

2 213

МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ОКЕАНОГРАФИИ (ВНИРО)

На правах рукописи

УДК 677.664.22

БА АБДУЛ СИДИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
СЕТНЫХ СИСТЕМ ИЗ БЕЗУЗЛОВЫХ РЫБОЛОВНЫХ СЕТЕЙ

Специальность 05.18.17

"Промышленное рыболовство"

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

Москва-1987

Работа выполнена в Астраханском техническом институте
рыбной промышленности и хозяйства

Научный руководитель- к.т.н., профессор
Войниканис-Мирский В.Н.

Официальные оппоненты- д.т.н. профессор Андреев Н.Н.
к.т.н., доцент Стригин А.Г.

Ведущая организация- ЦНКТБ "Азчеррыба"

Защита диссертации состоит "26" / XI 1987г.
на заседании специализированного совета Д 117 01 01 Все-
союзного научно-исследовательского института морского
рыбного хозяйства и океанографии по адресу: 107140, Москва,
Верхняя Красносельская, 17

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
института.

Автореферат разослан " ____ " _____ 1987г.

Кудрявцев В.И.

- I -

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

I.1. Актуальность темы.

Одним из важнейших направлений в науке о промышленном
рыболовстве является изучение гидродинамики рыболовных орудий.
Такие исследования проводятся давно, их результаты освещены в
первой главе нашей диссертации.

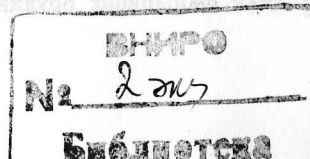
Однако, подавляющее большинство этих исследований посвяще-
но узловым сетям, из которых состоит главная масса орудий про-
мышленного рыболовства. В настоящее время привлекают внимание
новые конструкционные материалы, в частности безузловые сете-
материалы, производство и применение которых расширяется. Ис-
следуются их технические, в том числе гидродинамические свой-
ства. Без знания этих свойств дальнейшее применение безузловых
сетематериалов затруднено.

Однако, орудия рыболовства представляют собой целые сис-
темы, состоящие из комбинаций различных сетных полотен.

Гидродинамические свойства систем отличаются от свойств
составляющих их сетных полотен. Системы из узловых полотен
более или менее исследованы, но к исследованию гидродинамики
безузловых полотен еще не приступали. Необходимость же в
этом ощущается с каждым годом все больше.

Поэтому перед нами возник актуальный вопрос: исследовать
гидродинамические свойства систем из безузловых сетных полотен.

Работа проводилась в виде экспериментальных исследований
в гидродинамических каналах Астраханского технического инсти-
тута рыбной промышленности и хозяйства в период с 1983 г. по
1985 г. с последующим теоретическим обобщением материалов, их
математической обработкой и созданием практических инженерных



методов расчета.

I.2. Целью работы явилось определение гидродинамических параметров, главным образом гидродинамического сопротивления для сетных систем, состоящих из простейших безузловых сетных элементов; установление взаимосвязи между параметрами системы и составляющих их частей.

Наиболее часто сетные системы представляют собой либо примыкающие друг к другу под некоторым углом пары плоских полотен, так называемые диэдры, либо пары из сетей, расположенных один за другим, т.е. тадемы с определенной "базой", либо сети наложенные одна на другую. Поэтому в данной работе уделено главное внимание этим трем наиболее часто встречающимся системам.

I.3. Основные задачи исследования.

На основании исследований был разработан и проверен в практических расчетах метод определения и расчета гидродинамических параметров сетных безузловых систем по заданным параметрам составляющих сетей, т.е. расчет по коэффициенту сравнительного сопротивления. Исследованы и определены обобщенные коэффициенты сопротивления систем. Проведенные по ним расчеты показали близкую сходимость с расчетами по коэффициентам сравнительного сопротивления.

I.4. Научная новизна работы.

Новизна этих исследований заключается в том, что согласно патентного изыска такой задачи по гидродинамике систем из безузловых сетей никто не ставил и не решал, в литературе и патентных материалах об этом нигде не упоминается.

Научная новизна работы заключается также во внесении уточнений в теорию гидромеханики рыболовных орудий, в освеще-

нии ряда доселе неизвестных вопросов.

I.5. Практическая ценность работы.

Практическая значимость заключается в разработке метода расчета гидродинамических параметров сетных безузловых систем по заданным параметрам составляющих полотен и в уточнения расчетов и проектирования орудий промышленного рыболовства или их частей, построенных на безузловых сетях.

I.6. Реализация работы.

Результаты работы могут быть использованы в различных конструкторских бюро и проектных научных организациях при проектировании и постройке орудий лова, что сулит определенный экономический эффект.

I.7. Апробация работы.

Работа заслушивалась на 33-й в 1985г. и 34-й в 1986г. научных конференциях Астраханского технического института рыбной промышленности и хозяйства и заседании межкафедральной секции по промышленному рыболовству того же института.

I.8. Объем работы.

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключительной части, содержит 131 страниц машинописного текста, 52 таблицы и рисунка. Список используемой литературы включает 70 наименований.

II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1. ГЛАВА I. Современное состояние вопроса о сопротивлении многослойных безузловых систем.

