Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

На правах рукописи

СОКОЛОВА ЕЛЕНА ВАЛЕРЬЕВНА

МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСИЛИЯ В УРЕЗЕ ПРИ ВЫБОРКЕ ЗАКИДНОГО РАВНОКРЫЛОГО НЕВОДА

05.18.17 Промышленное рыболовство

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
кандидат технических наук,
доцент Недоступ А.А.

Калининград - 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 5
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЗАКИДНЫХ НЕВОДОВ…… 10
1.1 Конструкция и способы лова закидным неводом……. 10
1.2 Внешние силы, действующие на закидные невода…… 14
1.3 Методы расчета и схемы для определения усилий, действующих на закидные равнокрылые невода…….. 20
1.4 Расчет усилия в урезе и гидродинамического сопротивления закидного невода по Ю.Б. Баранову…….. 27
1.5 Расчет усилия в урезе закидного невода 120 х 2,8 м при схематизации цепной линией…… 33
1.6 Механизация закидного неводного лова……..……. 35
1.7 Установки для испытания орудий и процессов рыболовства……. 36
1.7.1 Полигоны (на примере Вислинского (Калининградского) залива)... 36
1.7.2 Опытовые бассейны……. 37
1.7.3 Гидроканалы и гидролотки……. 37
1.7.4 Аэродинамические трубы……. 40
1.8 Выводы по главе 1…….. 40
ГЛАВА 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ ЧИСЛА РЕЙНОЛЬДА, СПЛОШНОСТИ И ФОРМЫ ЗАКИДНОГО НЕВОДА ПРИ ПОМОЩИ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ…… 42
2.1 Методика проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных…….. 42
2.2 Экспериментальные данные…… 44
2.2.1 Эксперимент с моделью со значением сплошности F_0 =0,168……. 44
2.2.2 Эксперимент с моделью со значением сплошности F_0 = 0,202……. 52
2.2.3 Эксперимент с моделью со значением сплошности F_0 = 0,181……. 60

2.3 Анализ влияния отношения *f*/*L*, числа Рейнольдса Re, сплошности F_0 и вертикального выдувания θ на коэффициент гидродинамического сопротивления c_x…….. 67
2.4 Аппроксимация расчетных данных коэффициента гидродинамического сопротивления для получения зависимости $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$……. 70
2.5 Выводы по главе 2…… 81
ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ УСИЛИЯ В УРЕЗЕ РАВНОКРЫЛОГО ЗАКИДНОГО НЕВОДА…….. 83
3.1 Экспериментальное оборудование…… 83
3.2 Экспериментальное изучение усилия в урезе равнокрылого закидного невода при ручной выборке……. 84
3.2.1 Методика измерений и проведение эксперимента…….. 84
3.2.2 Экспериментальные данные и их обработка…… 86
3.3 Экспериментальное изучение усилия в урезе равнокрылого закидного невода при механизированной выборке……. 91
3.3.1 Методика измерений и проведение эксперимента……. 91
3.3.2 Экспериментальные данные и их обработка……..…… 93
3.4 Выводы по главе 3…… 95
ГЛАВА 4 МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСИЛИЯ В УРЕЗЕ ПРИ ВЫБОРКЕ ЗАКИДНОГО РАВНОКРЫЛОГО НЕВОДА…….. 96
4.1 Описание методики…….. 96
4.2 Пример расчета усилия в урезе равнокрылого закидного невода….. 100
4.3 Выводы по главе 4…….…… 101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……..…….. 101
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ……..…… 105
ПРИЛОЖЕНИЕ А Характеристики закидных неводов для расчета усилия в урезе и гидродинамического сопротивления по Ю.Б. Баранову…….. 118

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Характеристики промысловых механизмов для выборки закидных неводов……. 126
ПРИЛОЖЕНИЕ В Косвенные измерения коэффициента гидродинамического сопротивления…… 129
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Чертеж невода закидного равнокрылого 120 х 2,8 м... 132
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Технические характеристики модуля MIC-212 (общие для всех режимов)……. 133
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Технические характеристики тензодатчика С2Н…… 135
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Графики зависимости усилия в урезе в процессе ручной выборки закидного невода……. 137
ПРИЛОЖЕНИЕ И Технические характеристики лебедки МЛШ 1200 Д…….. 140
ПРИЛОЖЕНИЕ К Экспериментальные данные усилия в урезе при механизированной выборке закидного невода…… 143
ПРИЛОЖЕНИЕ Л Обработка экспериментальных данных усилия в урезе при механизированной выборке закидного невода……. 145

ВВЕДЕНИЕ

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), Лунина 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 $c_x = f(\mathrm{Re}, \mathrm{F_0}, f/L, \theta)$;

6) Определить усилие в урезе при ручной выборке закидного невода по результатам эксперимента с натурным неводом;

7) Изучить динамику усилия в урезе при механизированной выборке закидного невода по результатам эксперимента с натурным неводом;

8) Разработать методику расчета усилия в урезе при выборке закидного равнокрылого невода.

Научная новизна работы:

1) Получена экспериментальная зависимость коэффициента гидродинамического сопротивления c_x от числа Рейнольдса Re, сплошности $\mathrm{F_0}$, отношения f/L, вертикального выдувания θ $c_x = f(\mathrm{Re}, \mathrm{F_0}, f/L, \theta)$;

2) Экспериментальным путем получена зависимость усилия в урезе закидного равнокрылого невода от времени при механизированной выборке;

3) Разработана методика расчета усилия в урезе 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 промысловых 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 диссертации 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 [42].

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.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЗАКИДНЫХ НЕВОДОВ

1.1 Конструкция и способы лова закидным неводом

Закидные невода (рисунок 1) – отцеживающие орудия рыболовства. В процессе лова стая рыбы окружается закидным неводом [86]. Затем обловленное пространство сокращается до такой степени, что рыбу можно вылавливать вручную или с помощью каплера. Объектами лова являются виды рыб, как совершающие миграции, так и образующие стаи [41].

Закидной неводной лов является древнейшим видом рыболовства во внутренних водоемах и прибрежных зонах морей, известным во многих странах [94, 96, 98]. Данный способ лова является одним из старейших в России [12]. После кризиса в рыбной отрасли России возросла роль внутренних водоемов [37]. Закидной неводной лов применяется на реках Волге, Дону, Оке, Каме, Оби, Иртыше, Лене, Енисее, Амуре и др. [63], российском побережье Каспийского моря [31]. Объектами лова являются лососевые, осетровые, сельдевые, карповые, сиговые и др. В XXI в. речной неводной лов ведется приблизительно на 30 стационарных тонях Нижней Волги [39]. Уловы на этих тонях составляют 10 – 15 % общего улова речных рыб Астраханской области. Добыча рыбы стационарными и перекидными речными закидными неводами составляет более 60 % общей добычи рыбы в р. Волге [62].

В Калининградской области по данным отчетов [90] ФГБУ «Запбалтрыбвод» (таблица 1) лов равнокрылыми мотенными закидными неводами ведется только в Куршском заливе. Во впадающих в Куршский залив реках (р. Матросовка и р. Скирвит) ведется лов неравнокрылыми закидными неводами.

Таблица 1 - Уловы равнокрылыми закидными неводами в Куршском заливе

Год	Улов, т						
	Лещ	Судак	Плотва	Окунь	Чехонь	Налим	**Всего**
2008	9,284	1,364	12,33	0,133	0,152	-	**23,26**
2009	9,066	0,587	22,86	0,217	0,174	-	**32,91**
2010	6,119	3,166	28,55	0,896	19,64	0,568	**58,94**
2011	6,506	3,158	24,32	0,884	26,19	0,89	**61,95**

Закидные невода используются в научных целях для оценки численности рыб и видового разнообразия рыбных сообществ [93].

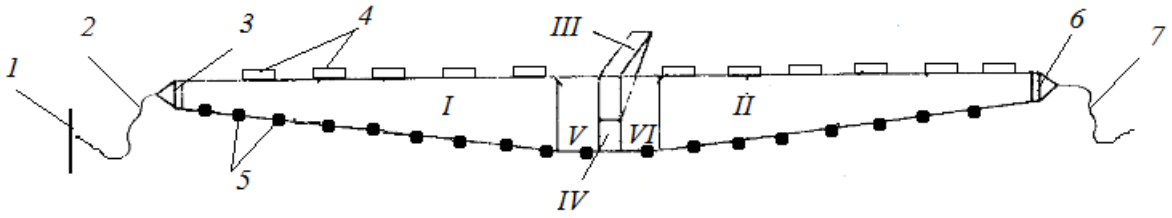
Достоинствами закидного неводного лова являются универсальность лова, возможность облова как ходовой, так и неходовой рыбы, высокое качество уловов, возможность ловить рыбу подо льдом, возможность облавливать большие акватории, разнообразие вылавливаемых видов [35]. К недостаткам относятся трудоемкость, сложность механизации, низкая уловистость, высокие требования к промысловому участку. Также успех лова зависит от соответствия конструкции невода и режима работы с ним особенностям тони (глубина, скорость течения, расположение фарватера) [14].

Лов озерными закидными неводами отличается от лова речными закидными неводами [18].Сегодня наиболее изученным является процесс работы речных закидных неводов. Многие математические модели создавались изначально для речных закидных неводов [44]. Использование их для озерных закидных неводов возможно в качестве допущения.

Закидным неводам посвящены труды Баранова Ф.И. [3, 4, 5, 6, 7, 8, 43], Баранова Ю.Б. [9], Беловой А.М. [10], Борисова Н.И. [12], Вереина Е.Л. [13, 14], Виноградова Н.Н. [15], Войниканис-Мирского В.Н. [17, 18, 19, 20, 21], Гнедова А.А. [35], Денисова Л.И. [29], Карпенко В.П. [32], Лукашова В.Н. [40], Лунина В.И. [41], Мельникова В.Н. [44, 45], Мельникова К.А. [46], Недоступа А.А. [52, 53, 55, 56, 57, 58,99], Некраша И.И. [61], Новожилова Е.П. [62, 63], Розенштейна М.М. [72],Торбана С.С. [85, 86], Тюктяева И.Ш.

[87, 88], Фридмана А.Л. [91], Чурунова В.Н. [92]. Также имеется иностранная научная литература, посвященная закидным неводам [95, 96, 97, 98, 100, 101, 102,103, 104].

Конструкция закидных неводов зависит от промыслового участка – тони. В общем случае это сетная стенка, посаженная на подборы [68]. Из сетного полотна изготавливаются основные конструктивные элементы - крылья, привода и мотня [40, 45].



I – пятное крыло, II – бежное крыло, III – мотня, IV – сорочка,

V – пятной привод, VI – бежной привод

1 – пятной кол; *2* – пятной урез; *3* – пятной кляч; *4* – плав, *5* – груза;

6 – бежной кляч; *7* – бежной урез.

Рисунок 1 - Устройство равнокрылого закидного невода

Каждый элемент закидного невода несет функциональную нагрузку. Мотня предназначена для концентрации улова. Она делит закидной невод на две части пятную и бежную, соответственно которым называют остальные его элементы. В зависимости от расположения мотни закидные невода бывают равнокрылые и неравнокрылые [20] (рисунок 2) [94].

Крылья невода предназначены для охвата водного пространства и окружения рыбы. Привода служат для сбора рыбы, охваченной крыльями, и направления ее в мотню. Подборы [43] предназначены для крепления сетных элементов невода.

К верхней подборе крепят плав к нижней – загрузку [5]. Для эффективного лова важным является движение невода без врезания нижней подборы в грунт, одновременно без ухода под ней рыбы [29]. В зависимости от характера дна длина подбор может быть различной [45].

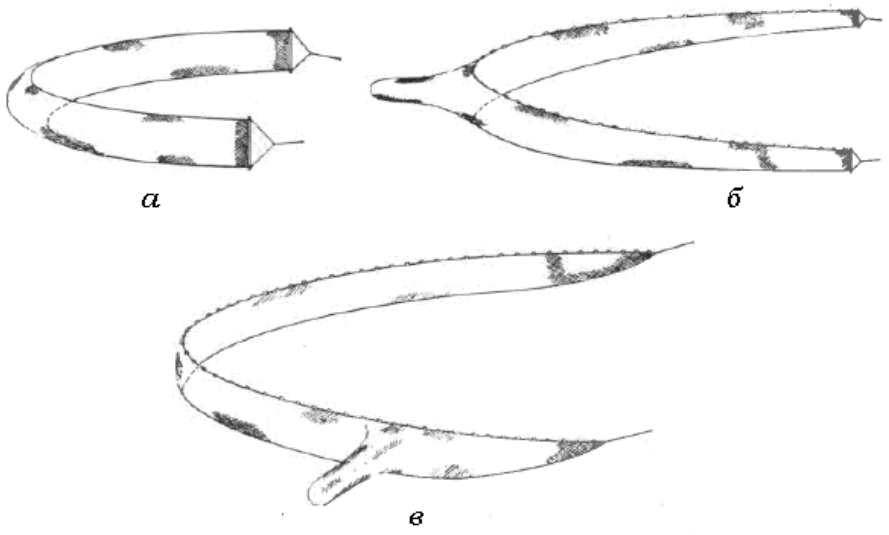


Рисунок 2 - Закидной невод: *а*) безмотеный, *б*) равнокрылый мотеный, *в*) неравнокрылый мотеный

Урезы предназначены для тяги невода. Клячи представляют собой деревянные шесты, которые служат для раправления крыльев невода и предотвращения сближения подбор.

Длина равнокрылых озерных и морских неводов составляет 100 - 1500 м [45]. Длина речных закидных неводов достигает 150 - 800 м. Обычно она превышает ширину обетываемого пространства реки в 1,3 -2,0 раза. Длина морских неравнокрылых закидных неводов составляет 2000 - 2500 м. Она на 15 – 30 % превышает ширину обметываемого пространства вдоль берега.

Высоту невода выбирают такой, чтобы он перекрывал водоем от поверхности до дна.

Первым теоретические основы озерного, речного и морского закидного неводного лова показал Ф.И. Баранов [92]. Им предложены несколько схем работы закидны неводом [8, 72]:

1) Лов неподвижной рыбы подвижным неводом;

2) Лов движущейся рыбы неподвижным неводом;

3) Лов движущейся рыбы подвижным неводом;

4) Невод неподвижен – рыба неподвижна – нет лова.

По первой схеме осуществляют лов озерными, по второй - морскими, по третьей – речными закидными неводами.

Озерный закидной лов является наиболее простым из-за отсутствия сплывания невода по течению и относительной неподвижности облавливаемого скопления рыб [20].

Выделяют несколько видов озерного лова: лов с берега, лов вдали от берега, тотальный облов озер и лов подо льдом [15, 18].

1.2 Внешние силы, действующие на закидные невода

Основной задачей механики закидных неводов является определение формы закидного невода и действующих сил [52, 53, 56, 58, 61] Необходимо определить усилия в самых неблагоприятных условиях работы для обоснования прочности деталей и узлов. Внешние силы зависят от режима работы закидного невода и от его геометрических характеристик [91].

Закидные невода состоят из одномерных (урезы, подборы), двумерных (сетное полотно) и трехмерных элементов (клячи, наплава, груза) [22, 23]. На все эти элементы действуют гравитационные, гидростатические и гидродинамические силы, которые могут быть определены в векторном виде.

Вес уреза закидного невода $\vec{G}_{\text{ур}}$

$$\vec{G}_{\text{ур}} = m_{\text{ур}} \cdot l_{\text{ур}} \cdot g \cdot \vec{k}, \qquad (1)$$

где $m_{\text{ур}}$ – линейная плотность уреза;

$l_{\text{ур}}$ – длина уреза;

g– ускорение свободного падения;

$\vec{k}$ - единичный вектор земной системы координат 0xyz, $\vec{k} \uparrow\uparrow \vec{g}$.

Гидростатическая сила $\vec{A}_{\text{ур}}$, действующая на урез,

$$\vec{A}_{\text{ур}} = -m_{w} \cdot l_{\text{ур}} \cdot g \cdot \vec{k}, \qquad (2)$$

где m_w – масса воды, вытесненная урезом длиной 1 м.

Вес уреза в воде $\vec{Q}_{\text{ур}}$

$$\vec{Q}_{\text{ур}} = \vec{G}_{\text{ур}} + \vec{A}_{\text{ур}} = \left(m_{\text{ур}} - m_w\right) \cdot l_{\text{ур}} \cdot g \cdot \vec{k} \,. \tag{3}$$

Для тросов, канатов и проволок вес в воде может быть определен [23]

$$\vec{Q}_{\text{ур}} = \left(m_{\text{ур}} - 0{,}25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \rho\right) \cdot l_{\text{ур}} \cdot g \,, \tag{4}$$

где ρ – плотность воды.

Гидродинамическая сила, действующая на единицу длины уреза (в проекции на координатные оси)

$$r_x = \frac{1}{2} c_{x\,\text{ур}} \cdot \rho \cdot \upsilon^2 \cdot d_{\text{ур}} \,, \tag{5}$$

$$r_y = \frac{1}{2} c_{y\,\text{ур}} \cdot \rho \cdot \upsilon^2 \cdot d_{\text{ур}} \,, \tag{6}$$

$$r_z = \frac{1}{2} c_{z\,\text{ур}} \cdot \rho \cdot \upsilon^2 \cdot d_{\text{ур}} \,, \tag{7}$$

где $c_{x\,\text{ур}}$ – коэффициент силы сопротивления одномерного тела;

$c_{y\text{ур}}$ – коэффициент боковой (распорной) силы;

$c_{z\,\text{ур}}$ – коэффициент подъемной силы;

$d_{\text{ур}}$ – диаметр уреза.

Гидродинамический коэффициент сопротивления одномерного тела зависит от его материала, угла атаки α, числа Рейнольдса Re, числа Струхала срыва вихрей Sh, числа Струхала вынужденных колебаний уреза Sh_1, числа наружных прядей n, степени турбулентности потока ε, амплитуды колебаний уреза a.

Сила тяжести, действующая на сетную часть закидного невода $\vec{G}$,

$$\vec{G} = M \cdot g \cdot \vec{k} = m_{ф} \cdot F_{ф} \cdot g \cdot \vec{k}, \qquad (8)$$

где M – масса сетной части невода;

$m_{ф}$ – масса сетной пластины фиктивной площадью 1м^2;

$F_{ф}$ - фиктивная площадь сетной стенки невода.

Гидростатическая сила $\vec{A}$, действующая на сетную часть закидного невода,

$$\vec{A} = -\vec{G}_w = -M_w \cdot g \cdot \vec{k}, \qquad (9)$$

где G_w – вес воды, вытесненной сетной частью;

M_w – масса воды, вытесненная сетной частью.

Гидродинамические силы $R_г$, действующие на сетную стенку невода, (ось $x \uparrow\uparrow \vec{\upsilon}$)

$$R_{гx} = \frac{1}{2} \cdot c_x \cdot \rho \cdot \upsilon^2 \cdot F_{н}, \qquad (10)$$

$$R_{гy} = \frac{1}{2} \cdot c_y \cdot \rho \cdot \upsilon^2 \cdot F_{н}, \qquad (11)$$

$$R_{гz} = \frac{1}{2} \cdot c_z \cdot \rho \cdot \upsilon^2 \cdot F_{н}, \qquad (12)$$

где c_x, c_y, c_z – гидродинамические коэффициенты сопротивления;

$F_{н}$ - площадь ниток сетной стенки невода.

На трехмерные тела рыболовных систем (груза, поплавки) помимо гравитационных, гидродинамических и гидростатических сил, действуют силы реакции грунта.

Сила тяжести трехмерного тела G_T

$$G_T = m_T \cdot \vec{g}\,, \tag{13}$$

где m_T – масса трехмерного объекта.

Гидростатическая сила $\vec{A}_T$

$$\vec{A}_T = -\vec{G}_{Tw} = -m_{Tw} \cdot g \cdot \vec{k} \tag{14}$$

где m_{Tw}– масса воды, вытесненной трехмерным телом;

G_{Tw} – вес воды, вытесненной трехмерным телом.

Гидродинамические силы R_T, действующие на трехмерные тела

$$R_{Tx} = \frac{1}{2} c_{x_\text{Т}} \cdot \rho \cdot \upsilon^2 \cdot F\,, \tag{15}$$

$$R_{Ty} = \frac{1}{2} c_{y_\text{Т}} \cdot \rho \cdot \upsilon^2 \cdot F\,, \tag{16}$$

$$R_{Tz} = \frac{1}{2} c_{z_\text{Т}} \cdot \rho \cdot \upsilon^2 \cdot F\,, \tag{17}$$

где $c_{x\text{Т}}$, $c_{y\text{Т}}$, $c_{z\text{Т}}$ – гидродинамические коэффициенты сопротивления трехмерного тела;

F – характерная площадь трехмерного тела

Сила сопротивления грунта

$$\text{R}_{гр.x} = f_{тр} \cdot q \cdot \text{L}_{\text{н.п.}}\,, \tag{18}$$

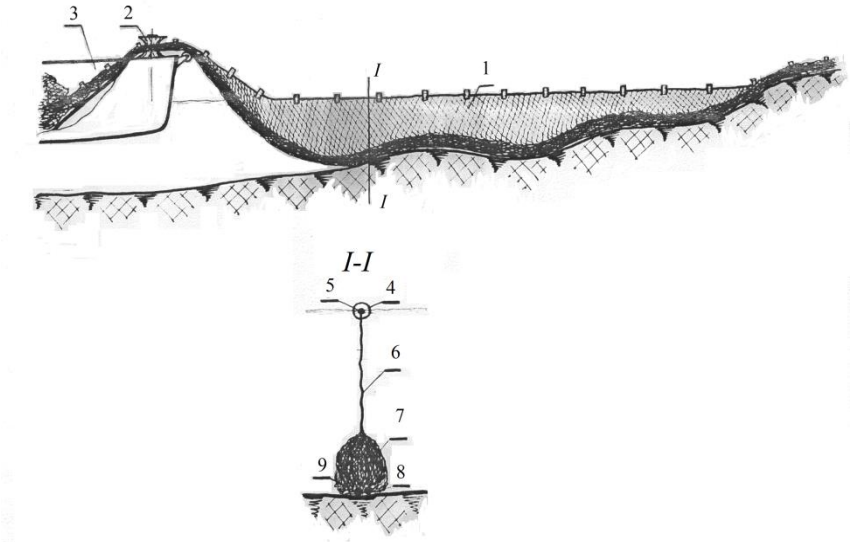
где $f_{тр}$– коэффициент трения;

q – вес в воде загрузки 1 м нижней подборы;

$\text{L}_{\text{н.п.}}$ – длина нижней подборы невода.

В процессе лова сетное полотно невода либо расправлено, либо частично собрано в жгут (рисунок 3), когда невод находится на глубине,

меньше расчетной. Исследование сопротивления жгута закидного невода приводится в диссертации И.Ш. Тюктяева [87].



1 – невод; *2* – неводонаборочная машина; *3* – самометный неводник; *4* – поплавок; *5* – верхняя подбора; *6* – расправленное сетное полотно; *7* - собранное в жгут сетное полотно; *8* – нижняя подбора; *9* – рабочая подбора

Рисунок 3 - Невод, часть которого собрана в жгут

Согласно экспериментам сопротивление жгута невода составляет 60 - 70 % сопротивления оснащенного невода. Сопротивление жгута невода определяет параметры неводовыборочных машин. Сопротивление жгута сетного полотна можно представить функцией

$$R_{\text{жг}} = f\left(\upsilon_{\text{теч}}, \frac{d}{a}, L_{\text{н}}, H, \frac{U_x}{U_y}, q, \alpha\right). \qquad (19)$$

Основные факторы, оказывающие влияние на сопротивление жгута невода: скорость и направление течения, размеры сетного полотна в посадке, загрузка невода, отношения диаметра нити к шагу ячеи, характер грунта, угол атаки.

Сопротивление оснащенного невода, частично собранного в жгут, а частично расправленного, определяется как

$$R = R_{распр} + R_{жг} + R_{попл}, \quad (20)$$

где $R_{распр}$ – сопротивление расправленной части сетного полотна;

$R_{попл}$ – сопротивление верхней подборы с поплавками.

Сетное полотно, собранное в жгут, испытывает силу сопротивления воды и трение о грунт. Сопротивление воды можно определить по формуле

$$R_{жг.в} = k \cdot F \cdot \upsilon^n. \quad (21)$$

Силу трения жгута о дно определяется как

$$R_{жг.тр} = f_{тр} \cdot N, \quad (22)$$

где N – нормальная сила.

Сопротивление жгута сетного полотна при его движении параллельно своей оси

$$R_{жг} = 60 \cdot \frac{d}{a} \cdot \Lambda \cdot \Theta \cdot M \cdot \Psi \cdot U \cdot e^{1.8 \cdot \upsilon_ж}, \quad (23)$$

где $R_{жг}$ – сопротивление жгута сетного полотна при его движении под углом 90˚ к оси жгута;

Λ – коэффициент, характеризующий изменения сопротивления жгута сетного полотна в зависимости от его длины;

Θ– коэффициент, характеризующий изменения сопротивления жгута сетного полотна в зависимости от высоты стены;

M – коэффициент, характеризующий изменения сопротивления жгута сетного полотна в зависимости от его загрузки;

Ψ – коэффициент, характеризующий изменения сопротивления жгута сетного полотна в зависимости от грунта дна;

U – коэффициент характеризующий изменения сопротивления жгута сетного полотна в зависимости от коэффициента посадки;

$\upsilon_ж$– скорость движения жгута сетного полотна, м/с.

Сопротивление жгута сетного полотна при движении под углом 90˚ определяется по формулам

$$R_{90} = 10R_0 \text{ при } \upsilon = 0{,}4 \text{ м/с}, \quad (24)$$

$$R_{90} = 4{,}5R_0 \text{ при } \upsilon = 0{,}6 \text{ м/с}, \quad (25)$$

$$R_{90} = 3{,}5R_0 \text{ при } \upsilon = 0{,}8 - 1{,}2 \text{ м/с}. \quad (26)$$

Сопротивление жгута сетного полотна при движении под углом α где $0< \alpha <90$˚, определяется по формулам

$$R_\alpha = R_0 + 9R_0 \sin\alpha \text{ при } \upsilon = 0{,}4 \text{ м/с}, \quad (27)$$

$$R_\alpha = R_0 + 3{,}5R_0 \sin\alpha \text{ при } \upsilon = 0{,}6 \text{ м/с}, \quad (28)$$

$$R_\alpha = R_0 + 2{,}5R_0 \sin\alpha \text{ при } \upsilon = 0{,}8 - 1{,}2 \text{ м/с}. \quad (29)$$

Погрешность данной формулы не превышает 8 % за исключением двух случае из 35.

1.3 Методы расчета и схемы для определения усилий, действующих на закидные равнокрылые невода

Существует несколько способов расчета характеристик закидных неводов [10]:

1) Практический (производственный) метод;

2) Метод расчета по теоретическим кривым;

3) Метод механического моделирования;

4) Метод механической имитации;

5) Графоаналитический метод.

Метод проектирования закидных неводов по теоретическим кривым (кривым сплывания) (рисунок 4) был разработан на кафедре промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «АГТУ» под руководством профессора кафедры В.Н. Войниканис-Мирского [17]. Метод позволяет строить закидные невода, конструкция которых точно соответствует тоневому участку.

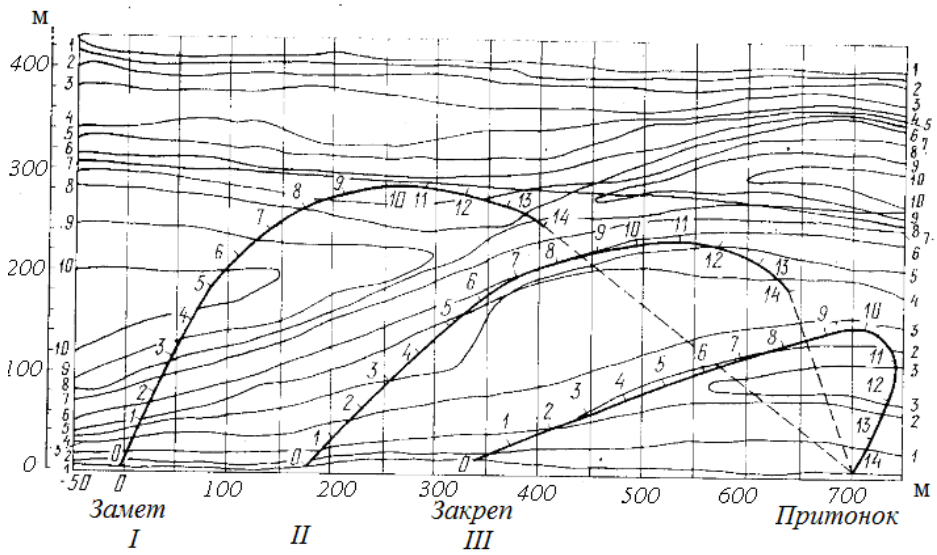


Рисунок 4 - Батиметрический план тони с нанесенными кривыми сплывания

После нанесения кривых строят теоретический чертеж невода (рисунок 5).

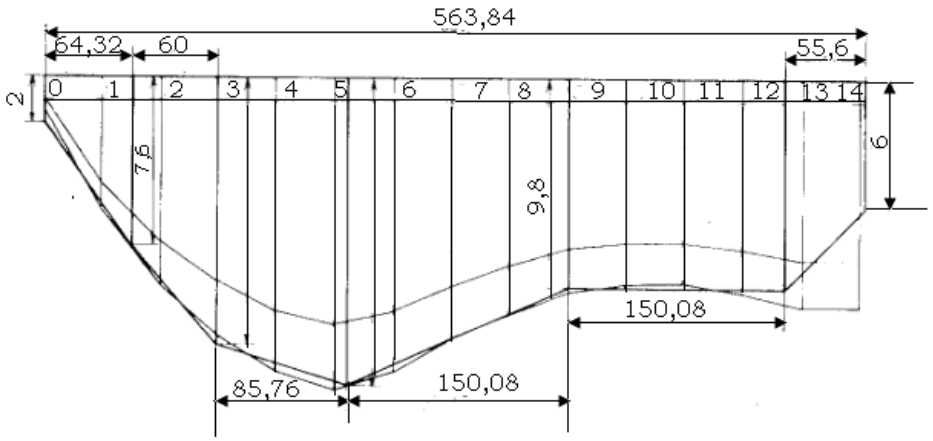


Рисунок 5 - Теоретический чертеж закидного невода по В.Н. Войниканис-Мирскому

Построение чертежа невода по профилям наибольших глубин. Теоретический чертеж невода теоретический чертеж закидного невода

можно строить по профилям наибольших глубин. Профили глубин разных сечений тони накладывают друг на друга, затем обводят по выступам общий наибольший профиль. К нему до полной длины невода добавляется равностенный кусок дели.

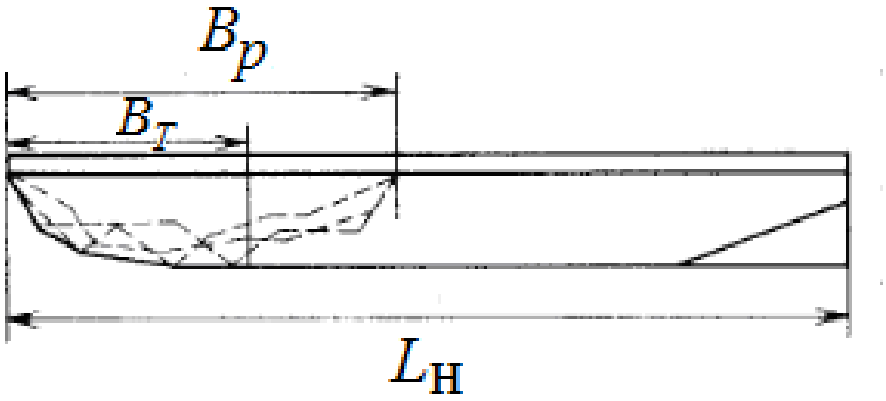


Рисунок 6 - Построение теоретического чертежа закидного невода по профилю наибольших глубин

Метод дает хорошие результаты при работе на ровных пологих тонях; требует меньше усилий, чем метод построения по кривым сплывания, однако не применим на тонях с неровным дном, потому что не учитывается перемещение невода по тоне и, соответственно, не обеспечивается перекрытие всех глубин.

Метод механического моделирования базируется на теории подобия [34]. При моделировании орудий рыболовства необходимо обеспечить геометрическое и силовое подобие [70], подобие формы модели и натуры в потоке жидкости и подобие картины обтекания. При этом моделируются не отдельные сети и узлы орудий рыболовства, а вся сеть как единая геометрическая поверхность; не отдельные грузы, поплавки и прочие элементы, а их усилия, приложенные в соответствующих точках сети. Начальные и граничные условия для модельного и натурного потоков должны быть тождественны и могут отличаться лишь масштабами заданных величин. Метод механического моделирования позволяет проводить эксперимент с моделью закидного невода. Это упрощает опыты и снижает

материальные и трудовые затраты. Однако есть вероятность не учесть факторы, оказывающие влияние на орудие рыболовства.

Метод механической имитации [71] заключается в изготовлении и испытании простой модели расчетной схемы орудия лова или его частей. Геометрические линии чертежа заменяются гибкими нитями, к которым приложены в соответствующих частях действующие силы, имитируемые грузиками и пружинами. Под их действием определяется форма закидного невода и величина реакций в точках закрепления. Внешние силы должны быть заданы или определены по величине и направлению, а затем они имитируются в выбранном масштабе. Экспериментальная установка для механической имитации речного закидного неводного лова и методика проведения опытов были разработаны в 1969 г. В ФГБОУ ВО «АГТУ» под руководством профессора В.Н. Войниканис-Мирского [21, 34]. Имитируется форма невода и силы, действующие во время лова: давление воды, трение нижней подборы о дно, натяжение урезов.

Графоаналитический метод (рисунок 7) позволяет определять форму закидного невода при статическом движении.

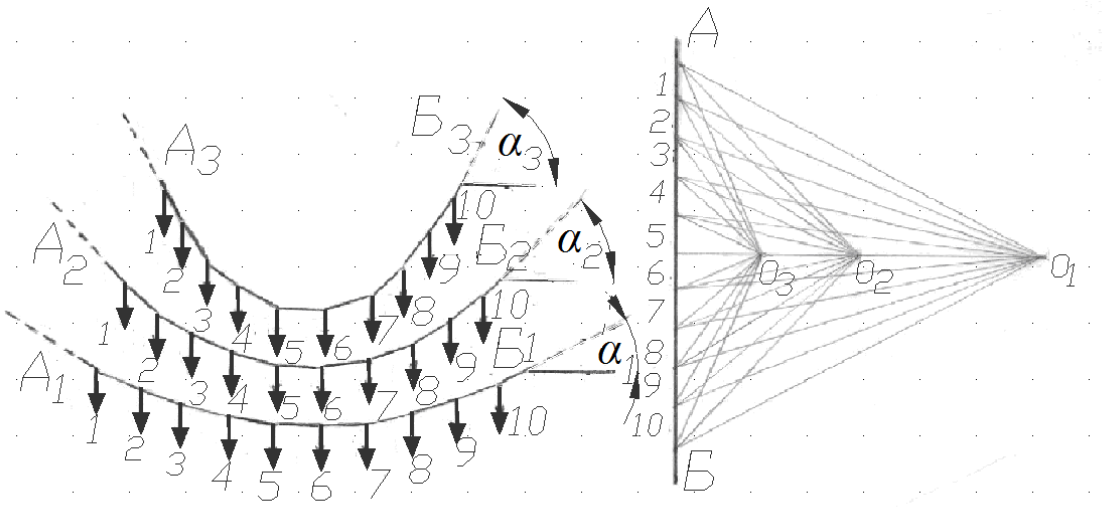


Рисунок 7 - Пример графоаналитического расчета формы гибкой нити

Недостатками графоаналитического метода являются низкая точность, значительные затраты времени на построение, отсутствие возможности

моделировать процесс лова в динамике. Нельзя использовать метод для проектирования новых закидных неводов. Е.Л. Вереин [13] указывал на то, что графоаналитический метод применим для анализа работы существующих закидных неводов, но не для проектирования новых. С учетом некоторых дополнений, метод можно использовать для расчета закидных неводов. Во-первых, необходимо определить скорость сплывания для построения на батиметрическом плане реки последовательных положений невода. Во-вторых, необходимо знать величину натяжения подбор невода (или трения нижней подборы, или силу тяги за урез невода) для построения силовых многоугольников.

Различными авторами разработаны схемы определения усилий действующих на закидные невода.

Профессором кафедры промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «КГТУ» М.М. Розенштейном в работе [72] предложена формула для определения натяжения в урезе речного закидного невода

$$T = \frac{\sum_{i}^{n} R_{\alpha i}}{\cos\beta}, \qquad (30)$$

где R_α – сопротивление участка стенки невода, расположенного под углом α к направлению речного течения;

i – порядковый номер участка стенки невода;

n – число участков, на которое разбита стенка невода;

β – угол между пятным и бежным урезом и направлением речного течения.

Сопротивление равнокрылых закидных неводов и натяжение урезов зависит от схемы замета [32]. Ю.Б. Барановым в работе [9] были описаны различные схемы озерного лова и методы расчета элементов их механизации.

Схема 1 - облов по площадям прямоугольной формы.

Схема 2 - облов по площадям трапецеидальной формы.

Схема 3 - облов по площадям круговой формы с закреплением судна на грунте при выборке невода.

Схема 4 - облов по площадям круговой формы со свободным дрейфом судна при выборке невода.

Схема 5 - облов по площадям овальной формы.

Схема 6 - облов по площадям круговой формы одноботным методом.

При лове по схеме 1 (рисунок 8) усилие в урезеT_1 (в кгс) или тяговое усилие неводовыборочной машины определяется как

$$T_{\text{I}} = \frac{1}{2} \cdot 180 \cdot \frac{d}{a} \cdot H \cdot L_{\text{н}} \cdot \upsilon_{\text{м}}^2, \qquad (31)$$

где d – диаметр нити сетного полотна, мм;

a – шаг ячеи сетного полотна, мм;

H – высота стенки невода, м;

$\upsilon_м$ – скорость, обеспечиваемая неводовыборочной машиной, м/с.

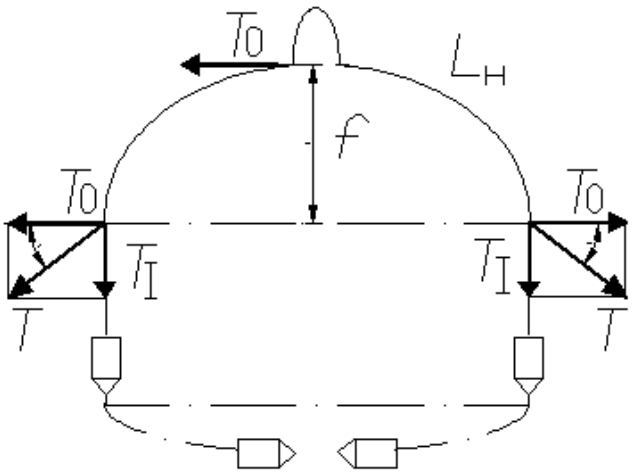


Рисунок 8 - Схема облова по площадям прямоугольной формы

При лове по схеме 2 (рисунок 9) тяговые усилия приближены к усилиям выборки схемы 1.

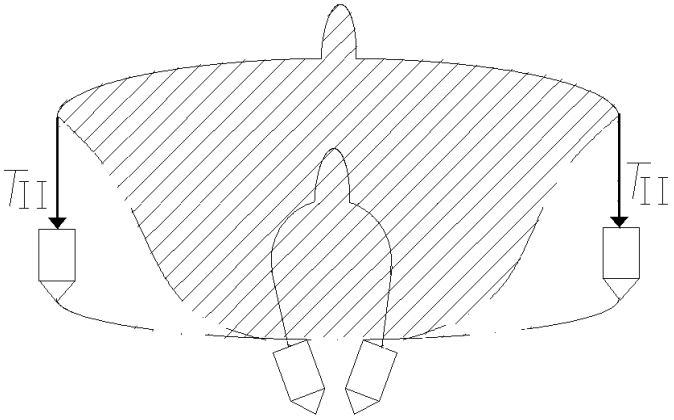


Рисунок 9 - Схема облова по площадям трапецеидальной формы

При работе по схеме 3 невод выметывается по окружности, затем выбирается двумя неводникам. Урезы и крылья невода стягиваются к центру тони. Усилие в урезе определяется по формуле

$$T_{\text{III}} = k_{\text{З}} \cdot H \cdot L_{\text{н}} \cdot \upsilon_{\text{м}}^2, \tag{32}$$

где коэффициент k_3равняется

$$k_{\text{З}} = \frac{14{,}799}{1000} \cdot \frac{d}{a} + \frac{0{,}552}{1000}. \tag{33}$$

При работе по схеме 4 усилие в урезе:

$$T_{IV} = k_4 \cdot H \cdot L_{\text{н}} \cdot \upsilon_{\text{м}}^2, \tag{34}$$

где коэффициентk_4 равняется

$$k_4 = \frac{41{,}286}{1000} \cdot \frac{d}{a} + \frac{1{,}216}{1000}. \tag{35}$$

При лове по схеме 5 усилие в урезе определяется

$$T_{V1} = k_{\text{З}} \cdot H \cdot L_1 \cdot \upsilon_{м}^2. \tag{36}$$

где L_1 – длина дуги криволинейных участков выметанного невода.

При подставлении коэффициента k_3 и длины дуги криволинейных участков L_1, получится

$$T_{V1} = \left(\frac{14{,}77862}{1000} \cdot \frac{d}{a} + \frac{0{,}55211}{1000} \right) \cdot H \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \upsilon_м^2 . \qquad (37)$$

Усилие, вызванное перемещением центрального участка крыла определяется

$$T_{V2} = \frac{1{,}25525 \cdot (\xi - 1)}{1000 \cdot (\xi + 0{,}571)} \cdot H \cdot L_н \cdot \upsilon_м^2 . \qquad (38)$$

Полное усилие крыла закидного невода выражается формулой

$$T_V = k_V \cdot H \cdot L_н \cdot \upsilon_м^2 , \qquad (39)$$

$$k_V = \frac{23{,}634 \cdot \frac{d}{a} + 1{,}255 \cdot \xi - 0{,}373}{1000 \cdot (\xi + 0{,}571)} . \qquad (40)$$

1.4 Расчет усилия в урезе и гидродинамического сопротивления закидного невода по Ю.Б. Баранову

В общем виде усилие в урезе определятся по формуле

$$T_i = k_i \cdot H \cdot L_н \cdot \upsilon_м^2 , \qquad (41)$$

где k – коэффициент, зависящий от формы замета невода;

i – индекс, определяющий форму замета невода.

Коэффициент k_i зависит от формы замета (таблица 2). Поправочный коэффициент $k_{попр}$ введен в связи, с обнаруженным в процессе расчетов

недочетом в первоначальной формуле Ю.Б. Баранова. Поправочный коэффициент равняется 5400.

