{ м/сек}$. Верхняя кривая построена по экспериментальным данным, нижняя — по данным А. С. Ревина. Исследуемая зависимость в обоих случаях сохраняет один и тот же характер. Достаточно хорошее совпадение наших экспериментальных данных с результатами исследования А. С. Ревина свидетельствует о пригодности описанной выше методики для исследований по изучению гидродинамических характеристик сетного полотна.

К сожалению, по техническим причинам провести эксперименты по определению поперечной силы одновременно с лобовым сопротивлением в 1959—1960 гг. не удалось. Механизм по определению поперечной силы проверили при протаскивании обыкновенного шаровидного поплавка диаметром 200 мм .

Как показали эксперименты, статическая подъемная сила поплавка на всем диапазоне скоростей от 0 до 1 м/сек оставалась постоянной и равной $2,3 \text{ кг}$, что вполне соответствует результатам, полученным при экспериментах по изучению работы поплавков, проведенных в 1953 г. в Мурманске [9].

Работы, проведенные в 1959—1960 гг. на опытной установке ВНИРО, позволили лишь установить принципиальную правильность разработанной методики и проверить надежность работы измерительной аппаратуры.

Последующие эксперименты проводились в 1961 г. в Институте гидрологии и гидротехники (ИГГ) АН УССР, в котором имеется буксировочный бассейн гравитационного типа для испытаний моделей судов.

Для проведения испытаний образцов рыболовных сетей использовалась тележка, движущаяся по рельсам над поверхностью воды (рис. 8).

На тележке устанавливали двухкомпонентные гидродинамические весы, к которым подвешивали рамку с испытываемым образцом сети. В процессе экспериментов определяли скорость движения и фиксировали сопротивление тележки с весами и рамкой по схеме, обычно применяемой в бассейнах гравитационного типа. Кроме того, лобовое сопротивление и поперечную силу образца сети измеряли и регистрировали осциллографом при помощи описанной ранее аппаратуры.

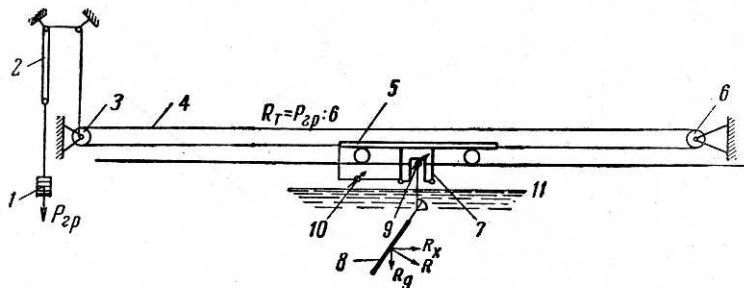


Рис. 8. Схема испытаний образцов сетного полотна в бассейне Института гидрологии и гидротехники АН УССР:

1 — падающий груз; 2 — гравитационная система; 3 — рабочий шкив; 4 — бесконечный трос; 5 — тележка; 6 — натяжной шкив; 7 — гидродинамические весы; 8 — рамка с образцом сетного полотна; 9 — вертикальный динамометр; 10 — горизонтальный динамометр; 11 — уровень воды.

Строившиеся в процессе экспериментов кривые зависимости сопротивления образцов от скорости буксировки позволяли систематически контролировать достоверность результатов, получаемых при каждом пробеге тележки.

Как уже указывалось, сопротивление 1 м² сетного полотна при $\frac{d}{a} = 0,08$ и скорости 1 м/сек составляет 15,34 кг (при угле атаки 90°), что является предельным для гравитационной системы бассейна. Для получения же достаточно полных результатов по сопротивлению скорость 1 м/сек недостаточна, так как средняя скорость траления для большинства судов составляет 1,75 м/сек (3,5 узла).

Так как поперечные силы, действующие на образцы сетного полотна, возникают при углах атаки, отличных от 0 и 90°, и при этом величина лобового сопротивления уменьшается, то в процессе экспериментов с некоторыми образцами были достигнуты скорости буксировки, превышающие 2 м/сек.