В главе I изложено общее состояние вопроса и уровень знаний о гидродинамических параметрах сетных рыболовных полотен. Освещены известные результаты исследований узловых

сетных полотен и попутного потока за движущейся сетью, и результаты исследований сопротивлений сетных систем (сетные пары, сетные диэдры, сетные тандемы), а также результаты немногочисленных предыдущих исследований по гидродинамике безузловых сетных полотен.

Проанализированы причины уменьшения сопротивления безузловых сетных полотен по сравнению с сопротивлением узловых и причины уменьшения сопротивления сетных систем по сравнению с суммой составляющих сопротивлений, освещено возникновение за сетью неравномерного турбулентного потока. Именно это меняет конфигурацию обтекающего потока и в конечном счете сопротивление сетной системы. Приведены зависимости коэффициента попутного потока от угла атаки α , отношения $\frac{d}{a}$, коэффициента посадки U и распределения поля скорости за движущейся сетью.

2.2. ГЛАВА II. Методика экспериментальных исследований.

Во второй главе диссертации описана методика исследования сопротивления безузловых рыболовных сетных полотен. При этом использовался метод сравнительных характеристик, которые являются отношением исследуемого параметра к таковому же в какой-либо системе, принятой за эталон. Она определялась через так называемый коэффициент относительного сопротивления (μ), иногда именуемый коэффициентом влияния.

$$\mu = \frac{R_{гс}}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$R_{гс} = \mu (R_1 + R_2) \quad (2)$$

где $R_{гс}$ - агрегатное сопротивление исследуемой сетной системы (Н)

R_1, R_2 - сопротивления составляющих сетных полотен, измеренные или исчисленные отдельно (Н)

При исследовании экспериментально определялись $R_{гс}, R_1$ и R_2 , исчислялись их отношения (μ).

Опыты проводились в двух опытных гравитационных бассейнах Астрибвтуза длиной 9 м и 35 м. И гравитационного гидроканала института механики Украинской Академии наук СССР с размерами 50x6x3 м. Описаны принципы работы экспериментальных приборов, способ определения сопротивления, скоростей движения, а также дана оценка точности измерений.

2.3. ГЛАВА III. Исследование гидродинамического сопротивления систем из прилегающих друг к другу безузловых рыболовных сетных полотен.

В третьей главе изложены данные экспериментальных исследований гидродинамических простейших систем, состоящих из двух наложенных друг на друга безузловых рыболовных сетей. Целью исследования являлось определение коэффициента относительного сопротивления и обобщенного коэффициента сопротивления. Предварительно были проведены исследования плоских узловых и безузловых одинарных сетей для установления их сопротивления, как составляющих частей исследуемой системы в условиях проводимых экспериментов. При этом были взяты образцы с различными техническими и построечными характеристиками, соответствующими таковым же в сетной системе.

Полученные данные привели к системе кривых $R = exp V$ что согласуется с данными в исследованиях Лонга, Виня и др. ученых.

Далее были проведены исследования сопротивления сетных двуслойных систем. При этом использованы узловые сети, из

нити 93,5 текс х 2 х 2 с ячейми в сетных парах 12-42 мм, 42-16,5 мм, из нити 93,6 текс х 24 с ячейми в сетных парах 20-36 мм., 20 - 60 мм, 20-20 мм и двуслойные безузловые сети (кручено-плетенные) из нити 93,5 текс х 18 с ячейми в парах 40-53 мм, из нити 93,5 текс х 36 с ячейми в парах 80-25 мм, из нити 93,5 текс х 36 с ячейми в паре 18-42 мм (кручено-плетенные) и трикотажные сети из нити 93,5 текс х 2 х 3 с ячейми в парах 20-20 мм.

Диаметр ниток находился в пределах 0,99 - 3,0 мм; угол атаки $\alpha = 90^\circ$, коэффициент посадки $U_1 = U_2 = 0,707$. По исчисленным значениям выборочной совокупности были аппроксимированы проанализированные величины сопротивлений сетных систем (пар).

Установлено, что система из двуслойных узловых сетных полотен имеет при прочих равных условиях сопротивление на 15-18% более, нежели таковая же из безузловых полотен. При этом сопротивление двуслойных плетено-крученых сетей на 2-4% более таких же трикотажных сетей.

Особое внимание уделялось коэффициенту μ^M , вычисленных по отношению к приближенной узловой системе (μ_1) и к одиночным безузловым составляющим сетей (μ_2).

$$\mu_1 = \frac{R_{\text{сист}} \delta y}{R_{\text{сист}} \text{ узл}} \quad (3)$$

$$\mu_2 = \frac{R_{\text{сист}} \delta y}{\sum R_i \delta y} \quad (4)$$

Оба эти значения μ исследованы в специальных сериях экспериментов и значения их представлены на рис. 1.

Характерно, что кривые коэффициентов влияния для случаев относительно своих составляющих, т.е. безузловых сетных полотен проходят выше таковых же, взятых по отношению к узловым полотнам.

Весьма важным является то, что величина коэффициента относительного сопротивления как для узловых так и безузловых сетных полотен практически не зависит от скорости, что позволяет использовать значения ее при расчетах на любых режимах работы орудий промышленного рыболовства.

Затем исследовалось влияние на коэффициент относительного сопротивления величины $\frac{d}{a}$, проведенное параллельно с узловыми и с безузловыми сетями. При этом бралось обобщенное отношение $\frac{d_1 + d_2}{a_1 + a_2}$ аналогично исследованиям Н.Донга, В.Виня и др. ученых.

