

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**А. А. Недоступ**

## **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРУДИЙ РЫБОЛОВСТВА**

Учебно-методическое пособие по выполнению практических заданий для  
студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
35.03.09 Промышленное рыболовство

Калининград

Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»

2022

1

УДК 639.2

Рецензент

кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры промышленного рыболовства  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» Г. М. Долин

Недоступ, А. А.

Основы проектирования орудий рыболовства: учеб.-метод. пособие по выполнению практических заданий для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 35.03.09 Промышленное рыболовство / А. А. Недоступ. - Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. - 70 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению практических заданий по дисциплине «Основы проектирования орудий рыболовства» представлены учебно-методические материалы по выполнению практических заданий, включающие подробный план их выполнения, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке к практическим заданиям.

Табл. 9, список лит. - 6 наименований

Учебно-методическое пособие по выполнению практических заданий рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 29 июня 2022 г., протокол № 5

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2022 г.  
© Недоступ А.А., 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Практическое занятие 1. Расчет физико-механических свойств рыболовных материалов	7
Задача 1.1. Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов	8
Содержание отчета задачи 1.1	11
Контрольные вопросы к задаче 1.1	11
Задача 1.2. Расчет физико-механических свойств стальных канатов	11
Содержание отчета задачи 1.2	12
Контрольные вопросы к задаче 1.2	12
Практическое занятие 2. Физическое моделирование орудий и процессов рыболовства	13
Задача 2.1. Масштабы мультифизического подобия процессов рыболовства	15
Содержание отчета задачи 2.1	18
Контрольные вопросы к задаче 2.1	18
Задача 2.2. Критерии мультифизического подобия процессов рыболовства	18
Содержание отчета задачи 2.2	22
Контрольные вопросы к задаче 2.2	22
Практическое занятие 3. Расчет геометрических и силовых характеристик тралов	23
Задача 3.1. Расчет геометрических и силовых характеристик донного трала	23
Содержание отчета задачи 3.1	26
Контрольные вопросы к задаче 3.1	26
Задача 3.2. Расчет геометрических и силовых характеристик разноглубинного трала	28
Содержание отчета задачи 3.2	30
Контрольные вопросы к задаче 3.2	31
Практическое занятие 4. Расчет параметров процесса облова скоплений гидробионтов разноглубинным тралом	32
Задача 4.1. Математическое моделирование движения стаи рыб в окрестностях трала	32
Содержание отчета задачи 4.1	36
Контрольные вопросы к задаче 4.1	36
Практическое занятие 5. Расчет параметров кошелькового невода при замете	39
Задача 5.1. Математическое моделирование замета кошелькового невода	39

Содержание отчета задачи 5.1	45
Контрольные вопросы к задаче 5.1	45
Практическое занятие 6. Расчет параметров донных неводов	48
Задача 6.1. Математическое моделирование процесса выборки донного невода якорным способом	48
Содержание отчета задачи 6.1	52
Контрольные вопросы к задаче 6.2	53
Литература	55

## Введение

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 35.03.09 Промышленное рыболовство (для очной формы обучения) по дисциплине «Основы проектирования орудий рыболовства».

Целью освоения дисциплины является усвоение бакалаврами знаний о теории проектирования орудий промышленного рыболовства, приобретение умений и навыков решения прикладных вопросов для проектирования орудий рыболовства.

Цель практического раздела - дать представление о математических моделях статики проектирования орудий рыболовства и их элементов; показать применение математических моделей при обосновании силовых и геометрических характеристик орудий рыболовства и их элементов.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- знать:

основы системной методологии проектирования орудий рыболовства; стадии и этапы проектирования, входящие в них проектные процедуры и операции: особенности орудий рыболовства как инженерных сооружений; принципы проектирования орудий рыболовства с использованием прототипов: методы обеспечения эффективности проектируемых орудий рыболовства; математические модели надежности работы орудий рыболовства и их использование в целях обоснования проектных характеристик; методы и алгоритмы обоснования проектных характеристик орудий рыболовства;

- уметь:

анализировать параметры, характеризующие орудия рыболовства, их влияние на характеристики всей рыбопромысловой системы, оценивать их значимость; выполнять все необходимые расчеты, связанные с проектированием орудий рыболовства на персональных компьютерах, а также использовать в этих целях существующие профессиональные компьютерные программы;

- владеть:

твердыми навыками в расчете проектных характеристик орудий рыболовства.

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01.10 «Основы проектирования орудий рыболовства» относится к Блоку Б1.В.ДВ.01.01 образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 35.03.09 Промышленное рыболовство модуля по выбору Техника и технология рыболовства. При изучении дисциплины «Основы проектирования орудий рыболовства» используются знания и навыки, полученные студентами при освоении дисциплин образовательных программ бакалавриата по направлению подготовки «Промышленное

рыболовство» (теория вероятностей и математическая статистика, устройство и эксплуатация орудий рыболовства, механика орудий рыболовства).

