

На правах рукописи

Соколова

СОКОЛОВА ЕЛЕНА ВАЛЕРЬЕВНА

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСИЛИЯ В УРЕЗЕ ПРИ ВЫБОРКЕ
ЗАКИДНОГО РАВНОКРЫЛОГО НЕВОДА**

05.18.17 Промышленное рыболовство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Калининград - 2019

Работа выполнена на кафедре промышленного рыболовства в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ»).

Научный руководитель кандидат технических наук, доцент
Недоступ Александр Алексеевич

Официальные оппоненты:

Шевченко Анатолий Игнатьевич доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», профессор кафедры промышленного рыболовства.

Савин Михаил Валерьевич, кандидат технических наук, ООО «Фишеринг Сервис», технолог.

Ведущая организация Атлантический филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»))

Защита диссертации состоится «20» 09 2019 г. в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д307.007.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» по адресу 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1, ауд. 255.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет».

<http://klgtu.ru/science/diss/soviets/dissertatsii/>

E-mail: olga.anohina@klgtu.ru

Факс: 8 (4012) 99-53-46

Автореферат разослан «11» 09 2019 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

кандидат технических наук, доцент



Анохина Ольга Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Актуальность темы диссертации обусловлена тем, что в настоящее время отсутствует методика расчета усилия в урезе при выборке закидного равнокрылого невода. От усилия в урезе зависят параметры неводовыборочных машин и механизмов.

Знание значения максимального усилия позволит:

- избежать нецелесообразного завышения мощности неводовыборочных механизмов;

- сократить расход топлива;

- снизить стоимость механизации.

Степень разработанности темы исследования. В настоящее время отсутствует методика расчета усилия в урезе при выборке закидного равнокрылого невода. Закидным неводам посвящены труды Баранова Ф.И. (1933, 1935, 1936, 1945, 1960, 1969, 1970), Баранова Ю.Б. (1985), Беловой А.М. (1954), Борисова Н.И. (1961), Вереина Е.Л. (1950, 1968), Виноградова Н.Н. (1975), Войниканис-Мирского В.Н. (1950, 1969, 1982, 1983, 1985), Гнедова А.А. (2010), Денисова Л.И. (1983), Карпенко В.П. (1990), Лукашова В.Н. (1972), Лунин В.И. (1980), Мельникова В.Н. (1982, 1991), Мельникова К.А. (2012), Недоступа А.А. (2013, 2015, 2016), Некраша И.И. (1952), Новожилова Е.П. (2011, 2012), Розенштейна М.М. (2000, 2009, 2011), Торбана С.С. (1952, 1969), Тюктяева И.Ш. (1966), Фридмана А.Л. (1969), Чурунова В.Н. (1982, 2011, 2012). Также имеется иностранная научная литература, посвященная закидным неводам.

Цель и задачи работы. Цель диссертации - разработка методики расчета усилия в урезе при выборке закидного равнокрылого невода в квазистатической постановке задачи.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- 1) Выполнить анализ характеристик закидных неводов;
- 2) Обосновать характеристики моделей закидных неводов;

- 3) Провести экспериментальное исследование с моделями закидных неводов в гидроканале;
- 4) Изучить влияние на коэффициент гидродинамического сопротивления c_x числа Рейнольдса, сплошности и формы закидного невода по результатам эксперимента с моделями закидных неводов;
- 5) Получить явную зависимость коэффициента гидродинамического сопротивления $c_x = f(Re, F_0, f/L, \theta)$;
- 6) Определить усилие в урзе при ручной выборке закидного невода по результатам эксперимента с натурным неводом;
- 7) Изучить динамику усилия в урзе при механизированной выборке закидного невода по результатам эксперимента с натурным неводом;
- 8) Разработать методику расчета усилия в урзе при выборке закидного равнокрылого невода.

Научная новизна работы:

- 1) Получена экспериментальная зависимость коэффициента гидродинамического сопротивления c_x от числа Рейнольдса Re , сплошности F_0 , отношения f/L , вертикального выдувания θ $c_x = f(Re, F_0, f/L, \theta)$;
- 2) Экспериментальным путем получена зависимость усилия в урзе закидного равнокрылого невода от времени при механизированной выборке;
- 3) Разработана методика расчета усилия в урзе закидного равнокрылого невода при выборке.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработанная методика позволит на стадии проектирования определять характеристики закидных неводов для выбора оптимальных значений средств механизации.

Методы исследования. Для достижения цели диссертации использованы следующие методы:

- экспериментальный метод физического моделирования закидных неводов;
- эксперимент с натурным закидным неводом в промышленных условиях.

Положения, выносимые на защиту:

- 1) Результаты эксперимента с моделями закидных равнокрылых неводов;
- 2) Результаты эксперимента с закидным равнокрылым неводом в Вислинском заливе при ручной и механизированной выборке;
- 3) Методика расчета усилия в урезе при выборке закидного равнокрылого невода.

Степень достоверности и апробация результатов обеспечена воспроизводимостью экспериментальных данных, их статистической обработкой. Результаты внедрены в учебный процесс подготовки бакалавров направления подготовки 35.03.09 Промышленное рыболовство.

Основные положения диссертации были представлены и обсуждены на конференциях различного уровня: I Всероссийской заочной научно-технической конференции аспирантов, молодых ученых и специалистов «Комплексные исследования водных биоресурсов: рыболовство, аквакультура, экология, переработка, экономика и управление рыбохозяйственной отраслью» (Владивосток, 2012); международной научно-технической конференции «Наука и образование – 2013» (Мурманск, 2013); XI международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и бизнесе - 2013» (Калининград 2013); 14-й межвузовской научной конференции магистрантов, аспирантов, соискателей и докторантов «Научно-технические разработки в решении проблем рыбопромыслового флота и подготовки кадров» (Калининград 2013); пятой всероссийской научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование» (Петропавловск-Камчатский 2014); XII Международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и бизнесе - 2014» (Калининград 2014); шестой всероссийской научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование» (Петропавловск-Камчатский 2015); III Международной научной конференции «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии» в рамках III Международного «Балтийского морского форума»

(Светлогорск 2015); 12th International Workshop Methods for the Development and Evaluation of Maritime Technologies (Aberdeen 2015); V Международной научной конференции «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии» (Калининград 2017); I Национальной заочной научно-технической конференции «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации» (Владивосток 2017); VI Международной научной конференции «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии» в рамках Международного Балтийского морского форума (Калининград, 2018).

Личный вклад автора. Соискатель лично осуществляла:

- обоснование структуры диссертации и автореферата и написание их текста;
- планирование и проведение экспериментов;
- осуществление обработки и интерпретации полученных экспериментальных данных;
- подготовку к публикации научных результатов диссертационного исследования в статьях, тезисах, материалах конференций и др. печатных изданиях;
- представление научных результатов диссертационного исследования на конференциях различного уровня.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 печатных работ, в том числе 2 – в изданиях из перечня Российских рецензируемых научных журналов ВАК Минобрнауки России. В соавторстве подготовлена 1 монография.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 149 страницах машинописного текста, содержит 101 рисунок, 20 таблиц, 10 приложений. Список использованных источников включает 104 наименования, в том числе зарубежных авторов – 10.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, степень обоснованности темы исследования, сформулированы цель и задачи диссертации; научная новизна; теоретическая и практическая значимость; методы исследования; положения, выносимые на защиту; степень достоверности и апробация результатов; личный вклад автора; публикации по теме диссертации; объем и структура диссертации.