Для экспериментов были взяты идентичные узловые и безузловые плетено-крученые дели 93,5 текс с $d = 0,99 + 2,5$ мм. и шагом ячеей от 12 до 60 мм. Полученные результаты обработаны на ЭВМ (ЭС-10-35), исчислены значения коэффициента сопротивления (μ) и построен график (рис. 2). Установлено, что при различных $\frac{d}{a}$ коэффициент относительного сопротивления остается неизменным в пределах 0,95 - 0,96, как и при $\mu = f(v)$

Обработывая полученные данные методом наименьших квадратов, получаем аналогичное выражение функции

$$\mu = a - b \frac{d_1 + d_2}{a_1 + a_2} \quad (5)$$

Параметры a, b - постоянны и равны соответственно 0,97 и 0,30. Дробь колеблется в очень малых пределах, и аппроксимация дает линии параллельные оси абсцисс, что видно из рис.2

Затем исследовался вопрос о влиянии на μ коэффициентов посадки.

Эксперименты проводились с изменением посадки на одной из составляющих сетей по горизонтали с " u " равным 0,9; 0,8; 0,707; 0,6; 0,4 при сохранении посадки на другой 0,707. Таким образом возникали разнообразные отношения $u_a : u_b$, что обеспечивало многообразие вариантов и сократило количество экспериментов. Обработывая полученные данные на ЭВМ (ЭС-10-35), получили значения коэффициентов относительного сопротивления составляющих. Одновременно получили отношение сопротивления ^{безузловых} двуслойных к таким же узловым.

Строя график (рис. 3) получали идентичную картину, что и на рис. 2.

Математическая обработка данных методом наименьших квадратов приводит к зависимости вида:

$$\mu = C + D \cdot u_a \cdot u_b \quad (6)$$

Значения C и D постоянны и равны соответственно 0,88 и 0,12 для отнесенного к составляющим ^{парам} безузловым μ 0,82 и 0,12 к узловым двуслойным, что весьма близко к полученным для узловых полотен Н.Нганом и Г.Лонгом. Таким образом, значения коэффициента относительного сопротивления как для узловых, так и безузловых двуслойных полотен соответствуют установленному выше значению 0,95 - 0,96, а безузловых по сравнению с узловыми 0,82-0,84.

Далее исследовалась ^{сетей} зависимость влияния углов атаки, что вновь привело к *похожим* графикам, приведенным на рис. 4 и к уравнению вида

$$\mu = 0,95 + 0,03 \sin \alpha \quad (7)$$

где α - угол атаки системы

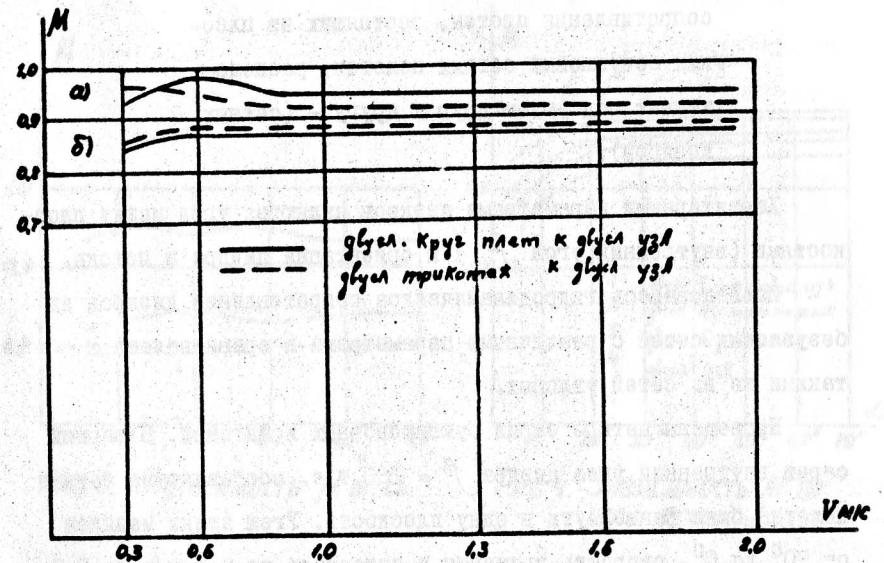


Рис. 1. Величина и зависимость M от V_{mk} для системы из двух сетей.

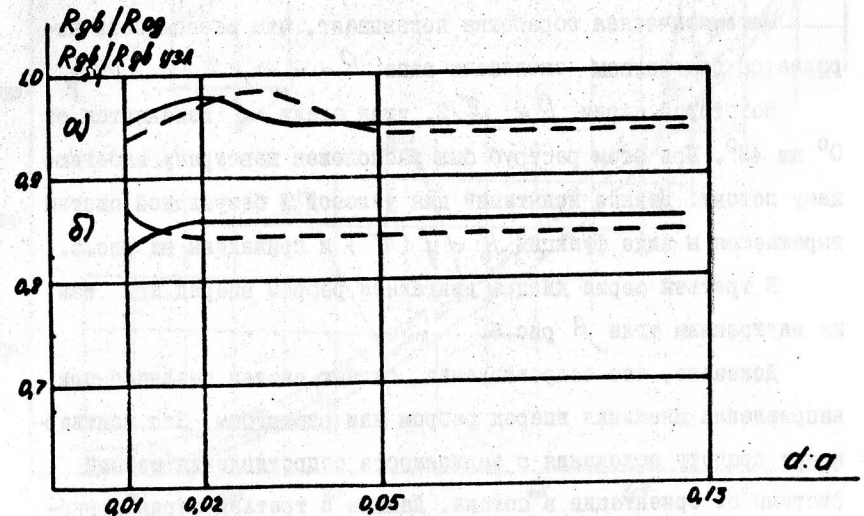


Рис. 2. Зависимость относительного сопротивления от d/a .