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется через систему тестирования. Тестовые задания используются для оценки освоения всех тем дисциплины студентами очной формы обучения. Тесты сформированы на основе материалов лекций и вопросов, рассмотренных в практических занятиях (в течение 10-15 мин, в зависимости от уровня сложности материала) после рассмотрения на лекциях соответствующих тем.

Положительная оценка («отлично», «хорошо» или «удовлетворительно») выставляется программой автоматически, в зависимости от количества правильных ответов.

Градация оценок:

- «отлично» - свыше 85 %;
- «хорошо» - более 75 %, но не выше 85 %;
- «удовлетворительно» - свыше 65 %, но не более 75 %.

Каждое задание должно выполняться в строго определённом файле (фамилия, имя, отчество студента), в определённой директории (группа) и в папке - (USER) - Личное.

## РАСЧЕТ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЫБОЛОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### Цель задания

Освоение работы профессиональных компьютерных программ: «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов» и «Расчет физико-механических свойств стальных канатов» [1].

### Пояснения к заданию

Определение физико-механических характеристик синтетических рыболовных материалов - это канатно-веревочные изделия (далее КВИ), шнуров (далее ПШ) напрямую связано с предсказательным моделированием геометрии, силового поля, а также предотвращения аварийных ситуаций вплоть до разрыва орудий промышленного рыболовства. Это обусловлено прочностью КВИ и ПШ, из которых созданы орудия промышленного рыболовства. В основе расчета ФМХ принята теория прочности. При этом при проектировании орудий рыболовства задается у КВИ и ПШ запас прочности, достигающий  $n=20$ , что ведет к нецелесообразной материалоемкости изделия, а также ее завышенной стоимости.

Важным обстоятельством решения вопроса определения и предсказания физико-механических характеристик канатно-веревочных, шнуровых и нитевидных рыболовных материалов является задание величин параметров: диаметра -  $d$ ; длины -  $L$ ; натяжения -  $T_x$  и продольного модуля упругости -  $E_x$ . Под действием внешних продольных и поперечных сил, возникаемых при буксировке орудий промышленного рыболовства, а именно сил натяжения и сжатия канатов, веревок и ниток, происходит формоизменяемость орудий рыболовства. Из-за этого возникает перераспределение нагрузок, которые зависят от физико-механических характеристик и гидродинамики оболочек орудий рыболовства.

Профессиональные компьютерные программы сочетают в себе возможности проведения расчетов по механике синтетических рыболовных материалов и стальных канатов, применяемых при проектировании орудий промышленного рыболовства. Изменение значения входного параметра приводит к изменению всех зависимых параметров. Поэтому для достижения желаемого результата в процессе определения искомых параметров следует многократно запускать вычислительный процесс. Такая необходимость возникает при выборе подходящих значений параметров, поиске оптимального варианта, исследовании зависимости результата от начальных условий. При изменении какой-либо входного параметра в профессиональных компьютерных программах автоматически производятся

необходимые вычисления, обновляются выходные и промежуточные параметры, строятся необходимые графики зависимостей  $\varepsilon=f(T_x)$  - относительного удлинения,  $\varepsilon_d=f(T_x)$  - сжатия,  $\mu=f(T_x)$  - коэффициента Пуассона,  $\sigma=f(T_x)$  - напряжение, изменение диаметра  $d=f(T_x)$  и  $T_y=f(T_x)$  - сжимающее натяжение.

Задача 1.1. Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов

Для выполнения задания бакалавр должен:

1. Ознакомиться с функционалом и пользовательским интерфейсом компьютерной программы.
2. Выполнить задание в соответствии со своим вариантом.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Результат выполнения задания оформить в виде отчета (автоматически генерируется в программе).

При помощи КП «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов» выполнить простейшие вычисления с синтетическим изделием в виде нитки, веревки и каната, построить графики зависимостей  $\varepsilon=f(T_x)$ ,  $\varepsilon_d=f(T_x)$ ,  $\mu=f(T_x)$ ,  $\sigma=f(T_x)$ ,  $d=f(T_x)$  и  $T_y=f(T_x)$ .

Входными величинами в программе являются:  $d$  - диаметр (первоначальный, условный);  $l$  - длина изделия;  $T_x$  - натяжение в продольном направлении, оси ОХ в диапазоне от 0,01Н до  $T_x$ ;  $E_x$  - условный модуль упругости в поперечном сечении.

Программа позволяет определять такие характеристики канатов, веревок, ниток и шнуров, как:  $d$  - истинное значение диаметра (измененное в процессе растяжения);  $\lambda$  - удлинение изделия (первоначальное);  $\varepsilon$  - относительное удлинение;  $\varepsilon_d$  - относительное сжатие (расширение);  $\mu$  - коэффициент Пуассона;  $T_y$  - натяжение (сдавливание) в поперечном направлении, оси ОУ;  $E_y$  - условный модуль упругости в продольном сечении;  $\sigma$  - прочность в поперечном сечении (напряжение).