В **первой главе** приведены общие сведения о закидном неводном лове. Продемонстрировано различие между речным (с использованием закидных неравнокрылых неводов), озерным и морским закидным неводным ловом (с использованием закидных равнокрылых неводов). Показано, что существующие методы проектирования разработаны преимущественно для речных закидных неводов. Проектирование, моделирование, расчет усилий морских и озерных закидных неводов рассматривается как частный случай проектирования речных закидных неводов.

Рассчитано усилие в урзе закидного равнокрылого невода 120 x 2,8 м по формуле Ю.Б. Баранова

$$T_i = k_i \cdot H \cdot L_H \cdot v_M^2, \quad (1)$$

где: k – коэффициент, зависящий от формы замета невода;

i – индекс, определяющий форму замета невода;

H – высота стенки невода, м;

v_M – скорость, обеспечиваемая неводовыборочной машиной, м/с.

Получены значения поправочного коэффициента k_i . Построены графики зависимости расчетных значений усилия в урзе, силы гидродинамического сопротивления и коэффициента гидродинамического сопротивления от скорости выборки. Установлено, что формула Ю.Б. Баранова для расчета усилия в урзе не учитывает изменение формы закидного невода в процессе выборки.

Проведен расчет усилия в уресе закидного невода при его схематизации цепной линией. Показано, что данная схематизация не позволяет учесть изменение формы закидного невода.

Перечислены установки для испытания орудий рыболовства: полигоны, опытовые бассейны, гидроканалы и гидрлотки, аэродинамические трубы.

Во **второй главе** приводятся результаты эксперимента с моделями закидных неводов в гидроканале ОАО «МариНПО» для определения зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления c_x от числа Рейнольдса Re , сплошности F_0 , отношения стрелы прогиба к расстоянию между крыльями в горизонтальной плоскости f/L , отношения расстояния между верхней и нижней подборой к высоте закидного невода в посадке – вертикальное выдувание θ

$$c_x = f(Re, F_0, f/L, \theta), \quad (2)$$

Диапазон характеристик в эксперименте следующий $123 \leq Re \leq 184$; $0,168 \leq F_0 \leq 0,202$; $0,15 \leq f/L \leq 0,77$; $0,4 \leq \theta \leq 0,8$. В эксперименте использованы три модели закидных неводов (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики моделей закидных неводов

Параметр	Модель № 1	Модель № 2	Модель № 3
1	2	3	4
Сплошность F_0	0,168	0,202	0,181
Длина модели в жгутах $l_{ж}$, м	4,5	4,5	4,5
Высота модели в жгутах $h_{ж}$, м	0,93	0,93	0,93
Длина модели в посадке l , м	3	3	3
Высота модели в посадке h , м	0,69	0,69	0,69
Диаметр нитки d , м	$1 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$0,45 \cdot 10^{-3}$
Шаг ячеек a , м	$12 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Количество ячеек по длине n , шт.	188	280	454
Количество ячеек по высоте m , шт.	39	58	95

Окончание таблицы 1

	1	2	3	4
Горизонтальный посадочный коэффициент U_x		0,67	0,67	0,67
Вертикальный посадочный коэффициент U_y		0,74	0,74	0,74

Оценено влияние каждого из четырех параметров в выражении (2) на коэффициент гидродинамического сопротивления

$$r = \begin{pmatrix} 1 & -0,626 & -0,151 & 0,425 & -0,32 \\ -0,626 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -0,151 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0,425 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -0,32 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

По первой строке матрицы парной корреляции (3) наиболее влияние на коэффициент гидродинамического сопротивления c_x имеет отношение f/L ($r_{1,2} = -0,626$, корреляция отрицательная); второй по влиянию фактор - вертикальное выдувание θ ($r_{1,4} = 0,425$, корреляция положительная); наименьшее влияние оказывает число Рейнольдса Re ($r_{1,3} = -0,151$, корреляция отрицательная).

Проведена аппроксимация полученных значений коэффициента гидродинамического сопротивления экспоненциальной функцией (4) и прямой линией (5)

$$c_x = A \cdot e^{B \cdot \frac{f}{L}} + C, \quad (4)$$

$$c_x = A + B \cdot \frac{f}{L} \quad (5)$$

где: A, B, C – коэффициенты аппроксимирующих функций (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициенты аппроксимирующих функций

Выдувание θ	Число Рейнольдса Re	Коэффициенты		
		A	B	C
1	2	3	4	5
$F_0 = 0,168$				
0,4	123	1,52	-2,85	0,44
	153	1,71	-0,67	-0,34
	184	1,31	-0,75	-0,06

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
0,6	123	2,78	-0,64	-0,99
	153	1,614	-1,132	-
	184	1,99	-0,6	-0,52
0,8	123	0,83	-3,05	1,06
	153	1,503	-0,56	-
	184	1,419	-0,648	-
$F_0 = 0,202$				
0,4	123	0,22	-3,71	0,80
	153	0,912	-0,237	-
	184	0,825	-0,267	-
0,6	123	242,10	-44,33	0,996
	153	1,19	-9,05	0,88
	184	0,70	-5,40	0,74
0,8	123	1,235	-0,184	-
	153	0,64	-1,19	0,66
	184	1,125	-0,373	-
$F_0 = 0,181$				
0,4	123	1,104	-0,601	-
	153	1,027	-0,528	-
	184	1,168	-0,666	-
0,6	123	1,098	-0,521	-
	153	1,187	-0,56	-
	184	1,173	-0,401	-
0,8	123	1,198	-0,476	-
	153	1,279	-0,746	-
	184	1,297	-0,569	-

Очевидно, что формулы (4) и (5) можно использовать для значений f/L , Re , F_0 , θ , которые приведены в таблице 2. Данные формулы не позволяют рассчитать значение коэффициента гидродинамического сопротивления c_x для промежуточных значений параметров f/L , Re , F_0 , θ . Определено уравнение кривой первой степени, учитывающей значение четырех влияющих факторов

$$c_x = 2,054 - 0,587 \cdot \frac{f}{L} - 1,378 \cdot 10^{-3} \cdot Re + 0,591 \cdot \theta - 5,188 \cdot F_0. \quad (6)$$

На рисунках (рисунок 1 - рисунок 9) приведены значения коэффициента гидродинамического сопротивления c_x , полученные в результате эксперимента и графики прямой линии (6) при числах Рейнольдса 123; 153 и 184; вертикальном выдувании 0,4; 0,6 и 0,8; сплошности 0,168; 0,181 и 0,202.

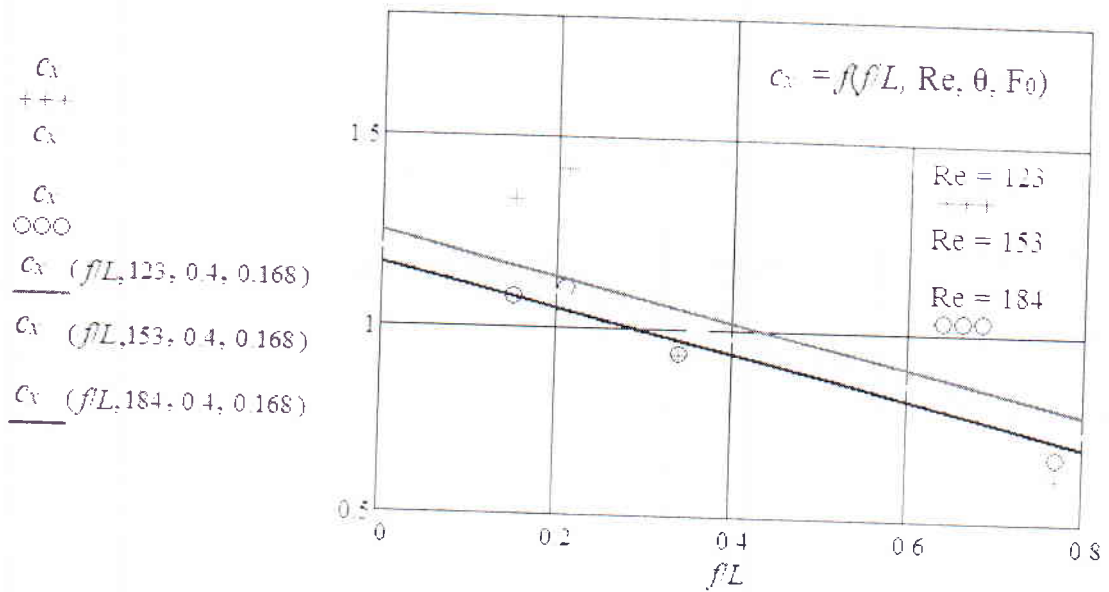


Рисунок 1 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (6) при вертикальном выдувании $\theta = 0,4$ и сплошности $F_0 = 0,168$