Таблица 2 - Формула для расчета коэффициента k_i в зависимости от формы замета равнокрылого закидного невода

Номер схемы замета	Название схемы замета	Формула для расчета коэффициента k_i
Схема 1	Облов по площадям прямоугольной формы	$k_1 = k_{\text{попр}}\left(\frac{245{,}166}{1000}\cdot\frac{d}{a}\right)$
Схема 2	Облов по площадям трапецеидальной формы	-
Схема 3	Облов по площадям круговой формы с закреплением судна на грунте при выборке невода	$k_3 = k_{\text{попр}}\left(\frac{14{,}799}{1000}\cdot\frac{d}{a}+\frac{0{,}552}{1000}\right)$
Схема 4	Облов по площадям круговой формы со свободным дрейфом судна при выборке невода	$k_4 = k_{\text{попр}}\left(\frac{41{,}286}{1000}\cdot\frac{d}{a}+\frac{1{,}216}{1000}\right)$
Схема 5	Облов по площадям овальной формы	$k_5 = k_{\text{попр}}\left(\frac{23{,}634\cdot\frac{d}{a}+1{,}255\cdot\xi-0{,}373}{1000\cdot(\xi+0{,}571)}\right)$
Схема 6	Облов по площадям круговой формы одноботным методом	$k_6 = k_{\text{попр}}\left(\frac{122{,}583}{1000}\cdot\frac{d}{a}\right)$

Для расчета усилия и гидродинамического сопротивления выбраны 44 закидных невода различных конструкций (ПРИЛОЖЕНИЕ А). Характеристики неводов взяты из справочников [64, 65, 66, 67]. Расчет средних взвешенных характеристик закидных проводился по формулам (42) – (46).

$$d_{\text{св}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(d_i \cdot F_{\text{н}i}\right)}{F_{\text{н}}}, \qquad (42)$$

$$a_{св} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(a_i \cdot F_{нi}\right)}{F_н}, \quad (43)$$

$$U_{x_{св}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(U_{x_i} \cdot F_{нi}\right)}{F_н}, \quad (44)$$

$$U_{y_{св}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(U_{y_i} \cdot F_{нi}\right)}{F_н}. \quad (45)$$

$$F0_{св} = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_{oi} \cdot F_{нi}}{F_н}, \quad (46)$$

$$F_н = F_ф \cdot \frac{d}{a} = F_Г \cdot \frac{d}{a} \cdot \frac{1}{U_x \cdot U_y}, \quad (47)$$

где $F_ф$ – фиктивная (в жгуте) площадь участка закидного невода;

$F_г$ – габаритная площадь участка закидного невода.

Расчеты проводились при пятнадцати значениях скорости (таблица 3).

Таблица 3 - Значения скоростей выборки при расчете усилия в урезе

Номер *j*	Значение скорости, м/мин
1	2
1	1
2	4
3	7
4	10
5	13
6	16
7	19
8	22
9	25
10	28
11	31
12	33

Окончание таблицы 3

1	2
13	35
14	38
15	40

Рассмотрим расчет на примере закидного невода 120 х 2,8 м (ПРИЛОЖЕНИЕ Г). Рассчитаем значения коэффициентов k_i (таблица 4).

Таблица 4- Значения коэффициентов k_i для закидного невода 120 х 2,8 м

Формула для расчета коэффициента k_i	Значение коэффициента k_i, кг/м^3
$k_1 = k_{\text{попр}}\left(\frac{245{,}166}{1000}\cdot\frac{d}{a}\right)$	49,033
$k_3 = k_{\text{попр}}\left(\frac{14{,}799}{1000}\cdot\frac{d}{a}+\frac{0{,}552}{1000}\right)$	5,941
$k_4 = k_{\text{попр}}\left(\frac{41{,}286}{1000}\cdot\frac{d}{a}+\frac{1{,}216}{1000}\right)$	14,824
$k_5 = k_{\text{попр}}\left(\frac{23{,}634\cdot\frac{d}{a}+1{,}255\cdot\xi-0{,}373}{1000\cdot(\xi+0{,}571)}\right)$	6,04
$k_6 = k_{\text{попр}}\left(\frac{122{,}583}{1000}\cdot\frac{d}{a}\right)$	24,517

Были рассчитаны значения усилия в урезе T_i. Результаты расчетов представлены в виде графиков зависимостей $T = f(\upsilon_м)$ (рисунок 10).

Гидродинамическое сопротивление закидного невода рассчитывалось как удвоенное значение усилия в урезе

$$R_i = 2 \cdot k_i \cdot H \cdot L_{\text{н}} \cdot \upsilon_м^2. \qquad (48)$$

В данном случае не учитывалось трение нижней подборы невода о грунт водоема. Результаты расчетов представлены в виде графиков зависимостей $R(\upsilon_м)$ (рисунок 11).

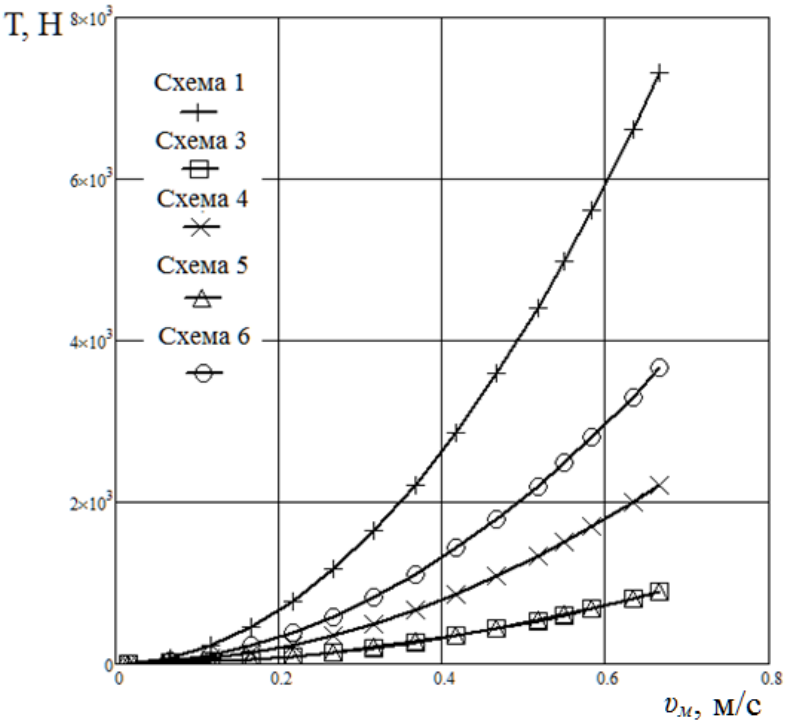


Рисунок 10 - График зависимости усилия в урезе от скорости выборки

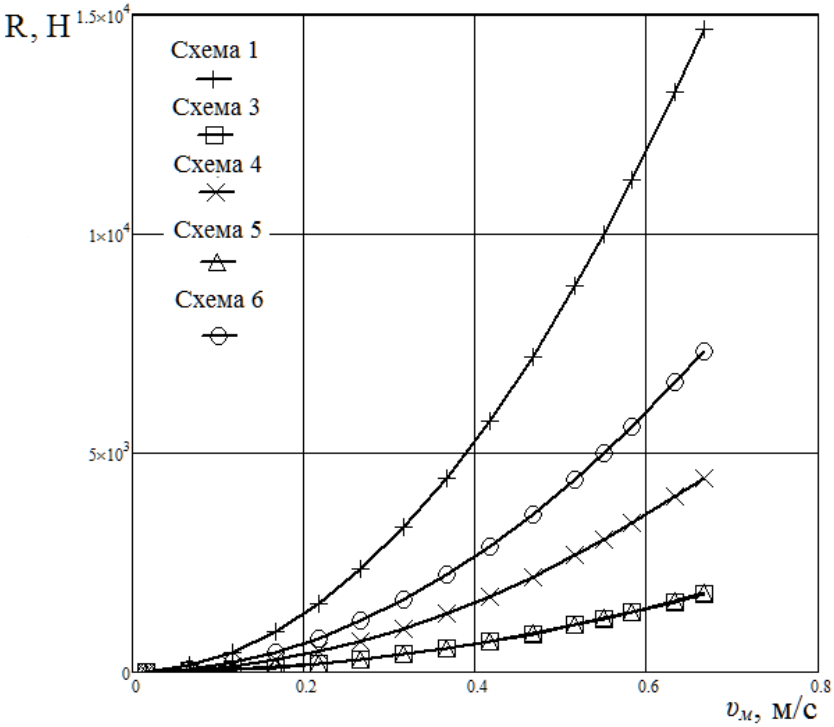


Рисунок 11 - График зависимости силы гидродинамического сопротивления закидного невода от скорости выборки

Рассчитано значение числа Рейнольдса и коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от скорости выборки. Построены график зависимости числа Рейнольдса от скорости выборки (рисунок 12) и график зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления от скорости выборки (рисунок 13).

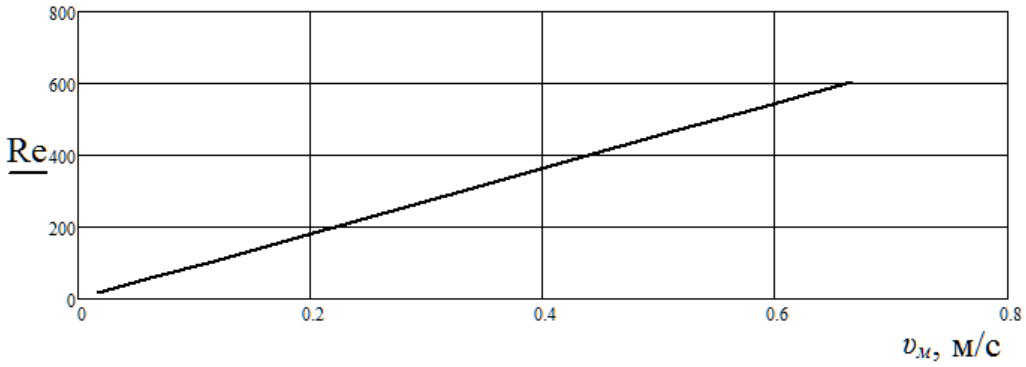


Рисунок 12 - График зависимости числа Рейнольдса от скорости выборки

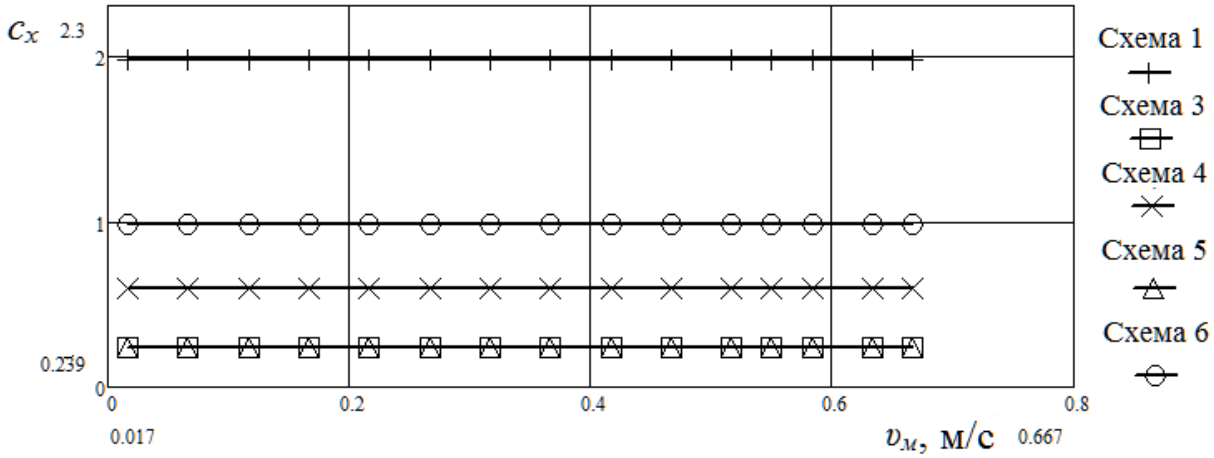


Рисунок 13 - График зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления от скорости выборки

Коэффициент гидродинамического сопротивления получился постоянным при изменении скорости, потому, что формула Ю.Б. Баранова не учитывают изменения формы закидного невода в процессе выборки.

1.5 Расчет усилия в урезе закидного невода 120 х 2,8 м при схематизации цепной линией

Примем рабочую гипотезу, что форма закидного невода – цепная линия. Примем как допущение, что отсутствует выдувание сетного полотна. Рассмотрим схему сетной стенки закидного невода в форме цепной линии (рисунок 14). Закидной невод соединен с урезами в точках А и В.

На представленной схеме разобьем закидной невод на восемь участков точками *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*. Длина невода $L_н$ равна длине дуги АВ.

Усилие в урезе при принятии указанной гипотезы и допущений может быть вычислено по формуле цепной линии

$$T = \frac{q \cdot L_н^{\,2}}{8 \cdot f} + \frac{q \cdot f}{2}, \qquad (49)$$

где q – сила сопротивления, приходящаяся на единицу длины закидного невода;

f – стрела прогиба закидного невода в форме цепной линии;

$L_н$ – длина закидного невода.

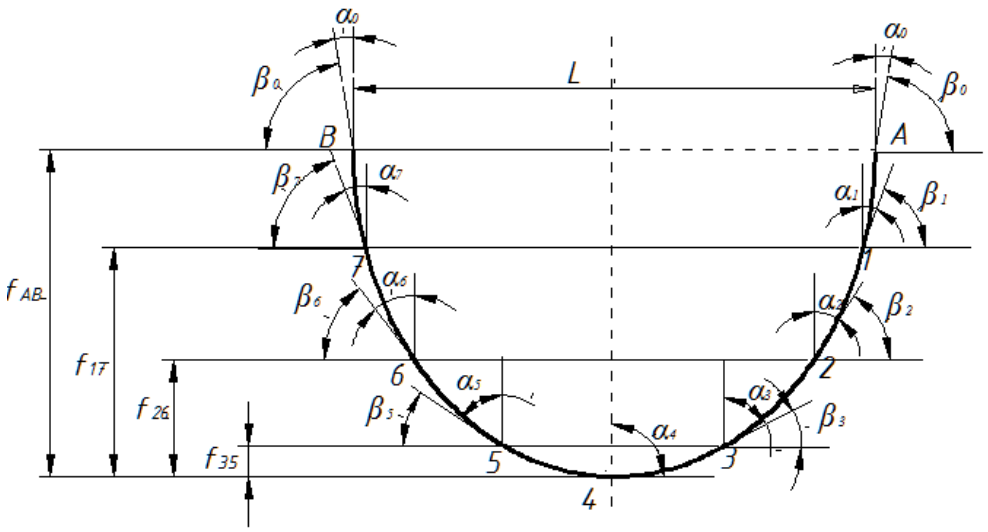


Рисунок 14 – Расчетная схема для определения характеристик сетной стенки закидного невода в форме цепной линии

Для расчета коэффициента гидродинамического сопротивления стенки закидного невода может использоваться формула А.С. Ревина [70]

$$c_x = c_0 + (c_{90} - c_0) \cdot \alpha, \quad (50)$$

где c_0 – коэффициент сопротивления сетного полотна, плоскость которого расположена вдоль набегающего потока воды;

c_{90} – коэффициент сопротивления сетного полотна, плоскость которого расположена перпендикулярно к набегающему потоку.

Коэффициент сопротивления c_0 рассчитывается по формуле

$$c_0 = 0{,}05 \cdot k^{-1} \cdot \mathrm{Re}^{-b_2}, \quad (51)$$

Коэффициент сопротивления c_{90} рассчитывается по формуле

$$c_{90} = b_1 \cdot k \cdot \mathrm{Re}^{-b_2}, \quad (52)$$

где коэффициент $b_2 = 0{,}15$.

Коэффициент k

$$k = \frac{1}{1 + \left(\frac{d}{S_{AB}} \right)^{\frac{1}{3}}}. \quad (53)$$

При расчете закидного невода как цепной линии коэффициент гидродинамического сопротивления получился постоянным при изменении скорости выборки, потому что не учитывается изменение формы закидного невода (рисунок 15).

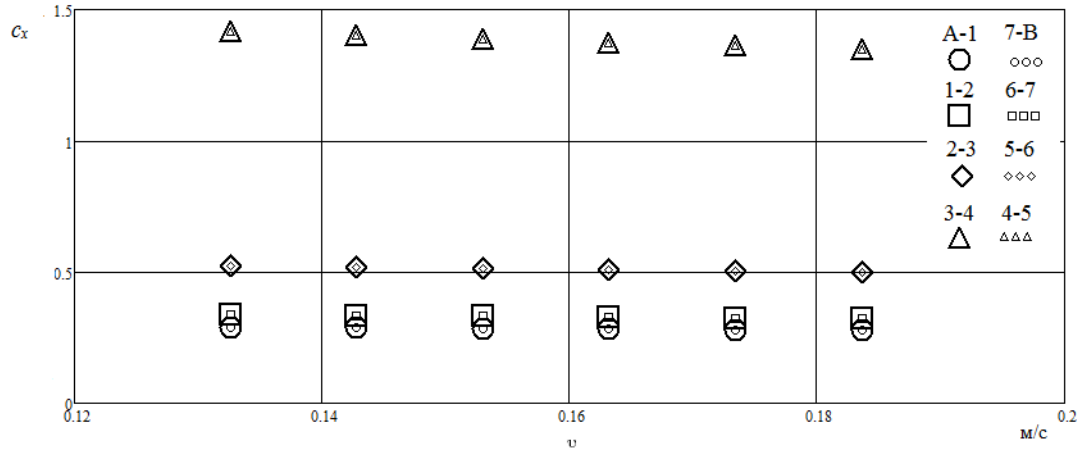


Рисунок 15 - График зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления участков закидного невода от скорости выборки

Очевидно, что схематизация цепной линией не учитывает вертикальное выдувание сетного полотна.

1.6 Механизация закидного неводного лова

Закидные невода достигают больших размеров, поэтому их использование невозможно без средств механизации. Данный вид лова был механизирован одними из первых в России [12]. Наиболее трудоемкими операциями являются выборка урезов и крыльев невода. Для выборки неводов применяются лебедки и неводовыборочные машины [84]. Машины для тяги закидных неводов по конструктивным особенностям можно разделить на:

1) Самоходные (неводовыборочные машины ТУБ-3Т, БСМК – ТТ-3М и лебедка Н19-ИВЕ).

2) Несамоходные (лебедка МЛ-43, лебедка Н19-ИВЖ).

3) Судовые (машина неводовыборочная Н19-ИВА, Н19-ИВА/1 - правое и левое исполнение, машина неводовыборочная навивная 6278МН-492-002, машина неводовыборочная НВМ2-200 (6104/2-296-002), машина неводовыборочная «Нева» Н26-ИДБ/1, оборудование «Ильмень», тяговый универсальный барабан ТУБ-4С).

4) Стационарные (лебедка неводовыборочная речная ЛРН-1, неводовыборочная машина стержневая Н19-ИВВ-1, лебедка «Заводь», машина А.А. Полонского).

5) Прицепные (неводовыборочная машина навивная Н19-ИВД/1).

Технические характеристики некоторых промысловых механизмов для выборки закидных неводов приведены в приложении (Приложение Б).

1.7 Установки для испытания орудий и процессов рыболовства

1.7.1 Полигоны (на примере Вислинского (Калининградского) залива)

Полигоны для экспериментов с орудиями рыболовства создаются на естественных водоемах. Это позволяет обеспечить условия экспериментов, близкие к условиям работы рыболовных орудий, снизить влияние масштабного эффекта на результаты опытов и увеличить их достоверность, но в тоже время ухудшает условия проведения эксперимента за счет таких факторов как волнение, ветер и др. [59].

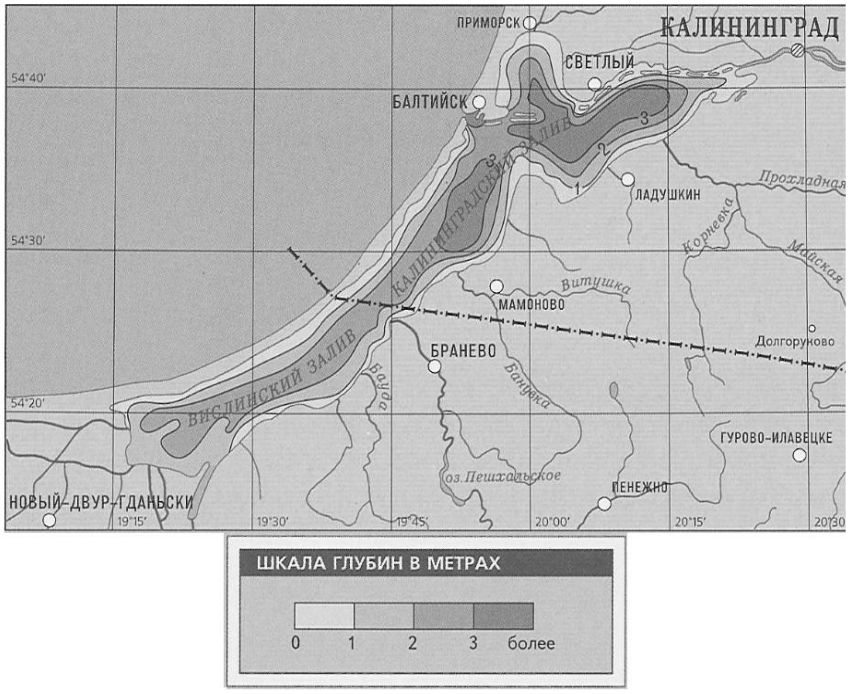


Рисунок 16 - Батиметрическая карта Вислинского (Калининградского) залива

Вислинский (Калининградский) залив является лагуной [16, 24, 25, 30]. Средняя глубина 2,7 м, наибольшая глубина 5,2 м (рисунок 16 [24]). Глубины постепенно уменьшаются от пролива к югу. Средняя глубина на севере в Калининградской области 2,8 м, на юге (на Польской территории) 2,4 м. Наибольшая длина 90,7 км, средняя ширина составляет 9,2 км, длина береговой линии – 270 км. Объем залива составляет 2,5 км^3. Дно представляет собой ил мягкой консистенции серой и темно-серой окраски. Слой осадочных пород достигает 2 км. Вдоль берегов залива тянутся песчаные отложения, шириной 1,5 - 2,0 км. Залив считается солоноватым водоемом. Здесь добывают такие виды рыб как салака, судак, лещ и угорь.

1.7.2 Опытовые бассейны

Опытовый бассейн – экспериментальная установка, предназначенная для исследования гидромеханических качества объекта.

Опытовые бассейны предназначены для проведения измерений силы при перемещении объекта с заданной скоростью. Принцип действия опытовых бассейнов зависит в измерении сопротивления воды движению объекта при заданной скорости буксировки в бассейне, заполненном водой.

Для буксировки исследуемых объектов опытовые бассейны оборудуются буксировочными тележками.

Опытовые бассейны, длина которых значительно превосходит ширину, называются гидроканалами.

Выделяют три режима движения объекта: разгонный участок, режим установившегося движения и участок торможения.

1.7.3 Гидроканалы и гидролотки

В современном мире существует много гидроканалов и гидролотков, например: гидроканал SINTEF (г. Хиртсхал, Дания); гидроканал Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ) (г. Санкт-

Петербург, Российская Федерация); гидроканал ОАО «МариНПО» (г. Калининград, Российская Федерация) и др.

Гидроканал ОАО «МариНПО» (рисунок 17, таблица 5) был построен и введен в эксплуатацию в 1979 г. в Калининграде [38, 54, 60].

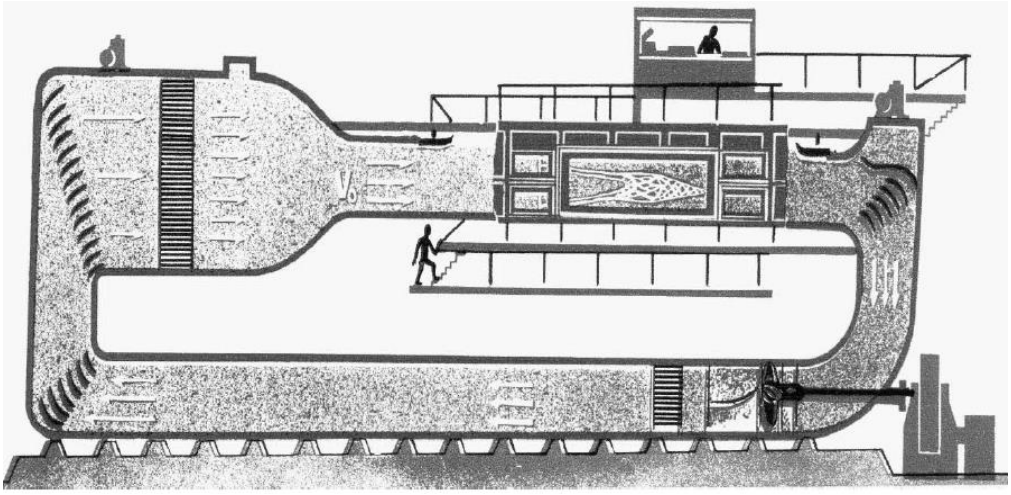


Рисунок 17– Гидроканал ОАО «МариНПО» в продольном разрезе

Он представляет собой замкнутую кольцевую трубу с различным по длине сечением, в котором осуществляется принудительная циркуляция воды с помощью гребного винта. Для наблюдений и видеосъемки гидроканал оборудован 18 прямоугольными иллюминаторами размерами 1,5 х 0,6 м, которые расположены в днище и боковых стенках. В передней стенке расположено смотровое окно размерами 6 х 1,8 м (рисунок 18).

Рисунок 18 - Смотровое окно рабочего участка гидроканала ОАО «МариНПО»

Над рабочим участком в пульте управления находится аппаратура для управления и приборы, контролирующие параметры потока (рисунок 19). Установка моделей орудий рыболовства осуществляется сверху (рисунок 19).

Рисунок 19 Участок для установки моделей орудий рыболовства

Таблица 5 - Технические характеристики гидроканала ОАО «МариНПО»

Параметр	Значение
Габаритные размеры, м	34х9х12
Габаритные размеры рабочего участка, м	14х3х2
Высота рабочего участка по зеркалу воды, м	2
Объем воды, $м^3$	900
Максимальная скорость воды на рабочем участке, м/с	3,4
Мощность привода потребляемая, кВт	117
Мощность привода установленная, кВт	250
Диаметр импеллера, м	2,1
Производительность импеллерного насоса $м^3/с$	21,0

1.7.4 Аэродинамические трубы

Аэродинамические трубы первоначально создавались для исследования аэродинамических характеристик самолетов. В 1933 г. впервые в аэродинамической трубе было проведено испытание модели донного трала.

Аэродинамические трубы позволяют исследовать сопротивление орудий рыболовства.

Испытание моделей орудий рыболовства в аэродинамической трубе позволяет обеспечить свободный и удобный доступ к испытываемой модели и измерительным приборам в процессе проведения эксперимента; визуальное наблюдение за экспериментом. Недостатками исследования моделей орудий рыболовства в аэродинамических трубах является: необходимость закрепления модели при помощи оттяжек; гидростатический плав орудий рыболовства не моделируются, а заменяется оттяжками.

1.8 Выводы по главе 1

В первой главе произведен анализ литературы по теме диссертации. В результате анализа получены следующие выводы:

1) Наиболее изученным является речной закидной неводной лов. Существующие методы расчета характеристик разработаны преимущественно для речных закидных неводов. Расчет характеристик морских и озерных закидных неводов рассматривается как частный случай проектирования речных закидных неводов.

2) Для расчета характеристик закидных неводов используются методы, разработанные в середине XX века. Эти методы не учитывают изменение геометрических и силовых характеристик закидных неводов при выборке. 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 урезе закидного равнокрылого невода 120 х 2,8 м. Получены значения поправочного коэффициента k_i. Поправочный коэффициентk_i зависит от схемы облова водоема закидным неводом. Построены графики зависимости усилия в урезе и силы гидродинамического сопротивления рассчитанных с учетом различных поправочных коэффициентов k_i, от скорости выборки. Построен график зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления c_x от скорости выборки. Установлено, что формула Ю.Б. Баранова для расчета усилия в урезе не учитывает изменение формы закидного невода при выборке.

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

5) Рассмотрены существующие установки для исследования силовых и геометрических характеристик орудий рыболовства: полигоны; опытовые бассейны; гидроканалы и гидролотки; аэродинамические трубы и др.

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

Эксперименты на полигонах позволяют снизить влияние масштабного эффекта на результаты опытов, что увеличивает их достоверность. Также достоинством полигоном является возможность исследовать не только орудие рыболовство, 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.).

ГЛАВА 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ ЧИСЛА РЕЙНОЛЬДА, СПЛОШНОСТИ И ФОРМЫ ЗАКИДНОГО НЕВОДА ПРИ ПОМОЩИ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

2.1 Методика проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных

Целью эксперимента является определение экспериментальной зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления c_x от числа Рейнольдса Re, сплошности F_0, отношения f/L, вертикального выдувания θ [78, 80, 81]

$$c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta). \qquad (54)$$

Эксперимент проводился с тремя моделями закидных неводов с различными значениями сплошности (таблица 6), при числах Рейнольдса 123; 153 и 183 (таблица 7).

Таблица 6 - Характеристики моделей закидных неводов

Параметр	Модель № 1	Модель № 2	Модель № 3
Сплошность F_0	0,168	0,202	0,181
Длина модели в жгуте $l_{ж}$, м	4,5	4,5	4,5
Высота модели в жгуте $h_{ж}$, м	0,93	0,93	0,93
Длина модели в посадке l, м	3	3	3
Высота модели посадке h, м	0,69	0,69	0,69
Диаметр нитки d, м	$1\cdot10^{-3}$	$0{,}8\cdot10^{-3}$	$0{,}45\cdot10^{-3}$
Шаг ячеи a, м	$12\cdot10^{-3}$	$8\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-3}$
Количество ячей по длине n, шт.	188	280	454
Количество ячей по высоте m, шт.	39	58	95
Горизонтальный посадочный коэффициент U_x	0,67	0,67	0,67
Вертикальный посадочный коэффициент U_y	0,74	0,74	0,74

Таблица 7 – Скорости потока воды в гидроканале

Число Рейнольдса Re	Скорость потока воды в гидроканале υ, м/с		
	Модель № 1	Модель № 2	Модель № 3
123	0,16	0,2	0,36
153	0,20	0,25	0,44
184	0,24	0,3	0,53

Модель устанавливалась в гидроканале по схеме, представленной на рисунке (рисунок 20).

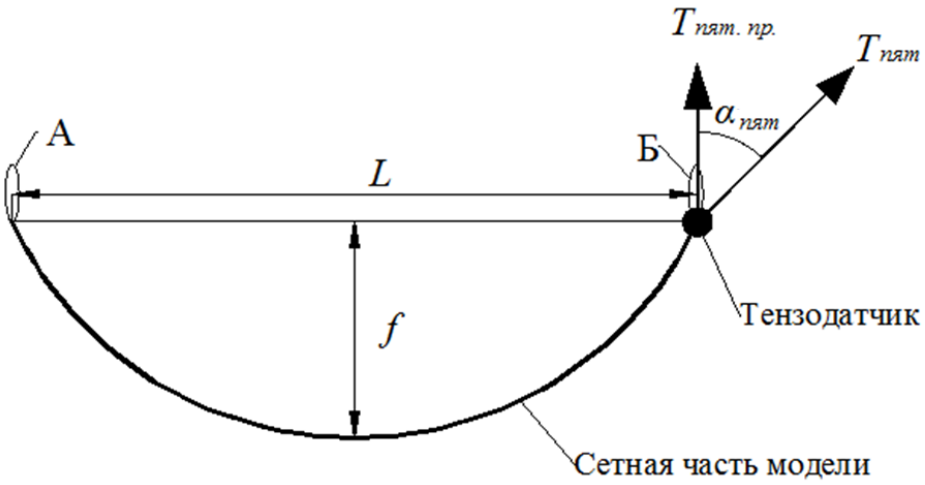


Рисунок 20 - Схема проведения эксперимента

Напрямую измерялось усилие в крыле модели *T*. Сила гидродинамического сопротивления сетной части модели определялась по формуле

$$R = 2 \cdot T_{пят.пр}, \quad (55)$$

где $T_{пят.\ пр}$ – проекция усилия пятном крыле, которая определялась по формуле

$$T_{пят.пр} = T_{пят} \cdot \cos\alpha_{пят}, \quad (56)$$

где $\alpha_{пят}$ – средний угол атаки пятного крыла (таблица 9, таблица 11, таблица 13);

Коэффициент гидродинамического сопротивления рассчитывался по формуле

$$c_x = \frac{2R}{\rho \upsilon^2 F_{\text{н}}}. \qquad (57)$$

Погрешность измерения усилия определялась по методике оценки прямых измерений [50].

Среднее значение измерений усилия в крыле модели определялось по формуле:

$$T = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} T_i , \qquad (58)$$

где n – количество измерений;

T_i – результат i-го измерения.

Среднее квадратичное отклонение измерений усилия

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} (T_i - T)^2} . \qquad (59)$$

Абсолютная случайная погрешность прямых измерений

$$\Delta T_{сл} = t_\gamma \cdot \frac{\sigma_T}{\sqrt{n}}, \qquad (60)$$

где t_γ = 09,5–коэффициент Стьюдента.

2.2 Экспериментальные данные

2.2.1 Эксперимент с моделью со значением сплошности F_0= 0,168

В результате эксперимента с моделью закидного невода со значением сплошности 0,168 получены средние значения усилия в крыле T в

зависимости от числа Рейнольдса Re, отношения *f/L* и вертикального выдувания θ (таблица 8).

Таблица 8– Экспериментальные данные усилия крыла модели № 1

Выдувание θ	Число Рейнольдса Re	Отношение *f/L*	Среднее значение усилия *T*, Н	Абсолютная погрешность ΔT, Н	Относительная погрешность ε, %
1	2	3	4	5	6
0,4	123	0,15	5,13	0,24	4,61
		0,21	4,38	0,12	2,67
		0,34	2,41	0,02	0,91
		0,77	1,42	0,05	3,59
	153	0,15	6,85	0,15	2,22
		0,21	6,00	0,06	1,06
		0,34	3,88	0,24	6,20
		0,77	2,46	0,02	0,80
	184	0,15	9,00	0,24	2,64
		0,21	7,25	0,14	1,92
		0,34	5,40	0,09	1,74
		0,77	3,46	0,21	6,06
0,6	123	0,15	5,21	0,15	2,86
		0,21	5,05	0,11	2,18
		0,34	3,09	0,03	1,08
		0,77	1,64	0,04	2,19
	153	0,15	7,42	0,04	0,59
		0,21	6,97	0,10	1,45
		0,34	5,11	0,03	0,629
		0,77	2,59	0,04	1,55
	184	0,15	9,91	0,06	0,64
		0,21	9,31	0,05	0,52
		0,34	6,23	0,10	1,68
		0,77	3,8	0,12	3,22
0,8	123	0,15	5,04	0,05	0,93
		0,21	5,82	0,21	3,63
		0,34	3,4	0,02	0,48
		0,77	2,66	0,20	7,34
	153	0,15	6,97	0,18	2,52
		0,21	7,89	0,22	2,85
		0,34	5,34	0,14	2,54
		0,77	3,8	0,02	0,52

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6
	184	0,15	9,15	0,28	3,03
		0,21	9,75	0,11	1,07
		0,34	6,94	0,19	2,67
		0,77	4,73	0,05	1,10

Построены графики зависимости $T=f(f/L,\mathrm{Re})$ при вертикальном выдувании $\theta = 0,4$ (рисунок 21),$\theta = 0,6$ (рисунок 22) и $\theta = 0,8$ (рисунок 23). Построены графики зависимости среднего значения усилия T и абсолютной погрешности измерения усилия ΔT от отношения f/L при значении выдувания $0,4 \leq \theta \leq 0,8$, сплошности $F_0 = 0,168$, числе Рейнольдса Re = 123 (рисунок 24), Re = 153 (рисунок 25), Re = 184 (рисунок 26).

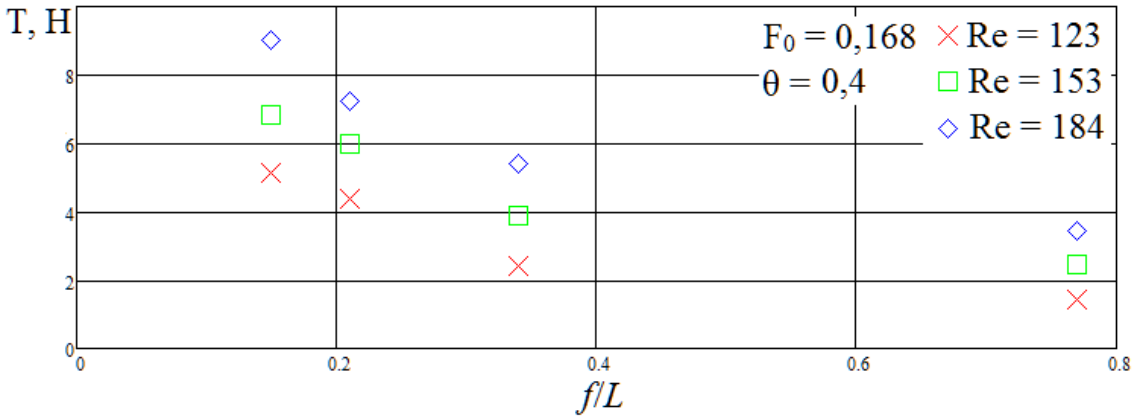


Рисунок 21 - Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0,168$ и $\theta = 0,4$

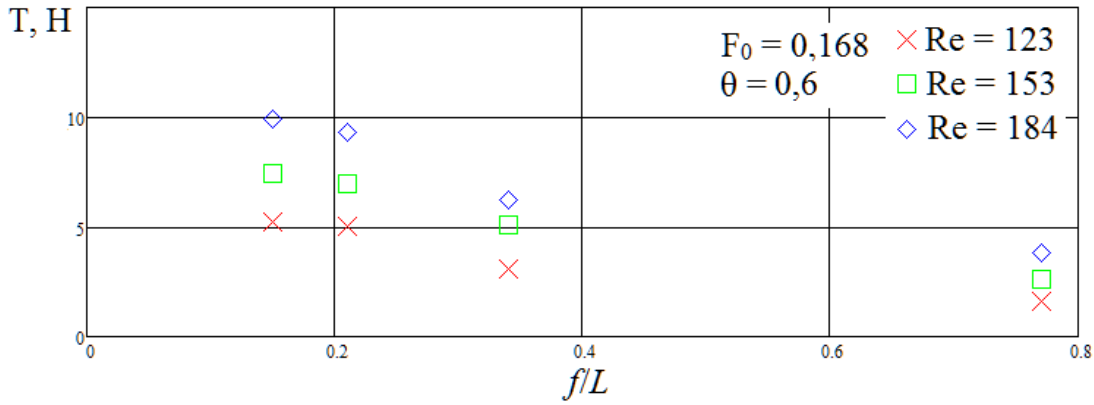


Рисунок 22 - Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0,168$ и $\theta = 0,6$

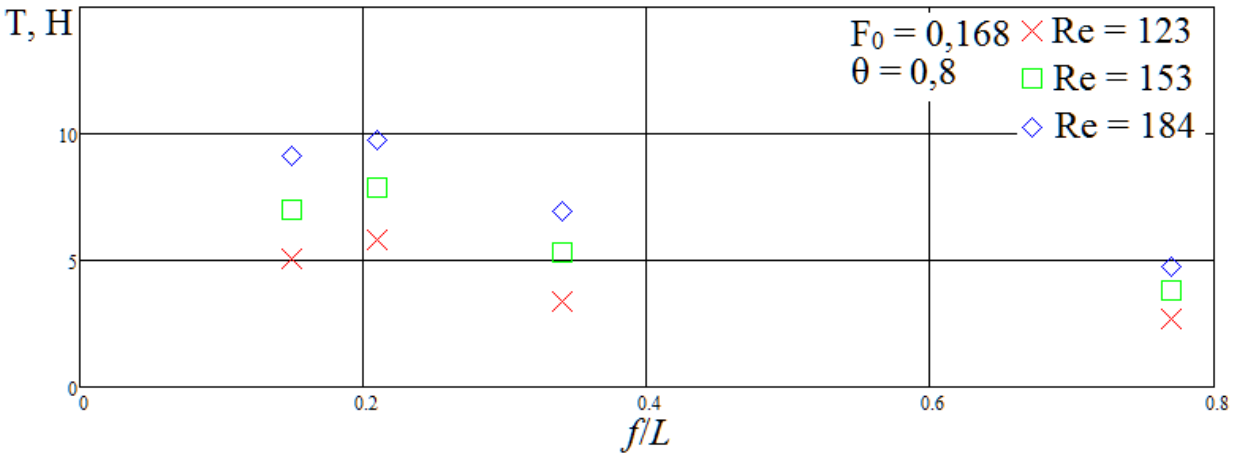


Рисунок 23 - Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}168$ и $\theta = 0{,}8$.

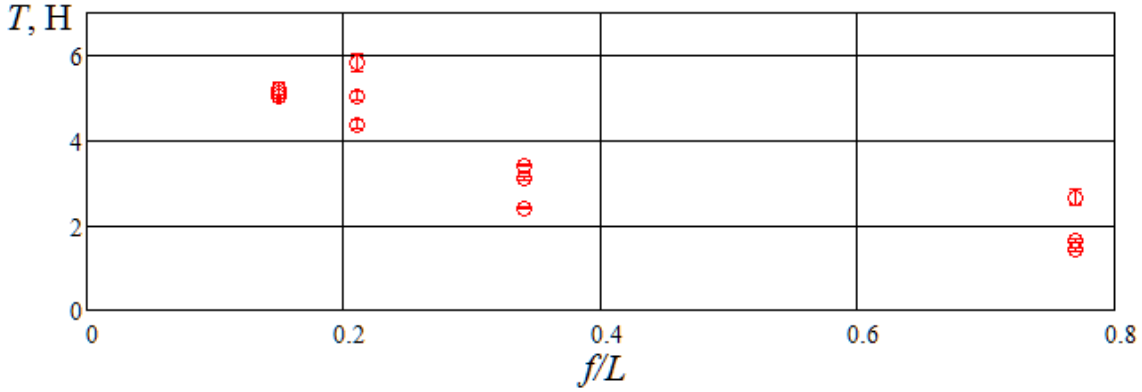


Рисунок 24 – Зависимость среднего значения усилия T и абсолютной погрешности ΔT от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 123, $F_0 = 0{,}168$

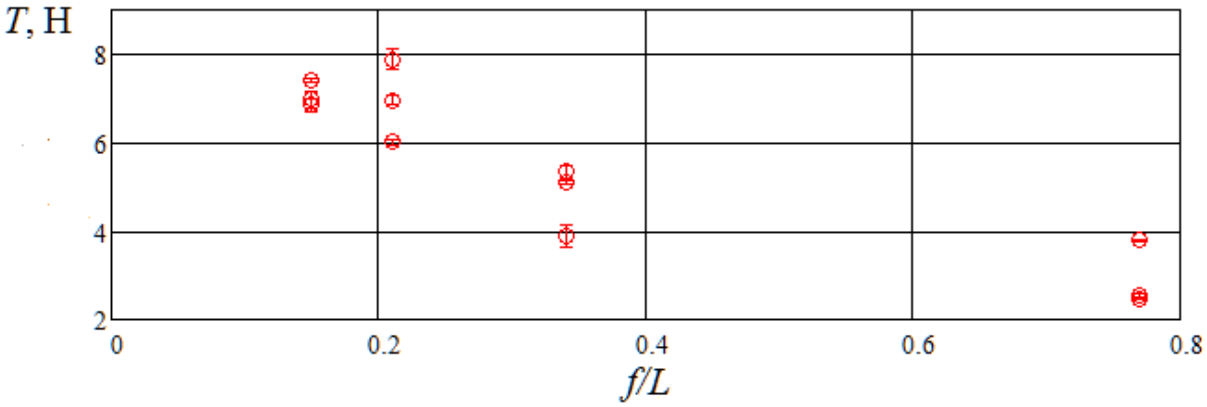


Рисунок 25 – Зависимость среднего значения усилия T и абсолютной погрешности ΔT от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 153, $F_0 = 0{,}168$

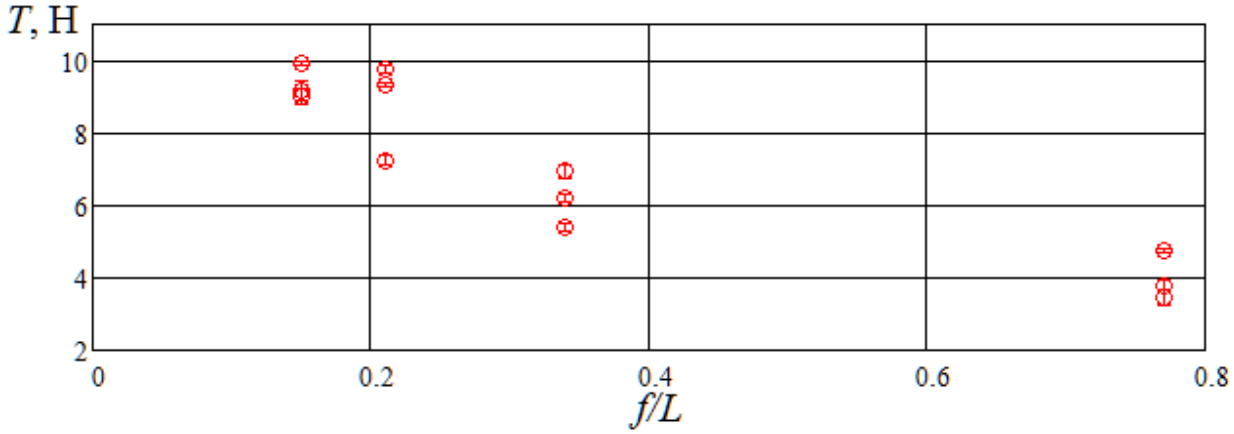


Рисунок 26 – Зависимость среднего значения усилия T и абсолютной погрешности ΔT от отношения f/L при $0,4 \le \theta \le 0,8$, Re = 184, $F_0 = 0,168$

Углы атаки модели № 1 приведены в таблице (таблица 9).