В программе строятся графики зависимостей:  $\varepsilon=f(T_x)$ ,  $\varepsilon_d=f(T_x)$ ,  $\mu=f(T_x)$ ,  $\sigma=f(T_x)$ ,  $d=f(T_x)$  и  $T_y=f(T_x)$ . Компьютерная программа «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов» позволяет определять физико-механические свойства синтетических рыболовных материалов в пределах действия закона Гука. В программе не моделируется разрыв материала, не учитываются температура материала и скорость разрыва.

КП «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов» позволяет решать, в частности, следующие задачи:

1. Определение геометрических характеристик синтетических рыболовных материалов;



2. Определение силовых характеристик синтетических рыболовных материалов;
3. Определение проектных характеристик рыболовных материалов для обоснования запаса их прочности.

#### I. Подготовка к вычислениям

На рис. 1.1 изображена первая вкладка «Параметры» компьютерной программы «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов».

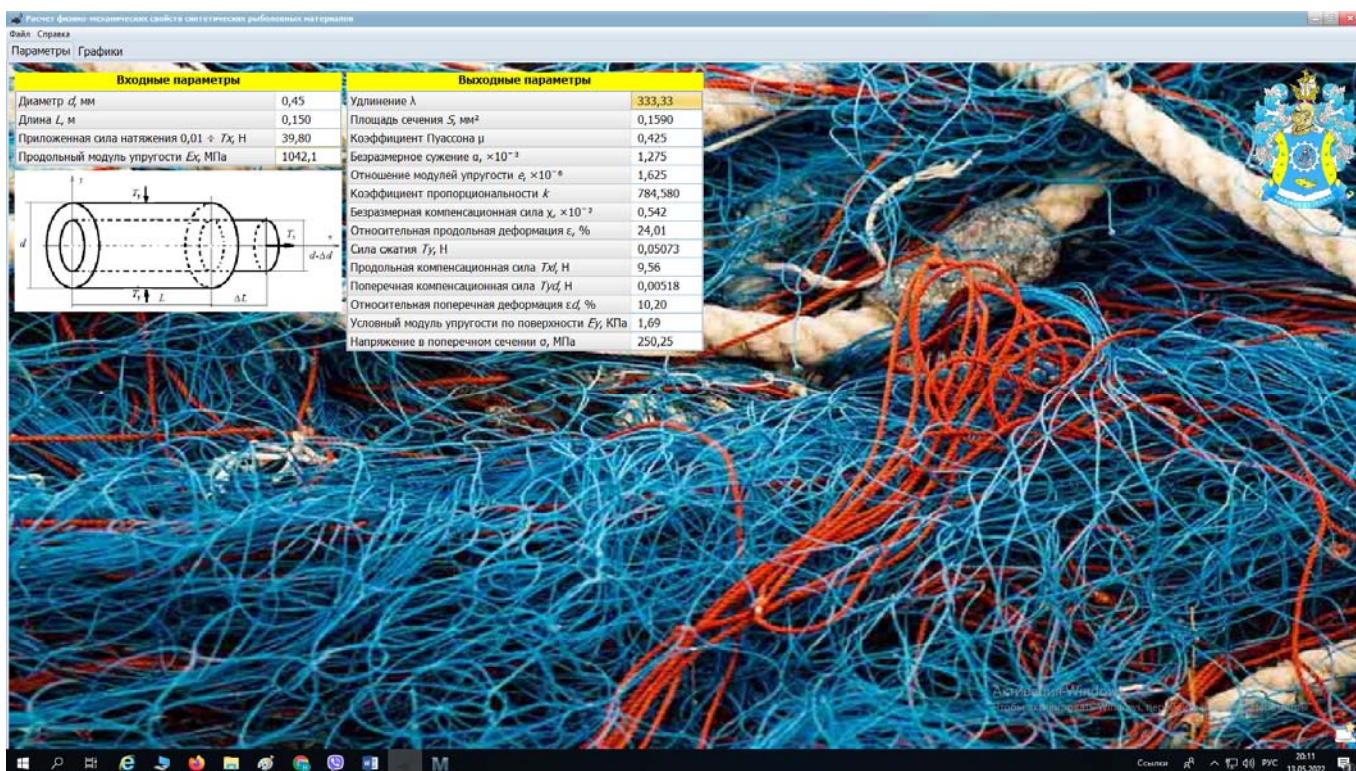


Рис. 1.1. Вкладка «Параметры»

На второй вкладке «Графики» отображаются зависимости  $\epsilon=f(T_x)$ ,  $\epsilon d=f(T_x)$ ,  $\mu=f(T_x)$ ,  $\sigma=f(T_x)$ ,  $d=f(T_x)$  и  $T_y=f(T_x)$ , которые приводятся на рис. 1.2.