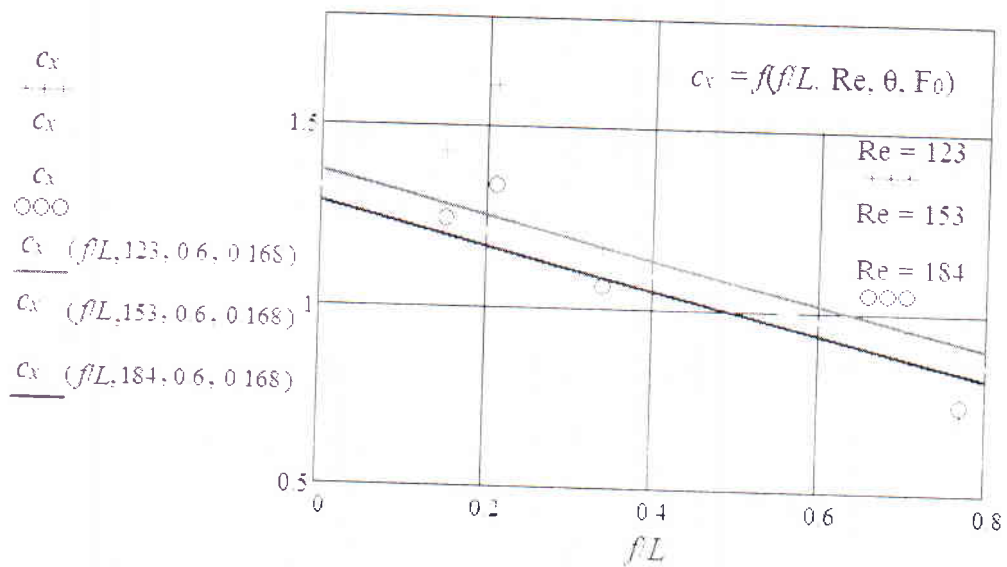


Рисунок 2 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (6) при вертикальном выдувании $\theta = 0,6$ и сплошности $F_0 = 0,168$

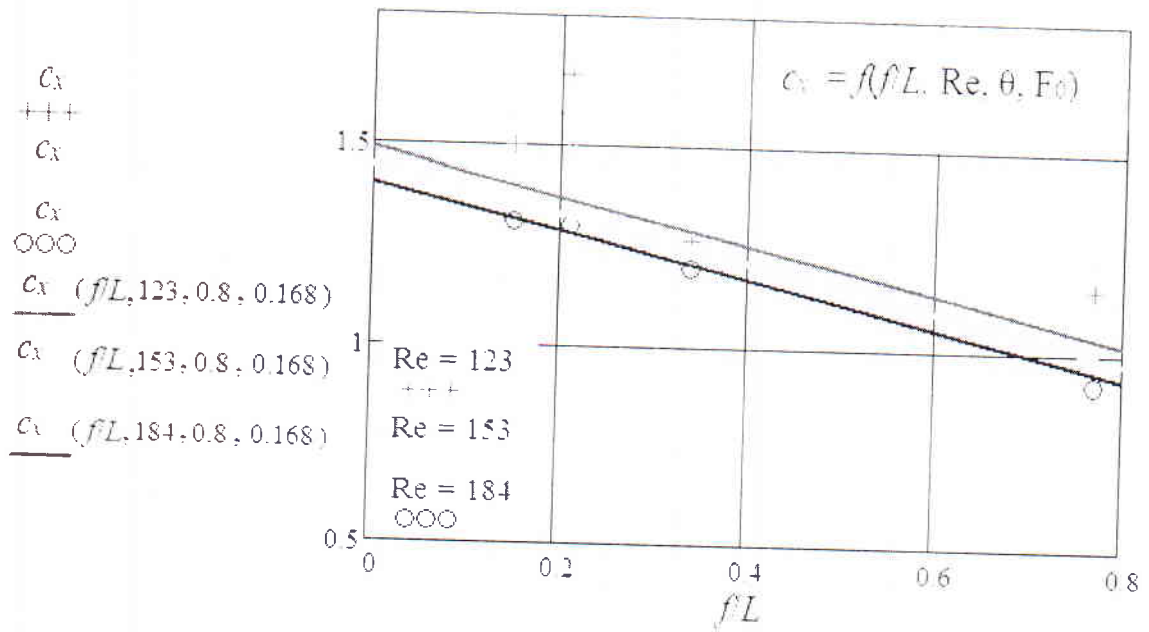


Рисунок 3 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (6) при вертикальном выдувании $\theta = 0,8$ и сплошности $F_0 = 0,168$

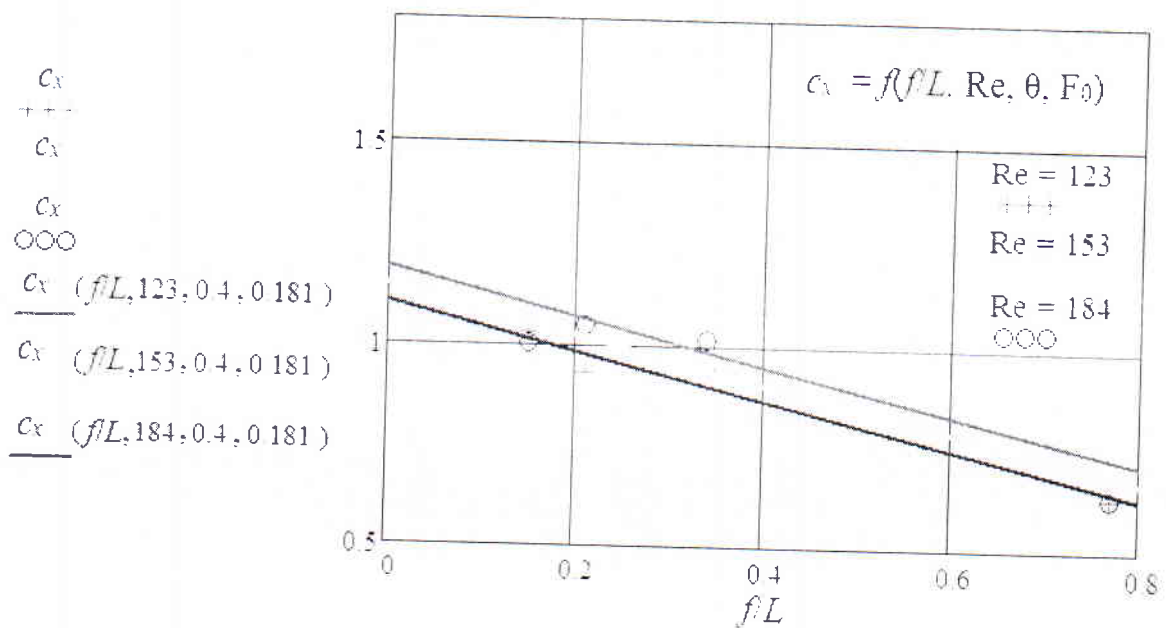


Рисунок 4 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (6) при вертикальном выдувании $\theta = 0,4$ и сплошности $F_0 = 0,181$