Таблица 9– Углы атаки модели № 1 (градусы)

Число Рейнольдса Re	Скорость υ, м/с	Отношение f/L	Вертикальное выдувание θ		
			0,4	0,6	0,8
123	0,16	0,15	54	52	48
		0,21	43	44	50
		0,34	30	32	33
		0,77	13	13	12
153	0,20	0,15	55	50	48
		0,21	42	44	49
		0,34	30	31	32
		0,77	13	12	12
184	0,24	0,15	53	51	44
		0,21	40	44	48
		0,34	30	31	30
		0,77	12	12	12

Рассчитаны значения силы гидродинамического сопротивления модели закидного невода по формуле (55). Построены графики зависимости $R=f(f/L,\text{Re})$ при вертикальном выдувании θ = 0,4 (рисунок 27),θ = 0,6 (рисунок 28) и θ = 0,8 (рисунок 29).

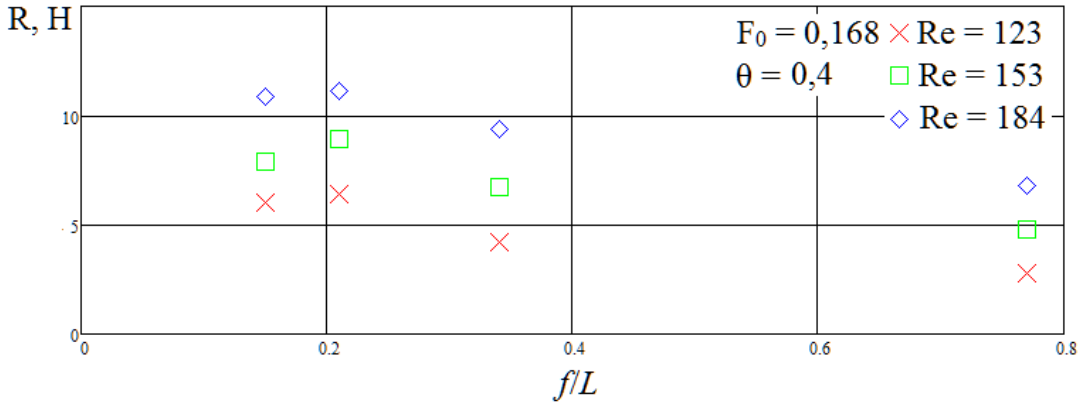


Рисунок 27 – Расчетные значения силы гидродинамического сопротивления в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}168$ и $\theta = 0{,}4$

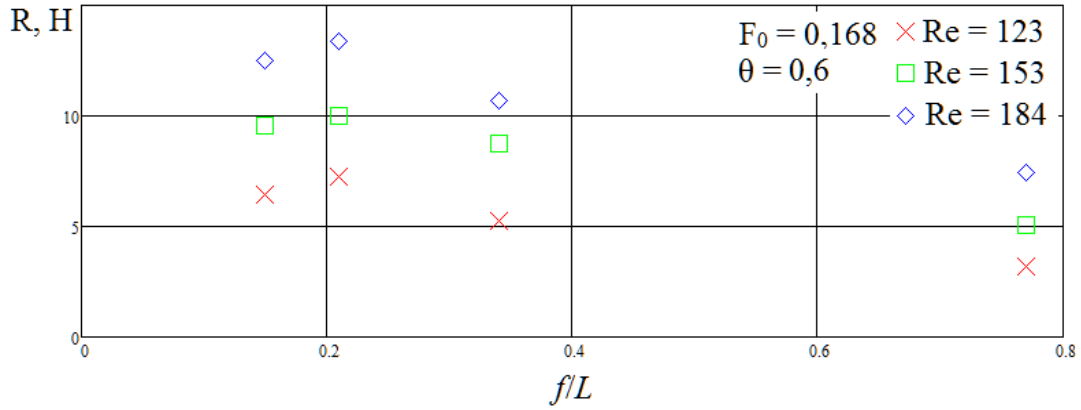


Рисунок 28 – Расчетные значения силы гидродинамического сопротивления в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}168$ и $\theta = 0{,}6$

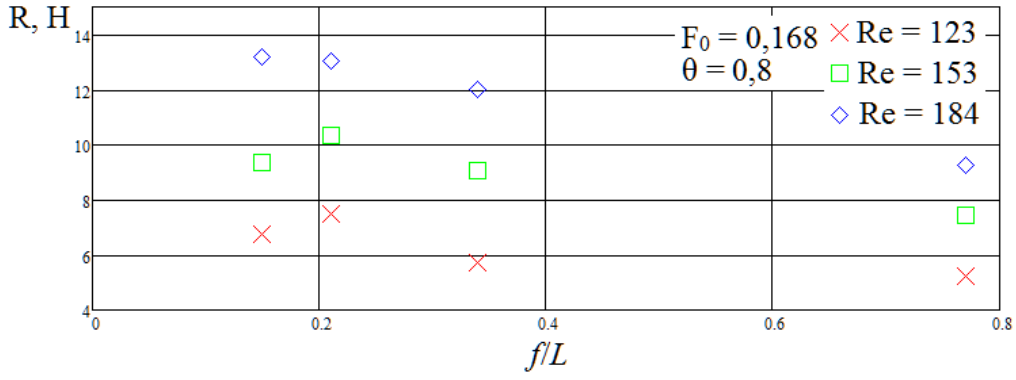


Рисунок 29 – Расчетные значения силы гидродинамического сопротивления в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}168$ и $\theta = 0{,}8$

Рассчитаны значения коэффициента гидродинамического сопротивления по формуле (57). Построены графики зависимости $c_x=f(f/L,\mathrm{Re})$ при вертикальном выдувании θ = 0,4 (рисунок 30),θ = 0,6 (рисунок 31) и θ = 0,8 (рисунок 32). Построены графики зависимости среднего значения усилия c_x и абсолютной погрешности измерения усилия Δc_x от отношения f/L при значении выдувания $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, сплошности F_0 = 0,168, числе Рейнольдса Re = 123 (рисунок 33), Re = 153 (Рисунок 34), Re = 184 (рисунок 35).

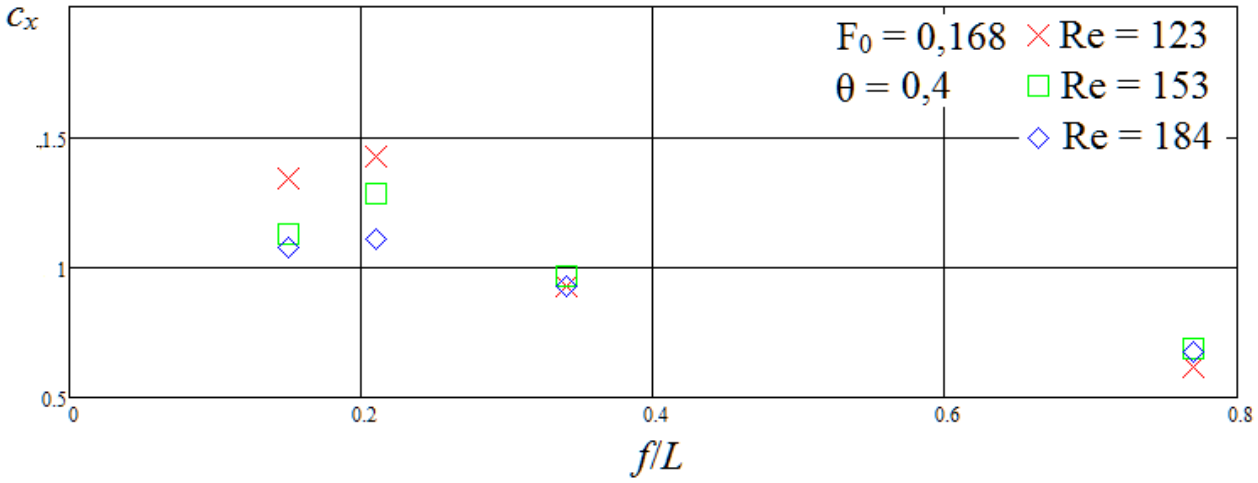


Рисунок 30 – Расчетные значения коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при F_0 = 0,168 и θ = 0,4.

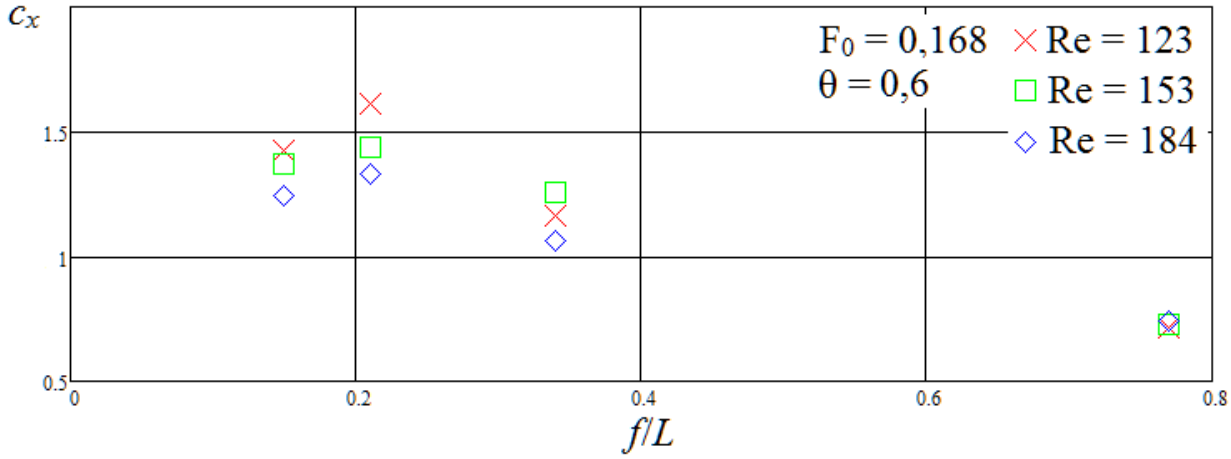


Рисунок 31 – Расчетные значения коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при F_0 = 0,168 и θ = 0,6

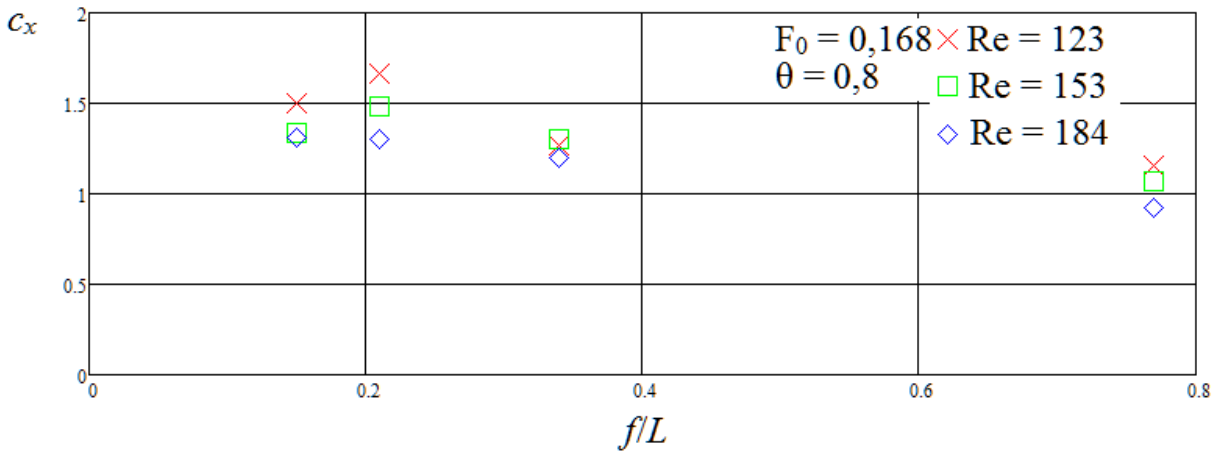


Рисунок 32 - Расчетные значения коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}168$ и $\theta = 0{,}8$

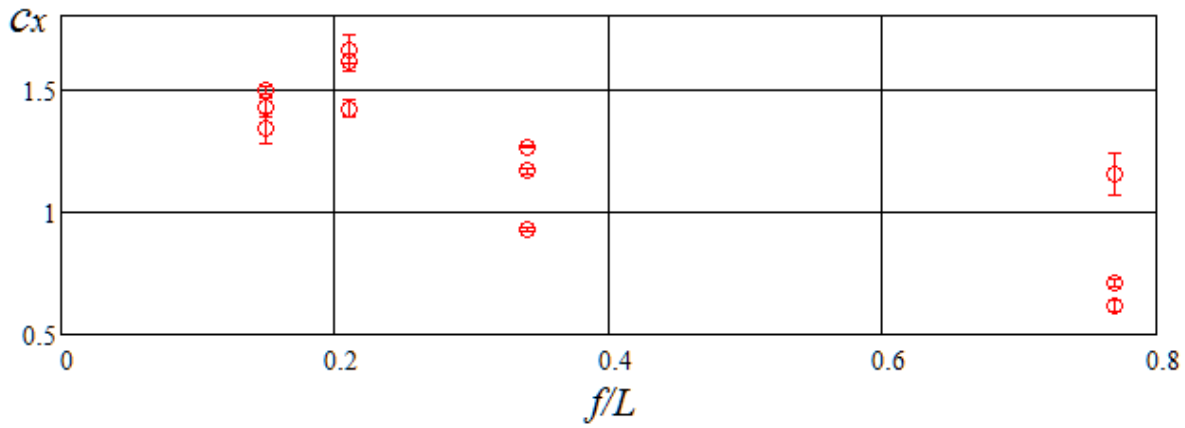


Рисунок 33 – Зависимость расчетного значения c_x и абсолютной погрешности Δc_x от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 123, $F_0 = 0{,}168$

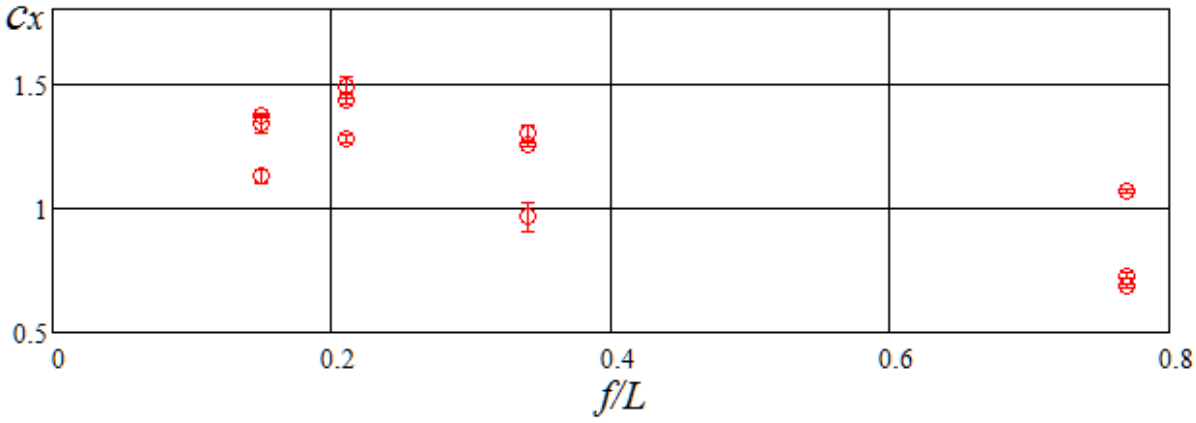


Рисунок 34 – Зависимость расчетного значения c_x и абсолютной погрешности Δc_x от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 153, $F_0 = 0{,}168$

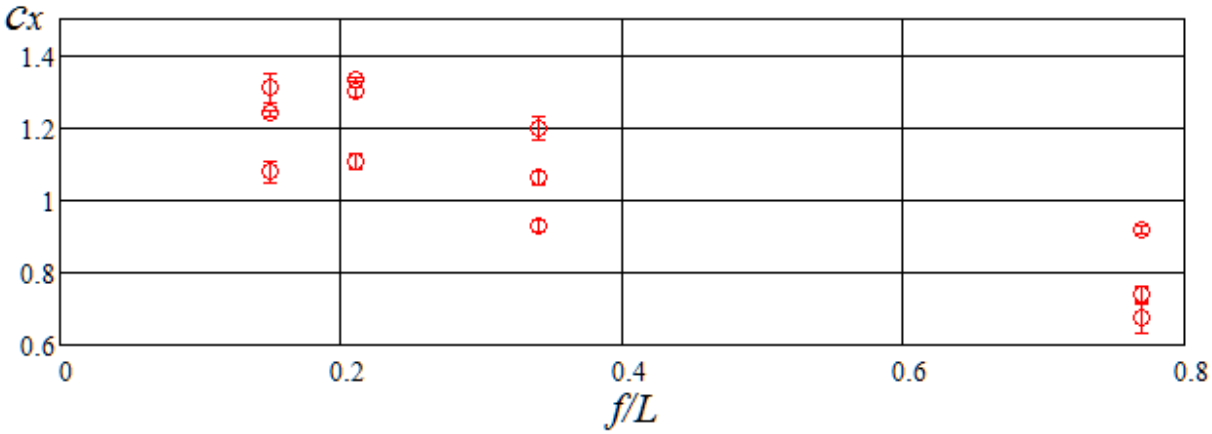


Рисунок 35 – Зависимость расчетного значения c_x и абсолютной погрешности Δc_x от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 184, F_0 = 0,168

2.2.2 Эксперимент с моделью со значением сплошности F_0= 0,202

В результате эксперимента с моделью закидного невода со значением сплошности 0,202 получены средние значения усилия в крыле T от числа Рейнольдса, отношения f/L и вертикального выдувания θ (таблица 10).

Таблица 10 - Экспериментальные данные значения усилия крыла модели № 2

Выдувание θ	Число Рейнольдса Re	Отношение f/L	Среднее значение усилия T, Н	Абсолютная погрешность ΔT, Н	Относительная погрешность ε, %
1	2	3	4	5	6
0,4	123	0,15	8,82	0,07	0,77
		0,21	5,8	0,06	1,09
		0,34	4,25	0,23	5,36
		0,77	3,50	0,13	3,58
	153	0,15	12,27	0,06	0,52
		0,21	8,36	0,02	0,27
		0,34	6,66	0,15	2,31
		0,77	4,83	0,19	4,00
	184	0,15	14,87	0,23	1,54
		0,21	10,97	0,27	2,47
		0,34	8,19	0,33	3,99
		0,77	5,9	0,22	3,67

Окончание таблицы 10

1	2	3	4	5	6
0,6	123	0,15	9,05	0,22	2,46
		0,21	6,80	0,13	1,88
		0,34	4,71	0,12	2,46
		0,77	4,37	0,17	3,89
	153	0,15	12,57	0,32	2,56
		0,21	10,27	0,24	2,36
		0,34	7,21	0,09	1,30
		0,77	5,78	0,18	3,07
	184	0,15	15,5	0,70	4,52
		0,21	13,16	0,29	2,22
		0,34	9,27	0,26	2,85
		0,77	7,2	0,18	2,44
0,8	123	0,15	8,83	0,03	0,38
		0,21	8,06	0,06	0,76
		0,34	5,18	$6{,}33\cdot10^{-3}$	0,12
		0,77	4,82	0,34	7,00
	153	0,15	12,27	1,11	0,93
		0,21	11,4	0,29	2,5
		0,34	8,11	0,10	1,25
		0,77	6,11	0,02	0,37
	184	0,15	15,33	0,56	3,65
		0,21	13,6	0,24	1,76
		0,34	10,67	0,18	1,65
		0,77	8,01	0,40	4,92

Построены графики зависимости $T=f(f/L,\mathrm{Re})$ при вертикальном выдувании $\theta = 0{,}4$ (рисунок 36),$\theta = 0{,}6$ (рисунок 37) и $\theta = 0{,}8$ (рисунок 38). Построены графики зависимости среднего значения усилия T и абсолютной погрешности измерения усилия ΔT от отношения f/L при значении выдувания $0{,}4 \leq \theta \leq 0{,}8$, сплошности $F_0 = 0{,}202$, числе Рейнольдса Re = 123 (рисунок 39), Re = 153 (рисунок 40), Re = 184 (рисунок 41).

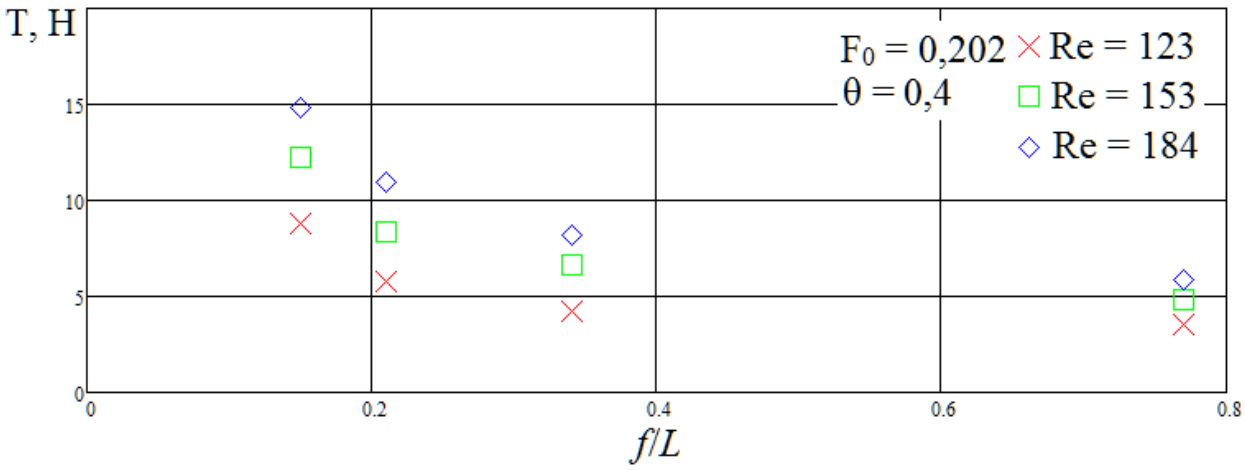


Рисунок 36 - Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения *f*/*L* при F_0 = 0,202 и θ = 0,4

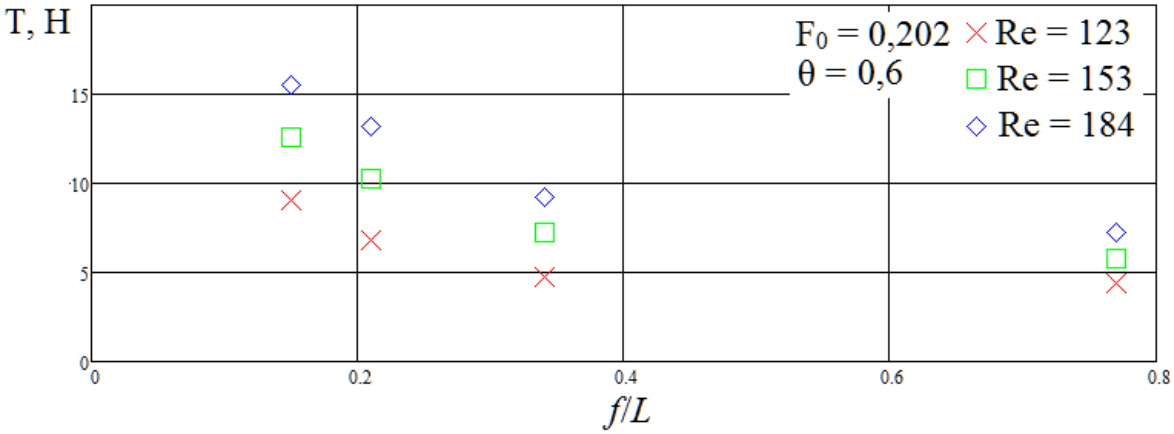


Рисунок 37 - Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения *f*/*L* при F_0 = 0,202 и θ = 0,6

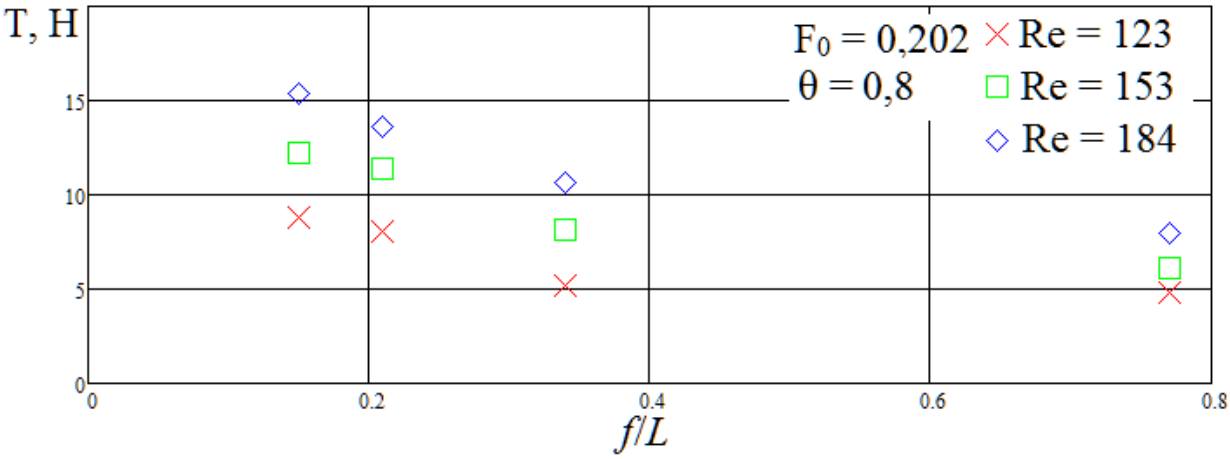


Рисунок 38 - Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения *f*/*L* при F_0 = 0,202 и θ = 0,8

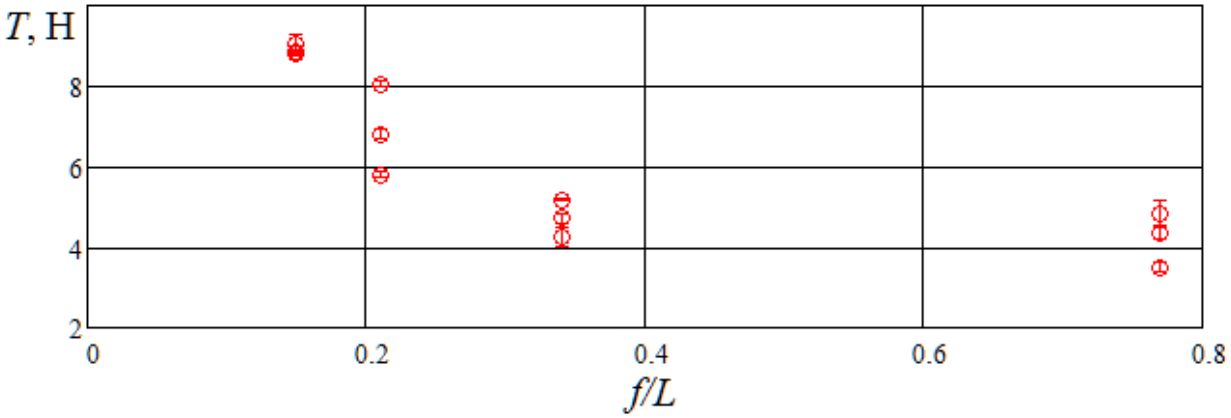


Рисунок 39 – Зависимость среднего значения усилия T и абсолютной погрешности ΔT от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 123, F_0 = 0,202

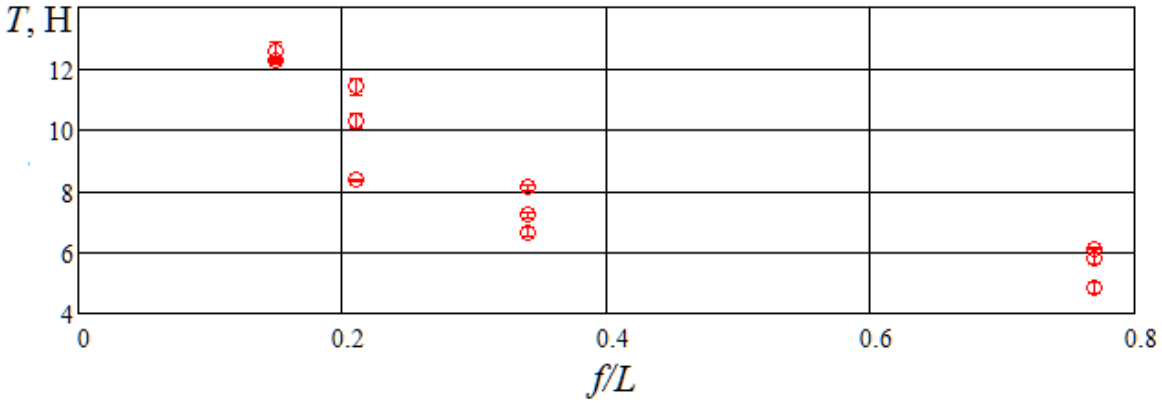


Рисунок 40 – Зависимость среднего значения усилия T и абсолютной погрешности ΔT от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 153, F_0 = 0,202

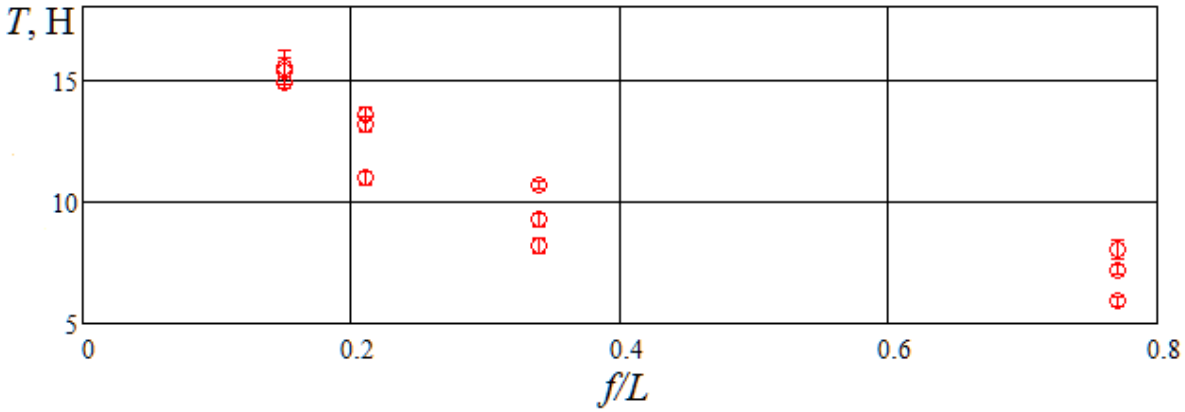


Рисунок 41 – Зависимость среднего значения усилия T и абсолютной погрешности ΔT от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 184, F_0 = 0,202

Углы атаки модели № 2 приведены в таблице (таблица 11).

Таблица 11– Углы атаки модели № 2 (градусы)

Число Рейнольдса Re	Скорость υ, м/с	Отношение *f*/*L*	Вертикальное выдувание θ		
			0,4	0,6	0,8
1	2	3	4	5	6
123	0,2	0,15	64,5	53	51
		0,21	48	51,5	55
		0,34	34	31,5	28,5
		0,77	14	12	14
153	0,25	0,15	63	52	50
		0,21	48	49	50
		0,34	33	31	28
		0,77	14	12	13
184	0,3	0,15	61,5	50,5	48,5
		0,21	47,5	46,5	45,5
		0,34	32	30,5	27,5
		0,77	13	12	12

Рассчитаны значения силы гидродинамического сопротивления модели закидного невода по формуле (55). Построены графики зависимости *R*=*f*(*f*/*L*,Re) при вертикальном выдувании θ = 0,4 (рисунок 42),θ = 0,6 (рисунок 43) и θ = 0,8 (рисунок 44).

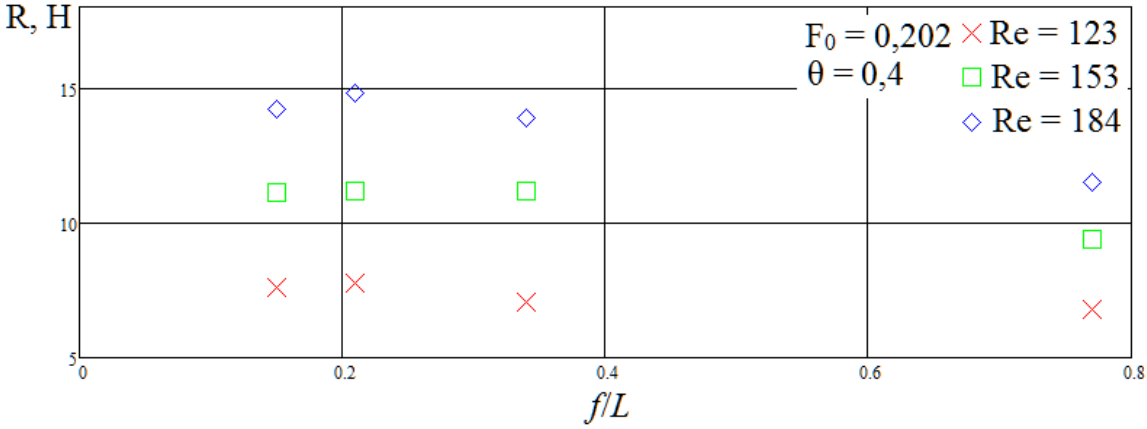


Рисунок 42 – Расчетные данные силы гидродинамического сопротивления в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения *f*/*L* при F_0 = 0,202 и θ = 0,4

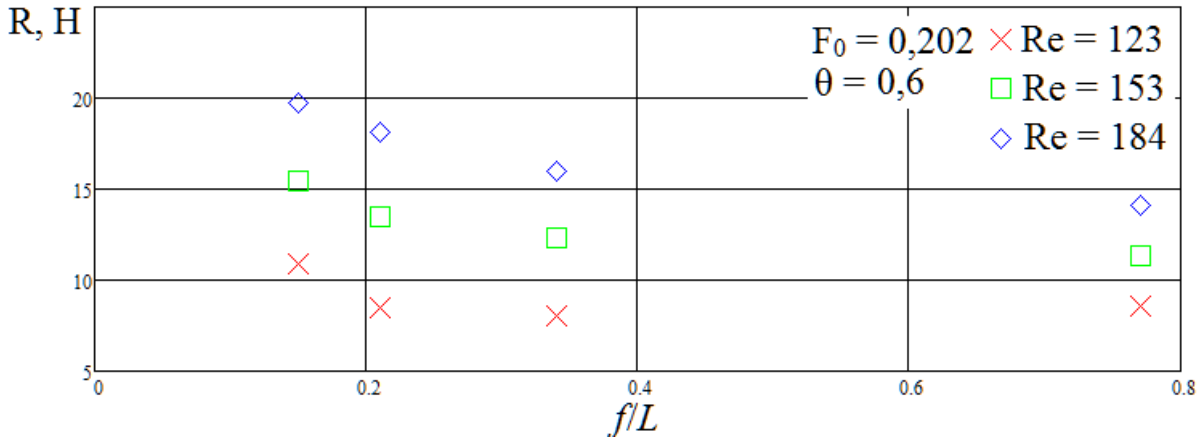


Рисунок 43 – Расчетные данные силы гидродинамического сопротивления в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0,202$ и $\theta = 0,6$

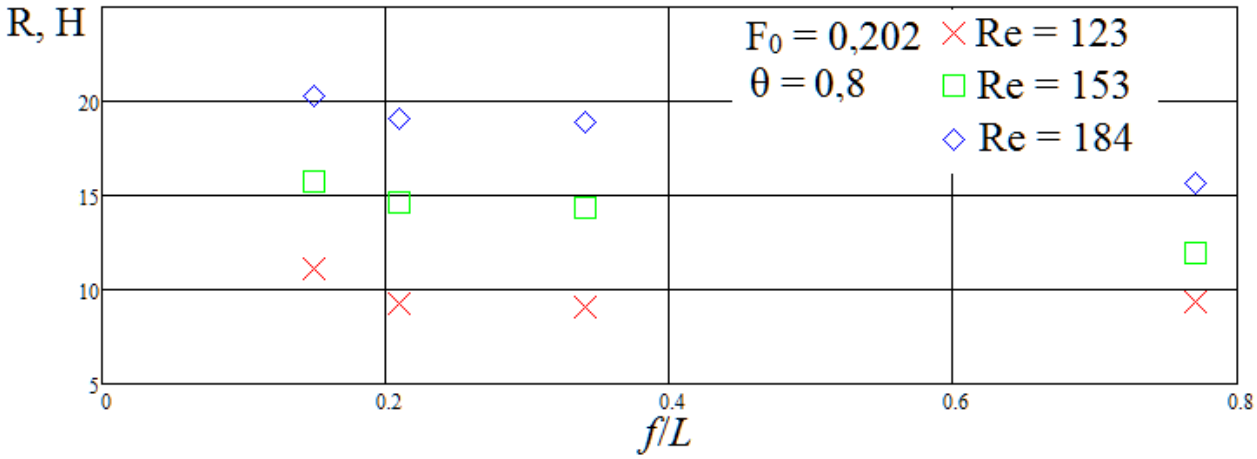


Рисунок 44 – Расчетные данные силы гидродинамического сопротивления в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0,202$ и $\theta = 0,8$

Рассчитаны значения коэффициента гидродинамического сопротивления по формуле (57). Построены графики зависимости $c_x=f(f/L,\mathrm{Re})$ при вертикальном выдувании $\theta = 0,4$ (рисунок 45),$\theta = 0,6$ (рисунок 46) и $\theta = 0,8$ (рисунок 47). Построены графики зависимости среднего значения усилия c_x и абсолютной погрешности измерения усилия Δc_x от отношения f/L при значении выдувания $0,4 \leq \theta \leq 0,8$, сплошности $F_0 = 0,202$, числе Рейнольдса Re = 123 (рисунок 48), Re = 153 (рисунок 49), Re = 184 (рисунок 50).