Содержание отчета задачи 1.1.

Содержание отчета задачи 1.1 приводится в Приложении П1.

Контрольные вопросы к задаче 1.1

1. Для чего рассчитываются параметры синтетических рыболовных материалов?
2. На какой параметр (при выборе синтетических материалов) влияет напряжение?
3. Что во входных параметрах необходимо изменить, чтобы уменьшить напряжение?

Задача 1.2. Расчет физико-механических свойств стальных канатов

Для выполнения задания бакалавр должен:

1. Ознакомиться с функционалом и пользовательским интерфейсом компьютерной программы.
2. Выполнить задание в соответствии со своим вариантом.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Результат выполнения задания оформить в виде отчета (автоматически генерируется в программе).

При помощи КП «Расчет физико-механических свойств стальных канатов» выполнить простейшие вычисления со стальными канатами в виде нитки, веревки и каната, построить графики зависимостей  $\varepsilon=f(T_x)$ ,  $\varepsilon_d=f(T_x)$ ,  $\mu=f(T_x)$ ,  $\sigma=f(T_x)$ ,  $d=f(T_x)$  и  $T_y=f(T_x)$ .

Входными величинами в программе являются:  $d$  - диаметр (первоначальный, условный);  $l$  - длина изделия;  $T_x$  - натяжение в продольном направлении, оси ОХ в диапазоне от 0,01Н до  $T_x$ ;  $E_x$  - условный модуль упругости в поперечном сечении.

Программа позволяет определять такие характеристики канатов, как:  $d$  - истинное значение диаметра (измененное в процессе растяжения);  $\lambda$  - удлинение изделия (первоначальное);  $\varepsilon$  - относительное удлинение;  $\varepsilon_d$  - относительное сжатие (расширение);  $\mu$  - коэффициент Пуассона;  $T_y$  - натяжение (сдавливание) в поперечном направлении, оси ОУ;  $E_y$  - условный модуль упругости в продольном сечении;  $\sigma$  - прочность в поперечном сечении (напряжение).

В программе строятся графики зависимостей:  $\varepsilon=f(T_x)$ ,  $\varepsilon_d=f(T_x)$ ,  $\mu=f(T_x)$ ,  $\sigma=f(T_x)$ ,  $d=f(T_x)$  и  $T_y=f(T_x)$ . Компьютерная программа «Расчет физико-механических свойств стальных канатов» позволяет определять физико-механические свойства стальных канатов в пределах действия закона Гука. В программе не моделируется разрыв каната, не учитываются температура каната и скорость разрыва.

КП «Расчет физико-механических свойств стальных канатов» позволяет решать, в частности, следующие задачи:

1. Определение геометрических характеристик стальных канатов.
2. Определение силовых характеристик стальных канатов.
3. Определение проектных характеристик стальных канатов для обоснования запаса их прочности.

I. Подготовка к вычислениям

По аналогии с заданием 1.1 на первой вкладке «Параметры» компьютерной программы «Расчет физико-механических свойств стальных канатов» задаются входные параметры стального каната. На второй вкладке «Графики» отображаются зависимости  $\varepsilon=f(T_x)$ ,  $\varepsilon d=f(T_x)$ ,  $\mu=f(T_x)$ ,  $\sigma=f(T_x)$ ,  $d=f(T_x)$  и  $T_y=f(T_x)$ , которые приводятся.

Для выполнения задания 1.2 необходимо по своему варианту определить выходные параметры стальных канатов, указанные в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Входные и выходные параметры

Номер варианта	Входные параметры				Выходные параметры						
	$d$ , мм	$L$ , м	материал	$E_x$ , ГПа	$T_x$ , Н	$d$ , мм	$\varepsilon$ , %	$\varepsilon d$ , %	$\mu$	$\sigma$ , МПа	
1			сталь								
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											

Содержание отчета задачи 1.2.

Содержание отчета задачи 1.2 по аналогии к отчету задания 1.1.

Контрольные вопросы к задаче 1.2

1. Для чего рассчитываются параметры стальных канатов?
2. На какой параметр (при выборе стальных канатов) влияет напряжение?
3. Что во входных параметрах необходимо изменить, чтобы уменьшить напряжение?

## Практическое занятие 2

### ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРУДИЙ И ПРОЦЕССОВ РЫБОЛОВСТВА

#### Цель задания

Освоение работы профессиональных компьютерных программ: «Масштабы мультифизического подобия процессов рыболовства» и «Критерии мультифизического подобия процессов рыболовства» [2, 3].