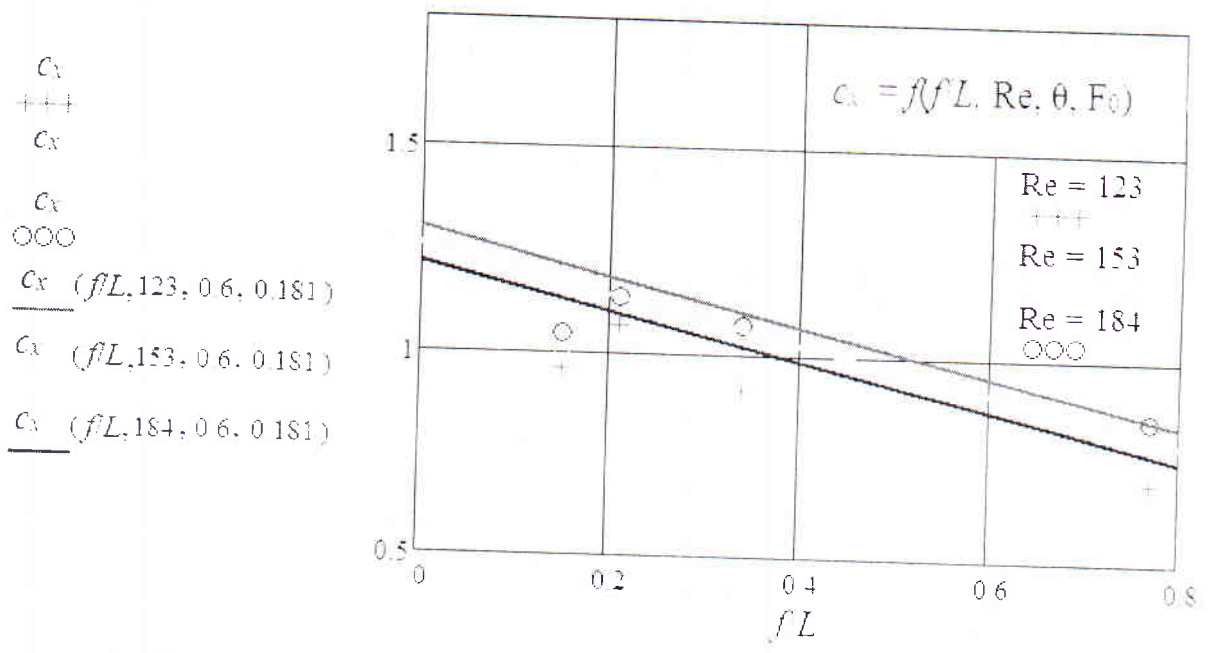


Рисунок 5 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (6) при вертикальном выдувании $\theta = 0,6$ и сплошности $F_0 = 0,181$

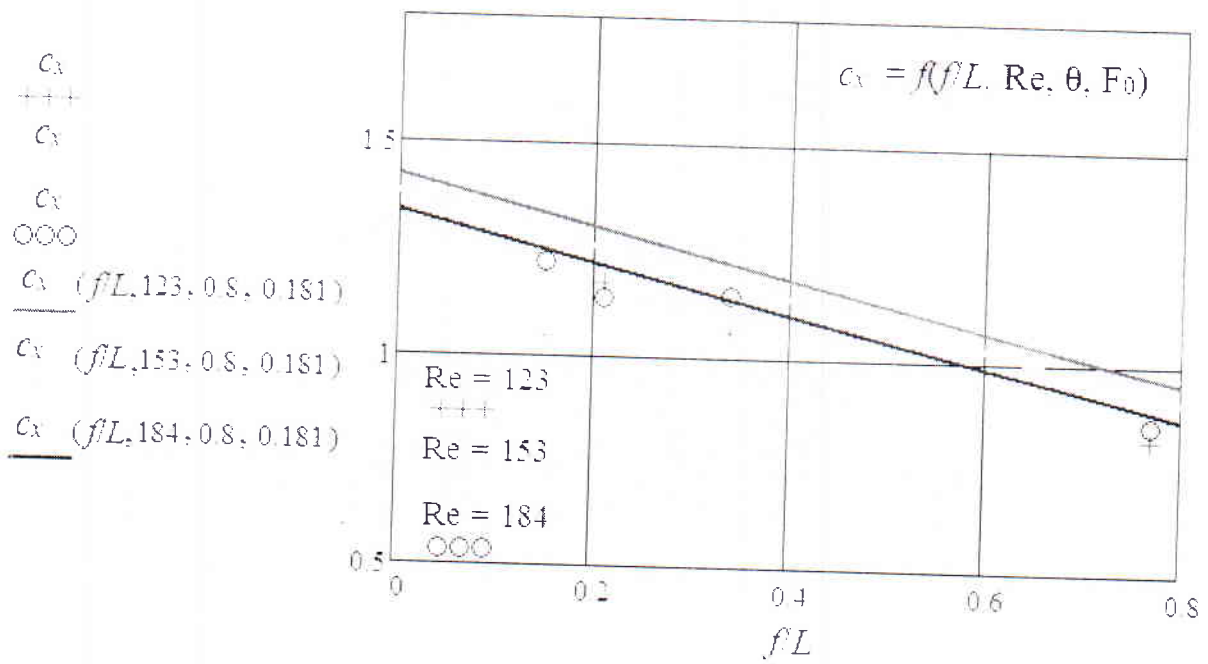


Рисунок 6 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (6) при вертикальном выдувании $\theta = 0,8$ и сплошности $F_0 = 0,181$

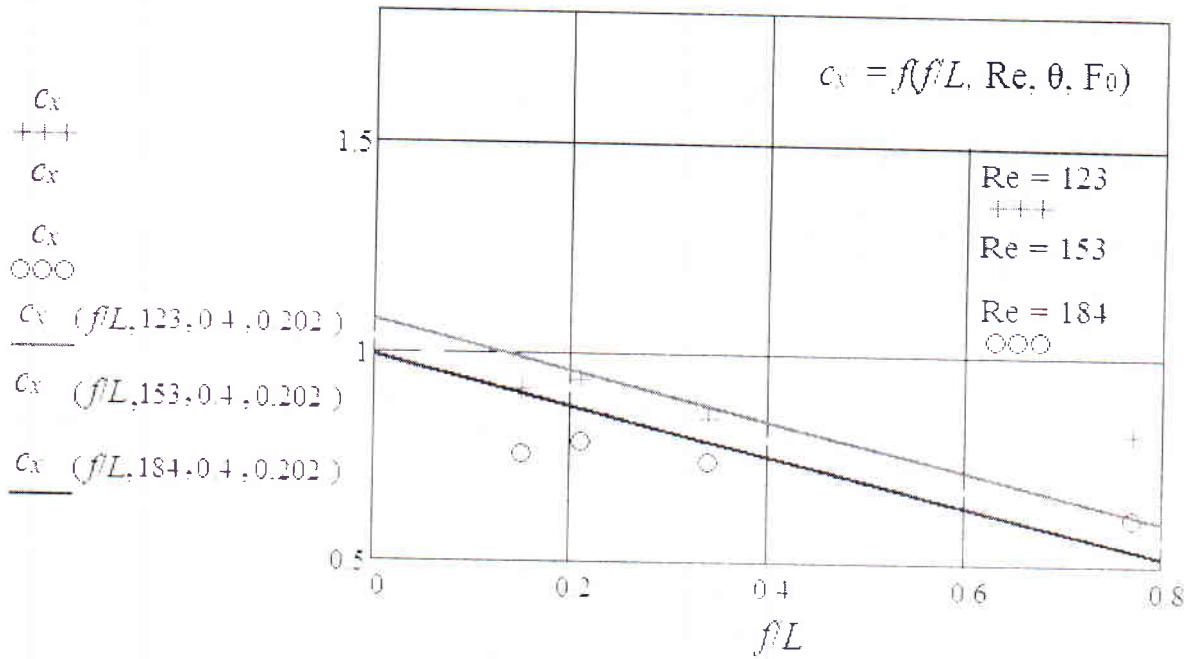


Рисунок 7 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (6) при вертикальном выдувании $\theta = 0,4$ и сплошности $F_0 = 0,202$