Гидродинамические характеристики большинства образцов сетного полотна определялись при следующих условиях:

1) скорости буксировки изменялись от 0,5 до 1,5—1,8 м/сек и вычислялись не менее чем по 30 замерам;

2) углы атаки устанавливались около следующих средних значений 90; 60; 30; 15; 5 и 0;

3) для построения каждой кривой получали не менее 5 экспериментальных точек (веса падающего груза — 15; 35; 56,6; 78,2 и 92,6 кг).

В процессе экспериментов наряду с построением кривых по данным, полученным по схеме ИГГ АН УССР, производилась частичная (выборочная) обработка осциллографических пленок. Сравнение кривых, построенных по разным данным, позволяло контролировать достоверность получаемых экспериментальных данных.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ
ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ РЫБОЛОВНЫХ СЕТЕЙ

Полученные в результате проведенных экспериментов данные были обработаны в виде зависимостей лобового сопротивления и поперечной

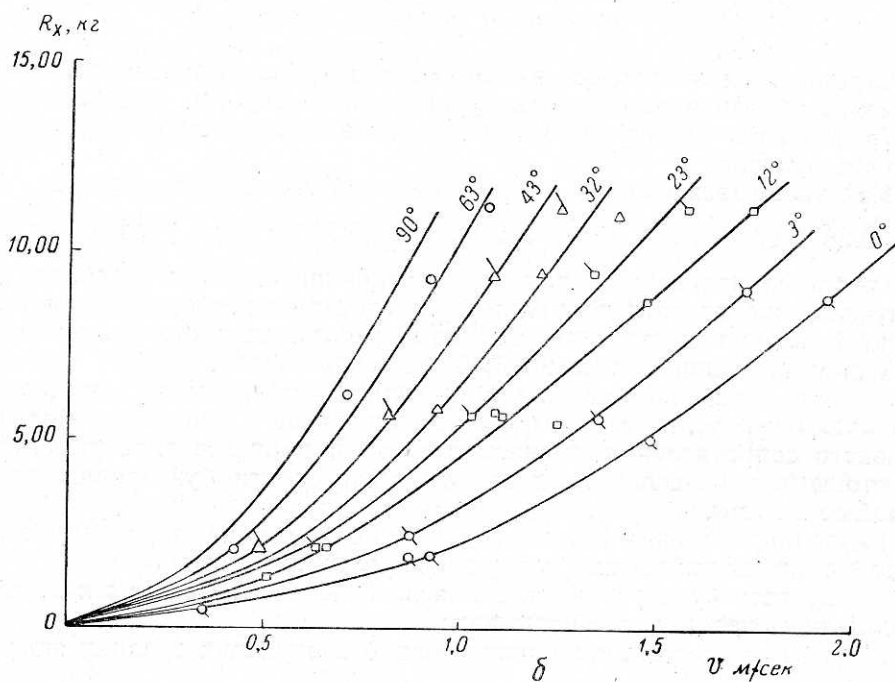
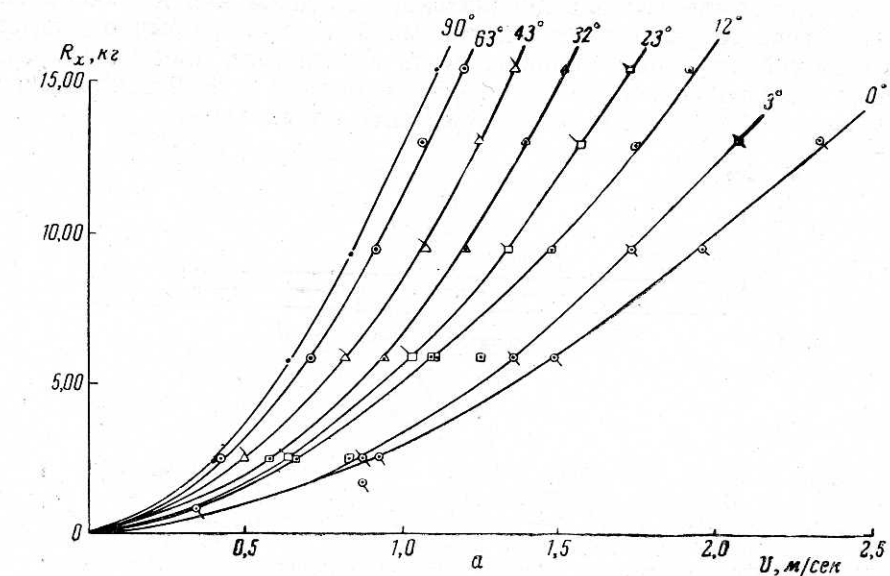


Рис. 9. Зависимость лобового сопротивления образца сетного полотна от скорости буксировки при различных углах атаки:
а — по схеме измерений ИГГ АН УССР; б — по результатам экспериментов по разработанной методике.