2.4. ГЛАВА IV. Исследование гидродинамического сопротивления систем, состоящих из плоских безузловых сетных полотен, расположенных под углом друг к другу - (сетных диэдров).

Характерными параметрами диэдров являются угол между плоскостями (внутренний угол β) и ориентация диэдра в потоке.

Исследовалось гидродинамическое сопротивление диэдров из безузловых сетей с различными параметрами и сравнивалось с такими же из сетей узловых.

Проведены четыре серии буксировочных испытаний. В первой серии внутренний угол диэдра $\beta = 180^\circ$, т.е. составляющие сетные полотна были развернуты в одну плоскость. Угол атаки менялся от 90° до 0° , скорость движения в интервале от 0,4 м/с до 2,0 м/с. Эксперименты проведены с безузловыми кручено-плетеными сетями и идентичными узловыми.

Математическая обработка показывает, что зависимость выражается семейством экспонент типа $R_x = \exp v$

Во второй серии $\beta = \pi/2$, угол атаки α изменяется от 0° до 45° . При этом раструб был расположен навстречу набегающему потоку. Данные испытаний для узловой и безузловой систем выражаются в виде функции $R = f(v)$ и приведены на рис. 5.

В третьей серии диэдры двигались ребром вперед при том же внутреннем угле β рис. 6.

Доказано, что сопротивление сетных систем различно при направлении движения вперед ребром или раструбом. Это подтверждает правоту положения о зависимости сопротивления сетной системы от ориентации в потоке. Данные о третьей серии приведены на рис. 6.

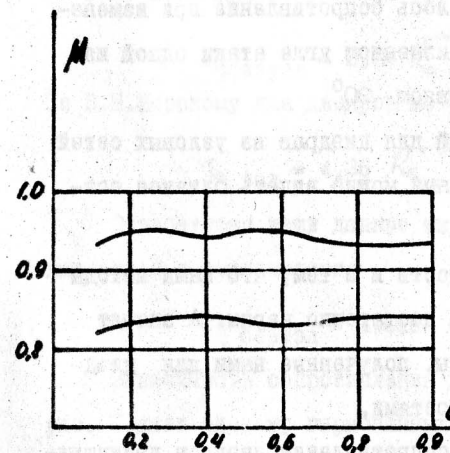


Рис. 3. Зависимость M от U.

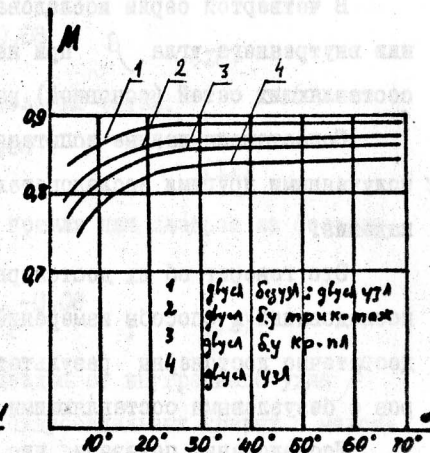


Рис. 4. Зависимость M от угла атаки α .

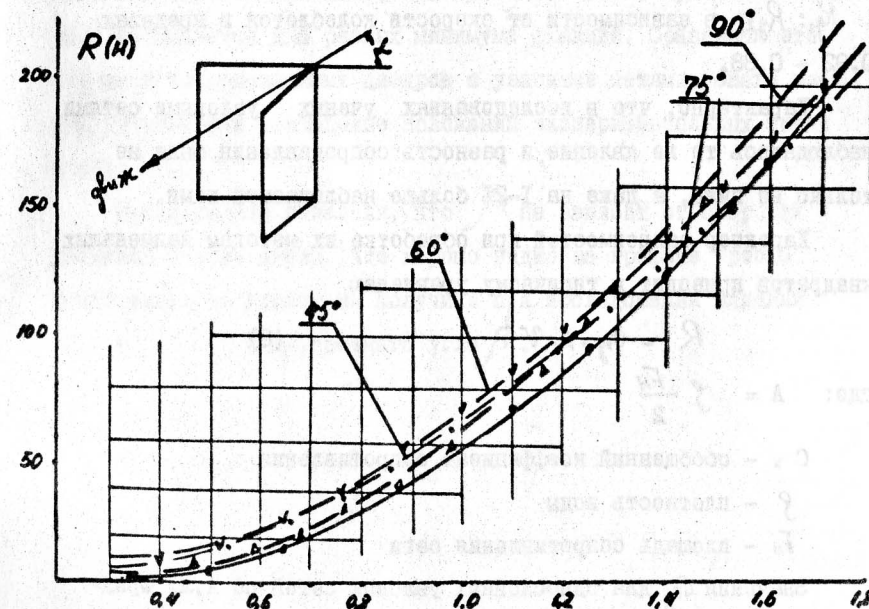


Рис. 5. Сопротивление диэдров в зависимости от скорости при разных углах атаки (α) и внутреннем угле $\beta = 90^\circ$.