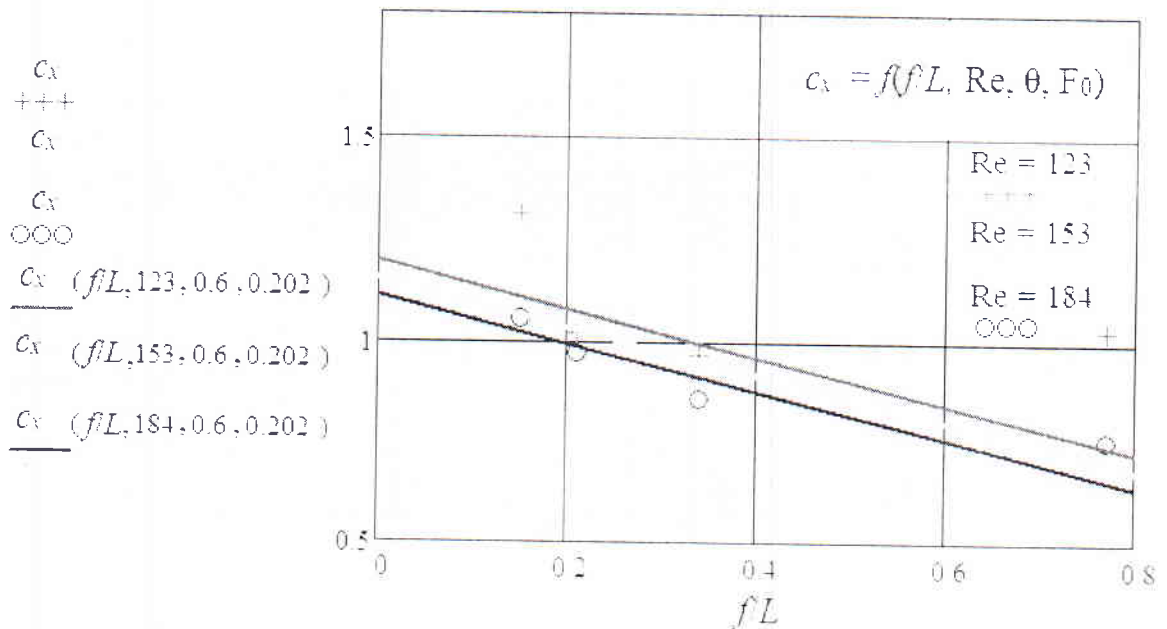


Рисунок 8 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (6) при вертикальном выдувании $\theta = 0,6$ и сплошности $F_0 = 0,202$

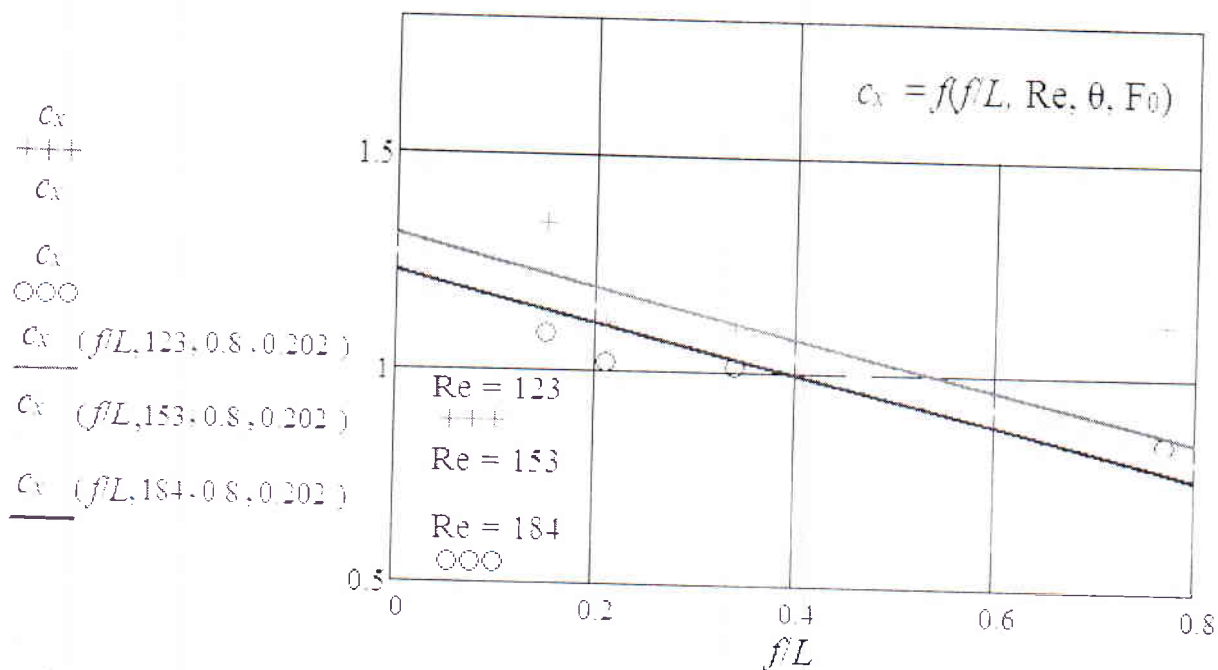


Рисунок 9 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (б) при вертикальном выдувании $\theta = 0,8$ и сплошности $F_0 = 0,202$

В третьей главе приводятся сведения об экспериментальном изучении механики закидного равнокрылого невода при ручной и механизированной выборке. Проведена обработка полученных экспериментальных данных при ручной выборке закидного невода по методу с использованием коэффициентов Стьюдента и по методу Корнфельда. Усилие в урзе при обработке с помощью коэффициентов Стьюдента равняется $T = 736,221 \pm 46,769$ Н. Полученное по методу Корнфельда усилие в урзе $T = 700,182 \pm 189,946$ Н с доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

В четвертой главе приводится методика расчета усилия урза во время выборки закидного равнокрылого невода.

Методика расчете усилия в урзе при выборке закидного равнокрылого невода предназначена для расчета максимального усилия в урзе при выборке закидного равнокрылого невода в квазистатической постановке.

Исходными данными для расчета являются диаметр нитки и шаг ячеи сетных элементов закидного невода d_i и a_i , посадочные коэффициенты U_i и $U_{i'}$.

площадь ниток сетных элементов закидного невода F_{ni} , общая площадь ниток закидного невода F_{II} , скорость выборки закидного невода v , коэффициент кинематической вязкости ν воды, плотность воды ρ , отношение стрелы прогиба закидного невода к расстоянию между крыльями закидного невода в горизонтальной плоскости f/L , выдувание θ .

Расчет средневзвешенных характеристик закидного невода.