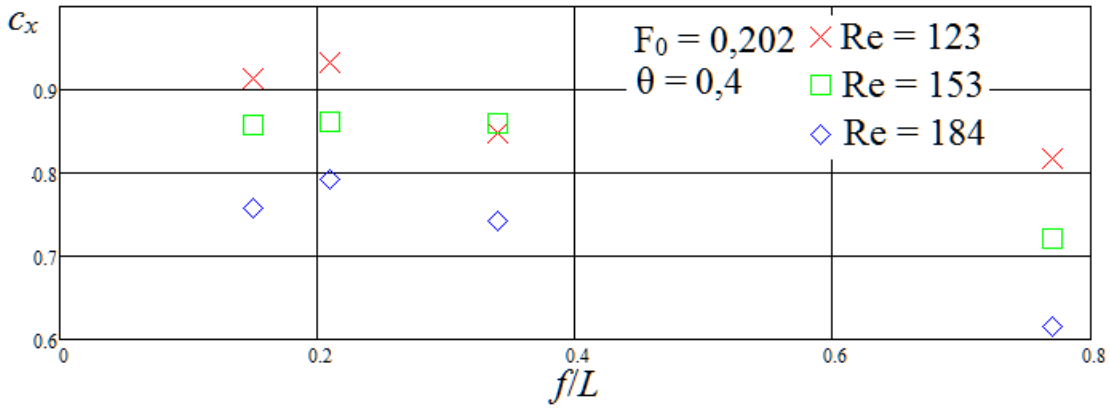


Рисунок 45 – Расчетные значения коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}202$ и $\theta = 0{,}4$

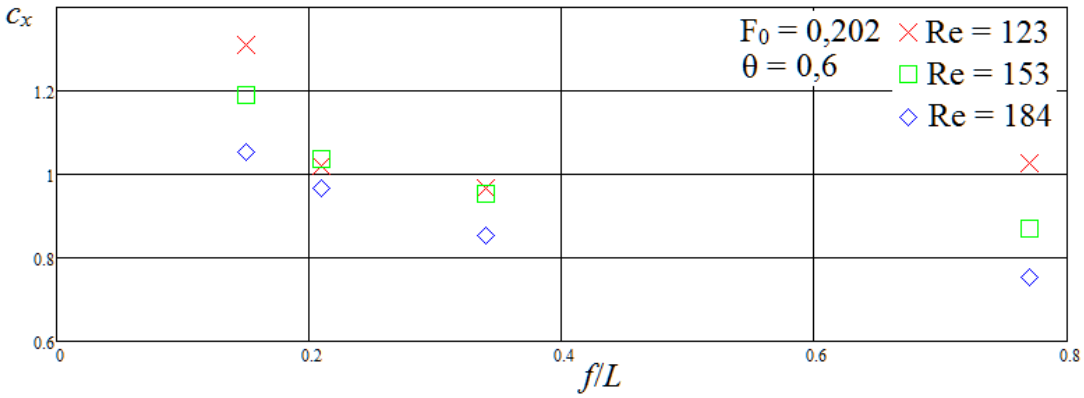


Рисунок 46 – Расчетные значения коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}202$ и $\theta = 0{,}6$

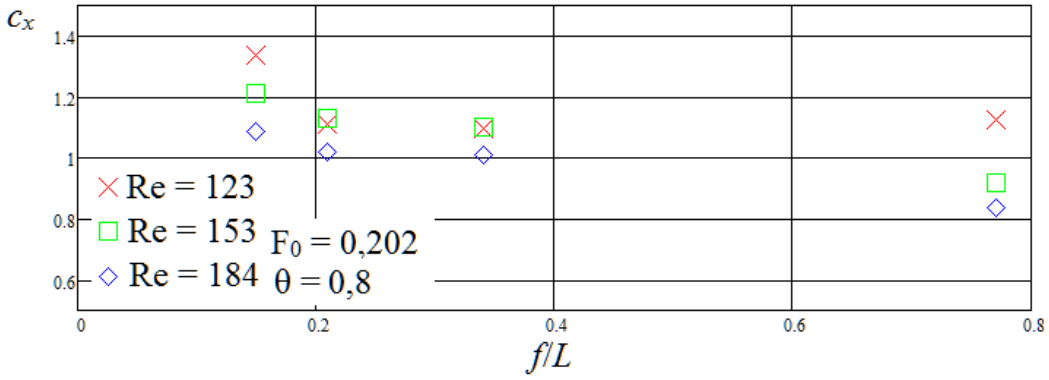


Рисунок 47 – Расчетные значения коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}202$ и $\theta = 0{,}8$

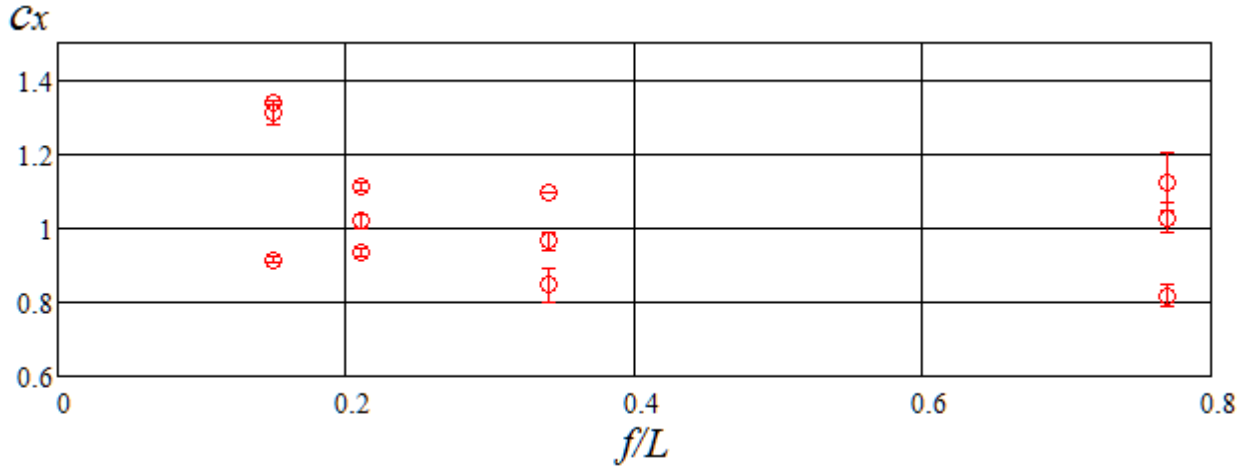


Рисунок 48 – Зависимость расчетного значения c_x и абсолютной погрешности Δc_x от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 123, F_0 = 0,202

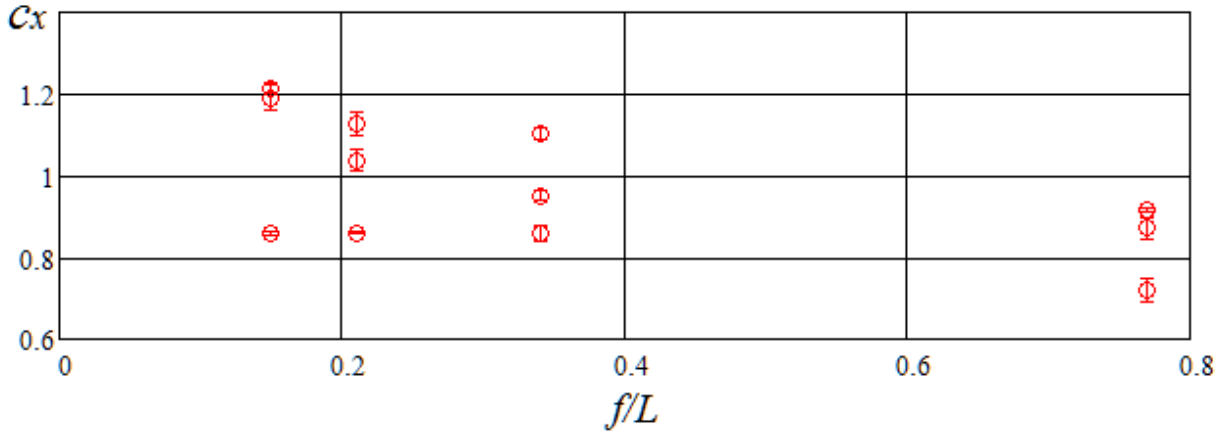


Рисунок 49 – Зависимость расчетного значения c_x и абсолютной погрешности Δc_x от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 153, F_0 = 0,202

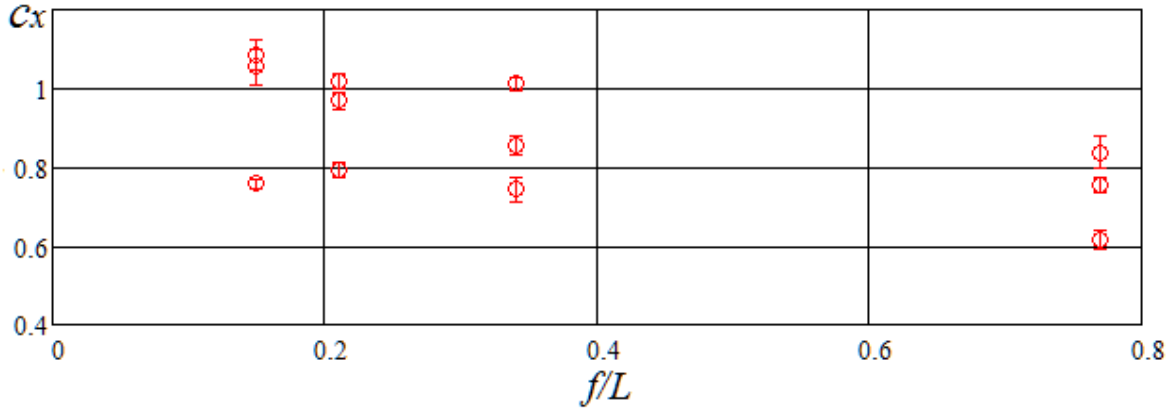


Рисунок 50 – Зависимость расчетного значения c_x и абсолютной погрешности Δc_x от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 184, F_0 = 0,202

2.2.3 Эксперимент с моделью со значением сплошности F_0= 0,181

В результате эксперимента с моделью закидного невода со значением сплошности 0,181 получены экспериментальные значения усилия в крыле *T* от числа Рейнольдса, отношения *f*/*L* и вертикального выдувания θ (таблица 12).

Таблица 12 - Экспериментальные данные значения усилия крыла модели № 3

Выдувание θ	Число Рейнольдса Re	Отношение *f*/*L*	Среднее значение усилия *T*, Н	Абсолютная погрешность ΔT, Н	Относительная погрешность ε, %
1	2	3	4	5	6
0,4	123	0,15	16,42	0,02	0,15
		0,21	13,58	0,03	0,21
		0,34	14,13	0,03	0,23
		0,77	7,85	0,02	0,29
	153	0,15	23,06	0,03	0,14
		0,21	20,24	0,04	0,20
		0,34	20,56	0,05	0,25
		0,77	11,63	0,02	0,13
	184	0,15	35,85	0,02	0,06
		0,21	33,44	0,03	0,09
		0,34	32,84	0,32	0,95
		0,77	17,62	0,09	0,52
0,6	123	0,15	14,89	0,62	4,23
		0,21	15,98	0,04	0,24
		0,34	13,59	0,06	0,46
		0,77	8,63	0,02	0,23
	153	0,15	24,04	0,02	0,09
		0,21	25,91	0,02	0,09
		0,34	24,71	0,09	0,36
		0,77	13,96	0,03	0,18
	184	0,15	34,54	0,04	0,10
		0,21	37,20	0,03	0,07
		0,34	36,38	0,07	0,20
		0,77	23,63	0,07	0,32

Окончание таблицы 12

1	2	3	4	5	6
0,8	123	0,15	16,05	0,02	0,12
		0,21	17,51	0,04	0,24
		0,34	15,48	$5{,}49\cdot10^{-3}$	0,04
		0,77	10,21	0,02	0,19
	153	0,15	26,04	0,03	0,12
		0,21	25,95	0,05	0,18
		0,34	23,94	0,03	0,12
		0,77	13,42	0,02	0,15
	184	0,15	39,94	0,05	0,13
		0,21	38,01	0,03	0,09
		0,34	37,04	0,03	0,09
		0,77	23,95	0,04	0,18

Построены графики зависимости $T=f(f/L,\mathrm{Re})$ при вертикальном выдувании $\theta = 0{,}4$ (рисунок 51),$\theta = 0{,}6$ (рисунок 52) и $\theta = 0{,}8$ (рисунок 53). Построены графики зависимости среднего значения усилия T и абсолютной погрешности измерения усилия ΔT от отношения f/L при значении выдувания $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, сплошности $F_0 = 0{,}181$, числе Рейнольдса Re = 123 (рисунок 54), Re = 153 (рисунок 55), Re = 184 (рисунок 56).

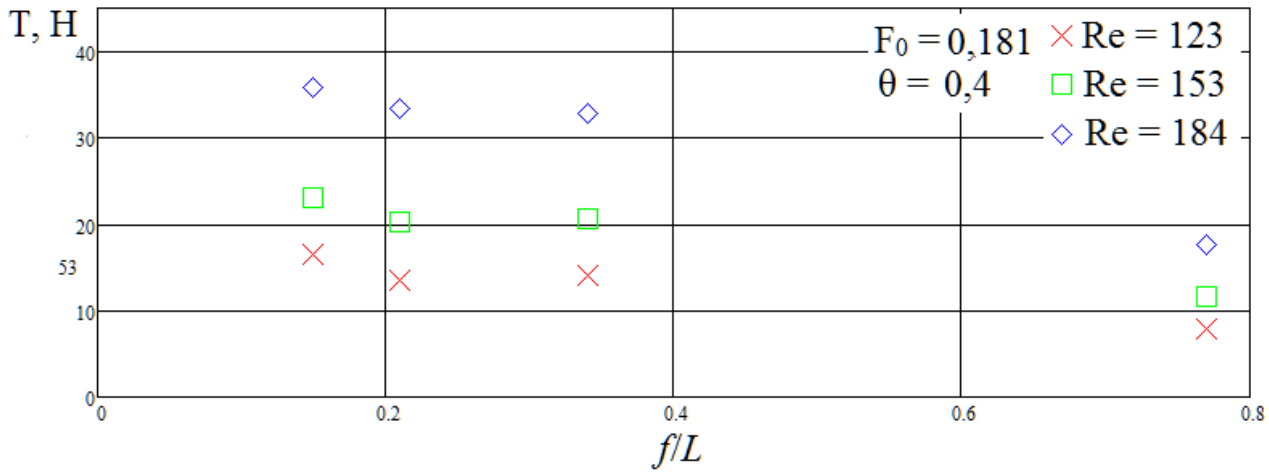


Рисунок 51 - Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}4$

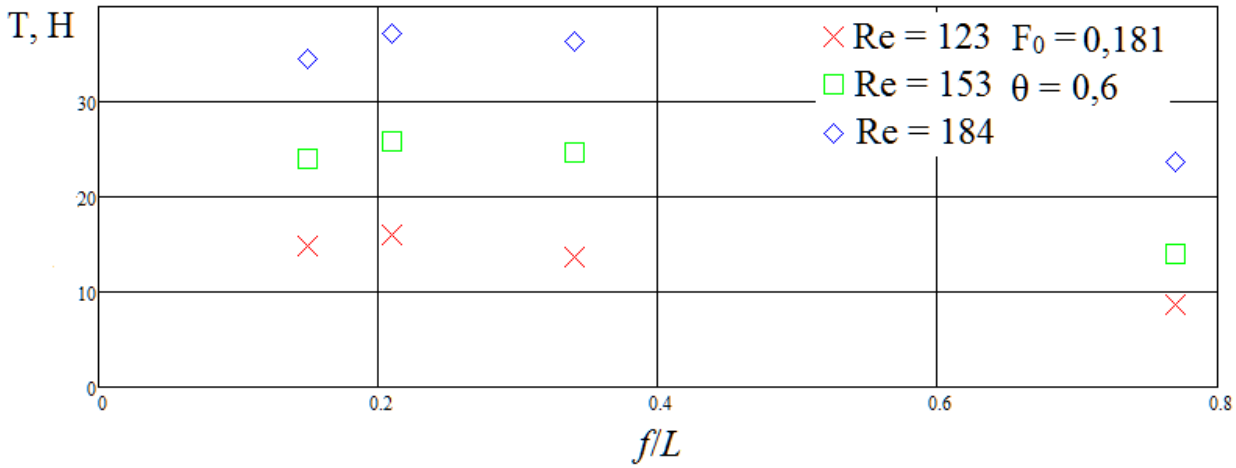


Рисунок 52 - Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}6$

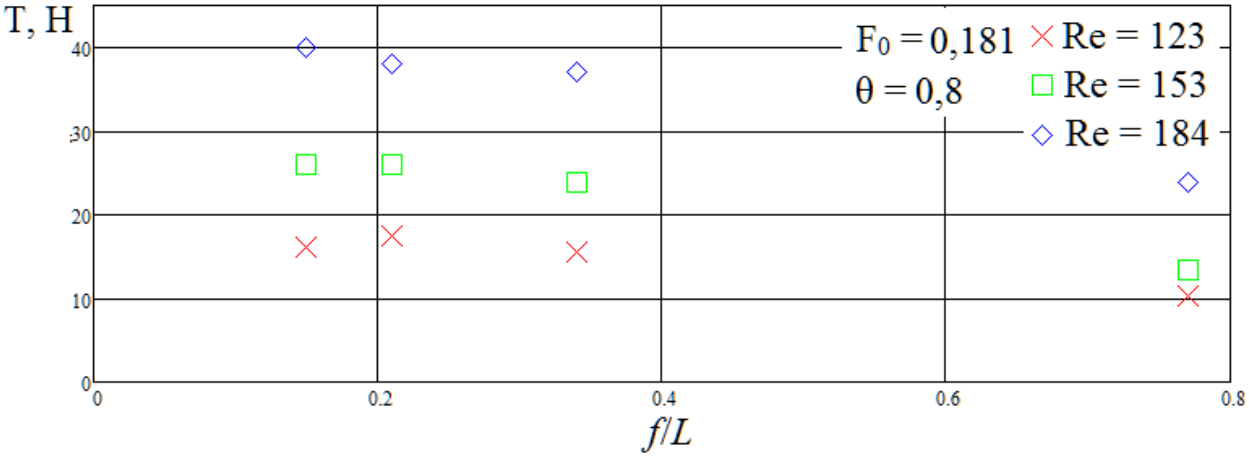


Рисунок 53 - Экспериментальные данные усилия в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}8$

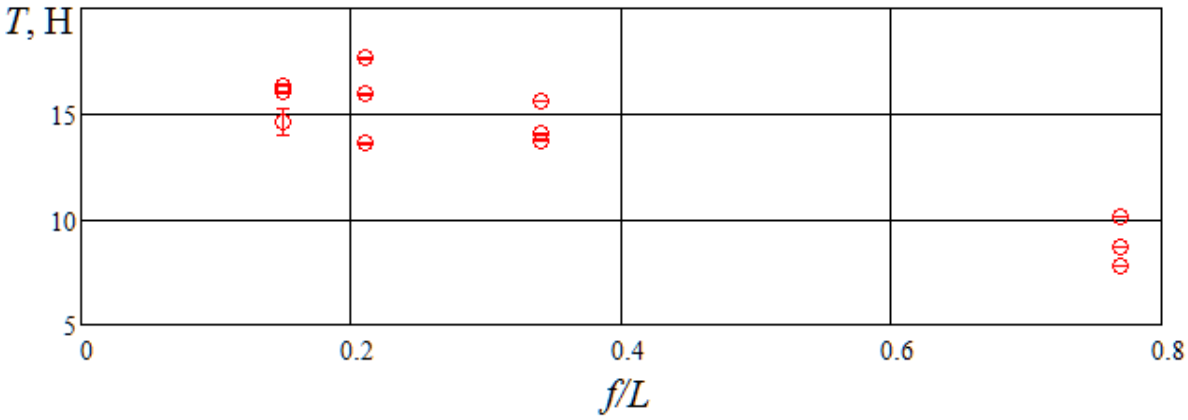


Рисунок 54 – Зависимость среднего значения усилия T и абсолютной погрешности ΔT от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 123, $F_0 = 0{,}181$

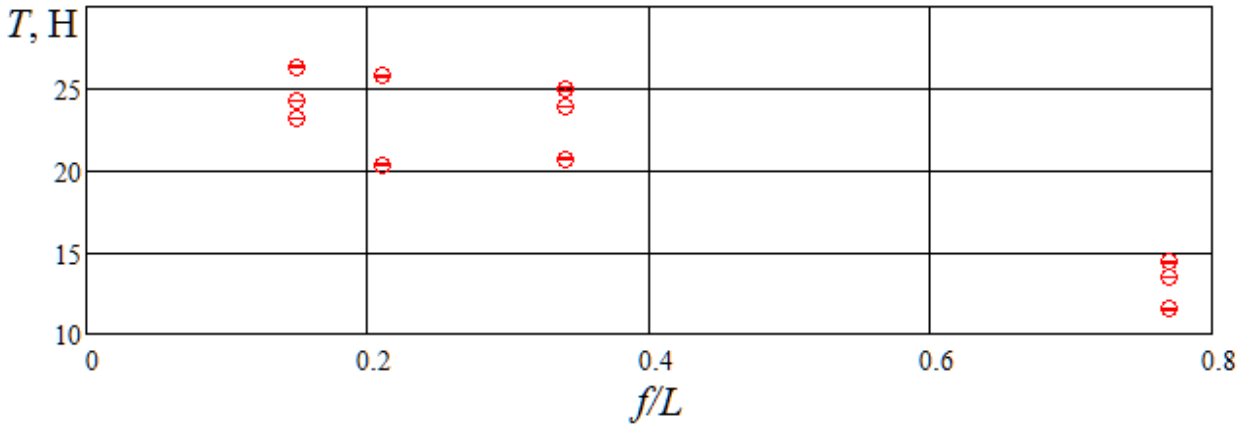


Рисунок 55 – Зависимость среднего значения усилия T и абсолютной погрешности ΔT от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 153, F_0 = 0,181

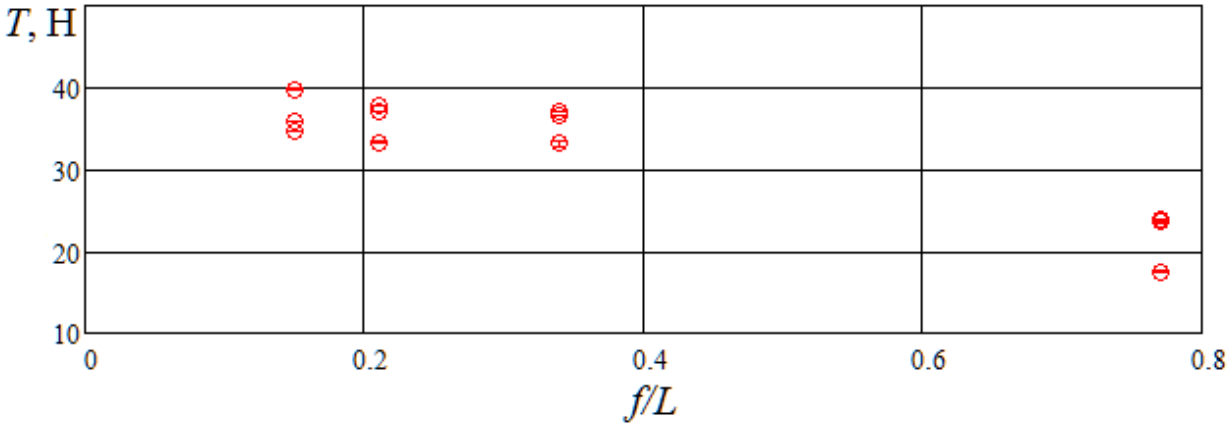


Рисунок 56 – Зависимость среднего значения усилия T и абсолютной погрешности ΔT от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 184, F_0 = 0,181

Углы атаки модели № 3 представлены в таблице (таблица 13).

Таблица 13– Углы атаки модели № 3 (градусы)

Число Рейнольдса Re	Скорость υ, м/с	Отношение f/L	Вертикальное выдувание θ		
			0,4	0,6	0,8
123	0,36	0,15	40	38	37
		0,21	33	35	35
		0,34	35	35	33
		0,77	9	10	11
153	0,44	0,15	40	38	33
		0,21	34	35	35
		0,34	33	34	34
		0,77	10	10	10

Окончание таблицы 13

1	2	3	4	5	6
184	0,53	0,15	40	34	33
		0,21	31	33	35
		0,34	32	36	32
		0,77	11	10	13

Рассчитаны значения силы гидродинамического сопротивления модели закидного невода по формуле (55). Построены графики зависимости $R=f(f/L,\mathrm{Re})$ при вертикальном выдувании $\theta = 0{,}4$ (рисунок 57), $\theta = 0{,}6$ (рисунок 58) и $\theta = 0{,}8$ (рисунок 59).

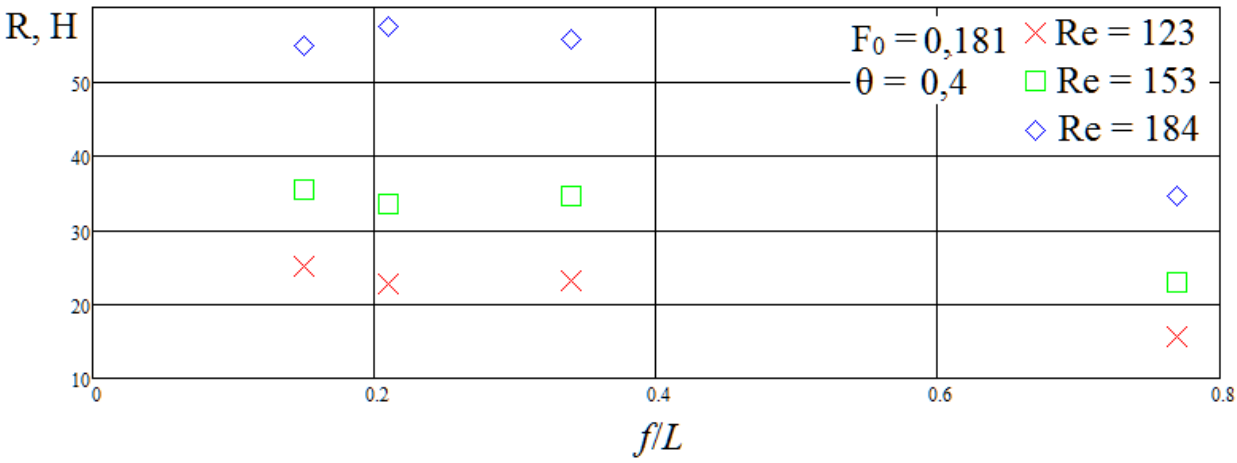


Рисунок 57 – Расчетные данные силы гидродинамического сопротивления в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}4$

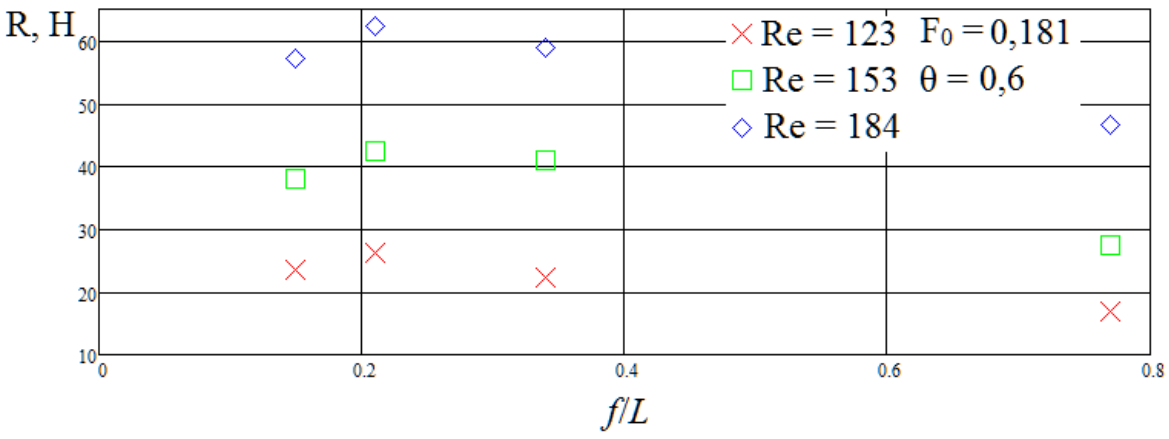


Рисунок 58 – Расчетные данные силы гидродинамического сопротивления в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}6$

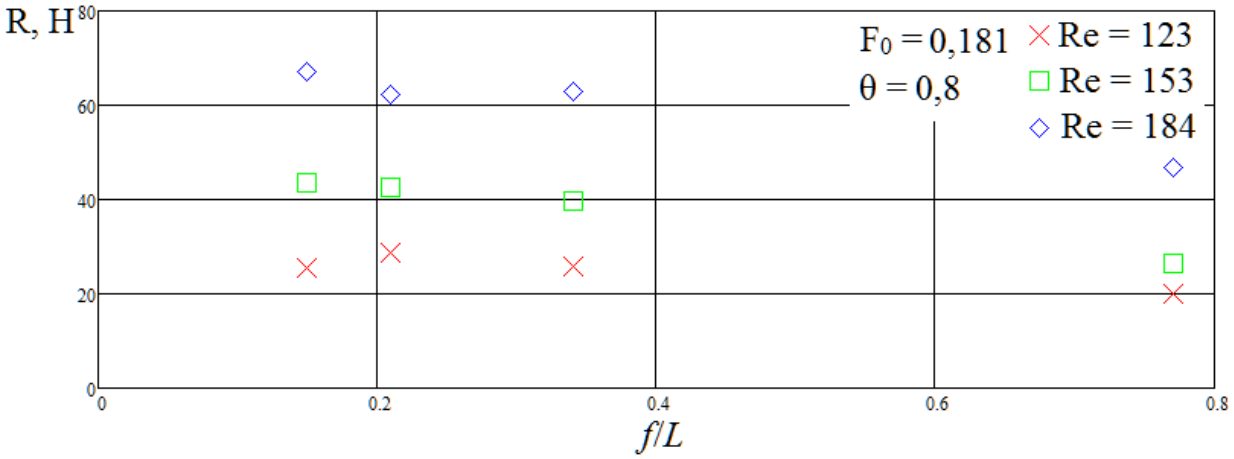


Рисунок 59 – Расчетные данные силы гидродинамического сопротивления в крыле в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}8$

Рассчитаны значения коэффициента гидродинамического сопротивления по формуле (57). Построены графики зависимости $c_x = f(f/L, \mathrm{Re})$ при вертикальном выдувании $\theta = 0{,}4$ (рисунок 60), $\theta = 0{,}6$ (рисунок 61) и $\theta = 0{,}8$ (рисунок 62). Построены графики зависимости среднего значения усилия c_x и абсолютной погрешности измерения усилия Δc_x от отношения f/L при значении выдувания $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, сплошности $F_0 = 0{,}181$, числе Рейнольдса Re = 123 (рисунок 63), Re = 153 (рисунок 64), Re = 184 (рисунок 65).

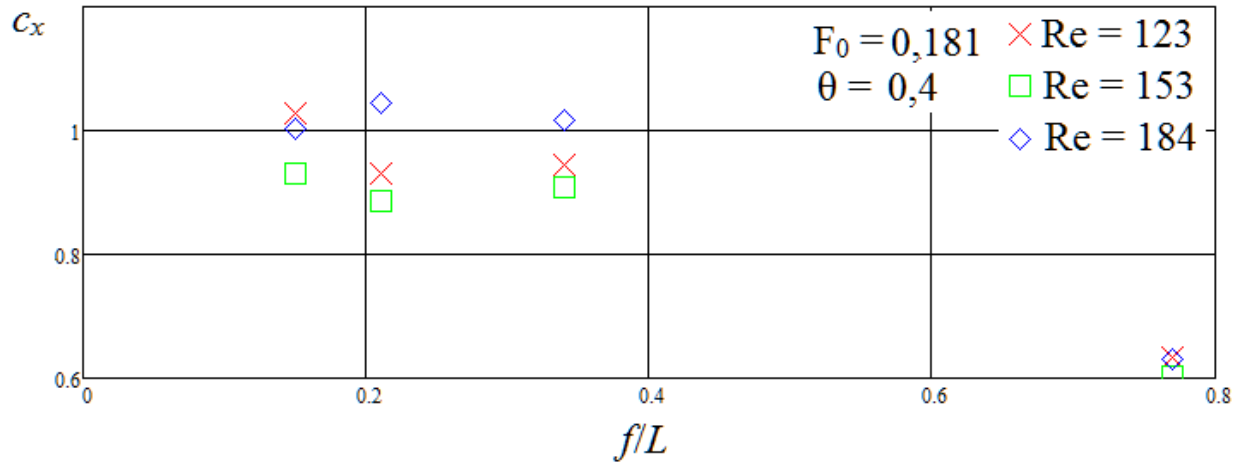


Рисунок 60 – Расчетные данные коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}4$

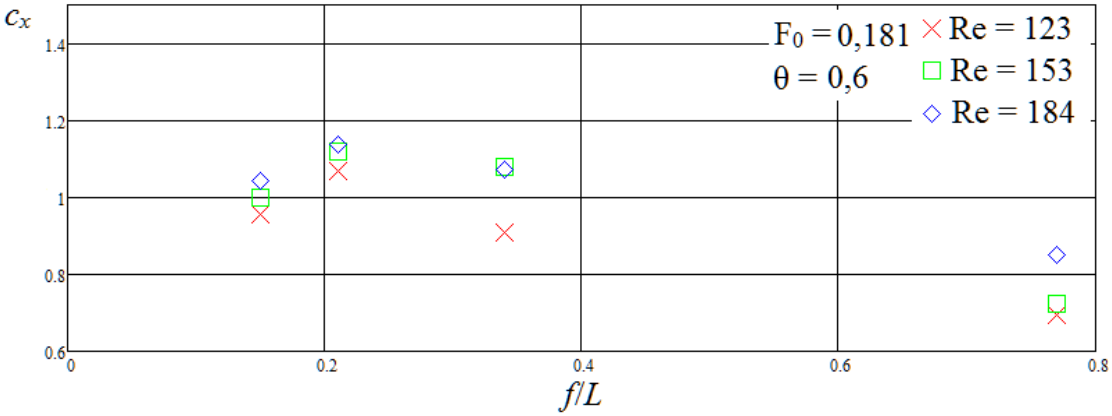


Рисунок 61 – Расчетные данные коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}6$

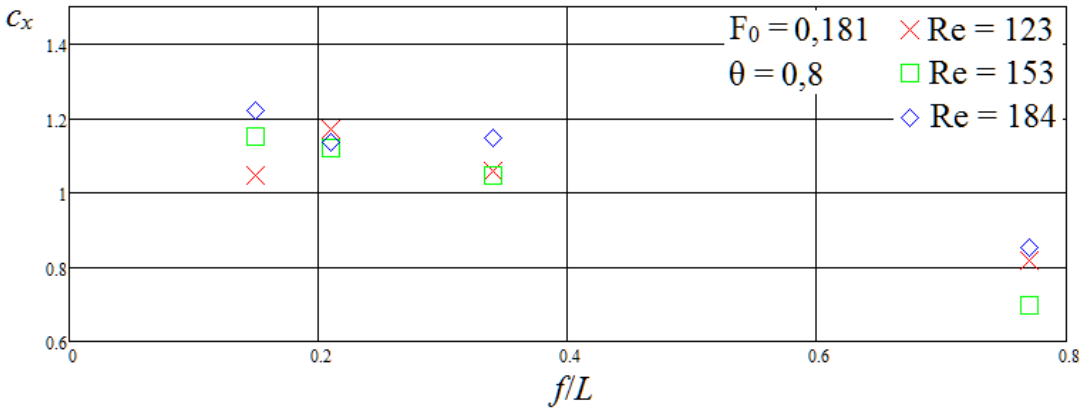


Рисунок 62 – Расчетные данные коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса и отношения f/L при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}8$

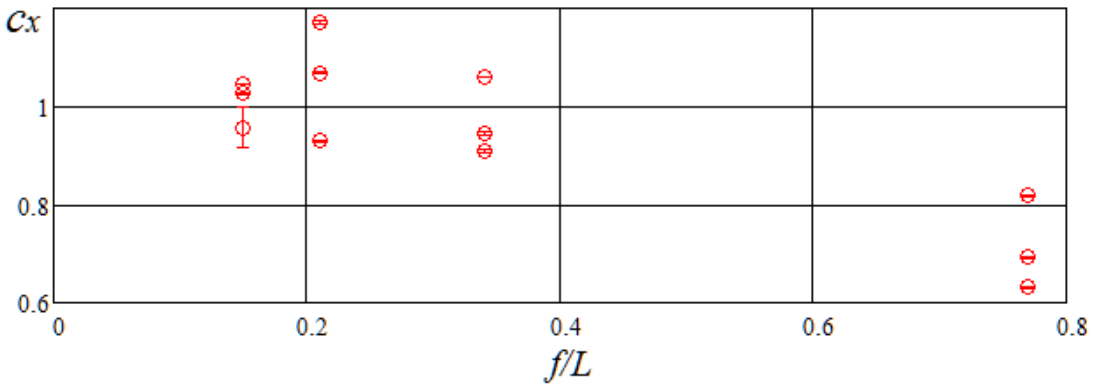


Рисунок 63 – Зависимость расчетного значения c_x и абсолютной погрешности Δc_x от отношения f/L при $0{,}4 \leq \theta \leq 0{,}8$, Re = 123, $F_0 = 0{,}181$

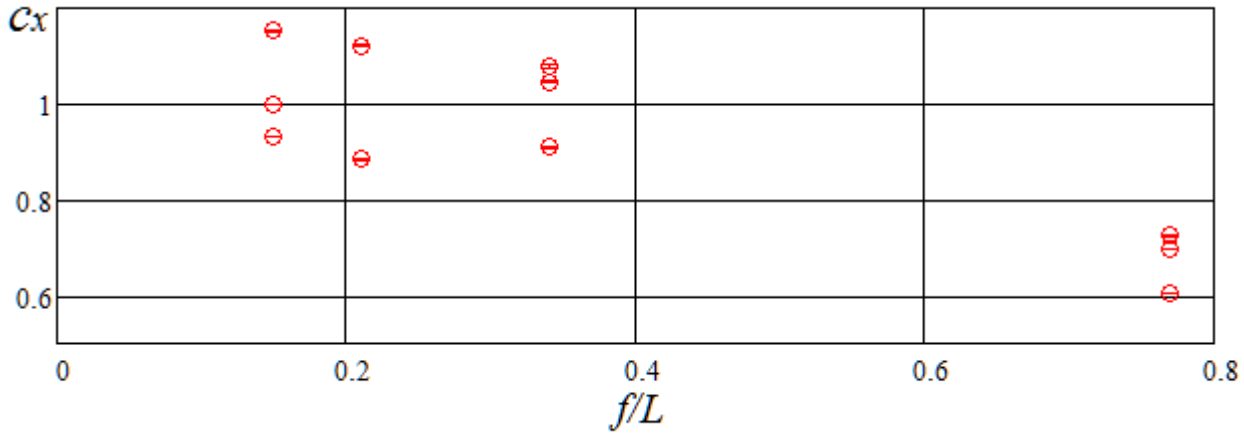


Рисунок 64 – Зависимость расчетного значения c_x и абсолютной погрешности Δc_x от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 153, F_0 = 0,181

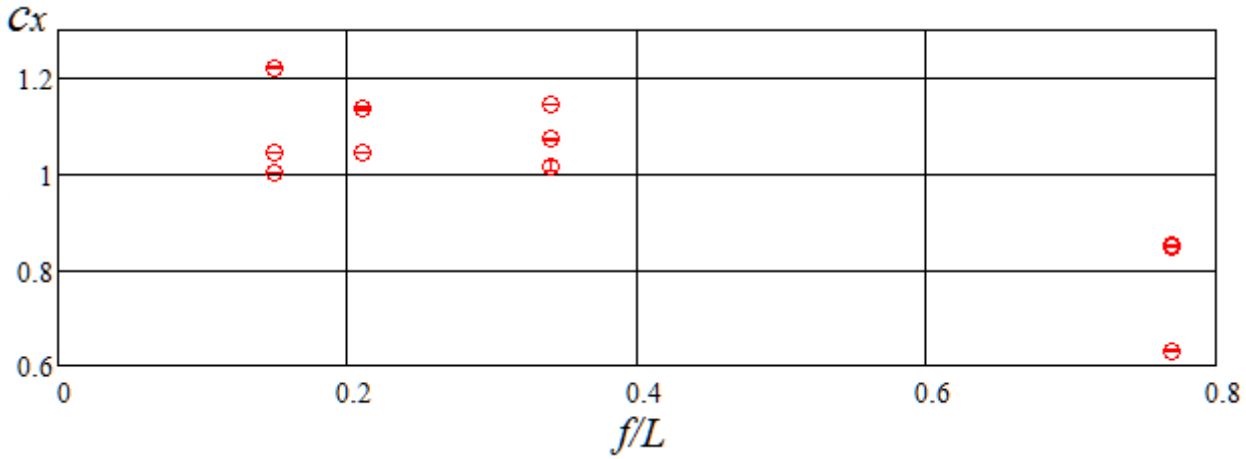


Рисунок 65 – Зависимость расчетного значения c_x и абсолютной погрешности Δc_x от отношения f/L при $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, Re = 184, F_0 = 0,181

2.3 Анализ влияния отношения f/L, числа Рейнольдса Re, сплошности F_0 и вертикального выдувания θ на коэффициент гидродинамического сопротивления c_x

Сведем коэффициент гидродинамического сопротивления c_x и влияющие на него параметры отношение f/L, число Рейнольдса Re, вертикальное выдувание θ и сплошность F_0 в массив данных (Приложение В).

Вычисляем в пакете MathCAD точечные оценки элементов матрицы коэффициентов парной корреляции [49 ,51].

По первой строке матрицы парной корреляции (61) наибольшее 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)

$$r = \begin{pmatrix} 1 & -0{,}626 & -0{,}151 & 0{,}425 & -0{,}32 \\ -0{,}626 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -0{,}151 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0{,}425 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -0{,}32 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (61)$$

Найдем для регрессии различного порядка значения среднего квадратичного отклонения S, средней относительной погрешности аппроксимации ε, коэффициент множественной корреляции R, коэффициент множественной детерминации R^2:

- с учетом значений всех влияющих факторов (таблица 14);

- с учетом трех влияющих факторов из четырех, отбросив наименее значимый фактор – число Рейнольдса Re (таблица 15);

- с учетом двух влияющих факторов, отбросив влияющий фактор – сплошность F_0 (таблица 16);

с учетом одного наиболее влияющего фактора – отношения f/L (таблица 17).

Таблица 14 – Характеристики регрессии различного порядка с учетом влияния четырех факторов (f/L, Re, θ, F_0)

Порядок регрессии	Среднее квадратическое отклонение S	Средняя относительная погрешность аппроксимации ε, %	Коэффициент детерминации R^2
Первая степень	1,678	12,752	0,699
Вторая степень	0,948	9,259	0,83
Третья степень	0,481	6,568	0,914
Четвертая степень	0,209	4,605	0,962

Таблица 15 – Характеристики регрессии различного порядка с учетом влияния трех факторов (f/L, θ, F_0)

Порядок регрессии	Среднее квадратическое отклонение S	Средняя относительная погрешность аппроксимации ε, %	Коэффициент детерминации R^2
Первая степень	1,805	13,552	0,676
Вторая степень	1,087	9,831	0,805
Третья степень	0,917	8,992	0,835
Четвертая степень	0,717	8,101	0.871

Таблица 16 – Характеристики регрессии различного порядка с учетом влияния двух факторов (f/L, θ)

Порядок регрессии	Среднее квадратическое отклонение S	Средняя относительная погрешность аппроксимации ε, %	Коэффициент детерминации R^2
1	2	3	4
Первая степень	2,376	14,205	0,573

Окончание таблицы 16

1	2	3	4
Вторая степень	2,349	14,178	0,578
Третья степень	2,29	13,966	0,589
Четвертая степень	2,286	14,025	0,589

Таблица 17 – Характеристики регрессии различного порядка с учетом влияния наиболее значимого фактора (*f*/*L*)

Порядок регрессии	Среднее квадратическое отклонение S	Средняя относительная погрешность аппроксимации ε, %	Коэффициент детерминации R^2
Первая степень	3,383	17,425	0,392
Вторая степень	3,381	17,488	0,392
Третья степень	3,34	17,418	0,4
Четвертая степень	3,34	17,502	0,4

2.4 Аппроксимация расчетных данных коэффициента гидродинамического сопротивления для получения зависимости $c_x = f(\mathrm{Re}, \mathrm{F_0}, f/L, \theta)$

Аппроксимация проводилась экспоненциальной функцией и прямой линией

$$c_x = A \cdot e^{B \cdot \frac{f}{L}} + C, \quad (62)$$

$$c_x = A + B \cdot \frac{f}{L}. \quad (63)$$

где A, B, C – коэффициенты (таблица 18). Средняя ошибка аппроксимации определяется по формуле

$$A = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{\left| c_x - \hat{c}_x \right|}{c_x} \cdot 100\% \qquad (64)$$

Ошибка аппроксимации не превышает 10 % (таблица 19).

Таблица 18 – Коэффициенты аппроксимирующих функций

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

Таблица 19 – Ошибка аппроксимации

Выдувание	Число Рейнольдса	Ошибка аппроксимации, %
F_0 = 0,168		
0,4	123	7,04
	153	6,07
	184	2,43
0,6	123	6,48
	153	4,63
	184	5,49
0,8	123	8,02
	153	4,74
	184	0,803
F_0 = 0,202		
0,4	123	1,83
	153	2,27
	184	2,79
0,6	123	2,09
	153	1,76
	184	0,03
0,8	123	9,03
	153	1,89
	184	1,90
F_0 = 0,181		
0,4	123	3,16
	153	4,88
	184	6,47
0,6	123	5,32
	153	8,96
	184	5,38
0,8	123	5,91
	153	1,47
	184	3,05

Построены графики аппроксимирующих зависимостей:

- для модели со значением сплошности F_0 = 0,168 при вертикальном выдувании θ = 0,4 (рисунок 66),θ = 0,6 (рисунок 67),θ = 0,8 (рисунок 68);

- для модели со значением сплошности F_0 = 0,202 при вертикальном выдувании θ = 0,4 (рисунок 69),θ = 0,6 (рисунок 70),θ = 0,8 (рисунок 71);

- для модели со значением сплошности F_0 = 0,181 при вертикальном выдувании θ = 0,4 (рисунок 72),θ = 0,6 (рисунок 73),θ = 0,8 (рисунок 74).