В четвертой серии исследовалось сопротивление при изменении внутреннего угла β при неизменном угле атаки одной из составляющих сетей (основной), равном 90° .

Сопоставляя данные испытаний для диэдров из узловых сетей с полученными другими исследователями, можно видеть близкое совпадение.

Это говорит об их достоверности и о том, что наши методы исследований и способы измерений достаточно верны. А значит достаточно достоверны результаты, полученные нами для диэдров с безузловыми составляющими сетями.

Исследования показали, что сопротивление диэдров движущихся вперед ребром (R_{g1}) или раструбом (R_{g2}), различно, что объясняется различием в характере обтекающих потоков. При этом $R_{g1}: R_{g2}$ в зависимости от скорости колеблется в пределах 0,92 - 0,88.

Характерно, что в исследованиях ученых с узловыми сетями наблюдалось то же явление, и разность сопротивления была не только не ниже, а даже на 1-2% больше наблюдаемой нами.

Характер зависимостей при обработке их методом наименьших квадратов приводит к типичному уравнению

$$R = C_{гг} \cdot A \cdot V^2 \quad (8)$$

где: $A = \int \frac{F_H}{2}$

$C_{гг}$ - обобщенный коэффициент сопротивления

ρ - плотность воды

F_H - площадь сопротивления сети

Значения $C_{гг}$ для однослойных узловых сетей по А.Л. Фридману

$$C_{гг \text{ узл}} = 3 R_e^{-0,07} \quad (9)$$

По Вьет Вино для безузловых сетей:

$$C_{гг \text{ безузл}} = 2,34 R_e^{-0,08} \quad (10)$$

По В.Н.Мирскому для диэдров из узловых сетей:

$$C_{гг \text{ узл}} = 4,26 R_e^{-0,08} \quad (11)$$

Обработывая наши данные, мы пришли для диэдров из безузловых сетей к зависимости:

$$C_{гг \text{ безузл}} = 4,018 R_e^{-0,08} \quad (12)$$

Зависимость сопротивления диэдра от внутреннего угла β рис. 7 дает систему гармоничных синусоидальных кривых с максимумами при $\beta = 180^\circ$, т.е. когда диэдр развернут в плоскую сеть. При значении $\beta = 0^\circ, 360^\circ$ имеется второй экстремум с числовым значением меньше, чем при $\beta = 180^\circ$. При $\beta = 75^\circ$ и 285° наблюдается два разных минимума функции. Сравнивая эти данные с исследованиями диэдров с узловыми сетями, снова видим практически совпадение положений экспериментальных точек в поле $R_x - \beta$

Исследования показали, что μ не зависит от скорости движения и угла атаки, что хорошо видно на графике рис.8.

Точно такие же кривые мы получили при исследовании влияния $d: a$, "и" и внутреннего угла β .

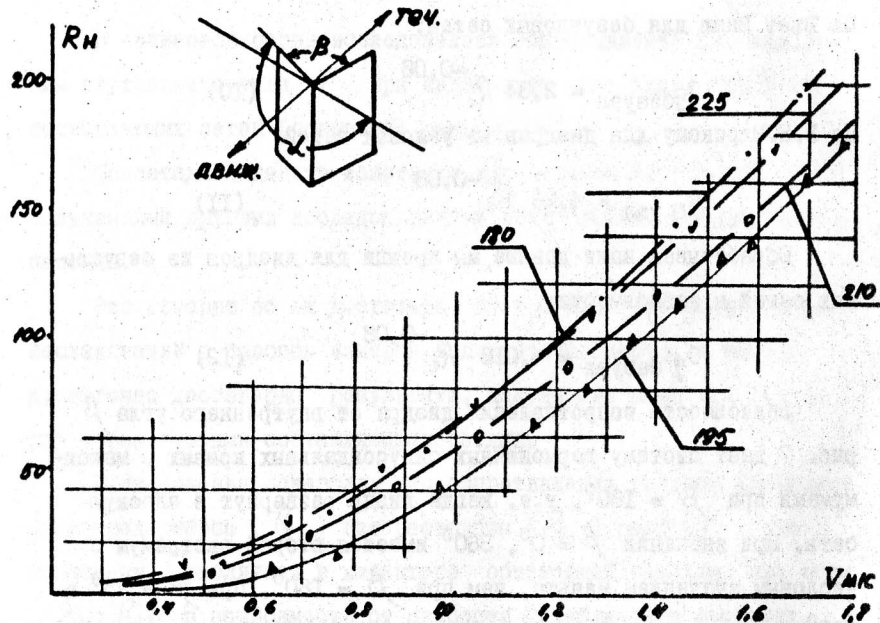


Рис. 6. Сопротивление днэдров при $\beta = 90^\circ$ и направление под разными углами атаки