Производится расчет средних взвешенных характеристик закидного невода: средний взвешенный диаметр, средний взвешенный шаг ячеи, средние взвешенные горизонтальный и вертикальный посадочные коэффициенты, средняя взвешенная сплошность закидного невода

$$d_{св} = \frac{\sum_{i=1}^n (d_i \cdot F_{ni})}{F_{II}}, \quad a_{св} = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i \cdot F_{ni})}{F_{II}} \quad (7)$$

$$U_{xсв} = \frac{\sum_{i=1}^n (U_{xi} \cdot F_{ni})}{F_{II}}, \quad U_{yсв} = \frac{\sum_{i=1}^n (U_{yi} \cdot F_{ni})}{F_{II}} \quad (8)$$

$$F_{0св} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{oi} \cdot F_{ni}}{F_{II}} \quad (9)$$

Производится расчет числа Рейнольдса Re

$$Re = \frac{d_{св} \cdot v}{\nu} \quad (10)$$

Рассчитывается значение коэффициента гидродинамического сопротивления. Для диапазона значений $123 \leq Re \leq 184$; $0,168 \leq F_0 \leq 0,202$; $0,15 \leq f/L \leq 0,77$; $0,4 \leq \theta \leq 0,8$ коэффициент гидродинамических характеристик рассчитывается по формуле

$$c_x = 2,054 - 0,587 \cdot \frac{f}{L} - 1,378 \cdot 10^{-3} \cdot Re + 0,591 \cdot \theta - 5,188 \cdot F_0 \quad (11)$$

Определяется угол между урезом закидного невода и береговой линией

$$\beta_0 = f \left(\frac{f}{L} \right) \quad (12)$$

Сопротивление сетной части закидного невода рассчитывается по формуле

$$R_x = c_x \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot F_n. \quad (13)$$

Коэффициент трения нижней подборы определяется по формуле

$$f_{mp} = e^{\left[\frac{q}{d} \cdot 10^{-3} \cdot \left(0,6 \cdot \frac{m}{c} - 5 \cdot v \right) \cdot \frac{m^2}{H} \cdot \frac{c}{m} \right]} \cdot \left(0,023 \cdot \frac{q}{d} + 0,33 \cdot \frac{H}{m^2} \right) \times \\ \times e^{\left[- \left(0,0023 \cdot \frac{q}{d} - 0,005 \cdot \frac{H}{m^2} \right) \cdot \frac{m^2}{H} \cdot (90 \cdot \text{град} - \beta)^{3,5} \right]} \quad (14)$$

где: q – вес в воде 1 м нижней подборы закидного невода;

d – диаметр нижней подборы закидного невода;

β – угол между вектором движения нижней подборы и ее осью.

Грунтодинамическое сопротивление закидного невода определяется по формуле

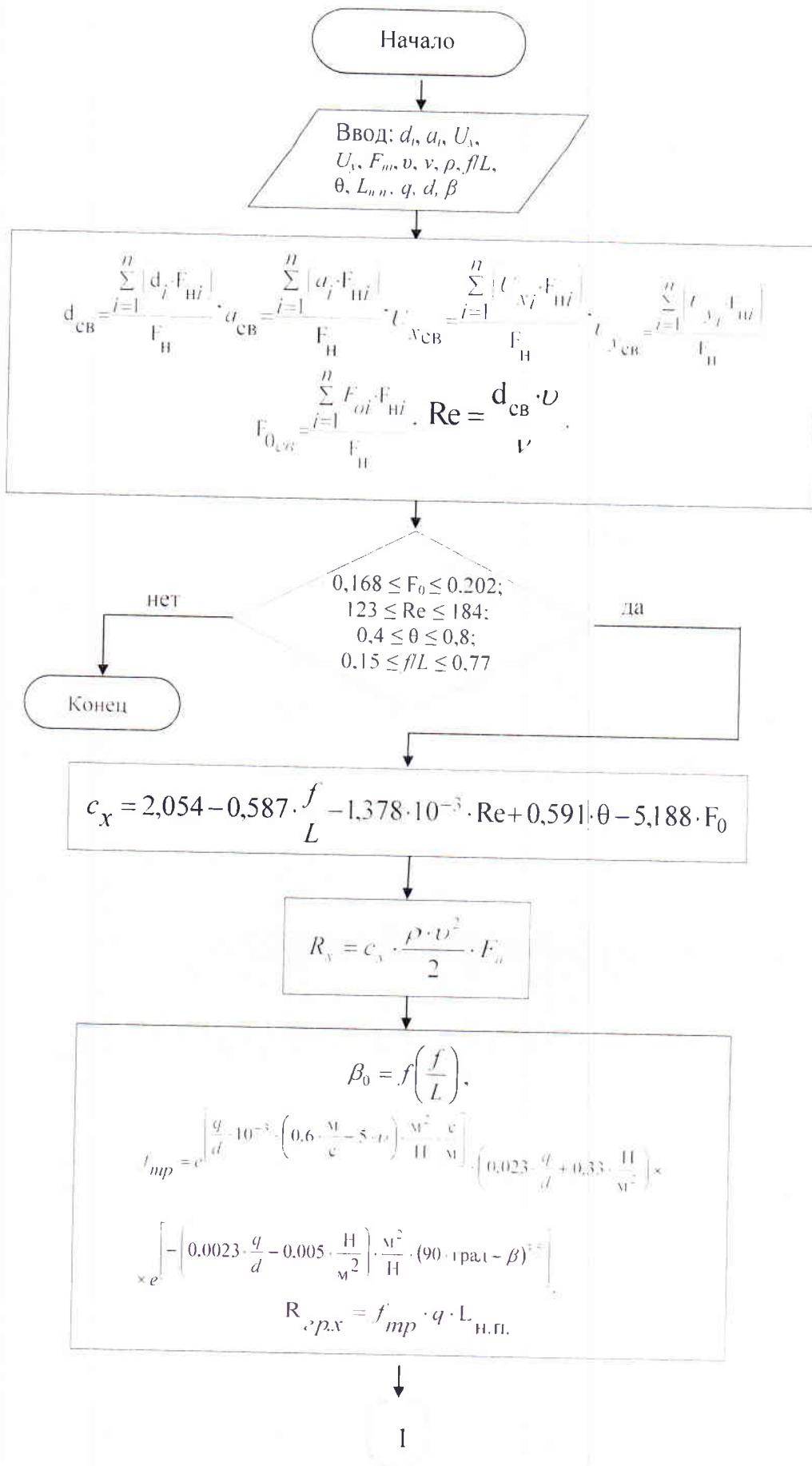
$$R_{гpx} = f_{тр} \cdot q \cdot l_{н.п.} \quad (15)$$

Расчет максимального значения усилия в урзе

$$T_{max} = \frac{1}{2} \cdot \frac{R}{\cos(90^\circ - \beta_0)} \quad (16)$$

Блок-схема методики представлена на рисунке 10.

На примере методики рассчитано усилие закидного равнокрылого невода со следующими характеристиками: длина в посадке 302 м, высота в посадке 6 м, горизонтальный посадочный коэффициент 0,667, вертикальный посадочный коэффициент 0,745, сплошность 0,202, площадь ниток 366 м², плотность воды 1 000 кг/м³, коэффициент кинематической вязкости 1,3 · 10⁻⁶.