силы от скорости буксировки. На рис. 9 и 10 приведены указанные зависимости для образца сетного полотна из льнопеньковой дели

№ 0,556/3—70 мм, посаженного на рамку с коэффициентами $I_1/I_2=0,5/0,87$. Лобовое сопротивление образцов на графиках обозначено через R_x , поперечная сила через R_y и скорость буксировки через v . Экспериментальные точки, нанесенные на рис. 9а, получены при проведении замеров по схеме ИГГ АН УССР, точки рис. 9б и 10 по разработанной

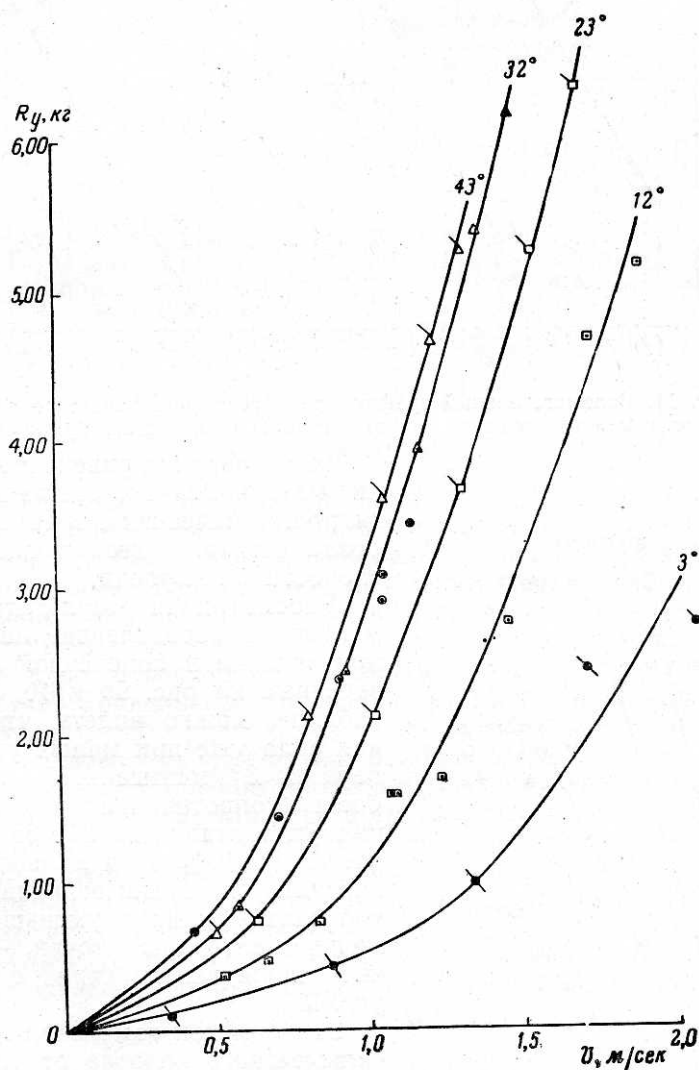


Рис. 10. Поперечная сила сетного полотна при различных углах атаки по результатам экспериментов в ИГГ АН УССР.

нами методике. Как видно из сравнения на рис. 9а и 9б, сопротивление трения тележки и тросовой системы бассейна практически не играет роли и не влияет на характер кривых.

Обработка экспериментальных данных по методу логарифмирования, пример которой приведен на рис. 11, подтвердила известную степенную зависимость между сопротивлением образца и скоростью буксировки, что подтверждает полную пригодность разработанной методики для исследований по определению гидродинамических характеристик образцов сетного полотна. Максимальные относительные отклонения замеренных величин от среднего значения не превышали 3%.