#### Пояснения к заданию

Для проектирования орудий промышленного рыболовства необходимо осуществить физическое моделирование процессов, а именно выполнить физическое и мультифизическое моделирование, и минимизировать величины масштабных эффектов. В данной лабораторной работе студенты определяют значения масштабов подобия при минимальном масштабном эффекте. Теория подобия включает определения, теоремы, следствия из них. Критерии подобия являются неотъемлемой частью соблюдения правил подобия, выполнимость масштабов подобия с заданной точностью и выполнимость с заданной величиной масштабного эффекта являются первостепенной задачей физического моделирования.

Модель входит в эксперимент, замещая не только объект исследования, она может замещать и условия проведения опытов. Обычный эксперимент предполагает наличие теоретического момента лишь в начальный момент исследования - выдвижение гипотезы, ее оценку и т.д., а также на завершающей стадии - обсуждение и интерпретацию полученных данных, их обобщение. В модельном эксперименте необходимо в том числе обосновать отношение подобия между моделью и натуральным объектом, возможность экстраполировать на этот объект полученные данные. Теоретической основой модельного эксперимента, главным образом в области физического моделирования, является теория размерности и подобия. Она дает правила моделирования для случаев, когда модель и натура обладают одинаковой (или почти одинаковой) физической природой. Но в настоящее время практика моделирования вышла за пределы сравнительно ограниченного круга механических явлений. В модели реализованы двоякого рода знания:

- знание самой модели (ее структуры, процессов, функций) как системы, созданной с целью воспроизведения некоторого объекта;
- теоретические знания, посредством которых модель была построена.

Имея в виду именно теоретические соображения и методы, лежащие в основе построения модели, можно ставить вопросы о том, насколько верно и полно данная модель



отражает объект. Таким образом, можно говорить о том, что истинность присуща материальным моделям в силу:

- связи их с определенными знаниями;
- наличия (или отсутствия) изоморфизма ее структуры со структурой моделируемого процесса или явления;
- отношения модели к моделируемому объекту, которое делает ее частью познавательного процесса и позволяет решать определенные познавательные задачи.

Модель можно рассматривать не только как орудие проверки того, действительно ли существуют такие связи, отношения, структуры, закономерности, которые формулируются в данной теории и выполняются в модели. Успешная работа модели есть практическое доказательство истинности теории, т. е. часть экспериментального доказательства истинности этой теории.

Физические величины связаны между собой определенными соотношениями. Поэтому если некоторые из них принять за основные (первичные) и установить для них конкретные единицы измерения, то единицы измерения остальных производных (вторичных) величин будут выражаться определенным образом через единицы измерения основных величин. Исходным для анализа и синтеза размерностей является то, что любое математическое уравнение, описывающее физический процесс, обязательно должно быть размерно-однородным. Это означает, что обе его части имеют всегда одинаковую размерность независимо от выбора системы физических величин. В соотношении, отражающем физические явления, знаками равенства или алгебраической суммы могут быть связаны только размерные величины одной природы. Силы могут сравниваться и складываться только с силами, скорости - со скоростями, длины с длинами и т.д. Необходимо, чтобы в соотношении, имеющем физический смысл, все члены, связанные знаками алгебраической суммы или равенства, имели одинаковую размерность.

На основании теории размерности определены масштабы подобия орудий и элементов орудий рыболовства при динамическом подобии через масштаб геометрических характеристик  $C_l$ :

- механических величин;
- гидродинамических величин;
- грунтодинамических величин;
- трибологических величин;
- электродинамических величин;
- термодинамических величин;
- световых величин;

- акустических величин;
- оптических величин.

В табл. П2 - П7 приведены основные масштабы подобия различных физических величин относительно масштаба  $C_l$ .

Необходимость систематизации, анализа и синтеза большого объема данных, полученных с различных экспериментов, привела к необходимости разработки компьютерной программы, способной численно рассчитывать масштабы мультифизического подобия процессов рыболовства «Масштабы мультифизического подобия процессов рыболовства».

Критерии подобия процессов промышленного рыболовства определяются на основании теории размерности физических величин. Настоящий способ является простым и отвечает всем предъявляемым к нему требованиям. Он основывается на сокращении размерностей физических величин. При этом обеспечивает выполнение главных условий - отношений параметров. Основное свойство такого метода заключается в том, что в некоторых случаях не известны уравнения процессов, протекающих в траловых комплексах, не говоря о мультифизических процессах, но известно преобразование физической величины через масштаб геометрических характеристик  $C_l$ , и тем самым число критериев подобия может быть получено любое. В табл. П8 - П14 приведены основные критерии мультифизического подобия тралового комплекса с учетом преобразования физических величин относительно масштаба  $C_l$ . Выражения через масштаб  $C_l$  (крайний столбец таблиц) служат проверкой полученных отношений. Критерий (числа) подобия в масштабном виде производительности сил  $H$  в соответствии с теорией подобия равен 1.