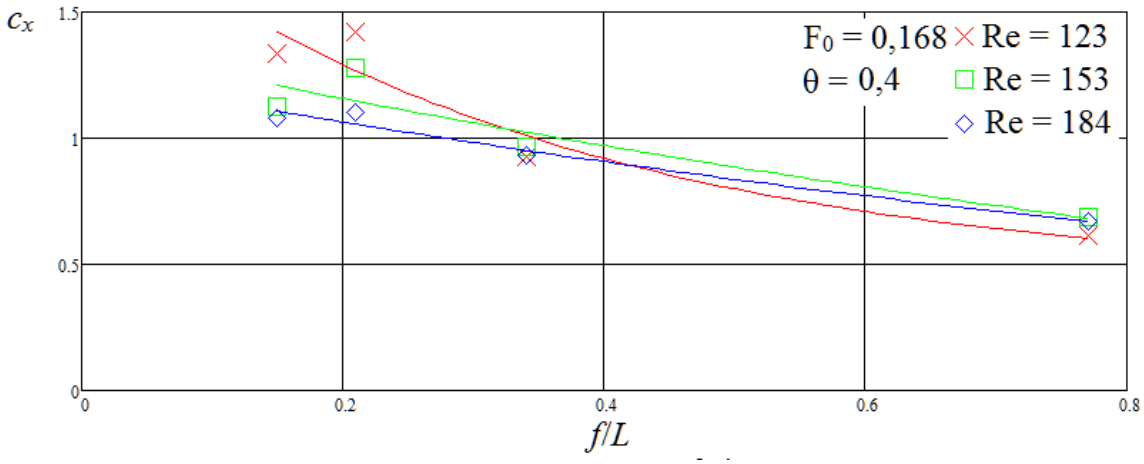


Рисунок 66–Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0{,}168$ и $\theta = 0{,}4$

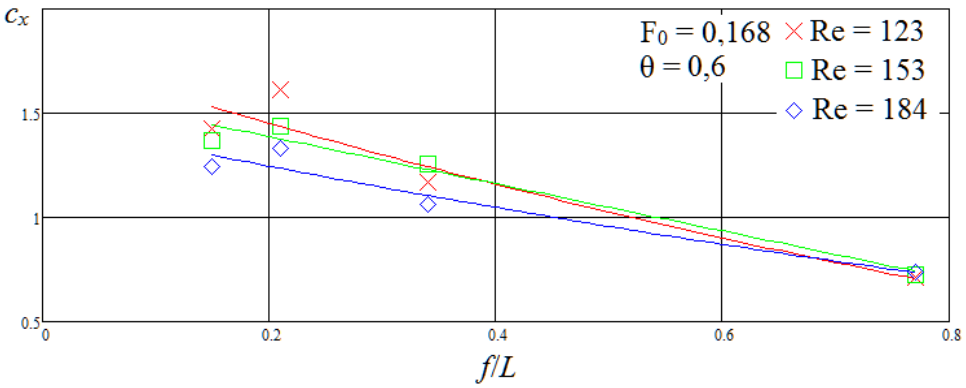


Рисунок 67–Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0{,}168$ и $\theta = 0{,}6$

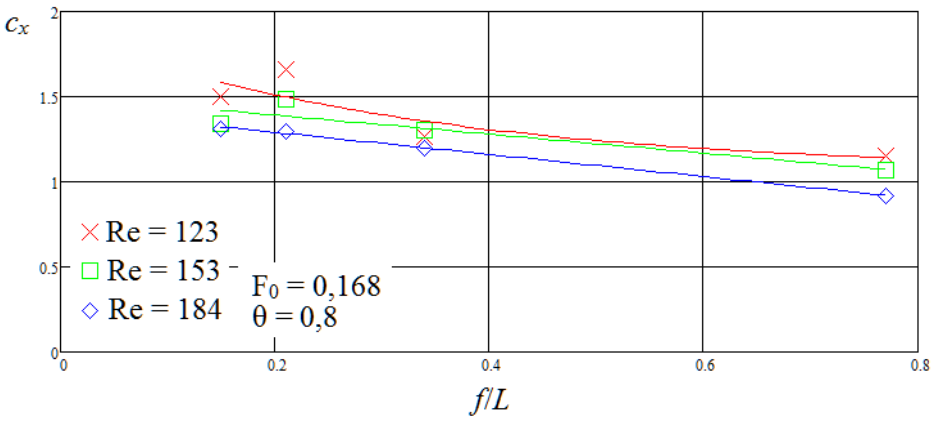


Рисунок 68–Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0{,}168$ и $\theta = 0{,}8$

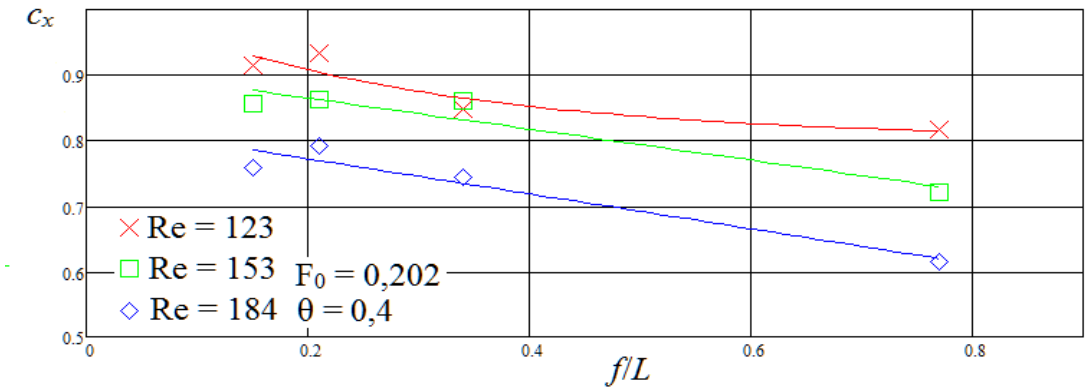


Рисунок 69 – Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0{,}202$ и $\theta = 0{,}4$

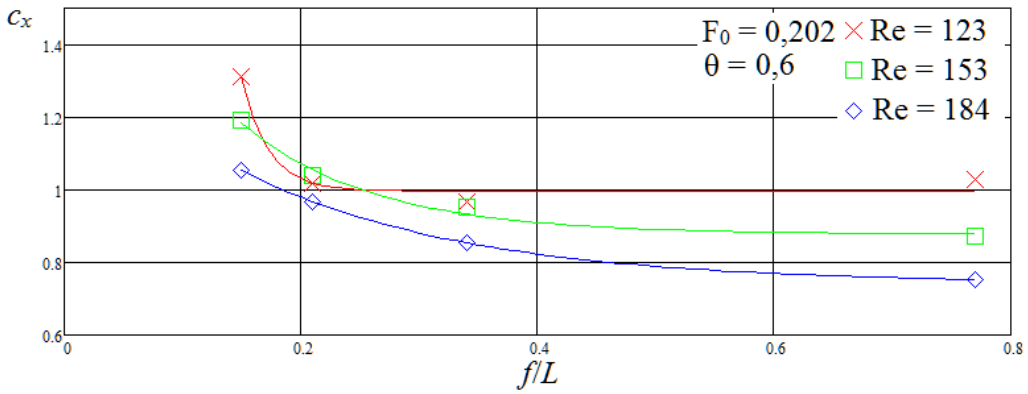


Рисунок 70 – Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0{,}202$ и $\theta = 0{,}6$

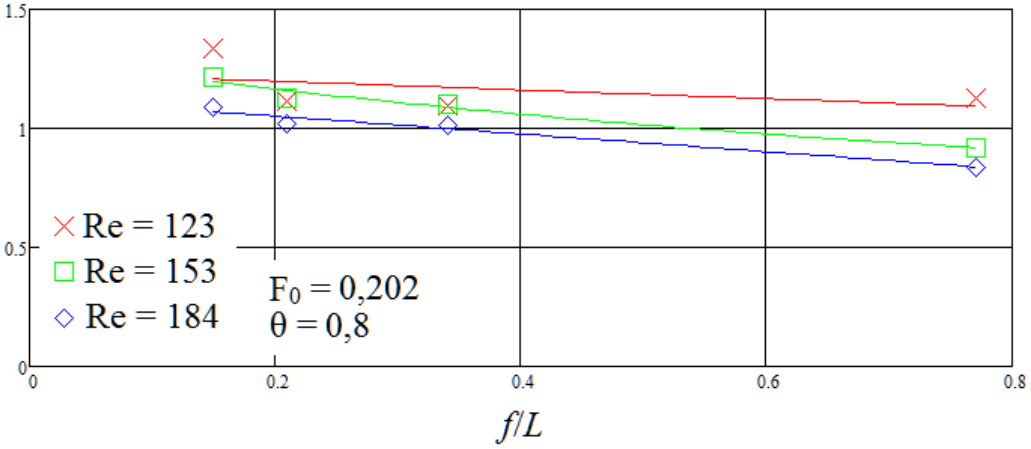


Рисунок 71 – Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0{,}202$ и $\theta = 0{,}8$

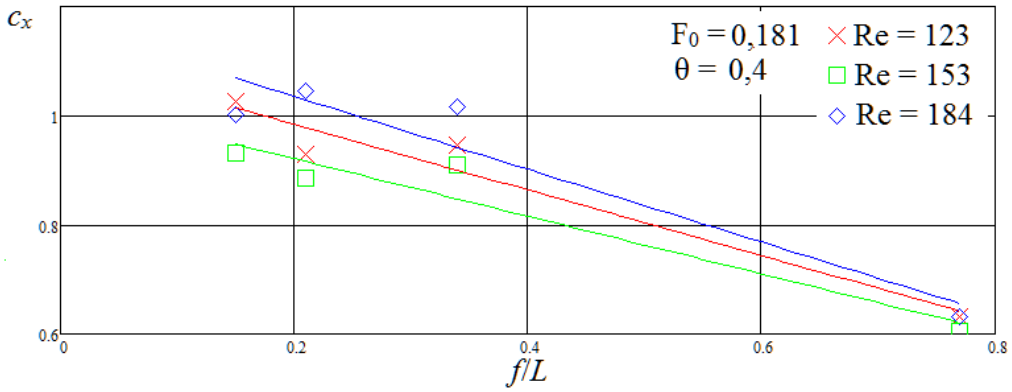


Рисунок 72 – Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}4$

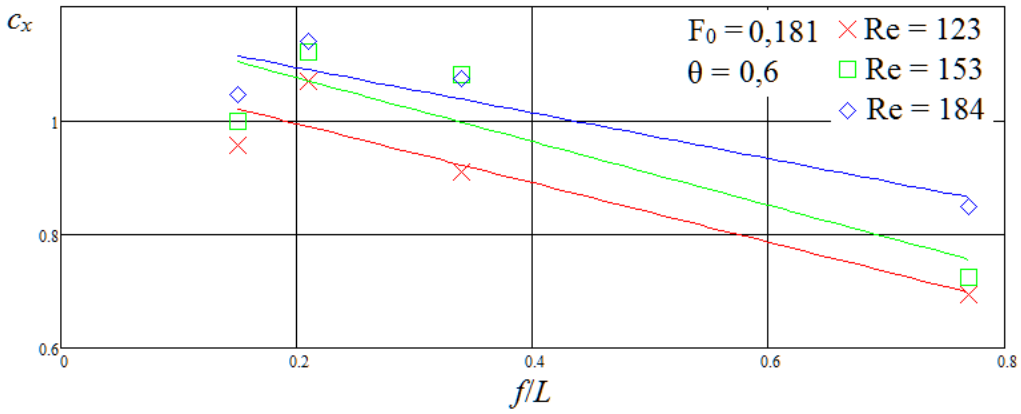


Рисунок 73 – Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}6$

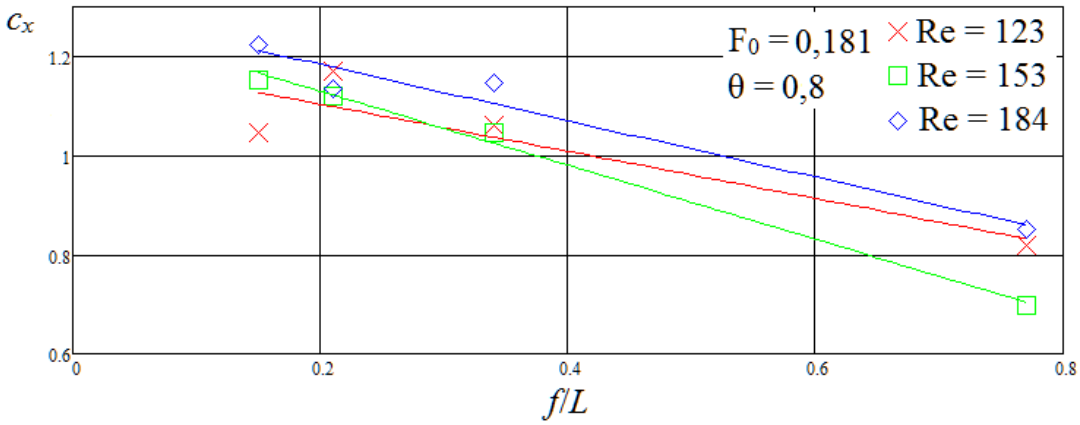


Рисунок 74 –Аппроксимирующая зависимость $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$ при $F_0 = 0{,}181$ и $\theta = 0{,}8$

Очевидно, что формулы (62) и (63) можно использовать для значений f/L, Re, F_0, θ, которые приведены в таблице 18. Данные формулы не позволяют рассчитать значение коэффициента гидродинамического сопротивления c_x для промежуточных значений параметров f/L, Re, F_0, θ.

Необходимо получить формулу, которая будет учитывать влияние всех параметров f/L, Re, F_0, θ. В соответствии с данными таблицы (таблица 14) определим уравнение кривой первой степени, учитывающей значение четырех влияющих факторов

$$c_x = 2{,}054 - 0{,}587 \cdot \frac{f}{L} - 1{,}378 \cdot 10^{-3} \cdot \mathrm{Re} + 0{,}591 \cdot \theta - 5{,}188 \cdot F_0 . \quad (65)$$

На рисунках (рисунок 75 - рисунок 83) приведены значения коэффициента гидродинамического сопротивления c_x, полученные в результате эксперимента и графики прямой (65) при числах Рейнольдса 123; 153; и 184; вертикальном выдувании 0,4; 0,6 и 0,8; сплошности 0,168; 0,181 и 0,202.

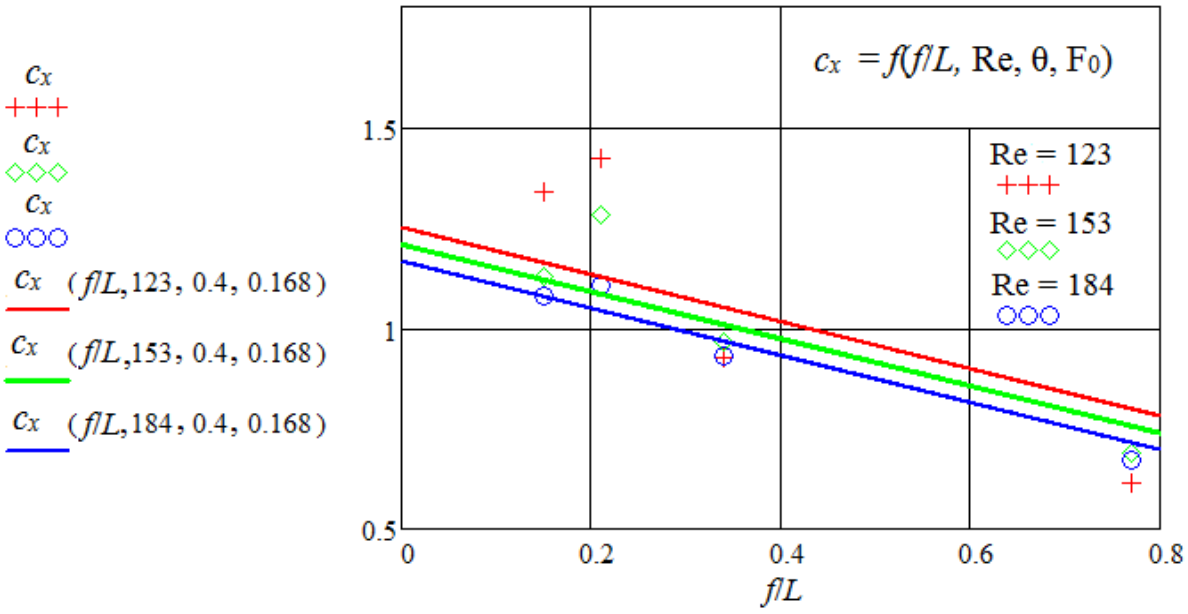


Рисунок 75 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (65) при вертикальном выдувании θ = 0,4 и сплошности F_0 = 0,168.

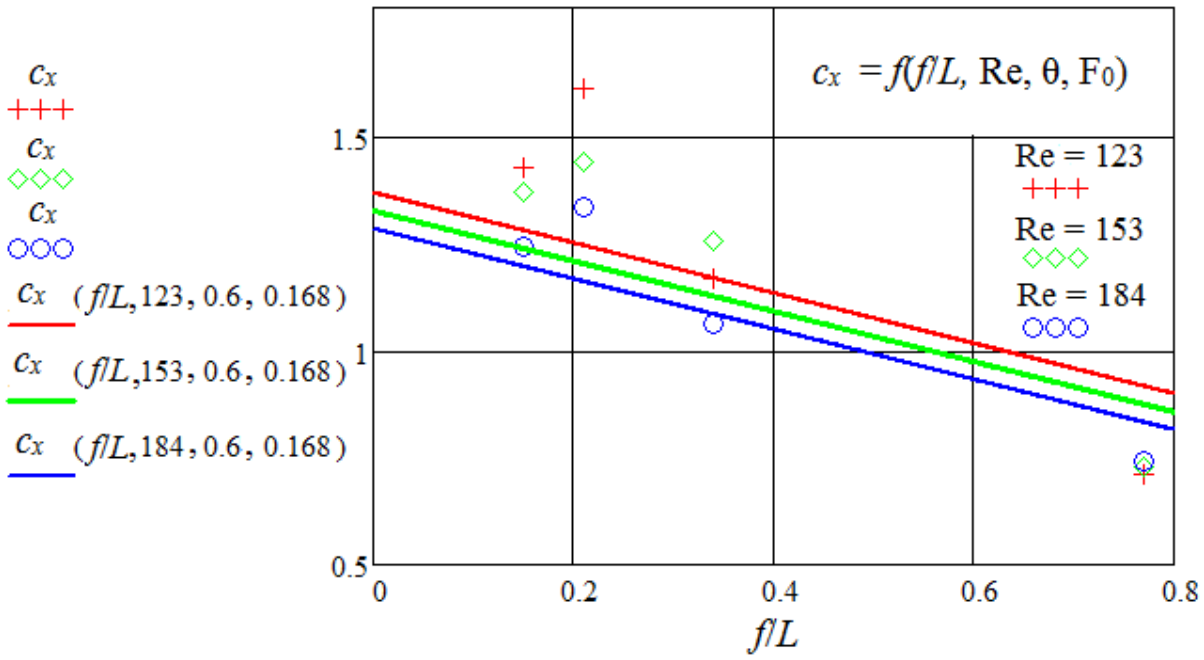


Рисунок 76 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (65) при вертикальном выдувании θ = 0,6 и сплошности F_0 = 0,168.

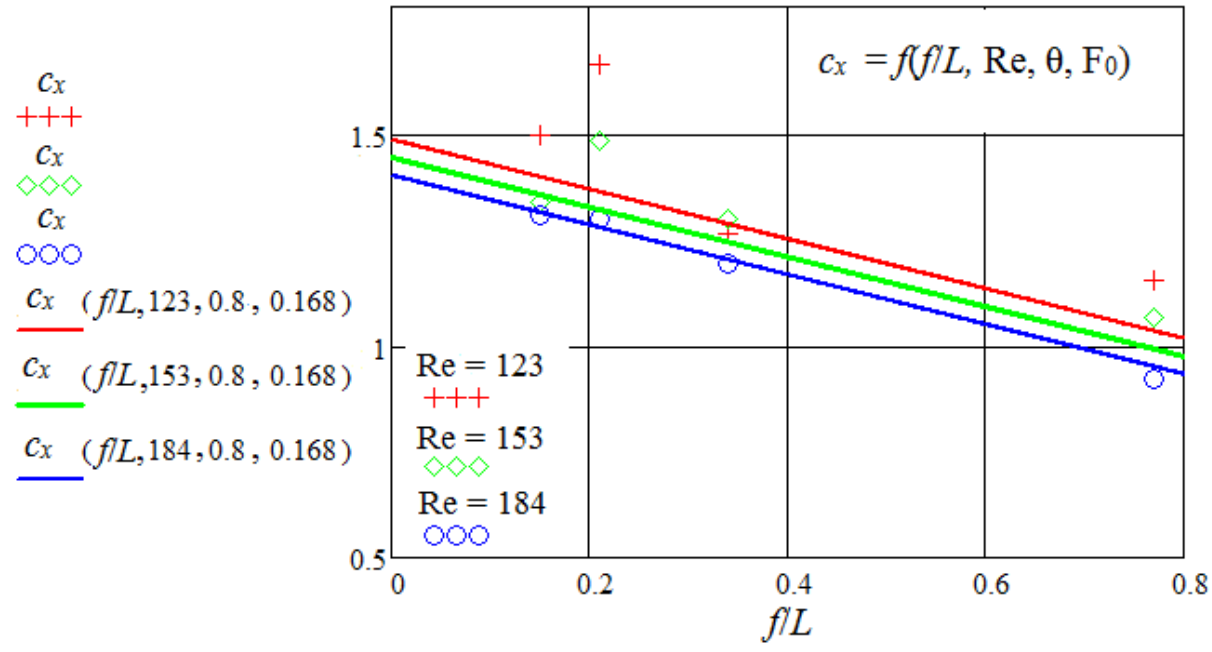


Рисунок 77 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (65) при вертикальном выдувании θ = 0,8 и сплошности F_0 = 0,168.

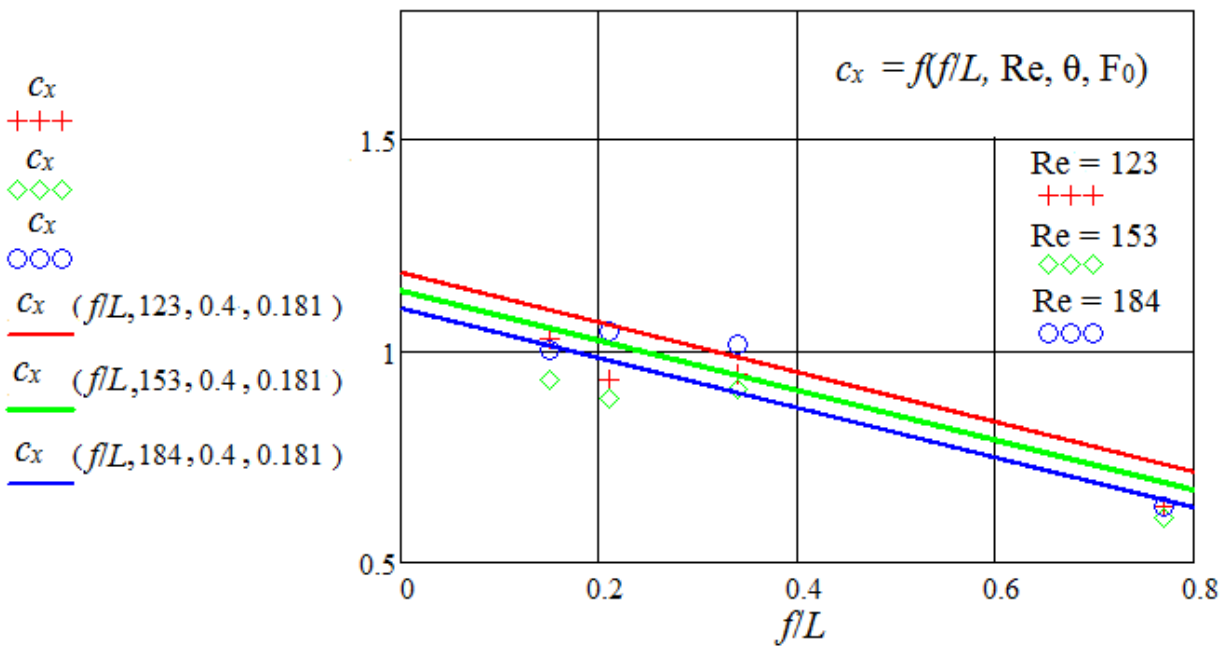


Рисунок 78 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (65) при вертикальном выдувании θ = 0,4 и сплошности F_0 = 0,181.

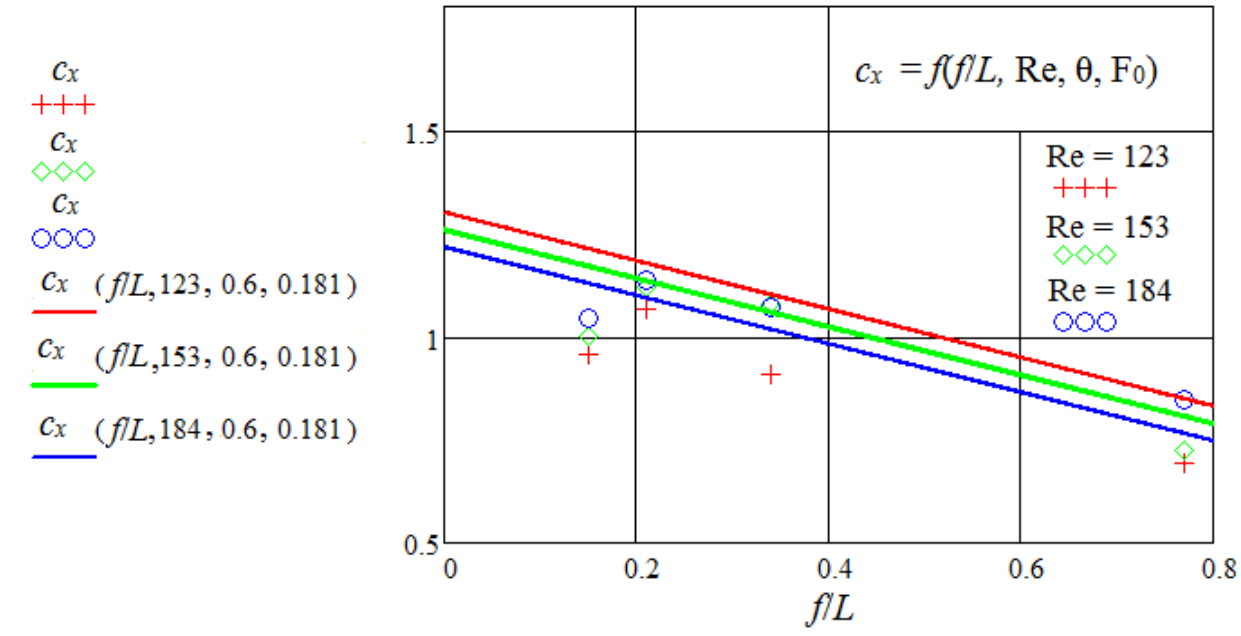


Рисунок 79 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (65) при вертикальном выдувании θ = 0,6 и сплошности F_0 = 0,181.

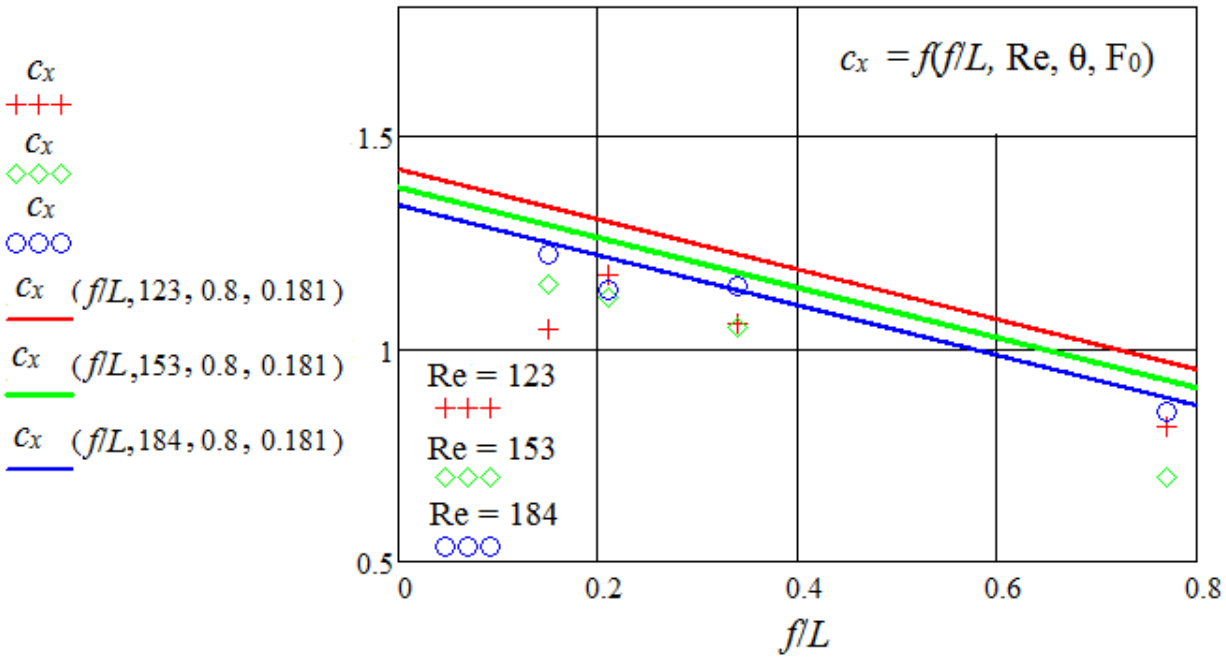


Рисунок 80 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (65) при вертикальном выдувании θ = 0,8 и сплошности F_0 = 0,181.

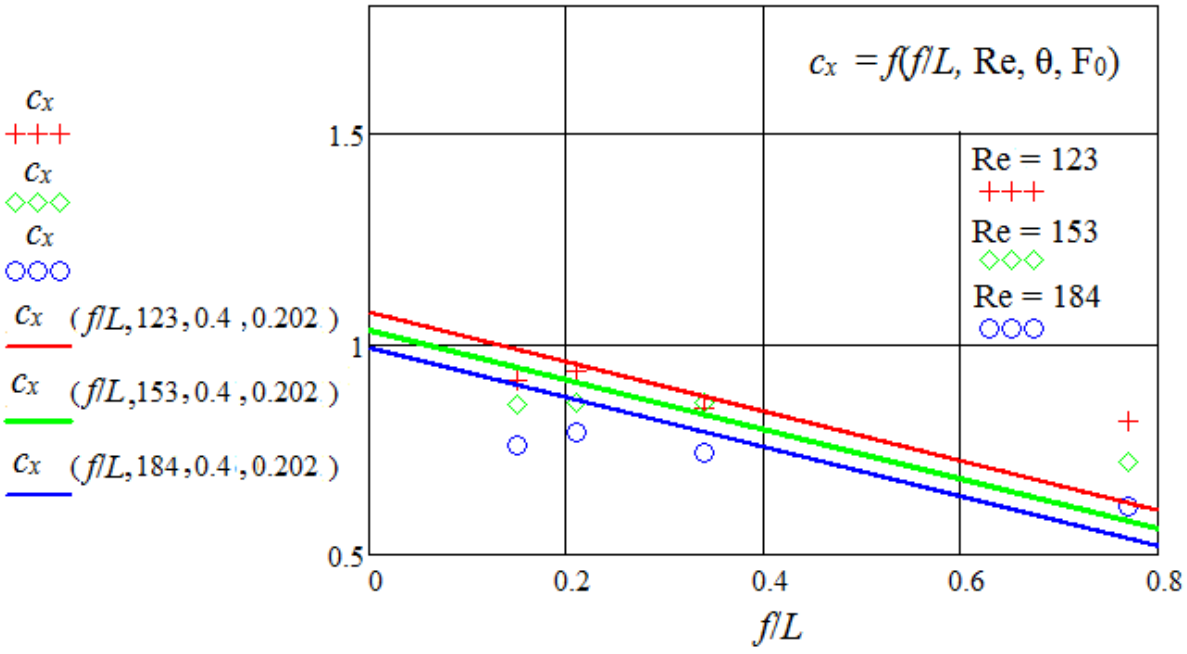


Рисунок 81 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (65) при вертикальном выдувании θ = 0,4 и сплошности F_0 = 0,202.

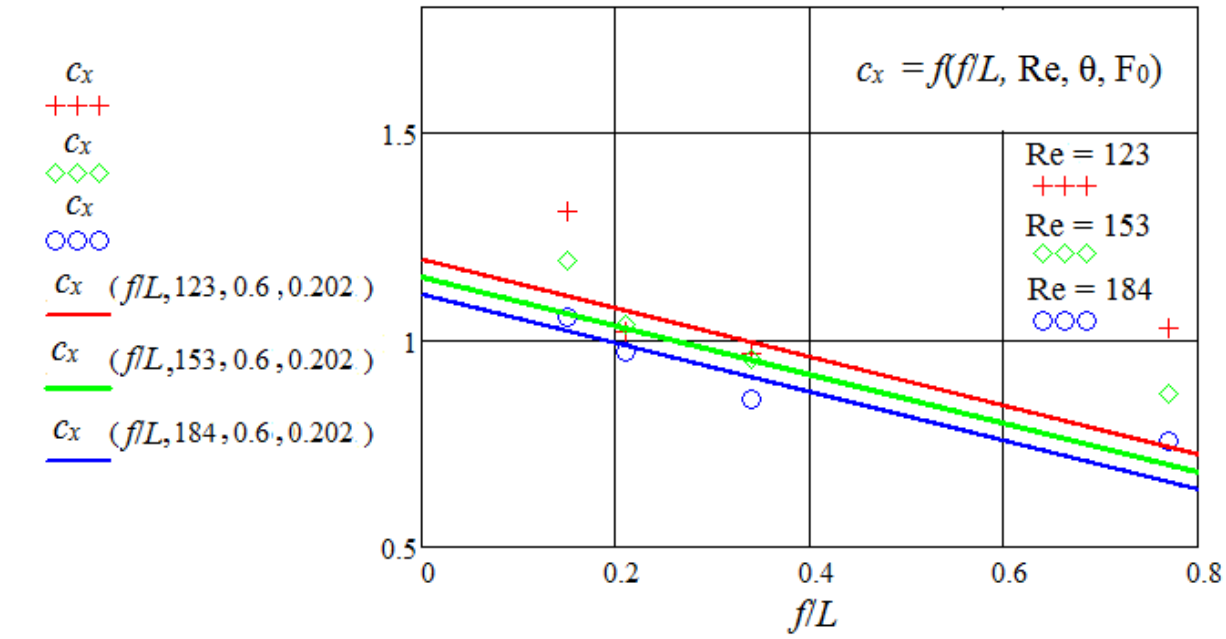


Рисунок 82 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (65) при вертикальном выдувании θ = 0,6 и сплошности F_0 = 0,202.

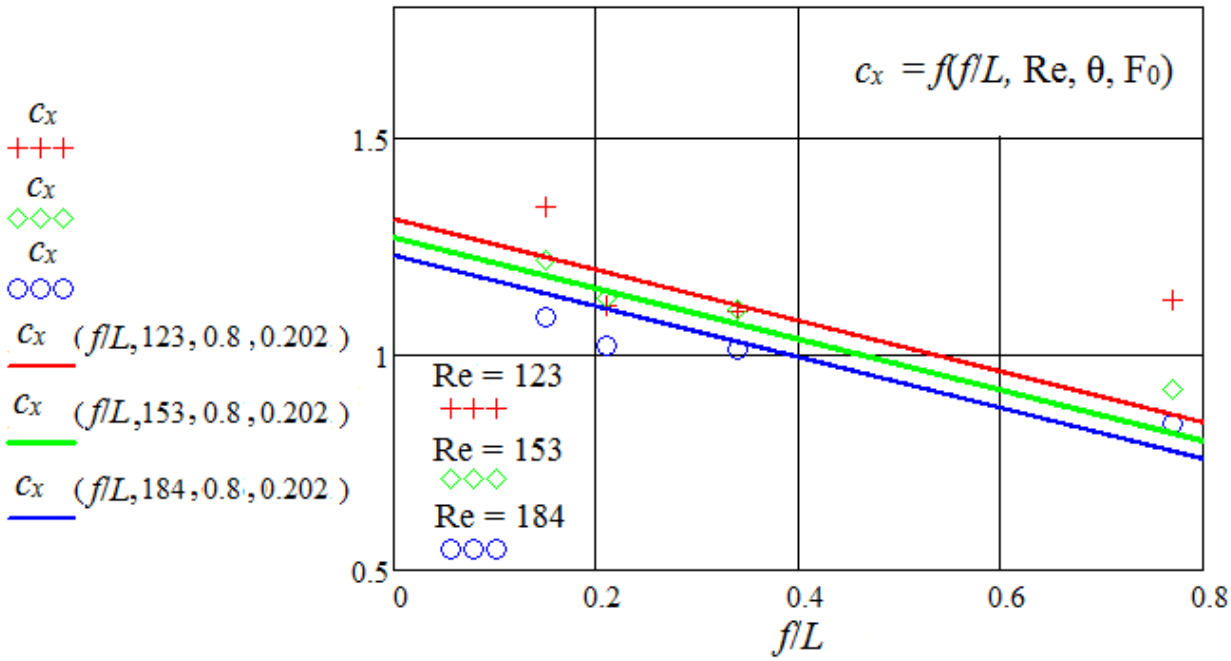


Рисунок 83 – Экспериментальные значения коэффициента гидродинамического сопротивления и аппроксимирующая зависимость (65) при вертикальном выдувании θ = 0,8 и сплошности F_0 = 0,202.

2.5 Выводы по главе 2

1) Проведен эксперимент с моделями закидных неводов для определения зависимости $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$. Диапазон значений характеристик: $123 \le \mathrm{Re} \le 184$; $0{,}168 \le F_0 \le 0{,}202$; $0{,}15 \le f/L \le 0{,}77$; $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$.

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

3) 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 $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, числе Рейнольдса $123 \le \mathrm{Re} \le 184$, сплошности $0{,}168 \le F0 \le 0{,}202$.

4) Проведен анализ влияния отношения f/L, числа Рейнольдса Re, сплошности F_0 и вертикального выдувания θ. В соответствии с полученной матрицей коэффициентов парной корреляции наибольше 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).

5) 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 %.

6) Получено уравнение прямой (65), которое учитывает влияние всех параметров f/L, Re, F_0, θ.

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ УСИЛИЯ В УРЕЗЕ РАВНОКРЫЛОГО ЗАКИДНОГО НЕВОДА

3.1 Экспериментальное оборудование

Для экспериментального изучения усилия в урезе равнокрылого закидного невода использовались следующие материалы и оборудования:

1) Равнокрылый мотеный закидной невод 120 х 2.8 м (Приложение Г). Урез закидного невода изготовлен из шнура FS16 диаметром 8 мм, 380 м шнура весят 7,70 кг.

2) Измерительно-вычислительный комплекс MIC-200 (рисунок 84), который представляет собой портативную персональную электронно-вычислительную машину [33, 89]. Характеристики тензостанции MIC-200: габаритные размеры (в мм) 215 х 238 х 115, масса 7 кг. Комплекс MIC-200 предназначен для сбора, преобразования, регистрации, обработки, передачи и представления информации датчиков и измерительных преобразователей. С помощью данного комплекса могут измеряться такие параметры как усилие, деформация, перемещение, угол поворота и др. К измерительному комплексу подключен модуль MC-212 для работы с тензометрическими датчиками (Приложение Д). Основными областями применения модуля являются измерение механических нагрузок, усилий, линейных перемещений, давлений [33].

3) Для измерения натяжения используется датчик растяжения C2H – C3 (рисунок 85). Наибольший предел измерений 1,0 т. Масса датчика 1,4 кг (Приложение Е [83]).

4) В качестве вспомогательного оборудования использовались такеллажные скобы, гаки для крепления датчика и соединения элементов экспериментальной схемы между собой. Для записи процесса выборки невода использовалась видеокамера и фотоаппарат.

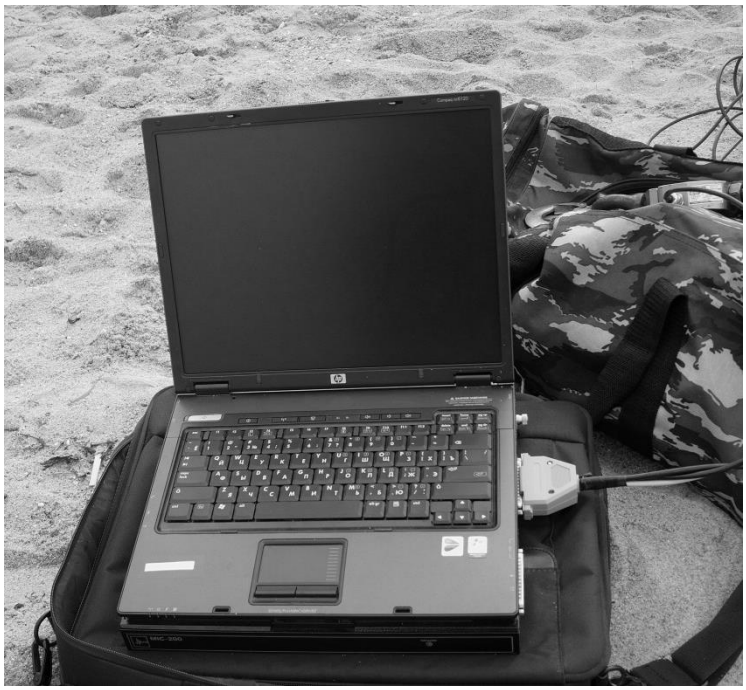


Рисунок 84– Измерительно-вычислительный комплекс MIC-200

Рисунок 85– Общий вид тензодатчика С2Н

3.2 Экспериментальное изучение усилия в урезе равнокрылого закидного невода при ручной выборке

3.2.1 Методика измерений и проведение эксперимента

Проведение экспериментального исследования требует измерения, как линейных размеров закидного невода, так и других величин, отражающих режим его движения (силовые параметры, скорость выборки) [87]. Методика измерения тяговых усилий в движущихся канатах и установки контрольно-измерительных приборов использовалась С.С. Торбаном [85]. Самым

простым и наиболее правильным является включение датчика в непосредственно нагруженный урез (рисунок 86) [88]. При этом измерительный прибор показывает действительные значения сопротивления орудия рыболовства. На рисунке указаны следующие обозначения: *1*– урез, *2* – измерительный прибор, *3* – закидной невод.

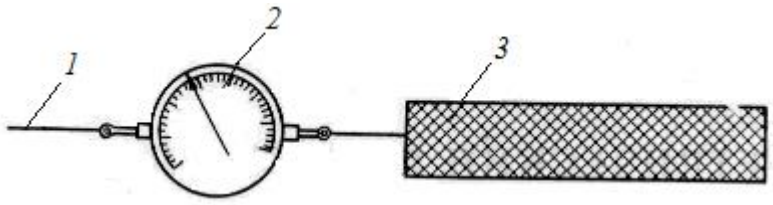


Рисунок 86– Схема включения измерительного прибора в урез невода

Практическое применение ограничено из-за движения орудия рыболовства под водой. Метод имеет большой недостаток для речных закидных неводов, на который указывал еще Ф.И. Баранов: при прерывании тяги для включения динамометра, нарушается установившийся ход процесса выборки невода, что приводит к искажению величины и характера действующего усилия. Кроме того, данный способ включения измерительного прибора не позволяет проводить непрерывные наблюдения за изменением тягового усилия в течение всего времени выборки невода.

Эксперименты проводились в поселке Шоссейное Калининградской области на берегу Вислинского залива [76, 79]. Закидной невод [77] выбирался группой людей (рисунок 87).

Рисунок 87– Ручная выборка закидного невода

Датчик включался напрямую с помощью гаков к скобам, привязанным к урезу (рисунок 88, рисунок 89), затем осуществлялась тяга уреза Длина уреза 375 м. Было сделано три слабины для включения датчика: в начале уреза, в середине и у кляча.