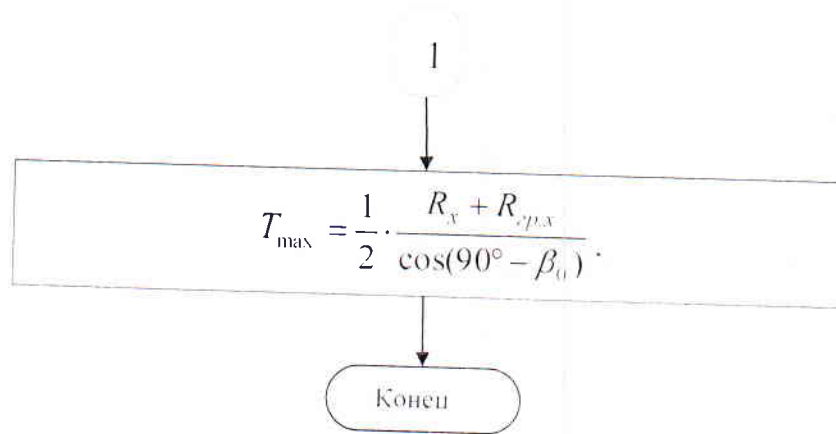


Рисунок 10 – Блок-схема методики расчета усилия в урзе равнокрылого закидного невода

По предложенной методике рассчитаны значения коэффициента гидродинамического сопротивления (рисунок 11) и максимального усилия в урзе (рисунок 12) при числах Рейнольдса 123; 153; 170; 180 и 184, вертикальном выдувании 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 и 0,8.

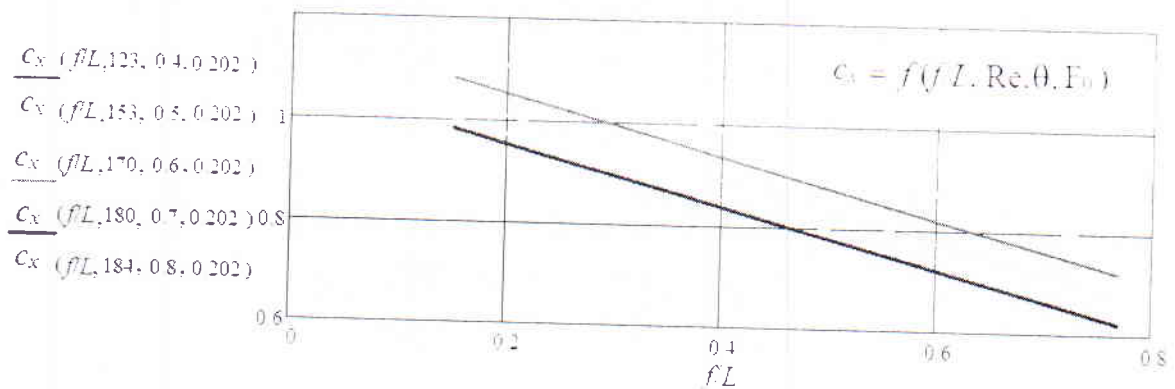


Рисунок 11 – Значения коэффициента гидродинамического сопротивления, рассчитанные по методике

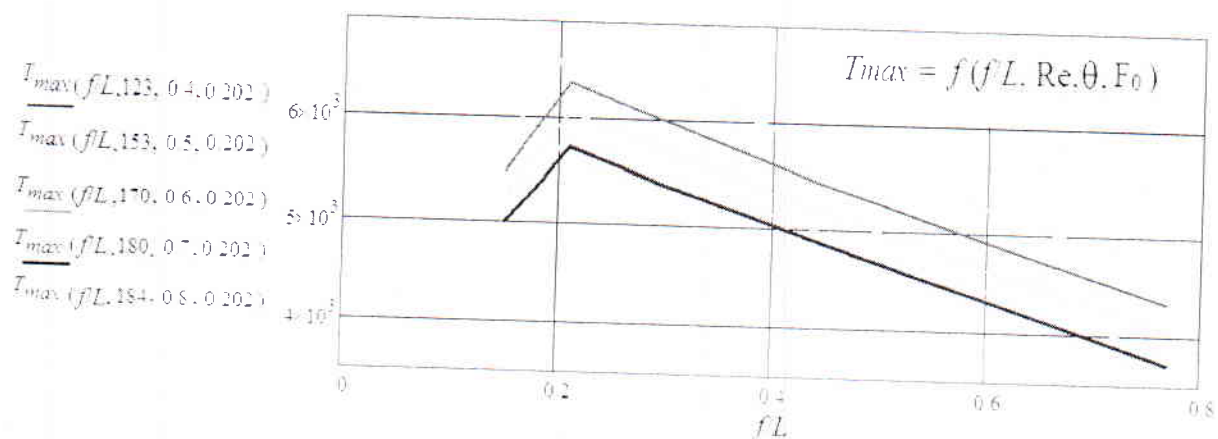


Рисунок 12 – Значения максимального усилия в уресе во время выборки закидного невода

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам диссертационного исследования разработана методика расчета усилия в уресе при выборке закидного равнокрылого невода. Результаты проведенного научного исследования позволяют сделать следующие выводы:

- 1) Наиболее изученным является речной закидной неводной лов. Существующие методы проектирования разработаны преимущественно для речных закидных неводов. Проектирование, моделирование, расчет усилий морских и озерных закидных неводов рассматривается как частный случай проектирования речных закидных неводов;
- 2) Для расчета характеристик закидных неводов используются методы, разработанные еще в середине XX века. Эти методы не учитывают изменение геометрических и силовых характеристик закидных неводов во времени. Для расчета отдельных элементов закидных неводов используются математические формулы, не учитывающие ряд гидродинамических характеристик закидного невода;
- 3) По формуле Ю.Б. Баранова было рассчитано усилие в уресе закидного равнокрылого невода 120 x 2,8 м. Получены значения поправочного коэффициента k_i . Поправочный коэффициент k_i зависит от схемы облова

водоема закидным неводом. Построены графики зависимости усилия в урзе и силы гидродинамического сопротивления, рассчитанных с учетом различных поправочных коэффициентов k_i , от скорости выборки. Построен график зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления от скорости выборки. Установлено, что формула Ю.Б. Баранова для расчета усилия в урзе не учитывает изменение формы закидного невода в процессе выборки:

4) Расчет закидного невода как цепной линии не учитывает выдувание в вертикальной плоскости. При расчете закидного невода как цепной линии коэффициент гидродинамического сопротивления получился постоянным при изменении скорости выборки, потому что не учитывается изменение формы закидного невода;

5) Существует большое количество установок для исследования силовых и геометрических характеристик орудий рыболовства: полигоны; опытовые бассейны; гидроканалы и гидрлотки; аэродинамические трубы и др.;

6) Среди перечисленных установок, лучшими являются гидроканалы и гидрлотки. Гидроканал позволяет проводить исследования характеристик закидных неводов в статике, опытовый бассейн – в динамике;

7) Эксперименты на полигонах позволяют снизить влияние масштабного эффекта на результаты опытов, что увеличивает их достоверность. Также достоинством полигонов является возможность исследовать не только орудие рыболовства, но и всю рыболовную систему (включая промысловое судно и средства механизации) С другой стороны проведение экспериментов на полигонах бывает затруднительно из-за естественных факторов (волнение, течение и др.);

8) Проведен эксперимент с моделями закидных неводов для определения зависимости $c_x = f(\text{Re}, F_0, f/L, \theta)$. Диапазон значений характеристик: $123 \leq \text{Re} \leq 184$; $0.168 \leq F_0 \leq 0.202$; $0.15 \leq f/L \leq 0.77$; $0.4 \leq \theta \leq 0.8$.