Компьютерная программа «Масштабы мультифизического подобия процессов рыболовства» предназначена для анализа зависимостей между масштабами подобия в мультифизической области (механическими, гидродинамическими, грунтодинамическими, трибологическими, электродинамическими, термодинамическими, световыми, акустическими, оптическими, форма-определяющими, временными) применительно к процессам рыболовства, в том числе визуального в трехмерном представлении. Данная программа позволяет рассчитывать масштабы подобия для конкретного масштаба линейных размеров  $C_l$ , который задается исходя из линейных размеров экспериментальной установки или механизма и др.

При визуализации используется цилиндрическая система координат.

Задача 2.1. Масштабы мультифизического подобия процессов рыболовства

Для выполнения задания бакалавр должен:

1. Ознакомиться с функционалом и пользовательским интерфейсом компьютерной программы.
2. Выполнить задание в соответствии со своим вариантом.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Результат выполнения задания оформить в виде отчета.

При помощи КП «Масштабы мультифизического подобия процессов рыболовства» выполнить простейшие вычисления с заданием значения  $C_l$  для минимизации масштабного эффекта.

На рис. 2.1 изображен пользовательский интерфейс для ввода входных и отображения расчетных параметров масштабов механических, гидродинамических, грунтодинамических, трибологических, электродинамических, термодинамических, световых, акустических, оптических величин. Входными параметрами являются диапазон значений  $C_l$  и степень дискретизации результата при трехмерной визуализации зависимостей расчетных масштабов от  $C_l$  в цилиндрической системе координат.

Параметр	M	От	До	V
Площадь	CF	0.010	4.000	<input checked="" type="checkbox"/>
Объем	CV	0.001	8.000	<input checked="" type="checkbox"/>
Момент инерции	CI	0.000	16.000	<input checked="" type="checkbox"/>
Масса	Cm	0.001	8.000	<input checked="" type="checkbox"/>
Время	Ct	0.056	2.378	<input checked="" type="checkbox"/>
Скорость	Cv	1.778	0.841	<input checked="" type="checkbox"/>
Сила	CR	0.032	2.828	<input checked="" type="checkbox"/>
Ускорение	Cw	31.623	0.354	<input checked="" type="checkbox"/>
Момент (вращательный)	CM6	0.003	5.657	<input checked="" type="checkbox"/>
Плотность	Cp	1.000	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>
Изгибная жесткость	CEI	0.000	11.314	<input checked="" type="checkbox"/>
Давление	Cp	3.162	0.707	<input checked="" type="checkbox"/>
Частота оборотов	Cw6	17.783	0.420	<input checked="" type="checkbox"/>
Частота колебаний	Cf	17.783	0.420	<input checked="" type="checkbox"/>
Потенциальная энергия	CUp	0.003	5.657	<input checked="" type="checkbox"/>
Кинетическая энергия	CUp	0.003	5.657	<input checked="" type="checkbox"/>
Нормальная нагрузка	Coip	3.162	0.707	<input checked="" type="checkbox"/>
Мощность	CN	0.056	2.378	<input checked="" type="checkbox"/>
Угол	Cα	1.000	1.000	<input type="checkbox"/>
Коэффициент трения	Cμd	1.000	1.000	<input type="checkbox"/>

Рис. 2.1. Входные и расчетные параметры масштабов механических, гидродинамических, грунтодинамических, трибологических, электродинамических, термодинамических, световых, акустических, оптических величин



На рис. 2.2 представлен пространственный график зависимости расчетных масштабов от  $C_l$  в цилиндрической системе координат, указанных на рис. 2.1. По вертикальной оси (оси цилиндра), задающей высоту точки над плоскостью в полярной системе координат, отложено значение масштаба  $C_l$ . Полярному углу сопоставляется номер расчетного масштаба. Полярному радиусу - значение расчетного масштаба.