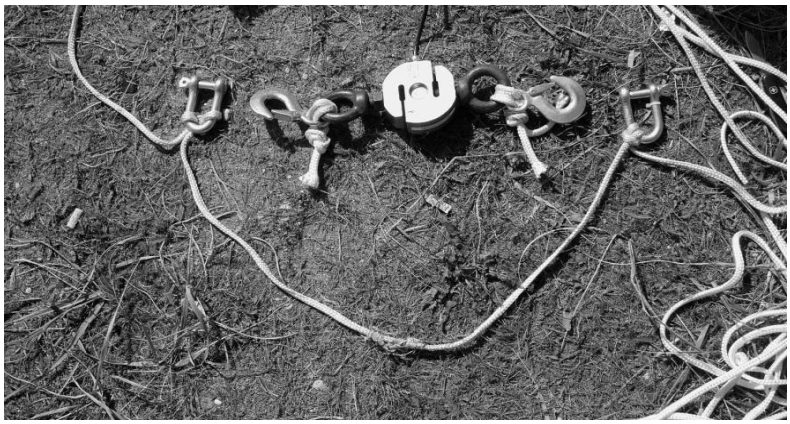


Рисунок 88– Подключение тензодатчика к урезу невода

Рисунок 89– Процесс подсоединения тензодатчика к урезу закидного невода

3.2.2 Экспериментальные данные и их обработка

По результатам эксперимента были построены графики зависимости натяжения уреза от времени выборки (рисунок 90 – рисунок 92, Приложение Ж). Для построения использовался программный продукт WinПОС (пакет обработки сигналов для Windows), разработанный Научно-производственным предприятием «Мера» в начале 90-х годов и предназначен

для обработки измерительной информации с помощью стандартных математических и статистических алгоритмов, графического представления данных и документирования [69, с.11].

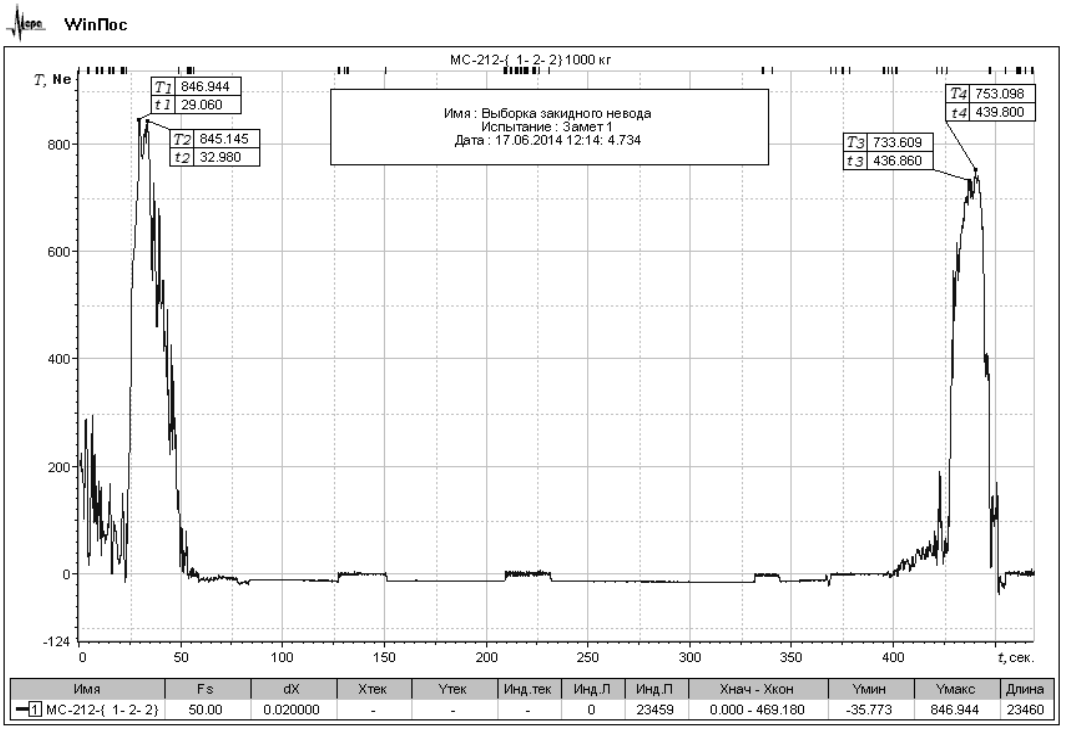


Рисунок 90– График изменения натяжения уреза (замет № 1)

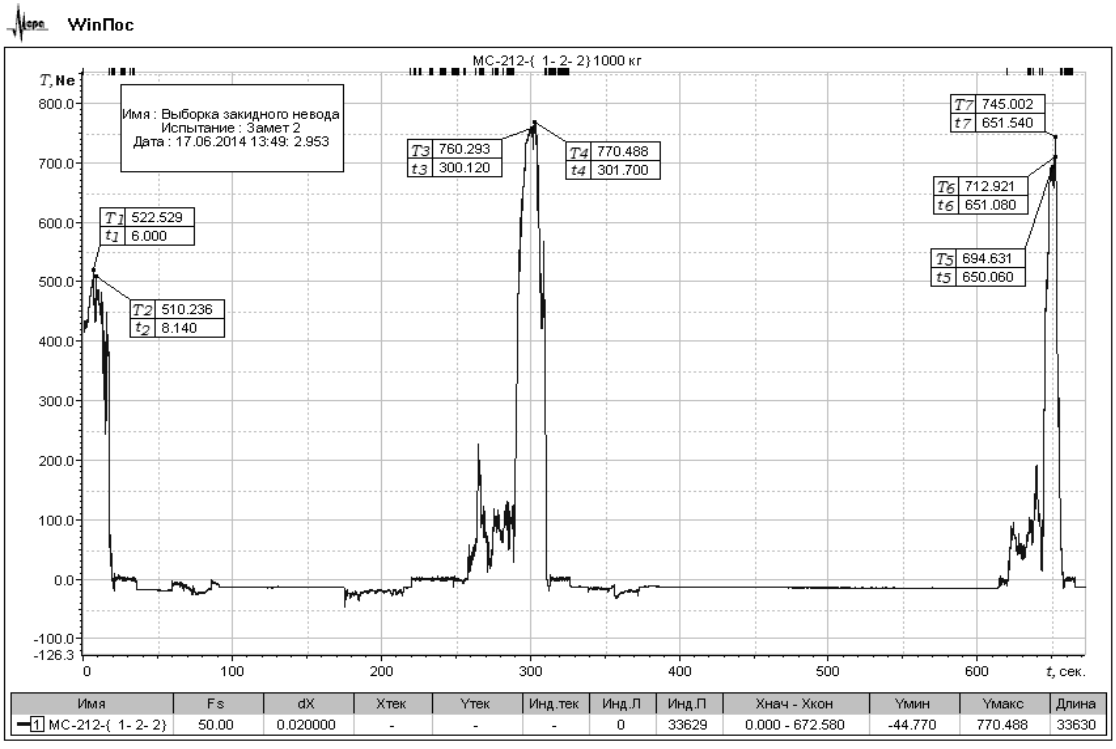


Рисунок 91– График изменения натяжения уреза (замет № 2)

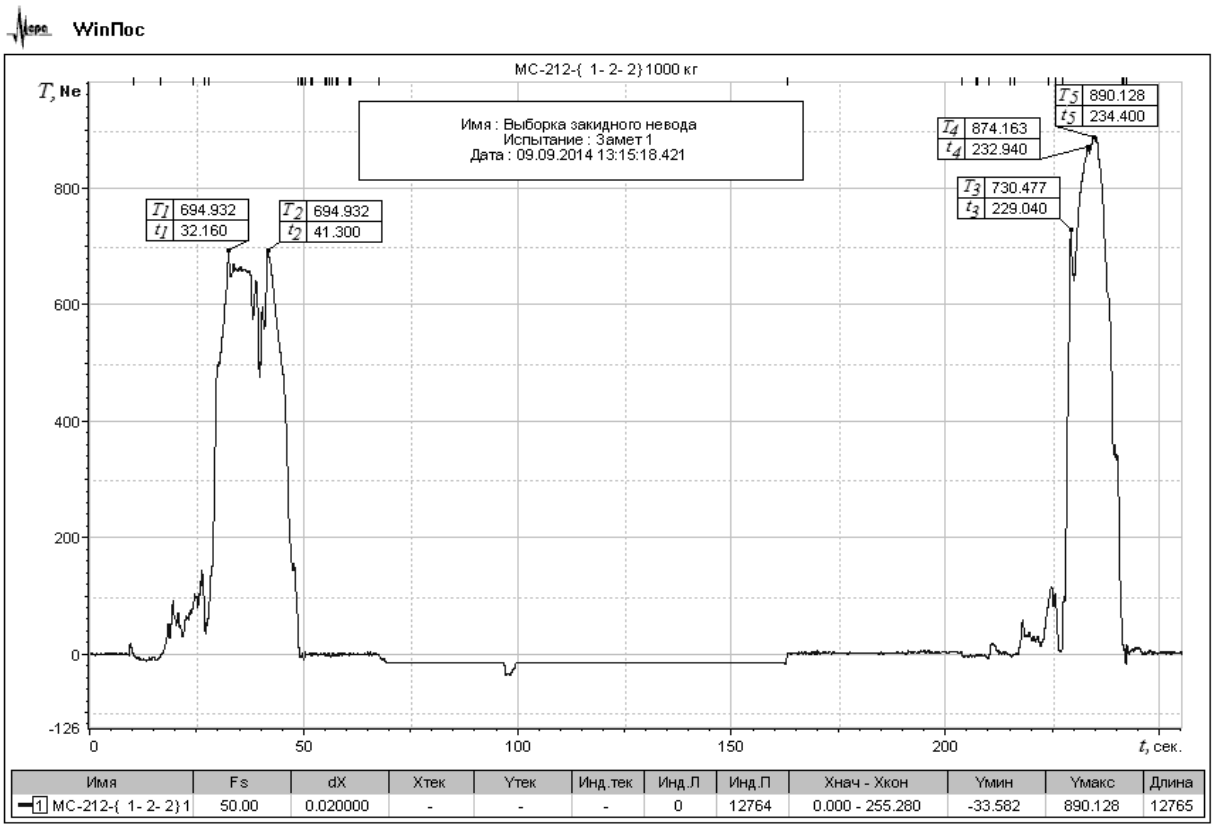


Рисунок 92– График изменения натяжения уреза (замет № 3)

Проведем обработку результатов измерения натяжения уреза при выборке равнокрылого закидного невода и оценку погрешности [79].

Количественное значение физической величины определяется при помощи эксперимента путем сравнения с единицей измерения указанной величины [2, 82].

Абсолютная погрешность натяжения уреза Δ представляет собой отклонение результата измерения T от истинного значения $T_{\text{ист}}$

$$\Delta = T - T_{\text{ист}}. \qquad (66)$$

Относительная погрешность δ представляет собой отношение абсолютной погрешности Δ к истинному значению физической величины

$$\delta = \frac{\Delta}{T_{\text{ист}}}. \qquad (67)$$

При нормальном законе распределения случайной погрешности за истинное значение физической величины принимают ее среднее арифметическое значение и полагают, что это есть результат измерения

$$< T >= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} T_i = 736{,}221\,\text{Н}. \qquad (68)$$

После этого определяется абсолютная погрешность каждого из n наблюдений по формуле

$$\Delta_i = T_i - < T >. \qquad (69)$$

После этого определяют среднее квадратическое отклонение наблюдений $\tilde{\sigma}$, которое характеризует точность измерений

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2}. \qquad (70)$$

Оценка измеряемого истинного значения <T>, очевидно, зависит от числа измерений n и является случайной величиной. Поэтому также вычисляется оценка среднего квадратического отклонения результата измерения $\tilde{\sigma}_{ср}$, которое характеризует степень разброса <T> от истинного значения физической величины $T_{\text{ист}}$.

$$\tilde{\sigma}_{ср} = \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{n}}. \qquad (71)$$

Для определения действительного значения натяжения уреза и погрешности измерений снимем с графиков несколько значений натяжения уреза (таблица 20).

Таблица 20– Результаты обработки измерений и оценки погрешности

№	T_i, Н	Δ_i, Н	$\tilde{\sigma}$, Н	$\tilde{\sigma}_{ср}$, Н
1	846,9	110,7	106,9	26,73
2	845,1	108,9		
3	733,6	-2,612		
4	753,1	16,9		
5	522,5	-213,7		
6	510,2	-225,9		
7	760,2	24,07		
8	770,5	34,3		
9	694,63	-41,59		
10	712,92	-23,30		
11	745,0	8,78		
12	694,9	-41,29		
13	694,9	-41,29		
14	730,5	-5,744		
15	874,2	137,9		
16	890,1	153,9		

Определим величину доверительного интервала измерений с учетом коэффициента Стьюдента при вероятности α = 0,9 и числе измерений равном 16. Вероятность 0,9 является достаточной при экспериментальных исследованиях в промышленном рыболовстве. Для таких условий коэффициент Стьюдента равняется 1,75 [1]. Величина доверительного интервала

$$\Delta < T >= t_{\alpha,n} \cdot \tilde{\sigma}_{\text{ср}} = 1{,}75 \cdot 26{,}725 = 46{,}769 \text{ Н}.$$

Относительная погрешность

$$\delta = \frac{46{,}769}{736{,}221} \cdot 100\,\% = 6{,}352\,\%.$$

Таким образом, натяжение уреза при обработке с помощью коэффициентов Стьюдента равняется ***T* = 736,221 ± 46,769 Н.**

Рассчитаем погрешность измерения с помощью **метода Корнфельда**. Данный метод оценки погрешности заключается в выборе доверительного

интервала в пределах от минимального до максимального результата измерений.

Находим среднее значение

$$< T >= \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} = \frac{890{,}128 + 510{,}236}{2} = 700{,}182 \text{ Н}. \quad (72)$$

Абсолютная погрешность измерения

$$\Delta T = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2} = \frac{890{,}128 - 510{,}236}{2} = 189{,}946 \text{ Н}. \quad (73)$$

Доверительная вероятность

$$\alpha = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{16-1} = 0{,}99. \quad (74)$$

Относительная погрешность

$$\delta = \frac{189{,}946}{700{,}182} \cdot 100\,\% = 27{,}128\,\%.$$

Полученное по методу Корнфельда натяжение уреза ***T* = 700,182 ± 189,946 Н** с доверительной вероятностью α = 0,99.

3.3 Экспериментальное изучение усилия в урезе равнокрылого закидного невода при механизированной выборке

3.3.1 Методика измерений и проведение эксперимента

Эксперименты можно разделить на два типа: качественный и количественный [2].Эксперимент должен быть тщательно спланирован [36].

Для механизированной выборки закидного невода использовалась лебедка МЛШ – 1200 Д (Приложение И). Лебедка МЛШ-1200 Д - тяговая лебедка, предназначенная для перемещения объектов, которые не являются

катящимися по горизонтальной и наклонной поверхности под углом 45º [27, 28, 47, 48, 74, 75]. Лебедка имеет возможность работы с очень длинными канатами для перемещения на большие расстояния, обладает простой и легкой конструкцией. Рабочий орган лебедки барабан-турачка. Привод лебедки осуществляется от двигателя внутреннего сгорания Honda GXH 50. Тяговая характеристика двигателя [26].

Эксперимент проводился в Вислинском (Калининградском) заливе. Выборка бежного уреза осуществлялась лебедкой, пятного уреза - вручную. Расстояние между точкой замета (возле группы людей) и точкой закрепа (возле лебедки) (рисунок 93) составляло 35 м [99].

Рисунок 93 - Замет закидного невода

Тензодатчик крепился к лебедке, установленной на древесно-стружечной плите (ДСП) (рисунок 94). Приемка уреза осуществлялась вручную (рисунок 95).

Рисунок 94 - Лебедка с урезом

Рисунок 95 - Прием сбегающего с лебедки конца уреза

3.3.2 Экспериментальные данные и их обработка

В результате опыта получен график, демонстрирующий зависимость усилия уреза от времени $T(t)$ (рисунок 96, Приложение К).

Выполним обработку полученных данных. Используем пакет WinПОС, который позволяет обрабатывать записанную информацию, используя встроенные стандартные алгоритмы [69]. Последовательность действий при обработке сигнала следующая: выбор сигнала, выбор алгоритма, настройка

алгоритма, выполнение алгоритма, создание графиков результатов (Приложение Л).

Представим зависимость $T(t)$ в безразмерном виде

$$\chi = f(\tau), \tag{75}$$

где χ – относительное натяжение уреза;

τ – относительное время выборки уреза.

Относительное натяжение уреза определяется по формуле

$$\chi = \frac{T}{T_{\max}}, \tag{76}$$

где T – натяжение в урезе в некоторый момент выборки;

T_{max} – максимальное натяжение в урезе невода за время выборки.

Относительное время выборки определяется по формуле

$$\tau = \frac{t}{t_{\max}}, \tag{77}$$

где t – некоторый момент времени выборки уреза невода;

t_{max} – время выборки уреза невода.

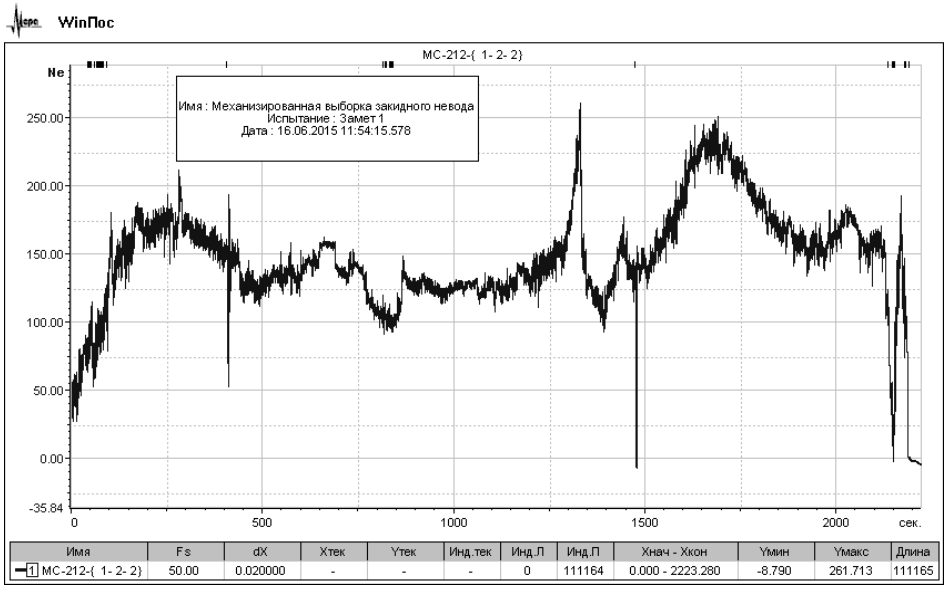


Рисунок 96 - График зависимости усилия уреза от времени (замет № 1)

Построим график зависимости (74) демонстрируется на рисунке 1 [73]. Также для устранения влияния зацепов график был сглажен и построен график зависимости $\chi_{сглаж} = f(\tau)$. Ошибка сглаживания составляет 7 %.

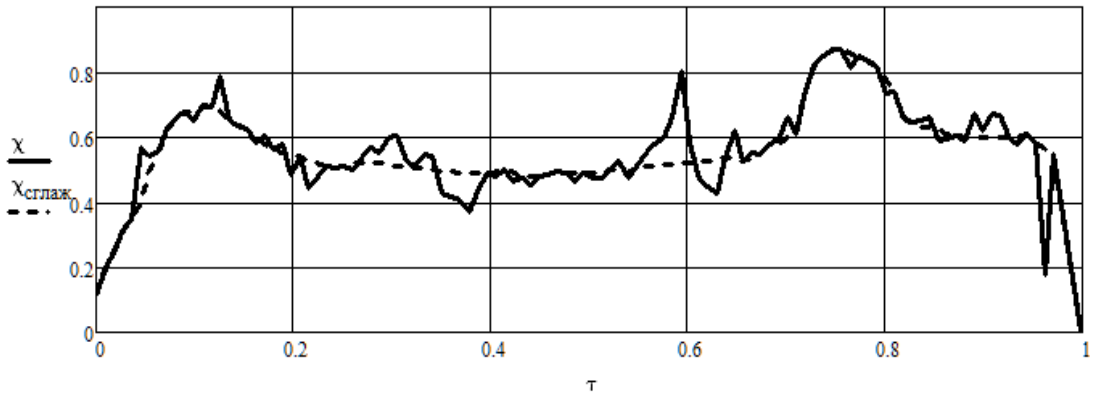


Рисунок 97 - График зависимостей $\chi = f(\tau)$ и $\chi_{сглаж} = f(\tau)$

3.4 Выводы по главе 3

По результатам главы 3 получены следующие выводы:

1) Проведен эксперимент по определению усилия в урезе равнокрылого закидного невода при ручной и механизированной выборке. Усилие в урезе во время выборки измерялось с помощью тензостанции MIC-200;

2) Проведена обработка результатов эксперимента по определению усилия в урезе 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 ± 46,769 Н. Значение натяжения уреза по методу Корнфельда уреза T = 700,182 ± 189,946 Н с доверительной вероятностью α = 0,99;

3) Получены графики зависимости натяжения уреза от времени выборки;

4) Проведена обработка экспериментальных зависимостей с помощью пакета WinПОС.

ГЛАВА 4 МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСИЛИЯ В УРЕЗЕ ПРИ ВЫБОРКЕ ЗАКИДНОГО РАВНОКРЫЛОГО НЕВОДА

4.1 Описание методики

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

Методика расчета усилия в урезе при выборке закидного равнокрылого невода применима в диапазоне характеристик значений $123 \leq \mathrm{Re} \leq 184$; $0{,}168 \leq F_0 \leq 0{,}202$; $0{,}15 \leq f/L \leq 0{,}77$; $0{,}4 \leq \theta \leq 0{,}8$.

Исходными данными для расчета являются диаметр ниток d_i и шаг ячеи a_i сетных элементов закидного невода, посадочные коэффициенты U_x и U_y, площадь ниток сетных элементов закидного невода $F_{нi}$, общая площадь ниток закидного невода $F_н$, скорость выборки закидного невода υ, коэффициент кинематической вязкости ν воды, плотность воды ρ, отношение стрелы прогиба закидного невода к расстоянию между крыльями закидного невода в горизонтальной плоскости f/L; вертикальное выдувание θ; длина нижней подборы закидного невода $L_{н.п.}$; вес в воде 1 м нижней подборы закидного невода q; диаметр нижней подборы закидного невода d; угол между вектором движения нижней подборы и ее осью β.

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

$$d_{св} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(d_i \cdot F_{нi} \right)}{F_н}, \qquad a_{св} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(a_i \cdot F_{нi} \right)}{F_н} \tag{78}$$

$$U_{x\text{св}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(U_{xi}\cdot \text{F}_{\text{н}i}\right)}{\text{F}_{\text{н}}}, \quad U_{y\text{св}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(U_{yi}\cdot \text{F}_{\text{н}i}\right)}{\text{F}_{\text{н}}} \tag{79}$$

$$\text{F}_{0св} = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_{oi}\cdot \text{F}_{\text{н}i}}{\text{F}_{\text{н}}}. \tag{80}$$

Производится расчет числа Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{\text{d}_{\text{св}}\cdot \upsilon}{\nu}. \tag{81}$$

Рассчитывается значение коэффициента гидродинамического сопротивления. Для диапазона значений $123 \le \text{Re} \le 184$; $0{,}168 \le \text{F}_0 \le 0{,}202$; $0{,}15 \le f/L \le 0{,}77$; $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$ коэффициент гидродинамических характеристик рассчитывается по формуле

$$c_x = 2{,}054 - 0{,}587\cdot\frac{f}{L} - 1{,}378\cdot 10^{-3}\cdot \text{Re} + 0{,}591\cdot\theta - 5{,}188\cdot F_0. \tag{82}$$

Определяется угол между урезом закидного невода и береговой линией (рисунок 98).

$$\beta_0 = f\left(\frac{f}{L}\right). \tag{83}$$

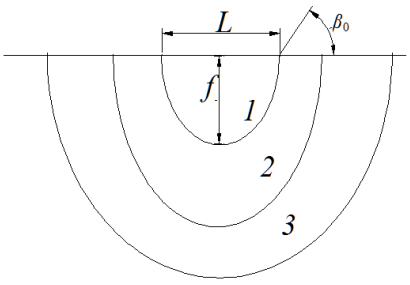


Рисунок 98 – Угол между урезом закидного невода и береговой линией

Сопротивление сетной части закидного невода рассчитывается по формуле

$$R_x = c_x \cdot \frac{\rho \cdot \upsilon^2}{2} \cdot F_н . \qquad (84)$$

Коэффициент трения нижней подборы определим по формуле [11]

$$f_{mp} = e^{\left[\frac{q}{d} \cdot 10^{-3} \cdot \left(0{,}6 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} - 5 \cdot \upsilon\right) \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{Н}} \cdot \frac{\text{с}}{\text{м}}\right]} \cdot \left(0{,}023 \cdot \frac{q}{d} + 0{,}33 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\right) \times$$
$$\times e^{\left[-\left(0{,}0023 \cdot \frac{q}{d} - 0{,}005 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\right) \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{Н}} \cdot (90 \cdot \text{град} - \beta)^{3{,}5}\right]}, \qquad (85)$$

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.

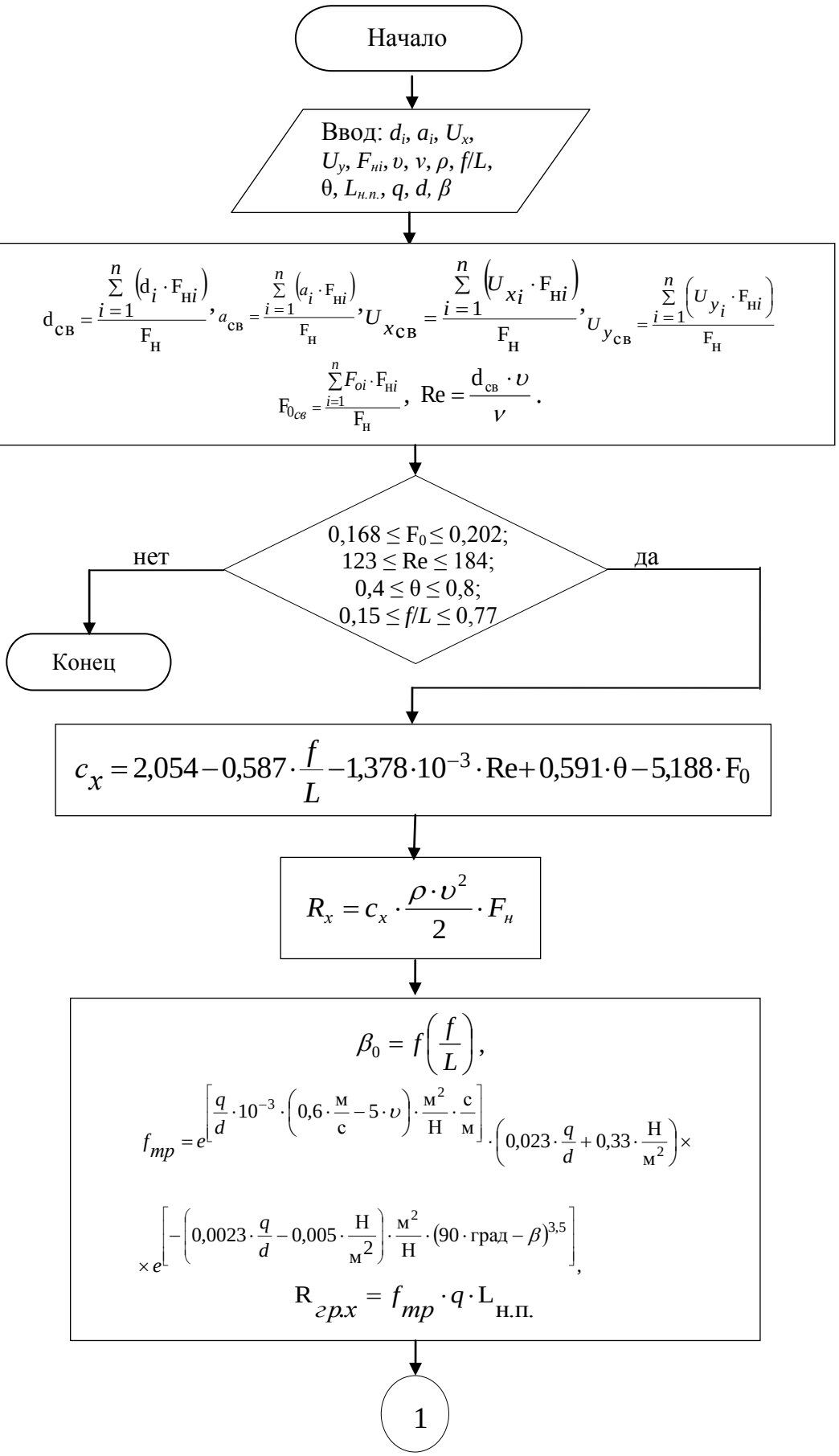
Грунтодинамическое сопротивление закидного невода определяется по формуле

$$\text{R}_{гр.х} = f_{mp} \cdot q \cdot \text{L}_{\text{н.п.}} \qquad (86)$$

Расчет максимального значения усилия в урезе

$$T_{\max} = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_x + R_{гр.х}}{\cos(90° - \beta_0)} . \qquad (87)$$

Блок-схема методики представлена на рисунке (рисунок 99).


Начало
Ввод: d_i, a_i, U_x, U_y, F_{ni}, υ, ν, ρ, f/L, θ, $L_{н.п.}$, q, d, β
$d_{св} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(d_i \cdot F_{нi})}{F_н}$, $a_{св} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(a_i \cdot F_{нi})}{F_н}$, $U_{x св} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(U_{xi} \cdot F_{нi})}{F_н}$, $U_{y св} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(U_{yi} \cdot F_{нi})}{F_н}$
$F_{0св} = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_{oi} \cdot F_{нi}}{F_н}$, $Re = \frac{d_{св} \cdot \upsilon}{\nu}$.
$0{,}168 \le F_0 \le 0{,}202$;
$123 \le Re \le 184$;
$0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$;
$0{,}15 \le f/L \le 0{,}77$
нет
да
Конец
$c_x = 2{,}054 - 0{,}587 \cdot \frac{f}{L} - 1{,}378 \cdot 10^{-3} \cdot Re + 0{,}591 \cdot \theta - 5{,}188 \cdot F_0$
$R_x = c_x \cdot \frac{\rho \cdot \upsilon^2}{2} \cdot F_н$
$\beta_0 = f\left(\frac{f}{L}\right)$,
$f_{тр} = e^{\left[\frac{q}{d} \cdot 10^{-3} \cdot \left(0{,}6 \cdot \frac{м}{с} - 5 \cdot \upsilon\right) \cdot \frac{м^2}{Н} \cdot \frac{с}{м}\right]} \cdot \left(0{,}023 \cdot \frac{q}{d} + 0{,}33 \cdot \frac{Н}{м^2}\right) \times$
$\times e^{\left[-\left(0{,}0023 \cdot \frac{q}{d} - 0{,}005 \cdot \frac{Н}{м^2}\right) \cdot \frac{м^2}{Н} \cdot (90 \cdot град - \beta)^{3,5}\right]}$,
$R_{гр.х} = f_{тр} \cdot q \cdot L_{н.п.}$
1

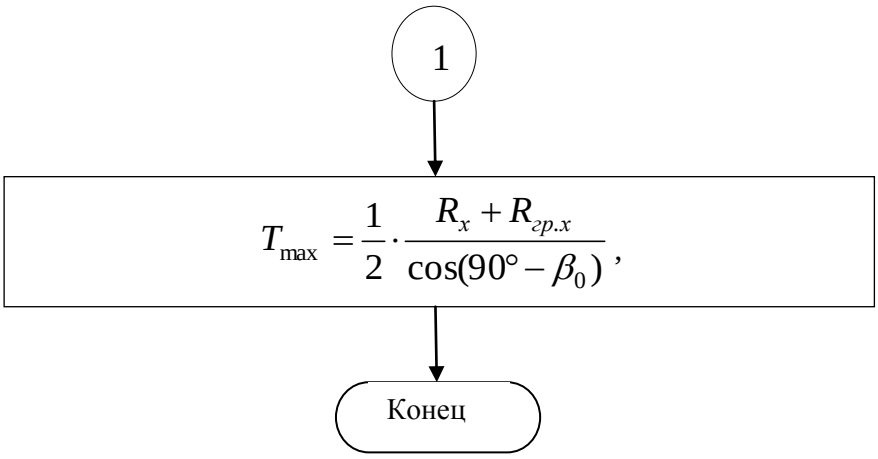


Рисунок 99 – Блок-схема методики расчета усилия в урезе при выборке закидного равнокрылого невода

4.2 Пример расчета усилия в урезе равнокрылого закидного невода

Рассмотрим представленную методику на примере 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 м^2, плотность воды 1 000 кг/ м^3, коэффициент кинематической вязкости $1{,}3 \cdot 10^{-6}$.

По предложенной методике рассчитаны значения коэффициента гидродинамического сопротивления при числах Рейнольдса 123; 153; 170; 180 и 184, вертикальном выдувании 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 и 0,8.

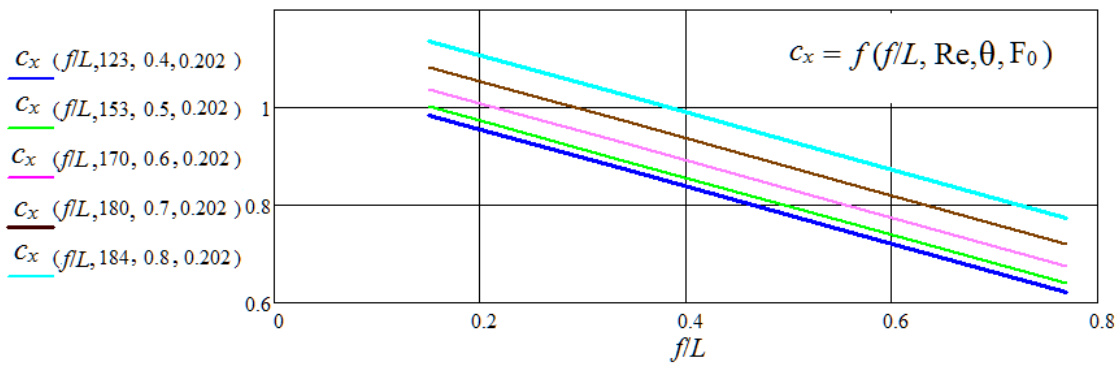


Рисунок 100 – Значения коэффициента гидродинамического сопротивления, рассчитанные по методике.

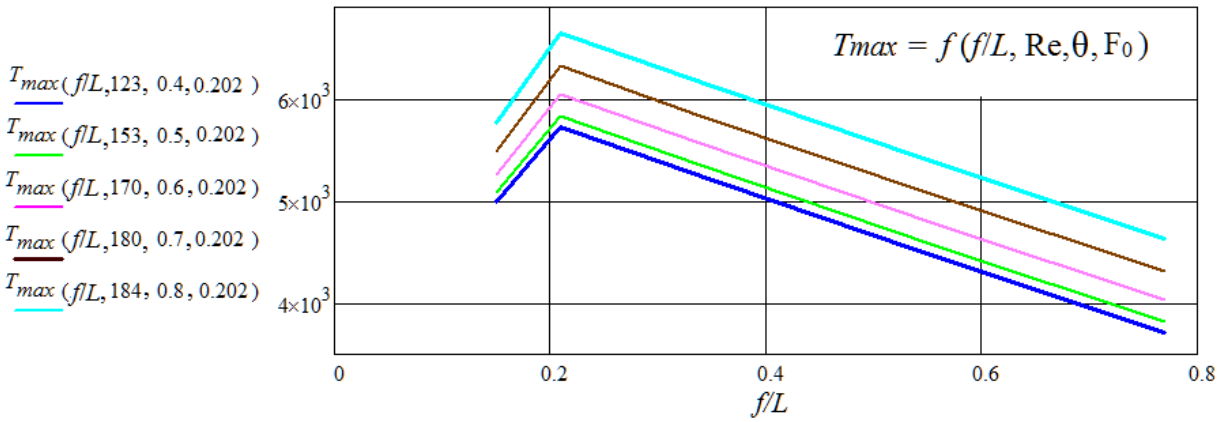


Рисунок 101 – Значения максимального усилия в урезе во время выборки закидного невода.

4.3 Выводы по главе 4

В главе 4:

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

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

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам диссертационного исследования разработана методика расчета усилия в урезе 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 урезе закидного равнокрылого невода 120 х 2,8 м. Получены значения поправочного коэффициента k_i. Поправочный коэффициентk_i зависит от схемы облова водоема закидным неводом. Построены графики зависимости усилия в урезе 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 урезе 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 гидролотки; аэродинамические трубы и др.;

6) Среди перечисленных установок, лучшими являются гидроканалы и гидролотки. 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 $c_x = f(\mathrm{Re}, F_0, f/L, \theta)$. Диапазон значений характеристик: $123 \le \mathrm{Re} \le 184$; $0{,}168 \le F_0 \le 0{,}202$; $0{,}15 \le f/L \le 0{,}77$; $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$;

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 $0{,}4 \le \theta \le 0{,}8$, числа Рейнольдса $123 \le \mathrm{Re} \le 184$, сплошности $0{,}168 \le F_0 \le 0{,}202$;

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 наибольше 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 $c_x = f(f/L, \text{Re}, \theta, F_0)$;

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

14) Проведена обработка результатов эксперимента по определению усилия в урезе 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 ± 46,769 Н. Значение натяжения уреза по методу Корнфельда уреза T = 700,182 ± 189,946 Н с доверительной вероятностью α = 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 $c_x = f(f/L, \text{Re}, \theta, F_0)$, $T_{max} = f(f/L, \text{Re}, \theta, F_0)$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аксенова, Е.Н. Методы оценки погрешностей результатов прямых и косвенных измерений в лабораториях физического практикума : учебно-методическое пособие / Е.Н. Аксенова, Н.К. Гасников, Н.П. Калашников. – Москва : МИФИ, 2009. – 24 с.
2. Афанасьева, Н.Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : учебное пособие / Н.Ю. Афанасьева. – Москва : КНОРУС, 2010. – 336 с.
3. Баранов, Ф. И. Избранные труды: в 4-х т. / Ф. И. Баранов. – Москва : Пищевая промышленность, 1970 – т.2 : Статьи по теории и практике орудий промышленного рыболовства. – 308 с.
4. Баранов, Ф.И. Избранные труды: в 4-х т. / Ф.И. Баранов. – Москва : Пищевая промышленность, 1969 – т.1 : Техника промышленного рыболовства. – 719 с.
5. Баранов, Ф.И. Неводной береговой лов / Ф.И. Баранов. – Москва [и др.] : КОИЗ, 1933. – 50 с.
6. Баранов, Ф.И. Неводной лов / Ф.И. Баранов 2-е изд. перераб. – Москва [и др.] : КОИЗ, 1936. – 90 с.
7. Баранов, Ф.И. Орудия и способы промышленного рыболовства / Ф.И. Баранов. – Москва [и др.] : КОИЗ, 1935. – 96с.
8. Баранов, Ф.И. Теория и расчет орудий рыболовства: изд. 2-е исправленное и дополненное / Ф.И. Баранов. – Москва : Пищепромиздат, 1945. – 435 с.
9. Баранов, Ю.Б. Метод расчета элементов механизации перекидного облова озер / Ю.Б. Баранов. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 85 с.
10. Белова А.М. Графоаналитический метод – новый способ расчета речных закидных неводов и его практическое применение: дис. на соиск. учен.. степ. канд. техн. наук / А.М. Белова. - Астрахань [б.и.], 1954 – 193 л.

11. Белых, Александр Владимирович Методика расчета усилий в урезе во время выборки донного невода якорным способом: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.18.17 – Пром. рыболовство / А. В. Белых ; науч. рук. : А. А. Недоступ. – Калининград : [б.и.], 2011. – 155 л.
12. Борисов, Н.И. Механизация речного, озерного и морского рыболовства / Н.И. Борисов. – Москва : Пищепромиздат, 1961. – 428 с.
13. Вереин, Е.Л. О графоаналитическом методе расчета речных закидных неводов / Е.Л. Вереин // Рыбное хозяйство. - 1968.- № 3.- С. 58-59.
14. Вереин, Е.Л. Применение батиметрических планов тоней в неводном лове / Е.Л. Вереин // Рыбное хозяйство. – 1950. - № 11. – С.52-53.
15. Виноградов, Н.Н. Способ тотального облова малых озер / Н.Н. Виноградов // Рыбное хозяйство. – 1975. - № 9. – С. 57-60.
16. Водоемы Калининградской области: Оценка экологического состояния / Сост. С.В. Кондратенко, К.В. Тылик, П. Бакка и др. ; фот. Я.С. Якобсон, И.Ю. Губарева и др. – Калининград, 2003. – 66 с. (Проект TACISENVRUS 9803 Экологический монитор и управление водными ресурсами Калининградской области).
17. Войниканис-Мирский, В.Н. Метод проектирования речных закидных неводов по кривым сплывания / В.Н. Войниканис-Мирский // Рыбное хозяйство. - 1950. - № 11. - С. 53-56.
18. Войниканис-Мирский, В.Н. Основы промышленного рыболовства / В.Н. Войниканис-Мирский. – Москва : Пищевая промышленность, 1969. – 304 с.
19. Войниканис-Мирский, В.Н. Рыболовные материалы, сетные и такелажные работы / В.Н. Войниканис-Мирский. – Москва : Агропромиздат, 1985. - 183 с.
20. Войниканис-Мирский, В.Н. Техника промышленного рыболовства: учеб. / В.Н. Войниканис-Мирский. – 4-е изд. перераб. и доп. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 487 с.

21. Войниканис-Мирский, В.Н. Установка для исследования кинетики закидного неводного лова / В.Н. Войниканис-Мирский, В.Н. Чурунов // Рыбное хозяйство. - 1982. - № 9. - С.58-59.
22. Габрюк, В.И. Математическое моделирование рыболовных систем / В.И. Габрюк, Л.А. Здорова // Успехи современного естествознания. – 2007. - № 8. – С. 76-77 [Электронный ресурс] // Международная ассоциация ученых, преподавателей, специалистов (Российская академия естествознания) [Офиц. сайт]. URL: http://www.rae.ru/use/pdf/2007/8/44.pdf (дата обращения 02.10.2015).
23. Габрюк, В.И. Механика орудий рыболовства и АРМ промысловика / В.И. Габрюк, В.Д. Кулагин. – Москва : Колос, 2000. – 416 с.
24. Географический атлас Калининградской области / Гл. ред. В.В. Орленок. – Калининград : КГУ: ЦНИТ, 2002. – 276 с.
25. География янтарного края России: Учебник по курсу «Региональная география Калининградской области» / Под ред. В.В. Орленка. – Калининград : Янтарный сказ, 2004. – 416 с.
26. Графики для двигателя HondaGXH 50 [Электронный ресурс] // Бензиновые двигатели Honda [Офиц. сайт] URL: http://www.honda-gx.ru/graph-gxh50.shtml (дата обращения 09.12.2014).
27. Двигатели HONDA GXH-50 для ручных и колесных машин [Электронный ресурс] // Бензиновые двигатели Honda [Офиц. сайт]. URL: http://www.honda-gx.ru/honda-gxh-50.shtml (дата обращения 05.01.2015);
28. Двигатель HondaGXH 50, GXV 50. Руководство по эксплуатации.
29. Денисов, Л.И. Промышленное рыболовство на пресноводных водоемах (технология постройки и применения орудий лова): учеб. пособие / Л.И. Денисов. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 272 с.
30. Калининградский залив: общегеограф. карта для рыболовов / ред. Н.Е. Ларина. - Калининград: Балт АГП, 2007. - 1 л. (слож. в 32 с.).