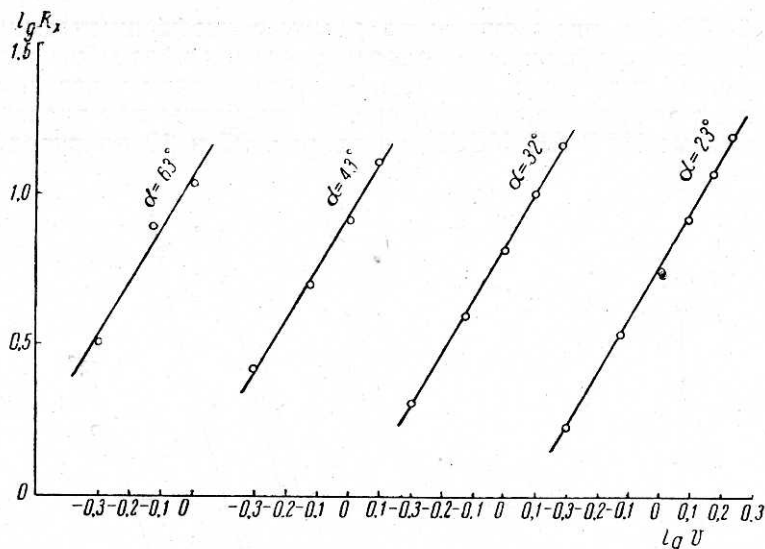


Рис. 11. Вспомогательный график для определения характера зависимости между лобовым сопротивлением и скоростью буксировки.

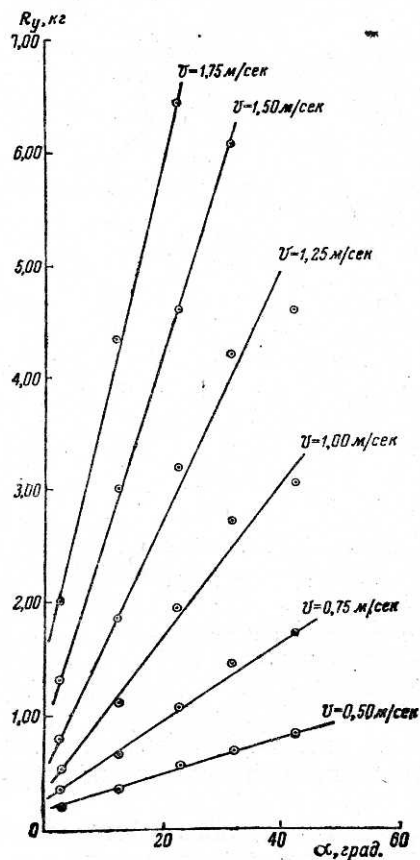


Рис. 12. Характер изменения поперечной силы в зависимости от угла атаки при различных скоростях буксировки.

На основании приведенной обработки материалов составлена таблица гидродинамических характеристик образца сети для нескольких значений скорости буксировки.

Рассматривая результаты экспериментов по определению лобового сопротивления и поперечной силы, приведенные на рис. 9б и 10, а также в таблице, можно видеть, что поперечная сила уже при малых углах атаки порядка 3° достигает 15—20% от лобового сопротивления и при увеличении угла атаки до $25\text{--}35^\circ$ увеличивается до 40%. При дальнейшем увеличении угла атаки величина поперечной силы начинает уменьшаться (см. экспериментальные точки, обозначенные кружочками, при $\alpha = 63^\circ$ на рис. 10).

Зависимости изменения поперечной силы сетного полотна от угла атаки, особенно при скоростях буксировки порядка 1,50—1,75 м/сек (рис. 12), имеют прямолинейный характер и, следовательно, отличаются от характера изменений лобового сопротивления (рис. 7б).

По мере увеличения скорости буксировки гидродинамическое качество образцов рыболовных сетей (отношение поперечной силы к лобовому сопротивлению) для каждого из исследованных углов атаки практически остается постоянным и лишь при $\alpha = 12$ и 23° имеет место заметное увеличение качества при увеличении скорости.

Приведенные данные по лобовому сопротивлению и поперечной силе не являются исчерпывающими, так как обработка результатов экспериментов с другими образцами сетного полотна (всего было исследовано шесть образцов сетей при трех значениях посадки и четыре образца ниток) еще не закончена.