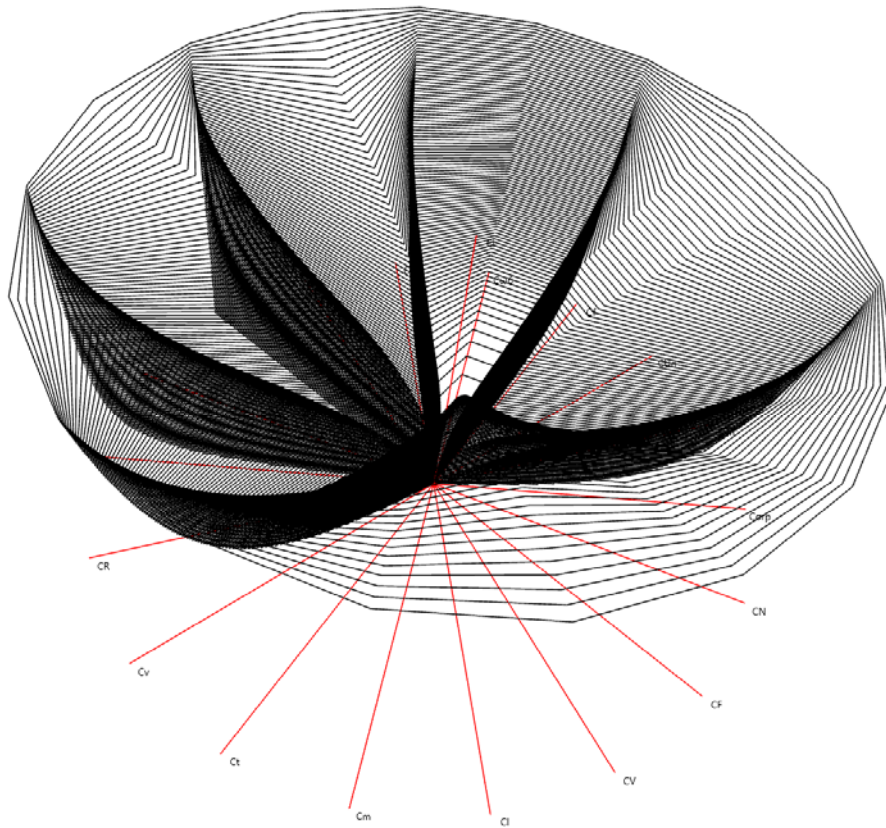


Рис. 2.2. Входные и расчетные параметры масштабов механических, гидродинамических, грунтодинамических, трибологических, электродинамических, термодинамических, световых, акустических, оптических величин

Расчетные значения масштабов, соответствующие одному значению  $C_l$ , с заданной степенью дискретизации соединяются замкнутой линией.

КП «Масштабы мультифизического подобия процессов рыболовства» позволяет решать, в частности, следующие задачи:

1. Определение масштабов механических, гидродинамических, грунтодинамических, трибологических, электродинамических, термодинамических, световых, акустических, оптических величин.
2. Определение минимального масштабного эффекта.
3. Определение важных масштабов подобия.

## I. Подготовка к вычислениям

Для выполнения задания 2.1 необходимо по своему варианту определить масштабы механических, гидродинамических, грунтодинамических, трибологических, электродинамических, термодинамических, световых, акустических, оптических величин, которые указаны в табл. 2.1.

Таблица 2.1

### Входные параметры

Номер варианта	Входные параметры	
	Значение масштаба $C_l$	Физический процесс
1		Механический, акустический
2		Гидродинамический, световой
3		Грунтодинамический, акустический
4		Механический, световой
5		Гидродинамический, акустический
6		Грунтодинамический, световой
7		Механический, грунтодинамический
8		Механический, электродинамический
9		Механический, гидродинамический

Содержание отчета задачи 2.1.

Содержание отчета задачи 2.1 выполняется в виде графика (см. рис. 2.2).

Контрольные вопросы к задаче 2.1

1. Для чего рассчитываются масштабы подобия?
2. Какие процессы важны при траловом лове?
3. В чем заключается минимизация масштабного эффекта?

Задача 2.2. Критерии мультифизического подобия процессов рыболовства

Для выполнения задания бакалавр должен:

1. Ознакомиться с функционалом и пользовательским интерфейсом компьютерной программы.
2. Выполнить задание в соответствии со своим вариантом.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Результат выполнения задания оформить в виде отчета.

При помощи КП «Критерии мультифизического подобия процессов рыболовства» выполнить простейшие вычисления с заданием значения  $C_l$  для минимизации масштабного эффекта.

Пользовательский интерфейс реализует возможность исключения масштабирования любого (или нескольких) параметра тралового комплекса при расчете критериев подобия (масштаб подобия считается равным 1, устанавливается в правом столбце на рис. 2.3), тем самым обеспечивая возможность анализа погрешности физического моделирования при невыполнении масштабирования выбранных мультифизических параметров.