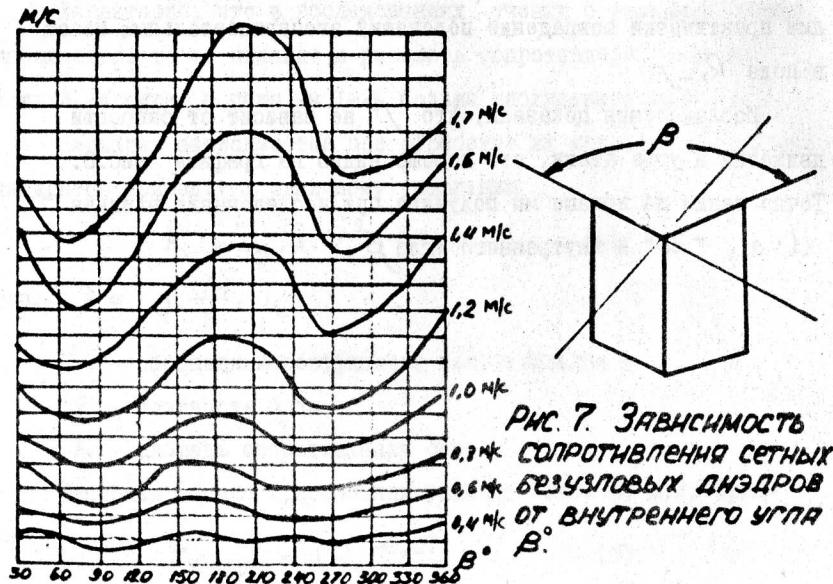


Рис. 7. Зависимость сопротивления сетных безузловых днэдров от внутреннего угла β .

2.6. ГЛАВА У. Исследование гидродинамического сопротивления систем, состоящих из безузловых сетных полотен, одинаково ориентированных в потоке и движущихся одна за другой.

Такие исследования, кроме работ Войниканис-Мирского В.Н., Е.Е.Вяшневецкого, и то лишь по узловым тандемам, нигде не проводились. Поэтому, занимаясь безузловыми сетными полотнами, мы повторили некоторые эксперименты с узловыми системами и сравнили их результаты с исследуемыми безузловыми. Исследованиям подвергались сетные пары из однослойных узловых и безузловых кручено-плетеных сетей одинаковых по размеру и прочим техническим и построочным параметрам. Образцы сетей, посаженные на металлические рамки, располагались один за другим. Расстояние между сетями, т.е. "база" тандем "В" менялась в пределах от 0 до 3,5 м. Исследовалось сопротивление тандема как функция от скорости движения, величины базы и характеристик сети при угле атаки $\alpha = 90^\circ$.

По аппроксимированным точкам построены графики функций $R_{хт} = f(V)$. Получается обычное для сетей и сетных систем семейство типа $R_{хт} = \exp V$

Подтверждается положение, что зависимость R от скорости в сетных полотнах и сетных системах различных типов и конструкций остается однотипной.

Для определения сопротивления каждой из сетных составляющих полотен было применено тензометрирование.

Данные измерений после аппроксимации приведены в табл. I и по ним построен график нарис. 9.

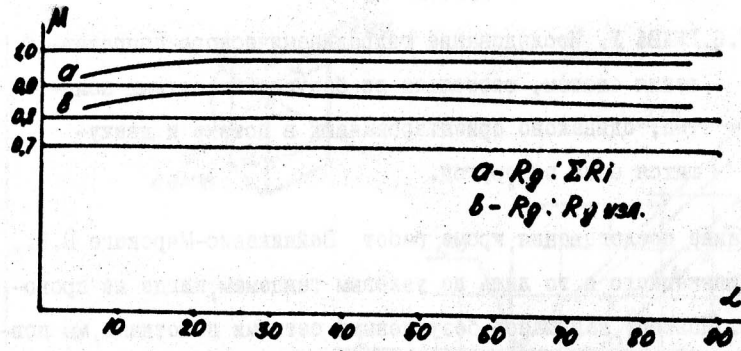


Рис. 8. Зависимость M от угла атаки L

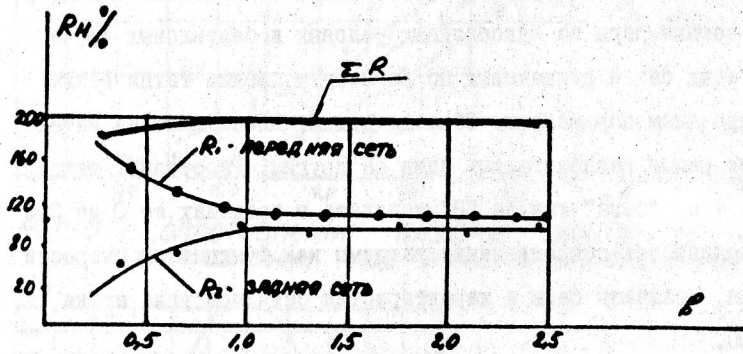


Рис. 9. Относительное сопротивление сетей в тандеме.

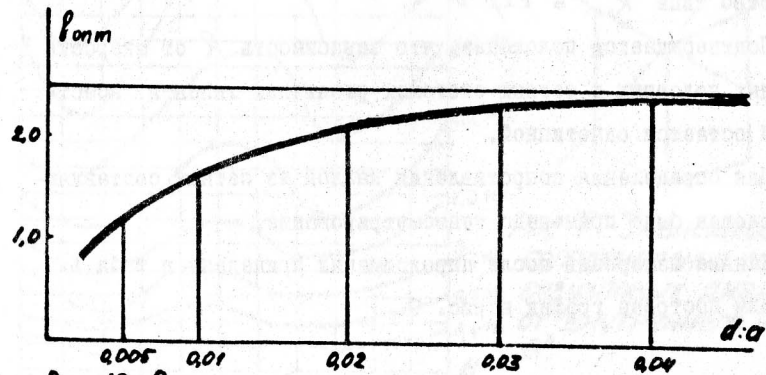


Рис. 10. Зависимость оптимальной базы тандема от $d:a$.