31. Калмыков, В.А. Обзор развития прибрежного рыболовства морских сельдей закидными неводами на западном побережье Каспийского моря (Российский регион) / В.А., Калмыков, Р.П. Ходоревская, А.С. Абдусамадов, А.В. Смирнов // Вопросы рыболовства. 2012. - Том 13, № 4. – С. 773-778.
32. Карпенко, В.П. Механизация и автоматизация процессов промышленного рыболовства / В.П. Карпенко, С.С. Торбан. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 463 с.
33. Комплексы вычислительно-измерительные МІС. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] – Мытищи: НПП Мера, 2010. – 146 с. // НПП «Мера» [Офиц. сайт]. URL: http://www.nppmera.ru/mic-200 (дата обращения 04.02.2014).
34. Кондратьев, В.П. Моделирование орудий промышленного рыболовства методом механических аналогий / В.П. Кондратьев. - Москва : Пищевая промышленность, 1973.- 152 с.
35. Конструирование закидного невода для рыболовства в условиях восточной Сибири: производственно-практическое издание / А.А. Гнедов [и др.]. – Тюмень: ФГУП Госрыбцентр, 2010. – 69 с.
36. Красовский, Г.И. Планирование эксперимента / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. – Минск : Издательство БГУ им. В.И. Ленина, 1982. – 302 с.
37. Кудерский, Л.А. Озерное рыболовство и рыбоводство: современное состояние / Л.А. Кудерский // Вопросы рыболовства. – 2002. - № 2. – С.42 - 46.
38. Курляндский, Ю.М. Гидроканал ОАО «МариНПО» / Ю.М. Курляндский // Международная научно-практическая конференция, посвященная 85-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации Фридмана Александра Львовича и 95-летию со дня основания кафедры промышленного рыболовства (20-21 мая): материалы / ФГБОУ ВПО «КГТУ». – Калининград, 2010. – С. 344-350.

39. Лихтер, А.М. Влияние поведения рыб на эффективность речного закидного неводного лова // А.М. Лихтер, В.Н. Чурунов, Е.П. Новожилов // Естественные науки. – 2012. – № 1. – С.257-265.
40. Лукашов, В.Н. Устройство и эксплуатация орудий промышленного рыболовства: Учеб. пособие: учебное пособие. – Москва : Пищевая промышленность, 1972. – 368 с.
41. Лунин, В.И. Техника промышленного рыболовства / В.И. Лунин.- Москва : Пищепромиздат, 1980.- 144 с.
42. 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.
43. Материалы к познанию русского рыболовства / авт. Ф.И. Баранов. – Санкт-Петербург: [б.и.], 1913 – т.2 вып.4 : Техника неводного лова. Техника лова крючковыми красмоловными снастями / Ф.И. Баранов. – 60 с.
44. Мельников, В.Н. Качество, надежность и работоспособность орудий промышленного рыболовства / В.Н. Мельников. - Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 264 с.
45. Мельников, В.Н. Устройство орудий лова и технология добычи рыбы / В.Н. Мельников. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 384 с.
46. Мельников, К.А. Промысловое усилие закидных неводов / К.А. Мельников // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. – 2012. - № 2. – С. 67 – 76.
47. МЛШ-1200Д – лебедка шпилевая веревочная с приводом от двигателя Honda GXH-50 [Электронный ресурс] // «Мастер Пилорама» [Офиц. сайт]. URL: http://www.pilorama.spb.ru/lebedkamlsh1200d.html (дата обращения 06.03.2014).
48. Мотолебедка шпилевая с двигателем Honda GXH 50. Модель «МЛШ - 1200 Д». Руководство пользователя. – Санкт-Петербург: ООО «Мастер-Лебедка». – 19 с.

49. Наумов, В.А. Математическое моделирование Учебно-методическое пособие по лабораторным работам в среде MathCAD для студентов высших учебных заведений, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки «Природообустройство и водопользование» / В.А. Наумов. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. -73 с.
50. Наумов, В.А. Методы научных исследований. Учебно-методическое пособие / В.А. Наумов. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 28 с.
51. Наумов, В.А. Прикладная математика: учебное пособие по решению профессиональных задач в среде MathCAD / В.А. Наумов. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 144 с.
52. 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» Ч. 1. / Калининград : Изд-во КГТУ. 2013. С.42-44.
53. 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.
54. Недоступ, А.А. Методы расчета сетных пассивных орудий внутреннего и прибрежного рыболовства: моногр. / А.А. Недоступ; ФГБОУ ВПО «КГТУ». – Калининград : ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2010. – 280 с.
55. Недоступ, А.А. Моделирование озерных закидных неводов методом конечных элементов / А.А. Недоступ, Е.В. Соколова // Рыбное хозяйство. – 2016. - № 2. – С. 96-98.
56. 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.

57. 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.

58. Недоступ, А.А. Постановка задачи 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.

59. Недоступ, А.А. Физическое моделирование орудий и процессов рыболовства: моногр. / А.А. Недоступ. - Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. - 375 с.

60. Недоступ, А.А. Экспериментальная гидромеханика орудий рыболовства: учеб. пособие / А.А. Недоступ. – М.: Моркнига, 2014. - 363 с.

61. Некраш, И.И. Усовершенствование озерного закидного невода / Рыбное хозяйство. – 1952. - № 10. – С. 20 – 21.

62. Новожилов, Е.П. Перспективы развития перекидного неводного лова рыбы / Е.П. Новожилов, В.Н. Чурунов // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. – 2012. - № 2. – С. 83-88.

63. Новожилов, Е.П. Совершенствование управления речным закидным неводным ловом рыбы / Е.П. Новожилов, В.Н. Чурунов // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 35 – 39.

64. Орудия облова прудов рыбоводных хозяйств. – Тюмень : ФГУП Госрыбцентр, 2010. – 194 с.

65. Орудия промышленного рыболовства внутренних водоемов России : справ. в 4 т. / М.И. Полуянов ; сост. Н.П. Слинкин ; ред. А.И. Литвиненко. – Тюмень : СИБРЫБНИИПРОЕКТ, 2003 – т.2 Орудия промышленного рыболовства Сибири и Урала. – 186 с.

66. Орудия промышленного рыболовства внутренних водоемов России : справ. в 4 т. / сост. М.И. Полуянов, Н.П. Слинкин ; ред. А.И. Литвиненко. – Тюмень : Госрыбцентр, 2003 – т.3 : Орудия промышленного рыболовства южных районов Европейской части России. – 247 с.
67. Орудия промышленного рыболовства внутренних водоемов России : справ. в 4 т. / ред. А.И. Литвиненко, сост. М.И. Полуянов, сост. Д.Э. Ивантер, сост. Г.М. Мишелович. – Тюмень : Госрыбцентр, 2004 – т. 4 Орудия промышленного рыболовства Европейской части России. – 241 с.
68. Орудия рыболовства Азово-Черноморского бассейна. – Москва : Пищепромиздат, 1952. – 148 с.
69. Пакет Обработки Сигналов WinПОС. Руководство пользователя: изд. 2-е (2.7.).- Королев: НПП «Мера», 2006.-168 с.
70. Розенштейн, М.М. Механика орудий рыболовства : учеб. / М.М. Розенштейн, А.А. Недоступ. – Москва : Моркнига, 2011. – 529 с.
71. Розенштейн, М.М. Механика орудий рыболовства : учеб. для студ. вузов, обуч. по напр. 561000 – Рыболовство и спец. 311800 – Пром. рыболовство / М.М. Розенштейн. – Калининград : КГТУ, 2000. - 363 с.
72. Розенштейн, М.М. Проектирование орудий рыболовства/ М.М. Розенштейн. - Москва : Колос, 2009.- 400 с.
73. Соколова, Е.В. Аппроксимация экспериментальных данных силы натяжения в урезе 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.
74. Соколова, Е.В. Использование квазистатического подхода для расчета натяжения уреза равнокрылого закидного невода / Е.В. Соколова // III Балтийский морской форум. Материалы. – Калининград : Изд-во БГАРФ. – 2015. - С. 335 – 342.
75. Соколова, Е.В. Лебедка МЛШ-1200 Д для обтяжного лова / Е.В. Соколова // Материалы VI Всероссийской научно практической конференции

«Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование» Ч.II. – Петропавловск-Камчатский.- 2015. - с. 74-78.

76. Соколова, Е.В. Методика определения натяжения в урезе равнокрылого закидного невода / Е.В. Соколова, А.А. Недоступ // Труды XII международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и бизнесе-2014» Ч.1. – 2014. – С.50-53.

77. Соколова, Е.В. Планирование натурного 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, промысловое и техническое использование» Ч.II. / Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ.– 2014. – С. 90 – 93.

78. 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.

79. Соколова, Е.В. Результаты экспериментального исследования натяжения уреза озерного закидного невода при отсутствии механизированной выборки / Е.В. Соколова // Известия КГТУ. – 2015. - № 36. – С. 62 – 70.

80. 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.

81. Соколова, Е.В. Экспериментальное исследование моделей закидных неводов в гидроканале ОАО «МариНПО» / Е.В. Соколова, А.А. Недоступ, В.К. Коротков, Е.Р. Головин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство.- 2019.- № 1. С. 28–37.
82. Справочник по физике. Формулы, таблицы, схемы. / ред. Штекер, Х. ; пер. Зайцева, Т.Н. ; ред. пер. Смирнов, К.В. – Москва : Техносфера, 2009. - 1262 с.
83. Тензодатчики растяжения-сжатия [Электронный ресурс] // Тензо М. Производитель № 1 измерительной техники в России [Офиц. сайт]: URL: http://www.tenso-m.ru/f/catalog/pdf/pdf_198.pdf (дата обращения 22.05.2014).
84. Технические средства механизации промышленного рыболовства внутренних водоемов. Справочник / Под общей редакцией А.И. Литвиненко – Тюмень : ФГУП Госрыбцентр, 2005. – 124 с.
85. Торбан, С.С. Исследование усилий на бежном и пятном крыльях речного закидного невода в связи с механизацией неводного лова в дельте реки Волги: дис. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук / С.С. Торбан ; М-во рыб. пром-сти СССР, ВНИРО. – Москва [б.и.], 1952. – 181 л.
86. Торбан, С.С. Механизация рыболовства во внутренних водоемах / С.С Торбан. – Москва : Пищевая промышленность, 1969. – 324 с.
87. Тюктяев, И.Ш. Исследование, разработка и внедрение комплексной механизации закидного неводного лова рыбы : дисс. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук. / И.Ш. Тюктяев;. – Калининград : [б.и.], 1966. – 165 с.
88. Тюктяев, И.Ш. Тензометрический прибор для измерения сопротивления орудий лова в воде / И.Ш. Тюктяев. – Москва : Пищевая промышленность, 1966. – Т.59 Механизация и автоматизация трудоемких процессов в рыбной промышленности. – С. 53-59.

89. Универсальный мобильный измерительный комплекс MIC-200 [Электронный ресурс] // НПП «Мера» [Офиц. сайт]. URL : http://www.nppmera.ru/mic-200 (дата обращения 04.02.2014).
90. Форма 2. Обязательное приложение к отчету об охране рыбных запасов и регулированию рыболовства.
91. Фридман, А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства: учеб. / А.Л. Фридман. – Москва : Пищевая промышленность, 1969. – 568 с.
92. Чурунов, В.Н. Совершенствование и использование идей и методов профессора Баранова в речном закидном неводном лова/ В.Н. Чурунов, Е.П. Новожилов // Международная научно-практическая конференция, посвященная 125-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РСФСР Баранова Федора Ильича (г. Светлогорск, 25-26 окт. 2011 г.) : материалы докл.- Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011. - С. 67-73.
93. Шибаев, С.В. Промысловая ихтиология / С.В. Шибаев. – Калининград : ООО «Аксиос», 2014. - 535 с.
94. A. von Brandt Fish Catching Methods of the World. – 3rd edition/ A. von. Brandt - Farnham, Surrey, England: Fishing News Books Ltd, 1984. – 418 p.
95. Clay L. Pierce Sampling Littoral Fish with a Seine: Corrections for Variable Capture Efficiency/ Clay L.Pierce, J.B. Rasmussen, W.C. Leggett // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.-1990.- Vol.47.- 1004-1010 pp. [Электронныйресурс]// Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences [Офиц. сайт]. URL: http://www.cfwru.iastate.edu/dr-clay-l-pierce-publications (дата обращения 02.10.2015).
96. Fishing with beach seines. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 562 - Food and Agriculture Organization of the United Nations. - Rome, 2011. 165 p. [Электронныйресурс]// Food and Agriculture Organization of the United Nations [Офиц. сайт]. URL:

http://www.fao.org/docrep/014/i2117e/i2117e.pdf (дата обращения 10.09.2015).

97. Mavros B. Nearshore beach seining for Juvenile Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) and other Salmonids in King County Intertidal and Shallow Subtidal Zones / B. Mavros, J. Brennan // [Электронный ресурс] // URL: https://archives.eopugetsound.org/conf/2001PS_ResearchConference/sessions/oral/2a_mavrs.pdf (дата обращения 13.08.2016).
98. Multilingual dictionary of fishing gear – 2nd edition – Fishing News Books, 1992. - 335 p [Электронный ресурс] / Hellenic Coast Guard [Офиц. сайт]. URL: http://www.hcg.gr/alieia/PRESEN/GEAR_INDEX.pdf (дата обращения 10.09.2015).
99. Nedostup, A. The hydrodinamics of the lake beach seine/ A. Nedostup, A.Razhev, E. Sokolova // Proceedings of the twelfth International workshop on methods for the development and evaluation of maritime technologies. Contribution on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems. Vol. 9. – P. 193 – 202.
100. Okan Akyol Retained and Trash Fish Catches of beach seining in the Aegean coast of Turkey/ Okan Akyol // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. № 27.- 2003.- pp. 1111-1117 [Электронный ресурс]/ URL: http://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/issue.htm?id=499 (Дата обращения 02.10.2015).
101. Portt, C.B., G.A. Coker, D.L. Ming, and R.G. Randall. 2006. A review of fish sampling methods commonly used in Canadian freshwater habitats. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. - 2604 p.
102. Seyed Aminollah Taghavi Effect of Beach Seine Height and Mesh Size on catch characteristics in the southern part of the Caspian sea/ Seyed Aminollah Taghavi /International Journal of Agricultural Extention and Rural Development. Vol. 1 (3) 2013 – pp. 084-089 [Электронный ресурс] // URL:http://internationalscholarsjournals.org/download.php?id=649542258281335083.pdf&type=application/pdf&op=1 (дата обращения (02.01.2014).

103. Tosonoglu Z. Experiment on the Cod end selectivity of Beach Seine Nets on the Turkish Coast of the Aegean Sea/ Z. Tosonoglu// Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 27 (2003), 1049-1055 pp. [Электронныйресурс]// Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences [Офиц. сайт]. URL: http://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/issue.htm?id=499 (дата обращения 07.11.2013).

104. Yakimishyn J.L. The Utility of Beach Seining for assessing fish diversity in eelgrass beds of Pacific coastal National Park Reserves /J.L. Yakimishyn, C.L.K. Robinson, P. Dearden // [Электронныйресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/260321646_THE_UTILITY_OF_BEACH_SEINING_FOR_ASSESSING_FISH_DIVERSITY_IN_EELGRASS_BEDS_OF_PACIFIC_COASTAL_NATIONAL_PARK_RESERVES (дата обращения 13.08.2016).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Характеристики закидных неводов для расчета усилия в урезе и гидродинамического сопротивления по Ю.Б. Баранову

Таблица А.1 Характеристики некоторых закидных неводов

Наименование орудия лова	Длина, м	Высота, м	Средневзвешенный шаг ячеи, мм	Средневзвешенный диаметр нитки, мм	Средневзвешенная сплошность, ($\cdot 10^{-3}$)	Площадь ниток,$м^2$	Горизонтальный посадочный коэффициент U_x	Вертикальный посадочный коэффициент U_y
Невод закидной озерный (100х5)	100	5	26	0,9479	8,913	45,91	0,574	0,812
Невод закидной озерный (200х5х3)	200	4	26	0,9479	8,683	60,693	0,574	0,812
Невод закидной частиковый (302х6)	302	6	26	0,9479	7,084	144,226	0,591	0,8
Невод закидной частиковый (402х5)	402	5	26	0,9479	6,455	170,835	0,597	0,795

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

Продолжение таблицы А.1

Наименование орудия лова	Длина, м	Высота, м	Средневзвешенный шаг ячеи, мм	Средневзвешенный диаметр нитки, мм	Средневзвешенная сплошность, ($\cdot 10^{-3}$)	Площадь ниток,$м^2$	Горизонтальный посадочный коэффициент U_x	Вертикальный посадочный коэффициент U_y
Невод озерный закидной с подзором (503х4)	503	4	35	0,8209	4,154	151,802	0,597	0,795
Невод озерный частиковый с подзором (526х7,8х5,2)	526	6,2	26	1,161	6,095	389,987	0,554	0,828
Невод озерный зимний с подзором (602х6х4)	602	5	24	0,8209	4,667	276,549	0,638	0,765
Невод зимний Байкальский (722х8,7х7,5)	722	8	38	0,9479	4,9	360,608	0,591	0,8

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

Продолжение таблицы А.1

Наименование орудия лова	Длина, м	Высота, м	Средневзвешенный шаг ячеи, мм	Средневзвешенный диаметр нитки, мм	Средневзвешенная сплошность, ($\cdot 10^{-3}$)	Площадь ниток,$м^2$	Горизонтальный посадочный коэффициент U_x	Вертикальный посадочный коэффициент U_y
Невод озерный карасевый (803х7)	803	7	32	0,9479	4,272	402,222	0,655	0,754
Невод озерный омулевый (800х16х14)	800	15	33	1,161	5,787	950,271	0,574	0,813
Невод закидной мотенный (423,8х5,9)	423,8	5,9	37	0,8209	4.975	75,908	0,651	0,756
Волокуша частиковая (200х5,2)	200	5,2	38	0,9479	13	52,703	0,628	0,773
Невод закидной равнокрылый (362х6)	362	6	39	0,8209	6,008	79,904	0,67	0,742

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

Продолжение таблицы А.1

Наименование орудия лова	Длина, м	Высота, м	Средневзвешенный шаг ячеи, мм	Средневзвешенный диаметр нитки, мм	Средневзвешенная сплошность, ($\cdot 10^{-3}$)	Площадь ниток,$м^2$	Горизонтальный посадочный коэффициент U_x	Вертикальный посадочный коэффициент U_y
Невод закидной озерный для лова ряпушки (121х2,8)	123	2,8	18	0,8209	8,304	33,985	0,705	0,683
Невод закидной озерный (200х7)	200	7	15	0,8209	7,28	166,178	0,72	0,666
Невод закидной озерный для лова ряпушки (361х12)	361	12	12	0,8209	8,238	691,13	0,699	0,687
Невод закидной (701,5х5,2)	701,5	5,2	17	0,8209	8,738	357,248	0,772	0,616

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

Продолжение таблицы А.1

Наименование орудия лова	Длина, м	Высота, м	Средневзвешенный шаг ячеи, мм	Средневзвешенный диаметр нитки, мм	Средневзвешенная сплошность, ($\cdot 10^{-3}$)	Площадь ниток,$м^2$	Горизонтальный посадочный коэффициент U_x	Вертикальный посадочный коэффициент U_y
Невод закидной озерный (301,5х4,2)	301,5	4,2	16	0,8209	9,134	126,12	0,772	0,616
Невод закидной озерный для лова ряпушки (181х4)	181	4	13	0,8209	11	118,649	0,742	0,638
Невод закидной озерный (250х6)	250	6	15	0,8209	7,32	193,772	0,726	0,662
Невод закидной	605	6	30	0,9479	5,334	242,288	0,645	0,76

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

Продолжение таблицы А.1

Наименование орудия лова	Длина, м	Высота, м	Средневзвешенный шаг ячеи, мм	Средневзвешенный диаметр нитки, мм	Средневзвешенная сплошность, ($\cdot 10^{-3}$)	Площадь ниток,$м^2$	Горизонтальный посадочный коэффициент U_x	Вертикальный посадочный коэффициент U_y
Невод закидной	503	6	34	0,9479	5,372	181,835	0,591	0,8
Невод закидной	402	3	31	0,9479	5,859	82,282	0,591	0,8
Невод закидной	302	4	22	0,9479	8,323	115,375	0,591	0,8
Невод закидной для облова сеголетков	200	4	20	0,9479	16	97,773	0,639	0,765
Невод закидной для облова сеголетков	200	3	16	0,9479	14	80,844	0,574	0,812
Невод закидной для облова сеголетков	150	3	20	0,9479	11	50,798	0,574	0,812

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

Продолжение таблицы А.1

Наименование орудия лова	Длина, м	Высота, м	Средневзвешенный шаг ячеи, мм	Средневзвешенный диаметр нитки, мм	Средневзвешенная сплошность, ($\cdot 10^{-3}$)	Площадь ниток,$м^2$	Горизонтальный посадочный коэффициент U_x	Вертикальный посадочный коэффициент U_y
Невод закидной для облова сеголетков	100	2	16	0,9479	14	33,336	0,574	0,812
Невод закидной для облова сеголетков	100	2,5	20	0,9479	11	34,354	0,574	0,812
Невод закидной для облова сеголетков	50	2	20	0,9479	11	16,147	0,574	0,812
Невод закидной для облова сеголетков	50	2	16	0,9479	14	20,183	0,574	0,812
Невод закидной для облова сеголетков	50	2	10	0,9479	23	32,294	0,574	0,812

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ А

Окончание таблицы А.1

Наименование орудия лова	Длина, м	Высота, м	Средневзвешенный шаг ячеи, мм	Средневзвешенный диаметр нитки, мм	Средневзвешенная сплошность, ($\cdot 10^{-3}$)	Площадь ниток,$м^2$	Горизонтальный посадочный коэффициент U_x	Вертикальный посадочный коэффициент U_y
Бредень	30	2	20	0,9479	15	9,253	0,548	0,831
Бредень	30	2	16	0,9479	19	11,566	0,548	0,831
Бредень	30	2	10	0,9479	30	18,506	0,548	0,831
Бредень	20	1,5	20	0,9479	15	5,783	0,548	0,831
Бредень	20	1,5	16	0,9479	19	7,229	0,548	0,831
Бредень	20	1,5	10	0,9479	30	11,566	0,548	0,831
Бредень	20	1,5	5	0,9479	60	23,131	0,548	0,831
Бредень	10	1,5	20	0,9479	15	4,352	0,548	0,831
Бредень	10	1,5	16	0,9479	19	5,44	0,548	0,831
Бредень	10	1,5	10	0,9479	30	8,705	0,548	0,831
Бредень	10	1,5	5	0,9479	60	17,409	0,548	0,831
Равнокрылый мотеный закидной невод (120х3)	120	3	28	0,9479	73	29,609	0,707	0,707
Max	803	16	39	1,161	60	950,271		
Min	10	1,5	5	0,8209	4,154	4,352		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Характеристики промысловых механизмов для выборки закидных неводов

Таблица Б.1 – Характеристики промысловых механизмов для выборки закидных неводов

Механизм	Назначение	Скорость выборки, м/мин	Тяговое усилие, кН (кгс)
Машина неводовыборочная Н19-ИВА Н19-ИВА/1	Выборка урезов и крыльев закидных неводов с высотой стенки до 10 м. Применяется на рыболовных судах внутренних водоемов.	1,5 – 50 5,0-72	9,81 (1000) 9,81 (1000)
Машина неводовыборочная навивная Н19-ИВД/1	Выборка озерных неводов при лове как на открытой воде, так и при подледном лове.	5 - 27	10 (1000)
Машина неводовыборочная навивная 6278МН-492-002	Выборка крыльев и урезов закидных неводов с помощью навивки на барабан. Устанавливается на судах.	1,4 – 85 (на первом слое навивки) 6 – 360 (на последнем слое навивки)	20 (2000) (при навивке первого слоя) 4,5 (450) (при навивке последнего слоя)
Машина неводовыборочная «Нева» Н26-ИДБ/1	Выборка урезов и крыльев закидных неводов длиной в жгуте до 5 км. Применяется как на судах, так и на берегу.	-	29,4 (3 000)
Оборудование для выборки закидных неводов «Ильмень»	Оборудование для выборки закидных неводов «Ильмень» предназначено для выборки урезов и крыльев закидных неводов длиной до 1 км при лове двух маломерных судов грузоподъемностью не менее 15 кН (1500 кгс).	10-20	8 (800) - 4 (400)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Продолжение таблицы Б.1

Механизм	Назначение	Скорость выборки, м/мин	Тяговое усилие, кН (кгс)
Машина неводовыборочная НВМ2 – 200 (6104/2 – 296 - 002)	Выборка урезов и крыльев малых закидных неводов. Устанавливается на судах.	0 – 35	2,3 (230)
Машина неводовыборочная БСМК – ТТ – 3М	Выборка крыльев закидных неводов при облове прудов.	11,75 – 31,8 (турачка) 3,6 – 24 (барабан)	12 (1200) (турачка) 3 (300) (барабан)
Машина неводовыборочная ТУБ-3Т	Выборка как равнокрылых так и неравнокрылых неводов на внутренних водоемах.	11,9-76,1 (выборка крыльев барабанами) 10,4 – 67,0 (выборка урезов турачками)	19,62 (максимальное суммарное усилие машины)
Тяговый универсальный барабан ТУБ-4С	Выборка урезов и крыльев закидных неводов. Устанавливается на внутренних малотоннажных судах и на береговом фундаменте.	9-18 (выборка жгута невода) 10-19 (выборка урезов)	9,81 (1000)
Лебедка для тяги неводов модели 43 (МЛ – 43)	Выборка неводов как в подледный лов так и летом.	6,4 – 26,0	10 (1000)
Лебедка «Нельма»	Выборка закидных неводов на подледном лове, при перекидном лове как с тони, так и с маломерных судов.	10,2 – 19,8	10 (1000)
Лебедка самоходная промысловая Н19-ИВЕ	Тяга урезов и крыльев закидных неводов при подледном лове.	-	10 (1000)

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Окончание таблицы Б.1

Механизм	Назначение	Скорость выборки, м/мин	Тяговое усилие, кН (кгс)
Лебедка неводная Н19-ИВЖ – 1 Н19-ИВЖ – 2	Тяга урезов закидных и кошельковых неводов во время зимнего и летнего лова	 4,0 – 9,3 12,4 – 32,0	 10 (1000) 6 (600)
Машина неводовыборочная стержневая Н19-ИВВ-1	Выборка невода раздельно за подборы.	10,4-77,2	15 (1500)

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Косвенные измерения коэффициента гидродинамического сопротивления

Таблица В.1 – Значения коэффициента гидродинамического сопротивления в зависимости от отношения *f*/*L*, числа Рейнольдса Re, вертикального выдувания θ и сплошности F_0

c_x	*f*/*L*	Re	θ	F_0
1,338	0,15	123	0,4	0,168
1,422	0,21	123	0,4	0,168
0,927	0,34	123	0,4	0,168
0,616	0,77	123	0,4	0,168
1,128	0,15	153	0,4	0,168
1,28	0,21	153	0,4	0,168
0,965	0,34	153	0,4	0,168
0,688	0,77	153	0,4	0,168
1,078	0,15	184	0,4	0,168
1,105	0,21	184	0,4	0,168
0,93	0,34	184	0,4	0,168
0,673	0,77	184	0,4	0,168
1,425	0,15	123	0,6	0,168
1,613	0,21	123	0,6	0,168
1,166	0,34	123	0,6	0,168
0,712	0,77	123	0,6	0,168
1,369	0,15	153	0,6	0,168
1,438	0,21	153	0,6	0,168
1,256	0,34	153	0,6	0,168
0,728	0,77	153	0,6	0,168
1,241	0,15	184	0,6	0,168
1,333	0,21	184	0,6	0,168
1,062	0,34	184	0,6	0,168
0,74	0,77	184	0,6	0,168
1,496	0,15	123	0,8	0,168
1,662	0,21	123	0,8	0,168
1,266	0,34	123	0,8	0,168
1,155	0,77	123	0,8	0,168
1,339	0,15	153	0,8	0,168
1,485	0,21	153	0,8	0,168
1,3	0,34	153	0,8	0,168
1,067	0,77	153	0,8	0,168

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ В

Продолжение таблицы В.1

c_x	f/L	Re	θ	F_0
1,31	0,15	184	0,8	0,168
1,299	0,21	184	0,8	0,168
1,196	0,34	184	0,8	0,168
0,92	0,77	184	0,8	0,168
1,027	0,15	123	0,4	0,181
0,929	0,21	123	0,4	0,181
0,945	0,34	123	0,4	0,181
0,632	0,77	123	0,4	0,181
0,932	0,15	153	0,4	0,181
0,885	0,21	153	0,4	0,181
0,909	0,34	153	0,4	0,181
0,604	0,77	153	0,4	0,181
1,002	0,15	184	0,4	0,181
1,045	0,21	184	0,4	0,181
1,016	0,34	184	0,4	0,181
0,631	0,77	184	0,4	0,181
0,957	0,15	123	0,6	0,181
1,068	0,21	123	0,6	0,181
0,909	0,34	123	0,6	0,181
0,693	0,77	123	0,6	0,181
0,999	0,15	153	0,6	0,181
1,12	0,21	153	0,6	0,181
1,08	0,34	153	0,6	0,181
0,725	0,77	153	0,6	0,181
1,044	0,15	184	0,6	0,181
1,138	0,21	184	0,6	0,181
1,073	0,34	184	0,6	0,181
0,849	0,77	184	0,6	0,181
1,046	0,15	123	0,8	0,181
1,171	0,21	123	0,8	0,181
1,059	0,34	123	0,8	0,181
0,818	0,77	123	0,8	0,181
1,152	0,15	153	0,8	0,181
1,121	0,21	153	0,8	0,181
1,047	0,34	153	0,8	0,181
0,697	0,77	153	0,8	0,181
1,222	0,15	184	0,8	0,181
1,135	0,21	184	0,8	0,181
1,145	0,34	184	0,8	0,181

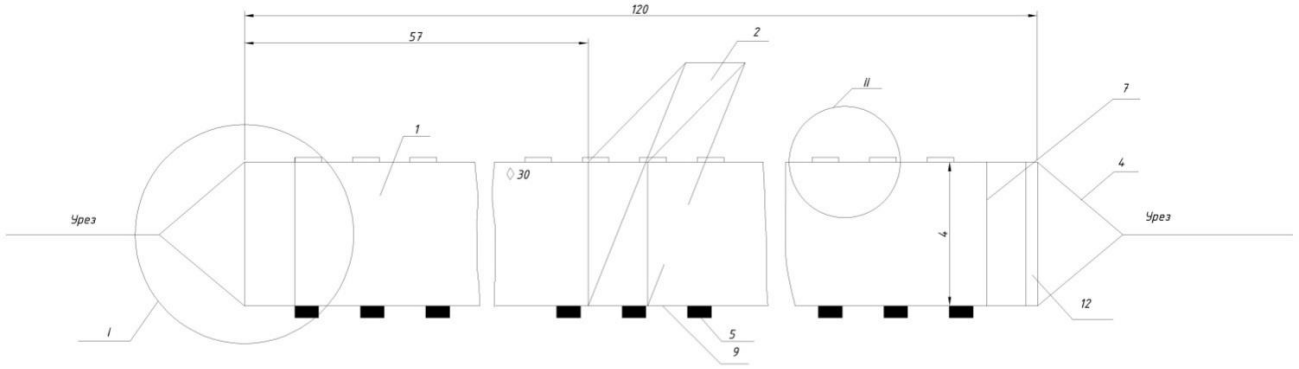
Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ В

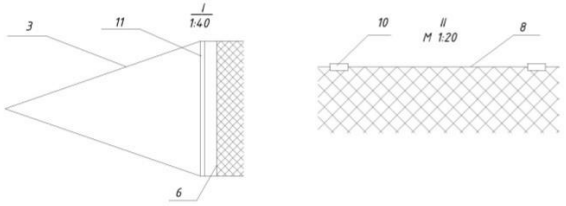
Окончание таблицы В.1

c_x	f/L	Re	θ	F_0
0,851	0,77	184	0,8	0,181
0,914	0,15	123	0,4	0,202
0,933	0,21	123	0,4	0,202
0,847	0,34	123	0,4	0,202
0,818	0,77	123	0,4	0,202
0,857	0,15	153	0,4	0,202
0,861	0,21	153	0,4	0,202
0,860	0,34	153	0,4	0,202
0,721	0,77	153	0,4	0,202
0,758	0,15	184	0,4	0,202
0,792	0,21	184	0,4	0,202
0,743	0,34	184	0,4	0,202
0,615	0,77	184	0,4	0,202
1,310	0,15	123	0,6	0,202
1,019	0,21	123	0,6	0,202
0,965	0,34	123	0,6	0,202
1,027	0,77	123	0,6	0,202
1,191	0,15	153	0,6	0,202
1,038	0,21	153	0,6	0,202
0,952	0,34	153	0,6	0,202
0,871	0,77	153	0,6	0,202
1,054	0,15	184	0,6	0,202
0,968	0,21	184	0,6	0,202
0,854	0,34	184	0,6	0,202
0,753	0,77	184	0,6	0,202
1,337	0,15	123	0,8	0,202
1,112	0,21	123	0,8	0,202
1,096	0,34	123	0,8	0,202
1,125	0,77	123	0,8	0,202
1,214	0,15	153	0,8	0,202
1,128	0,21	153	0,8	0,202
1,102	0,34	153	0,8	0,202
0,917	0,77	153	0,8	0,202
1,086	0,15	184	0,8	0,202
1,019	0,21	184	0,8	0,202
1,011	0,34	184	0,8	0,202
0,837	0,77	184	0,8	0,202

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Чертеж невода закидного равнокрылого 120 х 2,8 м





Часть невода	Количество оснастки				Посадочный коэффициент	Запас плаву-чести
	поплавков, шт		грузил, шт			
	на 1 м	всего	на 1 м	всего		
Пятное крыло	2	104	1	52	0,707	
Пятной привод	нет	нет	нет	нет	нет	
Мотня	2	32	1	16	0,707	
Бежной привод	нет	нет	нет	нет	нет	
Бежное крыло	2	104	1	52	0,707	

Техническая характеристика

1. Объект лова, районы промысла - лещ, Калининградский залив
2. Длина верхней подборы - 120 м.
3. Длина нижней подборы - 120 м.
4. Максимальная высота невода в жгуте - 4 м.
5. Высота невода у входа в мотню в посадке -2,82 м.
6. Высота просвета мотни в жгуте - 3,66м
7. Масса невода с оснасткой -
   в том числе сетной части -
8. Масса невода в намокшем состоянии -

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Невод закидной мотеный равнокрылый 120 х 2,8м	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								1:100
Пров.					Сборочный чертеж	Лист	Листов	
Т.контр.						ФГБОУ ВО "КГТУ" Кафедра промышленного рыболовства		
Н.контр.								
Утв.								

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Технические характеристики модуля MIC-212 (общие для всех режимов)

Таблица Д.1 – Технические характеристики модуля MIC-212 (общие для всех режимов)

Параметр	Значение
Число каналов	4
Диапазоны измерения, мВ/В	0…2; -2…+2; 0…4; -4…+4; 0…8; -8…+8; 0…16; -16…+16
Частота сбора данных, Гц	30…7 600
Напряжение питания датчиков, В	5; 2,5
Частота напряжения питания датчиков, Гц	25…40
Погрешность коэффициента передачи (после внутренней калибровки) в диапазонах, %: 2 мВ/В 4 мВ/В 8 мВ/В 16 мВ/В	 0,05 0,025 0,01 0,01
Температурный дрейф коэффициента передачи, ppm/ºC Временной дрейф коэффициента передачи, ppm/1000 ч	25 10
Интегральная нелинейность, в ppm от полной шкалы Подавление синфазной составляющей входного сигнала, дБ	18 95
Межканальное прохождение дифференциальной составляющей, дБ Входной ток, nA	-100 60
Разность входных токов, nA	30

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ Д

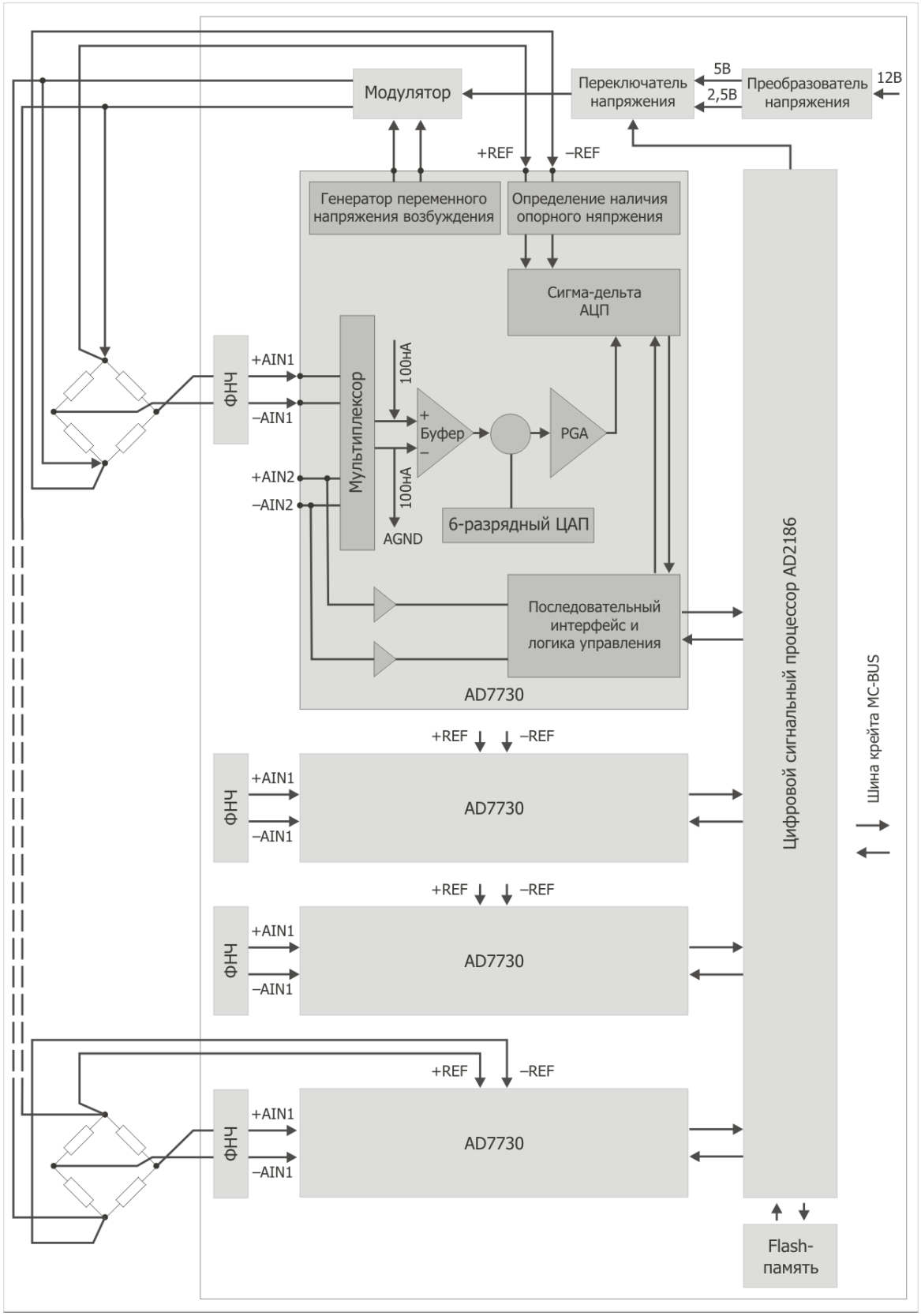
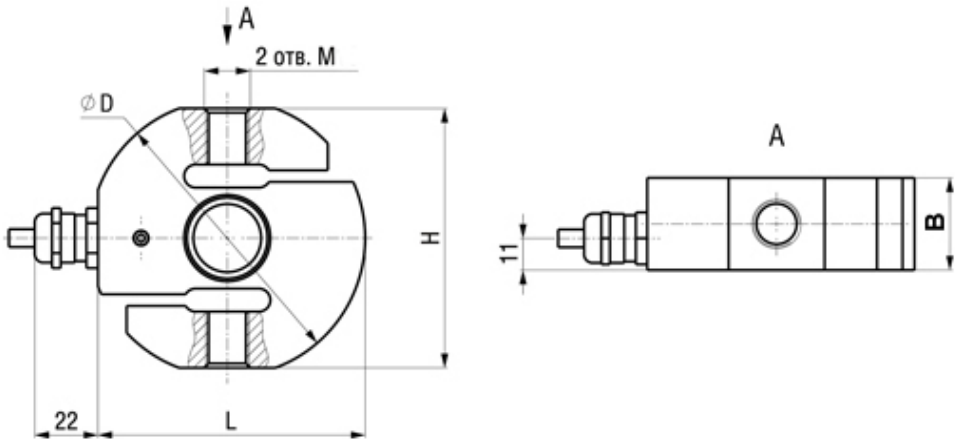


Рисунок Д.1 - Функциональная схема модуля МС – 212

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Технические характеристики тензодатчика С2Н



L = 94 мм, H = 90 мм, D = 96 мм, B = 30 мм,

Рисунок Е.1 – Чертеж тензодатчика С2Н

Таблица Е.1 – Технические характеристики тензодатчика С2Н

Параметры датчика	Единицы измерения	Значения параметров
1. Наибольший предел измерений (НПИ)	кг	1000
2. Класс точности по ГОСТ 30129 (МОЗМ Р60)	-	С3
3. Число проверочных интервалов	-	3000
4. Минимальный проверочный интервал	-	НПИ/10000
5.Рабочий коэффициент передачи (РКП)	мВ/В	2±0,002
6. Начальный коэффициент передачи (НКП)	% от РКП	<3
7. Комбинированная погрешность	% от РКП	≤±0,020
8. Ползучесть (30 мин.)	% от РКП	≤±0,025
9.Изменение НКП от температуры	%от РКП/°С	≤±0,0014
10. Изменение РКП от температуры	%от РКП/°С	≤±0,0011
11. Наибольшее напряжение питания постоянного тока	В	12
12. Сопротивление входное	Ом	1100±20

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ Е

Окончание таблицы Е.1

Параметры датчика	Единицы измерения	Значения параметров
13. Сопротивление выходное	Ом	1000±2
14.Сопротивление изоляции	ГОм	≥5
15. Диапазон термокомпенсации	°С	-10…+40
16. Рабочий диапазон температур	°С	-30…+50
17. Диапазон температур хранения	°С	-40…+50
18. Степень защиты по ГОСТ 14254	-	IP68
19. Допустимая перегрузка в течение не более 1 часа	% от НПИ	25
20. Разрушающая нагрузка	% от НПИ	300
21.Материал датчика	-	Нержавеющая сталь

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Графики зависимости усилия в урезе в процессе ручной выборки закидного невода