9) По результатам прямых измерений получены средние значения усилия T в крыле моделей закидных неводов. Рассчитана полная абсолютная погрешность ΔT и относительная погрешность ε ;

10) По результатам косвенных измерений определены значения коэффициента гидродинамического сопротивления c_x . Определена относительная и абсолютная погрешность косвенных измерений коэффициента гидродинамического сопротивления. Построены графики зависимости расчетного значения коэффициента гидродинамического сопротивления c_x и абсолютной погрешности коэффициента гидродинамического сопротивления Δc_x от отношения f/L при значении выдувания $0,4 \leq \theta \leq 0,8$, числа Рейнольдса $123 \leq Re \leq 184$, сплошности $0,168 \leq F_0 \leq 0,202$;

11) Проведен анализ влияния отношения f/L , числа Рейнольдса Re , сплошности F_0 и вертикального выдувания θ . В соответствии с полученной матрицей коэффициентов парной корреляции наиболее влияние на коэффициент гидродинамического сопротивления c_x имеет отношение f/L ($r_{1,2} = -0,626$, корреляция отрицательная); второй по влиянию фактор - вертикальное выдувание θ ($r_{1,4} = 0,425$, корреляция положительная); наименьшее влияние оказывает число Рейнольдса Re ($r_{1,3} = -0,151$, корреляция отрицательная).

Проведена регрессия различного порядка с учетом влияния четырех факторов (f/L , Re , θ , F_0), трех факторов (f/L , θ , F_0), двух факторов (f/L , θ) и одного наиболее значимого фактора (f/L);

12) Получены зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления в крыле моделей закидного невода от числа Рейнольдса, сплошности, формы невода. Аппроксимация проведена экспоненциальной функцией и прямой линией. Ошибка аппроксимации не превышает 10 %.

Получено уравнение зависимости $c_x = f(f/L, Re, \theta, F_0)$;

13) Проведен эксперимент по определению усилия в урзе равнокрылого закидного невода при ручной и механизированной выборке. Усилие в урзе во время выборки измерялось с помощью тензостанции МТС-200.

14) Проведена обработка результатов эксперимента по определению усилия в урзе равнокрылого закидного невода при ручной выборке. Обработка проводилась по методу использованием коэффициента Стьюдента и по методу

Корнфельда. Значение натяжения уреза с использованием коэффициента Стьюдента $T = 736,221 \pm 46,769$ Н. Значение натяжения уреза по методу Корнфельда уреза $T = 700,182 \pm 189,946$ Н с доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$;

15) Получены графики зависимости усилия в урезе от времени выборки;

16) Проведена обработка экспериментальных зависимостей с помощью пакета WinПОС;

17) Описана методика расчета усилия в урезе при выборке закидного равнокрылого невода;

18) Проведен расчет усилия в урезе закидного равнокрылого невода по разработанной методике;

19) Построены графики зависимостей $c_v = f(f/L, Re, \theta, F_0)$,
 $T_{max} = f(f/L, Re, \theta, F_0)$.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах

В изданиях из Перечня российских рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

1 Недоступ, А.А. Моделирование озерных закидных неводов методом конечных элементов / А.А. Недоступ, **Е.В. Соколова** // Рыбное хозяйство. – 2016. - № 2. – С. 96-98.

2 Соколова Е. В., Недоступ А. А., Коротков В. К., Головин Е. Р. Экспериментальное исследование моделей закидных неводов в гидроканале ОАО «МариННО» // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. - № 1. - С. 28–37.

Публикации в других изданиях и материалах конференций

1 Недоступ, А.А. Постановка задач механики закидного невода / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, **Е.В. Соколова** // Материалы I-ой Всероссийской заочной научно-технической конференции аспирантов, молодых ученых и специалистов «Комплексные исследования водных биоресурсов: рыболовство, аквакультура, экология, переработка, экономика и управление рыбохозяйственной отраслью» Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз. 2012. - С. 17-21.

2 Недоступ, А.А. О задачах математического моделирования закидного невода / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, **Е.В. Соколова** // Материалы международной научно-технической конференции «Наука и образование – 2013» / Мурманск: Изд-во МГТУ. 2013. С.184-188.

3 Недоступ, А.А. Задачи механики закидного озерного невода / А.А. Недоступ, **Е.В. Соколова** // Труды XI Международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и бизнесе – 2013» Калининград: Изд-во КГТУ. 2013. – Ч. 1. – С.42-44.

4 Недоступ, А.А. Задачи механики закидного озерного невода / А.А. Недоступ, **Е.В. Соколова** // Материалы четырнадцатой межвузовской научно-технической конференции аспирантов, докторантов, соискателей и магистрантов / Калининград: Изд-во БГАРФ. – 2014. – С.17-21.

- 5 Соколова, Е.В. Планирование натурального эксперимента с закидным неводом в Калининградском заливе / Е.В. Соколова, А.А. Недоступ // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции «Природные ресурсы. их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование» / Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ. – 2014. – Ч. II. – С. 90 – 93.
- 6 Соколова, Е.В. Методика определения натяжения в урзе равнокрылого закидного невода / Е.В. Соколова, А.А. Недоступ // Труды XII международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и бизнесе-2014» Ч. I. – 2014. – С. 50-53.
- 7 Соколова, Е.В. Результаты экспериментального исследования натяжения урза озерного закидного невода при отсутствии механизированной выборки / Е.В. Соколова // Известия КГТУ. – 2015. - №36. – С. 62-70.
- 8 Соколова, Е.В. Лебедка МЛШ-1200 Д Для обтяжного дова / Е.В. Соколова // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции «Природные ресурсы. их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование» – Петропавловск-Камчатский. - 2015. - Ч. II. - С. 74-78.
- 9 Недоступ, А.А. Постановка задачи создания математической модели озерного закидного невода / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, Е.В. Соколова // Известия КГТУ. – 2015. - № 37. – С. 73-80.
- 10 Соколова, Е.В. Использование квазистатического подхода для расчета натяжения урза равнокрылого закидного невода / Е.В. Соколова // III Балтийский морской форум. Материалы. – Калининград: Изд-во БГАРФ. – 2015. - С. 335 – 342.
- 11 Соколова, Е.В. Аппроксимация экспериментальных данных силы натяжения в урзе озерного закидного невода во время его выборки / Е.В. Соколова // V Междунар. науч. конф. в рамках V Междунар. балтийского морского форума (21 – 27 мая); материалы. – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ. 2017 - С. 444 – 451.
- 12 Соколова, Е.В. Постановка задачи экспериментального исследования моделей закидного невода в гидроканале ОАО «МариНПО» / Е.В. Соколова // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации»: I Национальная заочн. научн.-техн. конф. (22 дек. 2017); материалы / Федер. Агентство по рыболовству; ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз». – Владивосток: ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз». – 2017. – С. 81 – 85.
- 13 Соколова, Е.В. Экспериментальное исследование модели закидного невода в гидроканале ОАО «МариНПО» / Е.В. Соколова, А.А. Недоступ, В.В. Ботов, Е.Р. Головин // VI Междунар. науч. конф. «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии» в рамках VI Междунар. балтийского морского форума (3 – 6 сент. 2018); материалы – Электрон. издан. – Калининград: Изд-во БГАРФ. 2018 - С. 410 - 416.
- 14 Nedostup A.A., Razhev A.O., Sokolova E.V. The hydrodynamics of the lake beach seine / 12th International workshop - Contributions on the theory of fishing gears and related marine systems DEMAT 2015, V. 9, 2015 Scotland, Aberdeen, p. 193-202.

Монографии

1. Математическое моделирование орудий и процессов рыболовства: монография / А.А. Недоступ [и др.] ; Калининград. гос. техн. ун-т – Калининград : КГТУ, 2016 – Ч. 3. – 2016.- 184 с.

Подписано в печать _____ 2019 г. Заказ № _____, объем 1 п.л., бумага 60×84(1/16), Тираж 100 экз.
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ» 236022, Калининград, Советский пр-т, 1