Таблица I

Сопротивление сетей, составляющих систему, в % от сопротивления одиночной сети при $\alpha = 90^\circ$.

Сопротивление	Расстояние между сетями в (м)							
	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	2,25
1-ой сети	140	130	120	110	105	102	101	100
2-ой сети	35	52	67	80	88	94	97	100
Сопротивление системы (агрегатное)	175	182	187	190	193	196	198	200

Анализируя полученные данные, можно сказать, что при малых базах тандема сопротивление первой сети больше, чем ее обычное сопротивление, а второй сети меньше. При сближении сетей эта разница увеличивается за счет увеличения сопротивления первой и падения второй. При этом общее сопротивление системы также падает. При достижении расстояния между сетями в 2-2,5 м сопротивление сетей уравнивается. У каждой оно становится равным обычному, а сопротивление системы становится равным сумме сопротивлений составляющих частей, рис.9.

Исследования показывают, что это расстояние зависит от отношения диаметра нити к конструктивному шагу ячее ($d:a$).

Были исследованы образцы с отношением $d:a=0,015, 0,01; 0,03; 0,005$. Полученные данные приведены в таблице 2, дают графики изображены на рис.10.

Таблица 2

Значение β (м) как функции от отношения толщины нити к конструктивному шагу ячей $d : a$

$d : a$	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
β м	0,98	1,42	1,91	2,46	2,48	2,49

Как видно из графика, при тонких и крупноячейных сетях база гандема, при которой сопротивление сетки не влияет на сопротивление последующей, мало.

С увеличением $d : a$, т.е. с утолщением нити или уменьшением шага ячей при $R_{\text{сум}}$ увеличивается вначале резко, а затем ^{расстояния между сетями} ^{величина} $R_{\text{сум}}$ приближается к линии асимптоты, параллельной оси абсцисс. За пределами 0,05 эта ^{величина} достигает 2,5-3 метра и в дальнейшем не изменяется.

2.5. ГЛАВА VI. В шестой главе синтезируется метод расчета сопротивления безузловых сетных систем, ^{который} сводится к решению простейших уравнений.

$$R_{\text{сум}} = \mu R_i$$

или

$$R_{\text{сум}} = \mu \sum R_i \quad (13)$$

где μ - коэффициент относительного сопротивления

Значение μ исследовано в данной работе для различных систем, их технических данных и условий движения.

Значения R_i и $\sum R_i$ определяются по формулам:

$$R_x = c_x \cdot \int_{\alpha=0}^{\alpha=90} F_H \frac{V^2}{2} \quad (14)$$

$$c_{90} = 2,34 (R_e^1)^{0,08} \quad (15)$$

$$c_0 = 0,09 (R_e^1)^{0,14} \quad (16)$$

Исследовано сопротивление систем, как единого целого.

В этом случае оно выражается для двуслойных полотен формулами (17), (18), (19).

В самом общем случае при различных технических и построечных параметрах составляющих сетей сопротивление может быть представлено так:

$$R_{gl} = 0,97^{-3} (0,32 \sin \alpha + 0,65) (0,18K_1 + 0,88) (0,18K_2 + 0,88) \times (0,99 - 0,31 \frac{d_1 + d_2}{a_1 + a_2}) (P_1 + P_2) \quad (17)$$

По существу здесь использован тот же принцип,

$$P_{\text{ДВ}} = \sum R_i$$

где $\sum R_i$ - сумма сопротивлений однослойных сетных полотен, очевидно, что при $\alpha = 90^\circ$ и $\alpha = 0^\circ$ формула (17) принимает вид (18) и (19).

$$R_{gl} = 0,97^{-2} (0,18K_1 + 0,88) (0,18K_2 + 0,88) (0,99 - 0,31 \frac{d_1 + d_2}{a_1 + a_2}) \times (R_1 + R_2) \quad (18)$$

$$R_{gl} = 0,71 (0,18K_1 + 0,88) (0,18K_2 + 0,88) (0,99 - 0,31 \frac{d_1 + d_2}{a_1 + a_2}) \times (R_1 + R_2) \quad (19)$$

Здесь K_1 и K_2 - коэффициент использования первого и второго сетного полотна (влияние посадки),

a_1 и a_2 - шаг ячей первого и второго сетного полотна, мм;

R_1 ; R_2 - сопротивление первого и второго полотна, исчисленные по формуле (14).

Сопротивление сетных диаэдров как целой системы определяется по формуле (19)

$$R_g = \times 4,018 R_e^{-0,08} \int \frac{V^2}{2} \lambda F_H \quad (20)$$

где ρ - плотность воды (кг/м³)
 F_n - площадь сопротивления нитей (м²)
 v - скорость движения (м/с)

Здесь по Фридману А.Л.

$$Re = \frac{d v}{2 \nu F_0} \quad (21)$$

где d - диаметр нитки
 v - скорость движения
 ν - коэффициент вязкости
 F_0 - относительная площадь сети

$$F_0 = F_n \frac{d}{a} \times \frac{1}{u_1 u_2} \quad (22)$$

Приводится оценка точности этих формул и примеры их практического использования. Расхождение ответов при расчетах по относительному коэффициенту сопротивления и по обобщенному коэффициенту не превышает 2%. Это подтверждает полную приемлемость для технических исчислений метода расчета по относительному коэффициенту сопротивления.