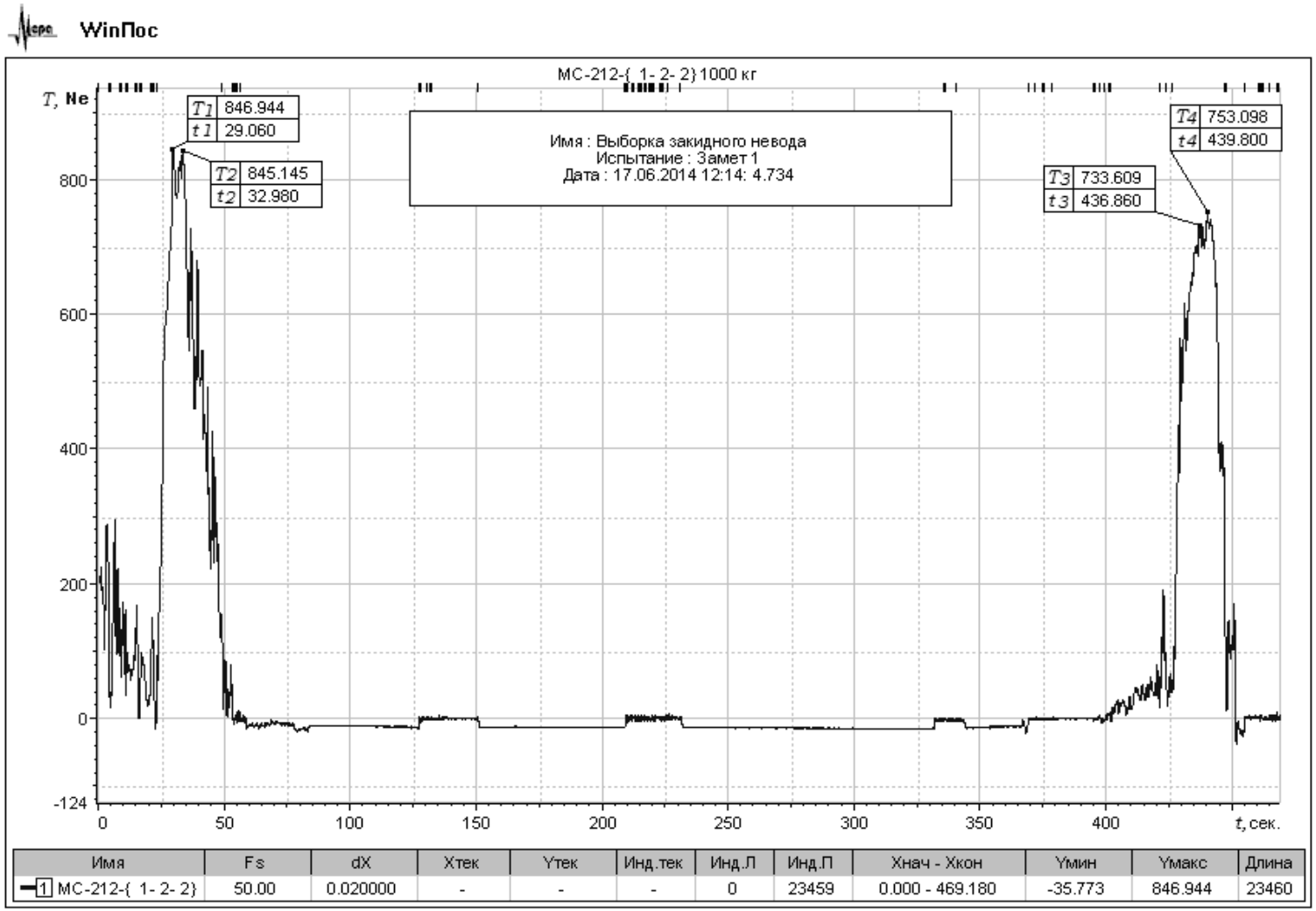


Рисунок Ж.1 – График изменения натяжения уреза (замет № 1)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Ж

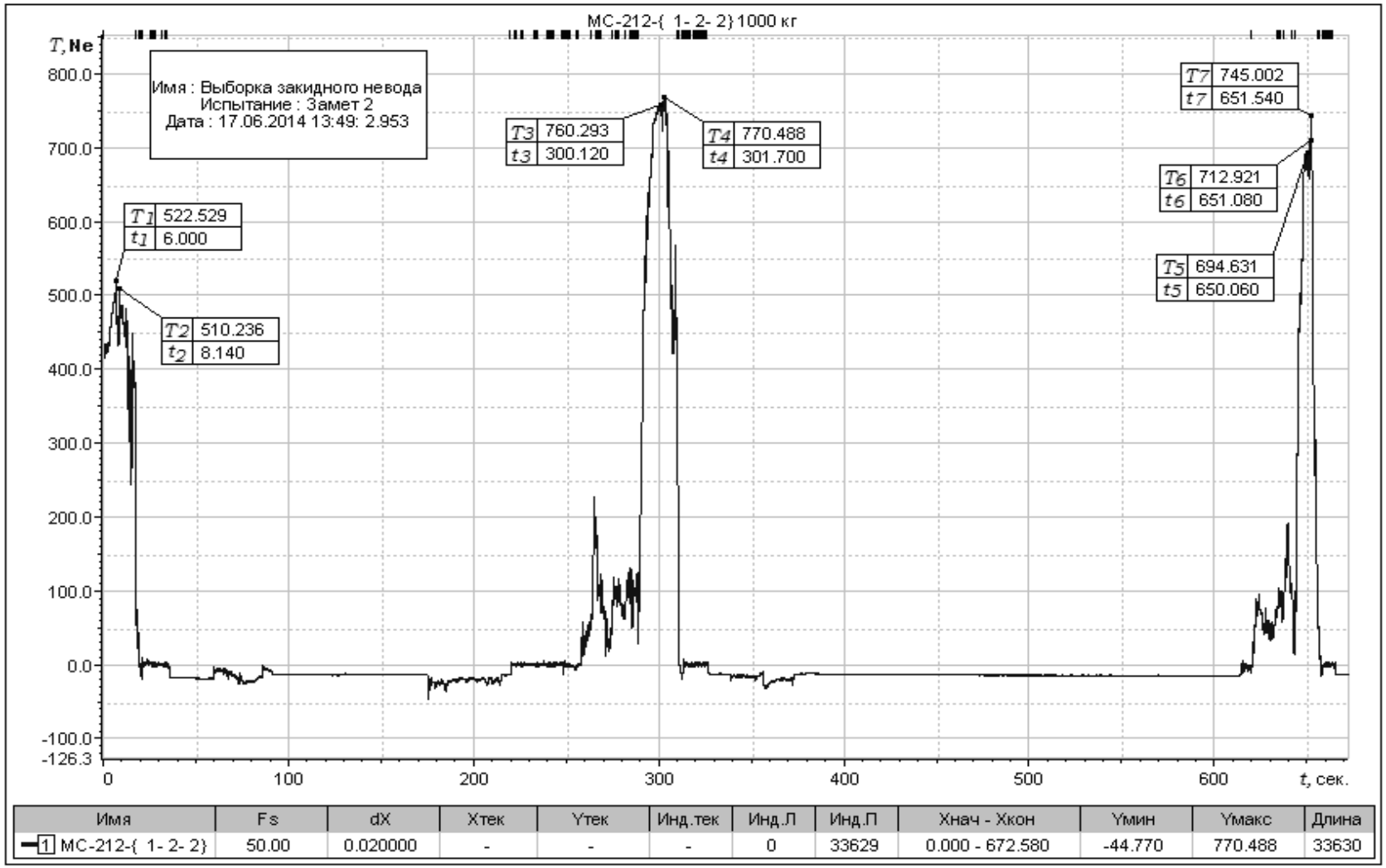


Рисунок Ж.2 – График изменения натяжения уреза (замет № 2)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Ж

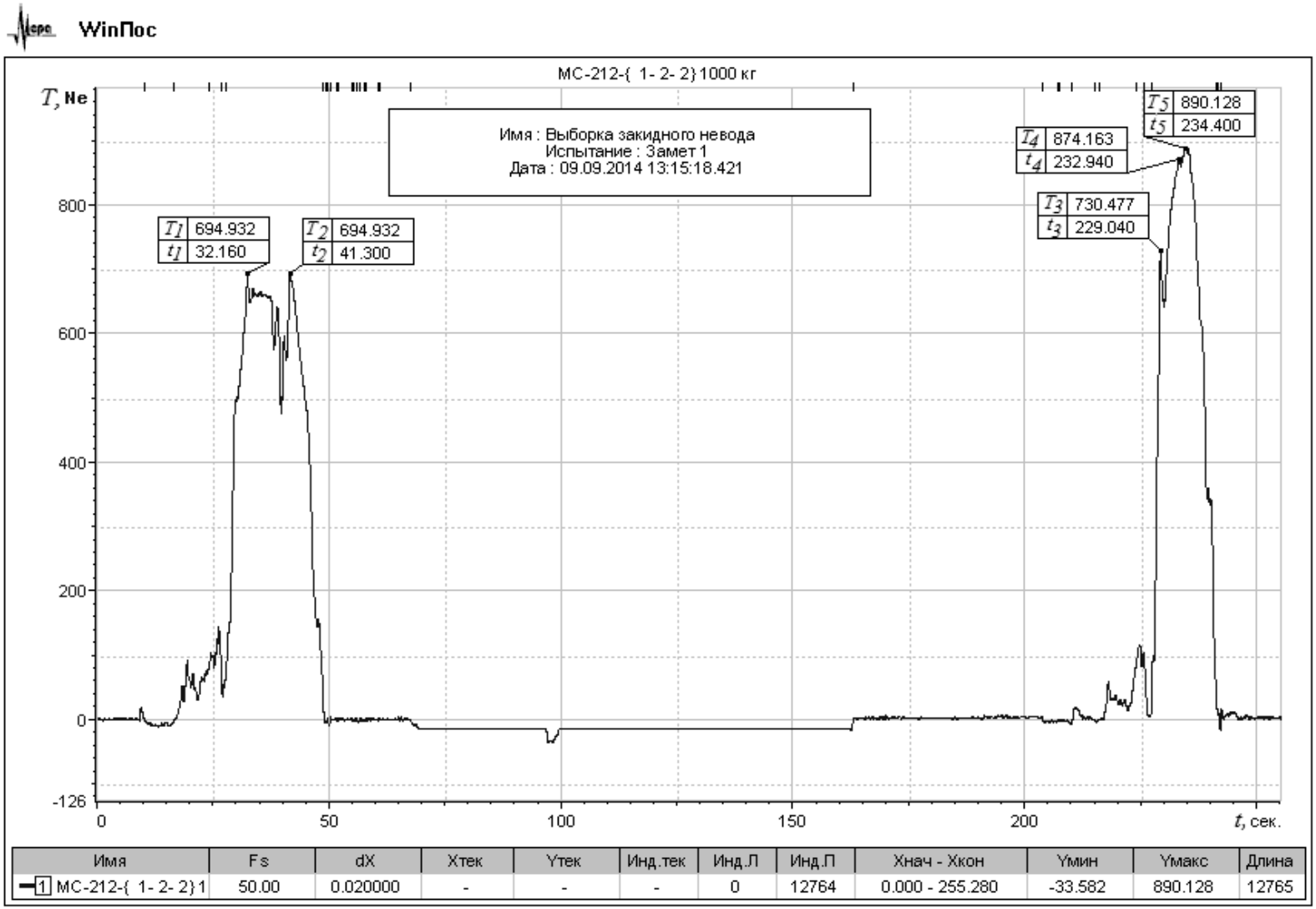
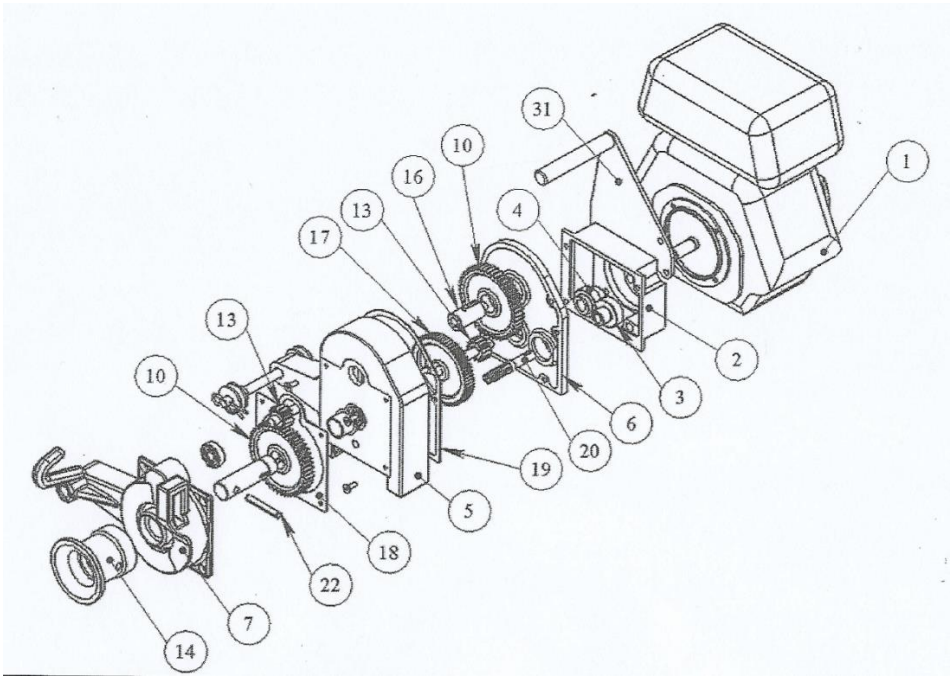


Рисунок Ж.3 – График изменения натяжения уреза (замет № 3)

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Технические характеристики лебедки МЛШ 1200 Д

Рисунок И.1 - Лебедка мотошпилевая Мастер МЛШ -1200 Д



1 – двигатель Honda GXH 50 SE; ***2*** – корпус переходного редуктора; ***3*** – шестерня #5; ***4*** –шестерня #6; ***5*** – корпус редуктора; ***6*** – крышка редуктора задняя; ***7*** – крышка редуктора передняя; ***10*** – шестерня #4; ***13*** – шестерня #3; ***14*** – шпуля; ***16*** – вал переходной; ***17*** – шестерня #2; ***18*** – прокладка передняя; ***19*** – прокладка задняя; ***20*** – шестерня #1; ***31*** – ручка лебедки (в сборе)

Рисунок И.2 -Устройство лебедки МЛШ-1200 Д

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ И

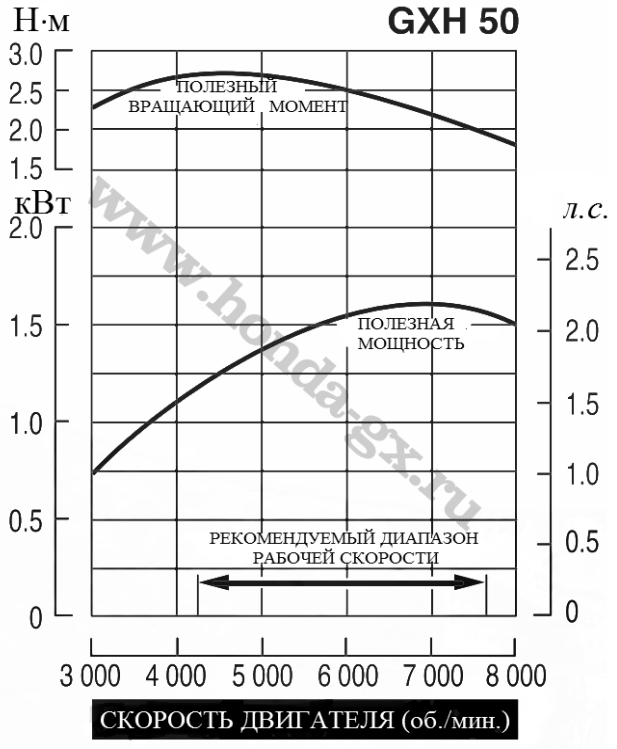


Рисунок И.3 - График зависимости мощности и вращающего момента от скорости двигателя Honda GXH 50

Таблица И.1 - Техническая характеристика лебедки МЛШ-1200 Д

Параметр	Значение
Длина, мм	420
Ширина, мм	370
Высота, мм	370
Суммарный вес (без топлива), кг	13
Тяговое усилие, кг	1200
Скорость протяжки, м/мин	12-18
Передаточное число	120:1
Диаметр каната, мм	10-12

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ И

Таблица И.2 - Техническая характеристика двигателя Honda GXH 50

Параметр	Значение
Длина, мм	225
Ширина, мм	274
Высота, мм	353
Тип двигателя	4-тактный, верхнеклапанный, одноцилиндровый
Рабочий объем, $см^3$	49
Диаметр цилиндра • Ход поршня, мм	41,8•36,0
Максимальная мощность, кВт (об./мин.)	1,6 (7000)
Макс. вращающий момент, Н•м (об./мин.)	2,7 (4500)
Расход топлива, л/Н (об./мин.)	0,91 (3000)
Емкость топливного бака, л	0,77
Объем масла в двигателе, л	0,25
Сухая масса, кг	5,5
Топливо	бензин АИ92, АИ95
Система охлаждения	воздушная, с принудительной циркуляцией воздуха

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Экспериментальные данные усилия в урезе при механизированной выборке закидного невода

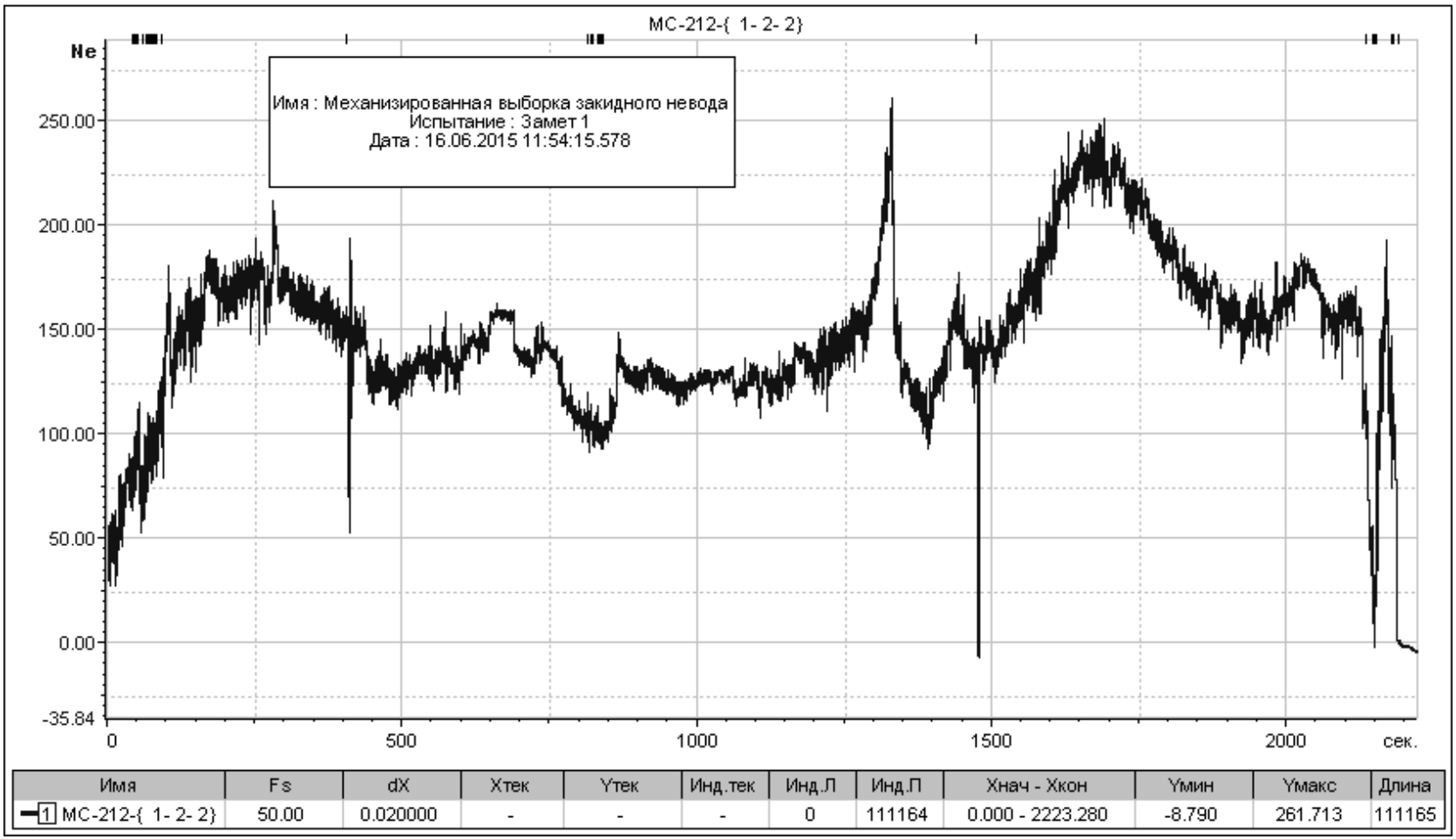
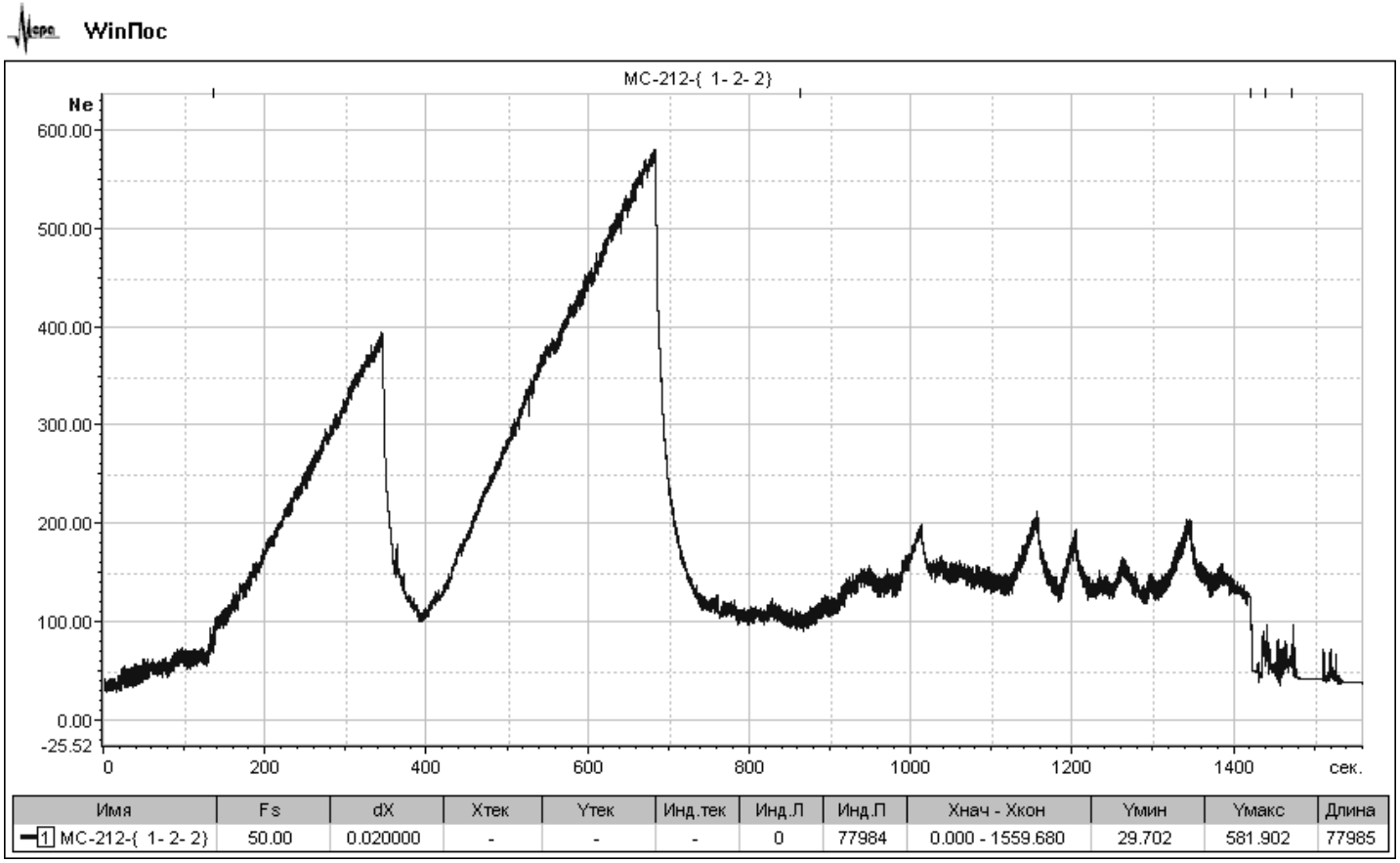


Рисунок К.1 График зависимости усилия уреза от времени (замет № 1)

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ К



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-212-{ 1- 2- 2}	50.00	0.020000	-	-	-	0	77984	0.000 - 1559.680	29.702	581.902	77985

Рисунок К.2 - График зависимости усилия уреза от времени (2 замет)

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Обработка экспериментальных данных усилия в урезе при механизированной выборке закидного невода

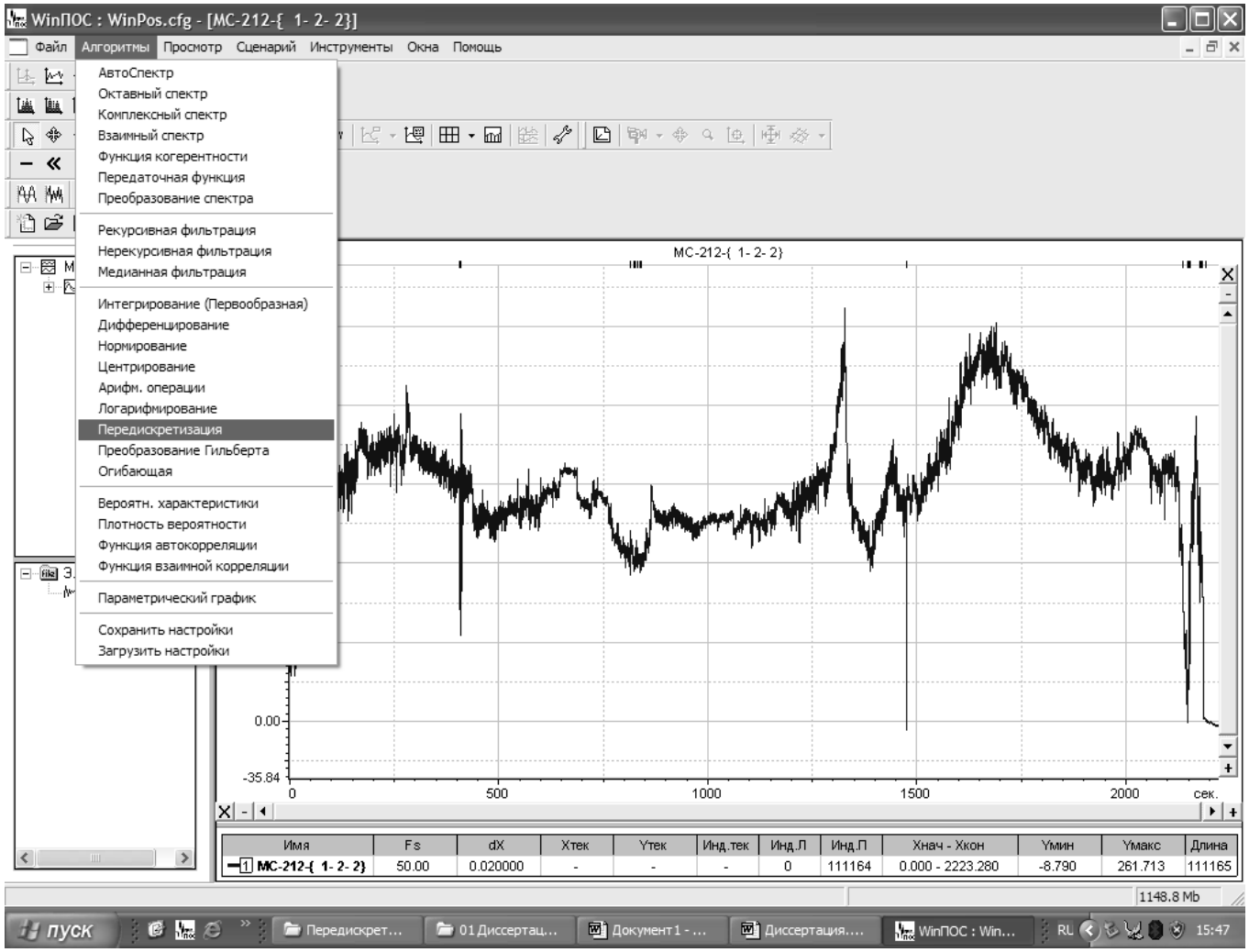


Рисунок Л.1- Выбор алгоритма обработки сигнала

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Л

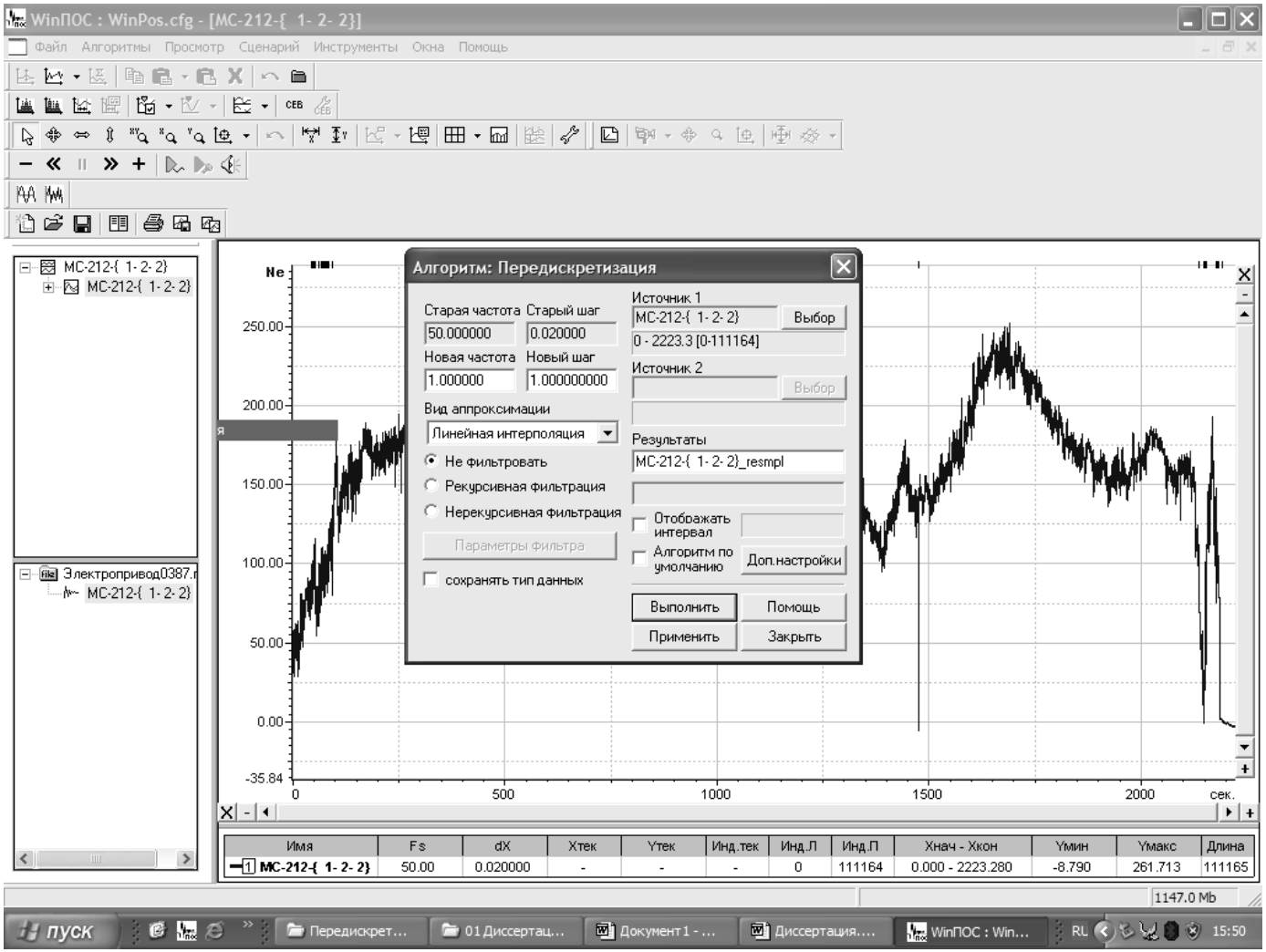
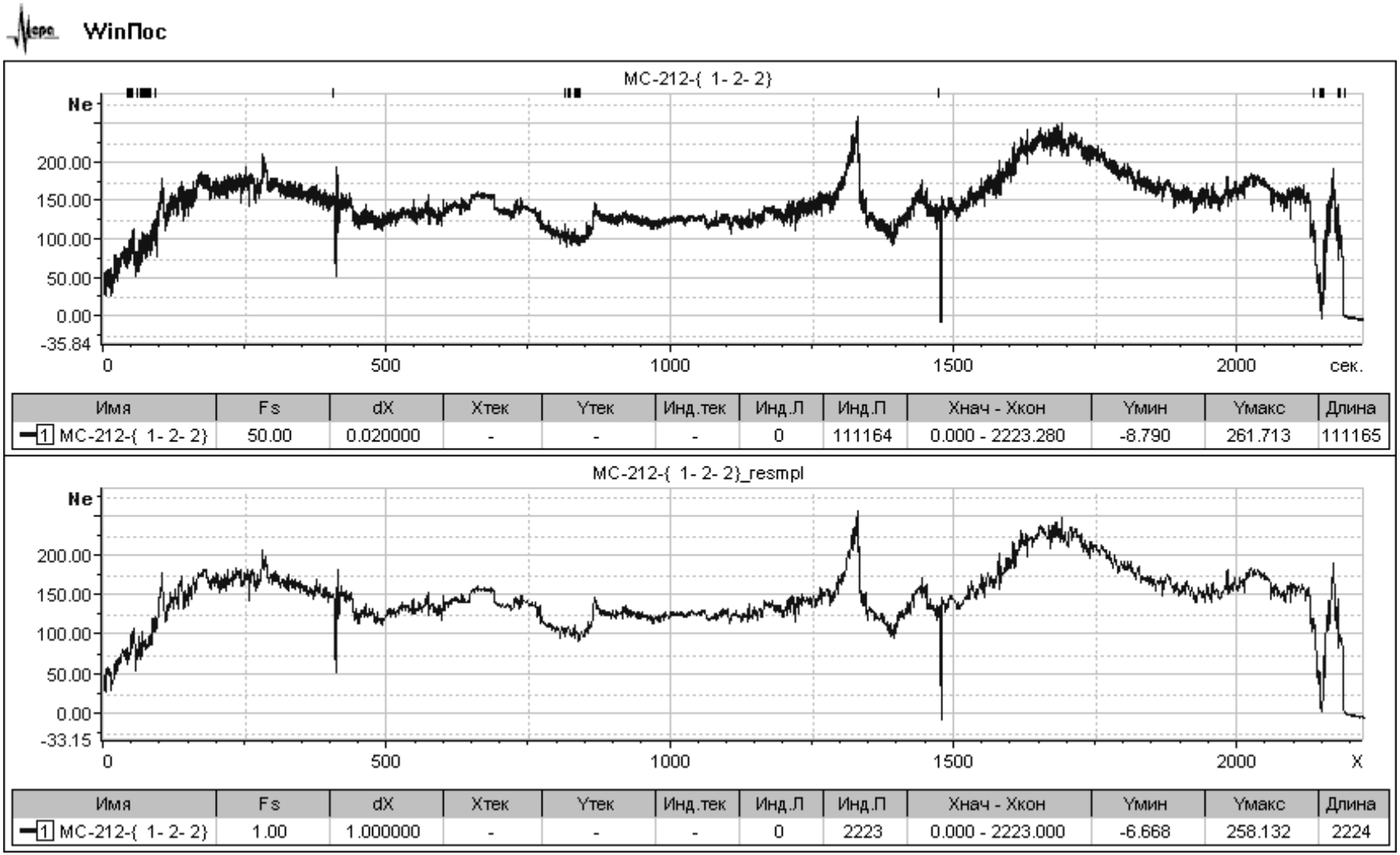


Рисунок Л.2 Установка новой частоты опроса и шага дискретизации

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Л



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Ymин	Ymакс	Длина
1 MC-212-{ 1- 2- 2}	50.00	0.020000	-	-	-	0	111164	0.000 - 2223.280	-8.790	261.713	111165

Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Ymин	Ymакс	Длина
1 MC-212-{ 1- 2- 2}	1.00	1.000000	-	-	-	0	2223	0.000 - 2223.000	-6.668	258.132	2224

Рисунок Л.3- Исходный график (сверху) и обработанный (снизу) после передискретизации линейной интерполяцией

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Л

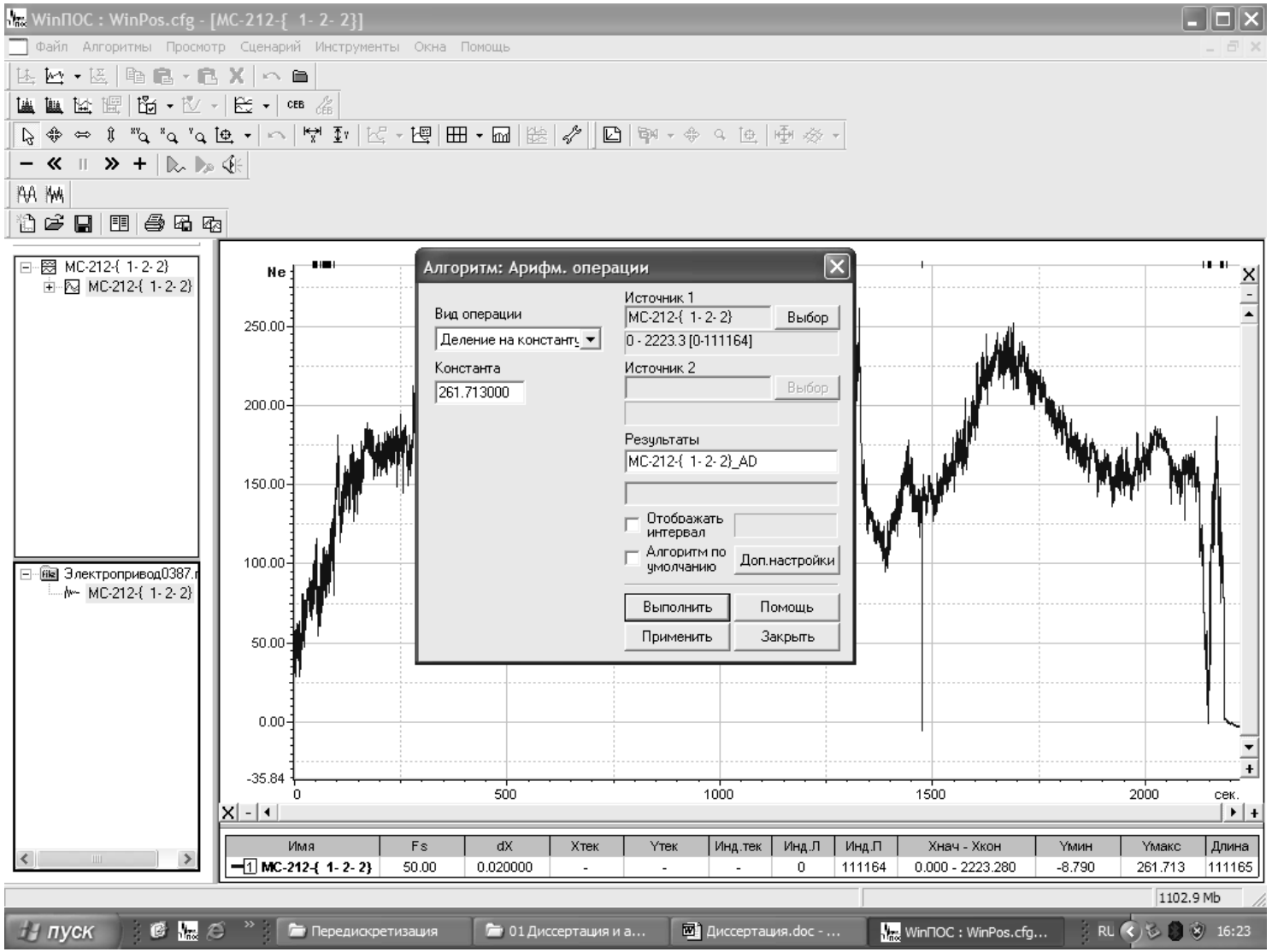
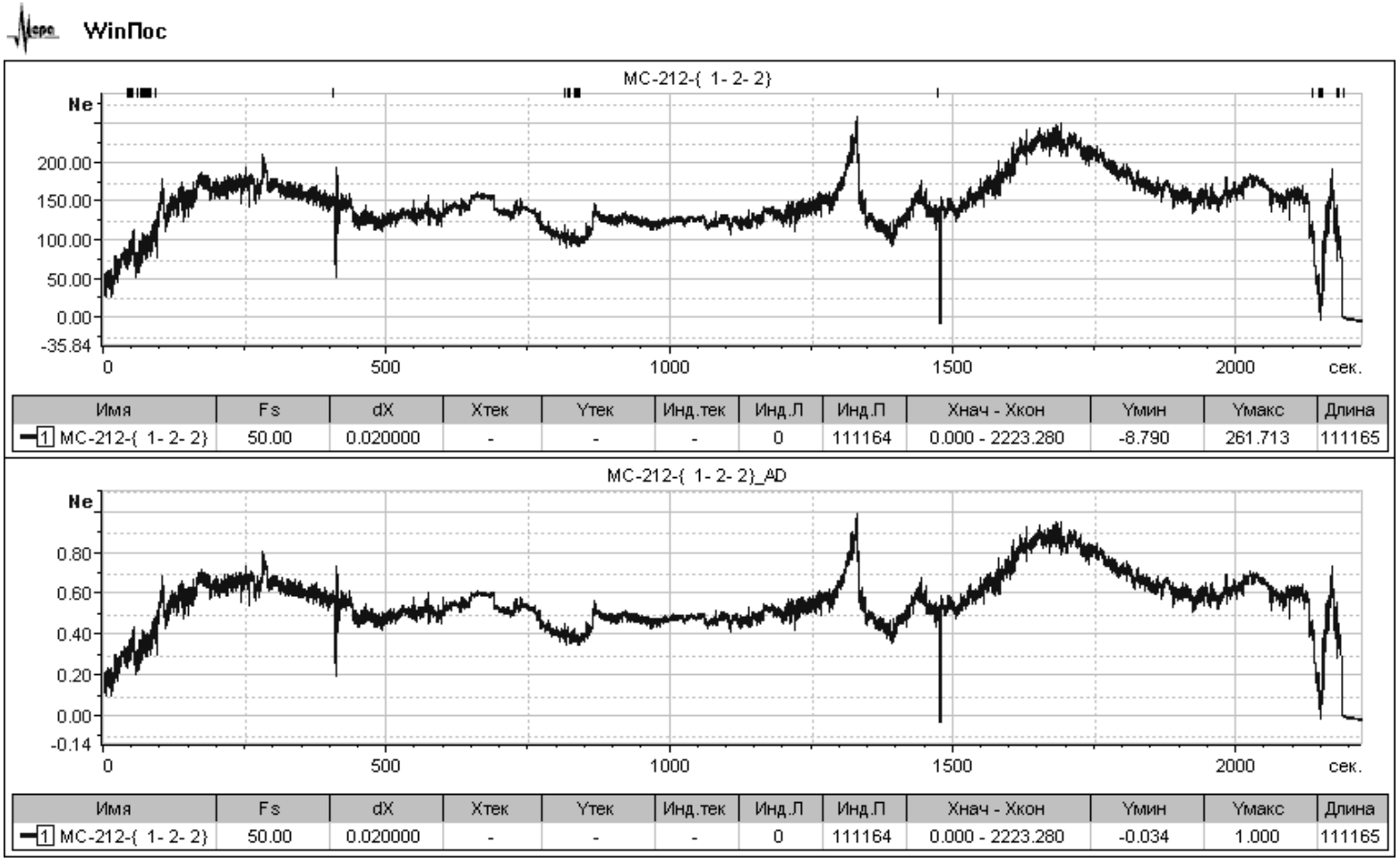


Рисунок Л.4- Алгоритм «Арифметические операции»

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ Л



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Ymин	Ymакс	Длина
1 MC-212-{ 1- 2- 2}	50.00	0.020000	-	-	-	0	111164	0.000 - 2223.280	-8.790	261.713	111165

Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Ymин	Ymакс	Длина
1 MC-212-{ 1- 2- 2}	50.00	0.020000	-	-	-	0	111164	0.000 - 2223.280	-0.034	1.000	111165

Рисунок Л.5 - Исходный файл (сверху) и преобразованный сигнал (снизу) после деления на константу