Таблица гидродинамических характеристик

| $v, \text{ м/сек}$ | Углы атаки, град | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 90 | | 63 | | 43 | | 32 | | 23 | | 12 | | 3 | | 0 |
| | R_x | R_y | R_x | R_y | R_x | R_y | R_x | R_y | R_x | R_y | R_x | R_y | R_x | R_y | R_x |
| 0,50 | 3,6 | 2,9 | 2,2 | 0,82 | 1,7 | 0,68 | 1,6 | 0,54 | 1,3 | 0,35 | 1,0 | 0,21 | 0,7 | | |
| 0,75 | 7,5 | 6,0 | 4,6 | 1,74 | 3,6 | 1,46 | 3,1 | 1,06 | 2,7 | 0,64 | 1,9 | 0,35 | 1,4 | | |
| 1,00 | 12,2 | 10,2 | 8,0 | 3,40 | 6,4 | 2,7 | 5,4 | 1,96 | 4,6 | 1,11 | 3,2 | 0,54 | 2,2 | | |
| 1,25 | — | — | 11,9 | 4,60 | 9,8 | 4,2 | 7,9 | 3,16 | 6,7 | 1,85 | 4,9 | 0,80 | 3,6 | | |
| 1,50 | — | — | — | — | — | 6,1 | 10,7 | 4,6 | 8,9 | 3,00 | 6,9 | 1,32 | 5,3 | | |
| 1,75 | — | — | — | — | — | — | — | 6,44 | 11,2 | 4,34 | 9,2 | 2,01 | 7,2 | | |

ВЫВОДЫ

1. Разработанная методика и аппаратура для определения гидродинамических характеристик сетного полотна позволяет синхронно с замераами скорости буксировки фиксировать на осциллографической пленке количественные величины лобового сопротивления и поперечной силы при различных заданных углах атаки в диапазоне от 0 до 90°.

2. Полученные в результате экспериментов зависимости по своему характеру хорошо совпадают с данными других исследователей, что подтверждает правильность методики, разработанной для проведения исследований.

3. Гидродинамическое качество траловой дели № 0,556/3—70 мм достигает своего максимального значения (0,4) при углах атаки в диапазоне 25—35°. При углах атаки сетного полотна, имеющих место в практике тралового лова (например, у сквера трала), поперечная (подъемная) сила может достигать величины порядка 20—30% от лобового сопротивления и, по-видимому, оказывает существенное влияние на форму входного отверстия трала.

4. Полученные данные могут быть использованы при расчетах оснастки и определения формы траллирующих орудий лова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Р. З. О зависимости гидродинамических коэффициентов плоских образцов сетей от числа Рейнольдса. Тр. Ленингр. политехн. ин-та, № 198, 1958.
2. Баранов Ф. И. К вопросу о сопротивлении воды движению веревок и сетей. «Рыбное хозяйство» № 1, 1948.
3. Знаменский Ю. А. Изменения в трале и в условиях его буксировки в зависимости от величины улова. Информацион. сб. ВНИРО № 6, 1960.
4. Покровский А. Н. Опыты по определению распорной силы плоской сети при движении ее в воде. Тр. ВНИРО. Т. XLI, Пищепромиздат, 1959.
5. Ревин А. С. Исследование влияния структуры и формы траловой сети на ее сопротивление в потоке воды. Тр. ВНИРО. Т. XLI, Пищепромиздат, 1959.
6. Сенин Н. Т. К вопросу о сопротивлении сетей. Тр. Мосрыбвтуза. Вып. 1., 1938.
7. Справочник машиностроителя. Машгиз. Т. 3, 1951.
8. Турчин А. М. Электрические измерения неэлектрических величин. Изд. второе, М.—Л., Госэнергоиздат, 1954.

9. Яковлев А. И. Результаты гидродинамических испытаний траловых поплавок. Тр. ВНИРО. Т. XXX. Пищепромиздат, 1953.

10. Miyamoto H. Hydrodynamic resistance of a plane net. International Shipbuilding Progress, 2, No. 11, 1955.

11. Nomura M. and Nozawa J. Resistance of a plane net against flow of water IV. On the inclination of threads in a current. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 20, No. 9, 1955.

12. Nomura M and Mori K. Resistance of a plane net against flow of water V. On the inclination of net in a current. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 21, No. 11, 1956.