На основании приведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В условиях ускорения научно-технического прогресса приобретает большое значение применение для постройки орудий промышленного рыболовства новых конструкционных материалов, в частности безузловых сетематериалов. Поэтому многие научные работы в настоящее время посвящены изучению их гидродинамических свойств.

2. Однако орудия промышленного рыболовства состоят из сетных систем, гидродинамические параметры которых отличаются от параметров отдельных сетей, составляющих эти системы, а именно они и влияют на гидродинамику орудий рыболовства в це-

лом.

Этот вопрос для систем из безузловых сетей не исследован совершенно.

3. В связи с этим у диссертации была поставлена задача исследовать и определить эти свойства, в особенности гидродинамическое сопротивление, сравнить их с известными параметрами систем из узловых сетей, разработать методы их инженерного расчета.

Это позволит избавиться от еще одного белого пятна в науке и даст в руки проектантов необходимый материал для практического расчета рыболовных орудий.

4. С помощью экспериментальных исследований, проводимых в соответствии с научно-обоснованной методикой в специально оборудованном гидроканале, были определены и изучены гидродинамические сопротивления таких наиболее употребительных рыболовных орудий безузловых сетных систем, как двуслойные сетные полотна, системы без узловых сетей, расположенных под углом друг к другу (диадры) и расположенных параллельно (тандемы) на различных расстояниях друг от друга.

Для достоверности получаемых результатов было рассчитано необходимое количество экспериментов, определена выборочная совокупность и проведены контрольные эксперименты с идентичными узловыми сетями. Полученные результаты обрабатывались на ЭВМ типа ЭС-10-35 по известным математическим методам, сделаны необходимые обобщения, и результат доведен до практических инженерных расчетных формул.

5. Установлено, что гидродинамическое сопротивление систем из двуслойных безузловых сетей так же, как и в узловых системах, отличается от суммы сопротивлений составляющих сетей

испытанных или исчисленных отдельно. Это отличие, выражаемое через коэффициент влияния или коэффициент относительного сопротивления, не зависит от конструктивных и построочных факторов и составляет $1 \div 2\%$. От этих же факторов установлена зависимость обобщенного коэффициента сопротивления.

6. Установлено, что гидродинамическое сопротивление из безузловых сетных полотен зависит от ориентации их в пространстве и от построочных и конструктивных параметров составляющих сетей. Исследовано значение коэффициента влияния при исчислении сопротивления по отношению к составляющим безузловым сетям и по отношению к идентичным диэдрам из узловых сетей. Это дает возможность при расчете пользоваться более широкими и достоверными исходными данными.

7. Исследовано гидродинамическое сопротивление систем, состоящих из параллельных безузловых систем (тандем). Установлено, что помимо известных факторов, влияющих на сопротивление, оно зависит от расстояния между сетями (база тандема). При этом сопротивления составляющих систем неодинаковы и их абсолютные и относительные значения изменяются в зависимости от величины базы. Определена величина коэффициента влияния сопротивления по отношению к составляющим сетям и по отношению к идентичным тандемам из узловых сетей.

8. Изложен способ расчета искомых гидродинамических параметров исследованных систем из безузловых полотен ^{как} по коэффициенту влияния, так и по обобщенному коэффициенту сопротивления. Установлено, что расхождения при расчетах этими способами не превышает I-I,5%.

9. Установлено, что коэффициенты сравнительного сопротивления для указанных систем могут быть выражены через различные базовые (эталонные) конструкции - одиночные безузловые сети и аналогичные сети узловой системы. При расчетах сходимость результатов по одиночным сетям достигает 97%, а по узловым системам 95%. Сходимость результатов с исчисленными по коэффициентам сопротивления составляет 94-95%.

10. При исследовании сопротивления двуслойной безузловой сети установлено, что она имеет такой же характер, как и у двуслойных сетей и выражается экспериментальной функцией

$R_n = \exp V$. Коэффициент влияния в обеих системах не зависит от скорости движения.

Определена зависимость сопротивления сетной безузловой системы от технических и построочных факторов: отношения $d : a$, угла атаки, посадочных коэффициентов. Определены их аналитические выражения. Установлено, что характер их имеет тип $x = A + By$ идентично таковым же при двуслойных узловых сетях и отличается числовым значением параметров. Установлено числовое значение коэффициентов относительно сопротивления.

11. Установлено, что коэффициент относительного сопротивления для сетных безузловых систем типа диэдров не зависит от скорости движения. Сопротивление сетных безузловых диэдров подчиняется тем же законам и зависит от тех же факторов, что и узловых. Это определяет постоянство численного значения коэффициентов относительного сопротивления и возможность использования при расчетах их табличного значения.

12. Сопротивление сетных тандем из безузловых сетных полотен идентично такому же при узловых составляющих полотнах и кроме технических и построочных параметров зависит от "базы"

тандема, т.е. от расстояния между составляющими сетями.

Впервые установлено, что сопротивление сетей, составляющих систему, не одинаково и зависит от величины базы тандема. С увеличением базы значение сопротивлений сетей выравнивается и коэффициент влияния становится равным единице.

13. Разработан и продемонстрирован на примерах метод инженерного определения и расчета сопротивления сетных систем из безузловых сетей.