$C_l$   -  Дискретизация    Оси  |  -  
 Относительный  Нормализация

Механические масштабы подобия  
 Гидродинамические масштабы подобия

Параметр	M	От	До	1
Площадь	CF	1.00000	4.00000	<input type="checkbox"/>
Объем	CV	1.00000	8.00000	<input type="checkbox"/>
Момент инерции	CI	1.00000	16.00000	<input type="checkbox"/>
Масса	Cm	1.00000	8.00000	<input type="checkbox"/>
Время	Ct	1.00000	2.37841	<input type="checkbox"/>
Скорость	Cv	1.00000	0.84090	<input type="checkbox"/>
Сила	CR	1.00000	2.82843	<input type="checkbox"/>
Ускорение	Cw	1.00000	0.35355	<input type="checkbox"/>
Объемный вес	Cγ	1.00000	0.35355	<input type="checkbox"/>
Момент (вращательный)	CMб	1.00000	5.65685	<input type="checkbox"/>
Плотность воды	Cρ	1.00000	1.00000	<input type="checkbox"/>
Динамическая вязкость воды	Cμ	1.00000	1.68179	<input checked="" type="checkbox"/>
Кинематическая вязкость воды	Cν	1.00000	1.68179	<input checked="" type="checkbox"/>
Давление	Cp	1.00000	0.70711	<input type="checkbox"/>
Частота колебаний	Cf	1.00000	0.42045	<input type="checkbox"/>
Потенциальная энергия	CUp	1.00000	5.65685	<input type="checkbox"/>
Кинетическая энергия	CUp	1.00000	5.65685	<input type="checkbox"/>
Нормальная нагрузка	Cσgr	1.00000	0.70711	<input type="checkbox"/>
Угол	Cα	1.00000	1.00000	<input type="checkbox"/>
Сплошность	CFo	1.00000	1.00000	<input type="checkbox"/>
Коэффициент сопротивления	Ck	1.00000	1.00000	<input type="checkbox"/>
Коэффициент трения	Cμd	1.00000	1.00000	<input type="checkbox"/>
Относительное удлинение	Cε	1.00000	1.00000	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Грунтодинамические масштабы подобия				
<input checked="" type="checkbox"/> Трибологические масштабы подобия				
<input checked="" type="checkbox"/> Электродинамические масштабы подобия				
<input checked="" type="checkbox"/> Термодинамические масштабы подобия				
<input checked="" type="checkbox"/> Световые масштабы подобия				
<input checked="" type="checkbox"/> Акустические масштабы подобия				
<input checked="" type="checkbox"/> Оптические масштабы подобия				

Рис. 2.3. Входные параметры и группы масштабов подобия программы для ЭВМ

На рис. 2.4 изображена форма отображения результатов расчета в виде диапазонов значений критериев подобия, разбитых на группы по физической принадлежности, в

индикаторном виде в зависимости от диапазона значений  $C_l$  с учетом условий, накладываемых на масштабы подобия (их привязки к  $C_l$ , задаваемой пользователем методом включения/исключения масштабирования).

▼ Механические критерии подобия в индикаторном виде					
^ Гидродинамические критерии подобия в индикаторном виде					
Критерий	П	От	До	V	
Рейнольдса	Re		1.00000	1.68179	<input checked="" type="checkbox"/>
Рошко	Rk		1.00000	1.68179	<input checked="" type="checkbox"/>
Прандтля	Pr		1.00000	0.59460	<input checked="" type="checkbox"/>
Стокса	Sk		1.00000	1.68179	<input checked="" type="checkbox"/>
Кирпичева	Ki		1.00000	2.82843	<input checked="" type="checkbox"/>
Экмана	Ek		1.00000	0.59460	<input checked="" type="checkbox"/>
Капиллярности	Cp		1.00000	0.59460	<input checked="" type="checkbox"/>
^ Грунтодинамические критерии подобия в индикаторном виде					
Критерий	П	От	До	V	
Лапласа	La		1.00000	2.82843	<input checked="" type="checkbox"/>
Вебера	We		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
Коши	Ca		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
^ Трибологические критерии подобия в индикаторном виде					
Критерий	П	От	До	V	
Упругости	PEI		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
Твердости	ПНВ		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
Трения (износа)	PWe1		1.00000	0.59460	<input checked="" type="checkbox"/>
			1.00000	1.68179	<input checked="" type="checkbox"/>
▼ Электродинамические критерии подобия в индикаторном виде					
^ Термодинамические критерии подобия в индикаторном виде					
Критерий	П	От	До	V	
Бринкмана	Br		1.00000	0.59460	<input checked="" type="checkbox"/>
Эккерта	Ec		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
Нуссельта	Nul		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
Пекле	Pe		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
Стэнтонна	St		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
Био	Bi		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
Льюиса	Le		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
Шмидта	Sc		1.00000	0.59460	<input checked="" type="checkbox"/>
Прандтля	Pr		1.00000	0.59460	<input checked="" type="checkbox"/>
Фурье	Fo		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
Гей-Люссака	Gc		1.00000	1.00000	<input checked="" type="checkbox"/>
▼ Световые критерии подобия в индикаторном виде					
▼ Акустические критерии подобия в индикаторном виде					
▼ Оптические критерии подобия в индикаторном виде					
▼ Критерий подобия производительности сил в индикаторном виде					

Рис. 2.4. Группы расчетных критериев подобия программы для ЭВМ

На рис. 2.5 приведен пространственный график зависимости выбранных пользователем (правый столбец «V» на рис. 2.4) расчетных критериев подобия в

индикаторном виде от  $C_l$ . По оси цилиндра отложено значение масштаба  $C_l$ . Полярному углу сопоставляется расчетный критерий подобия в индикаторном виде, полярному радиусу - значение расчетного критерия подобия.

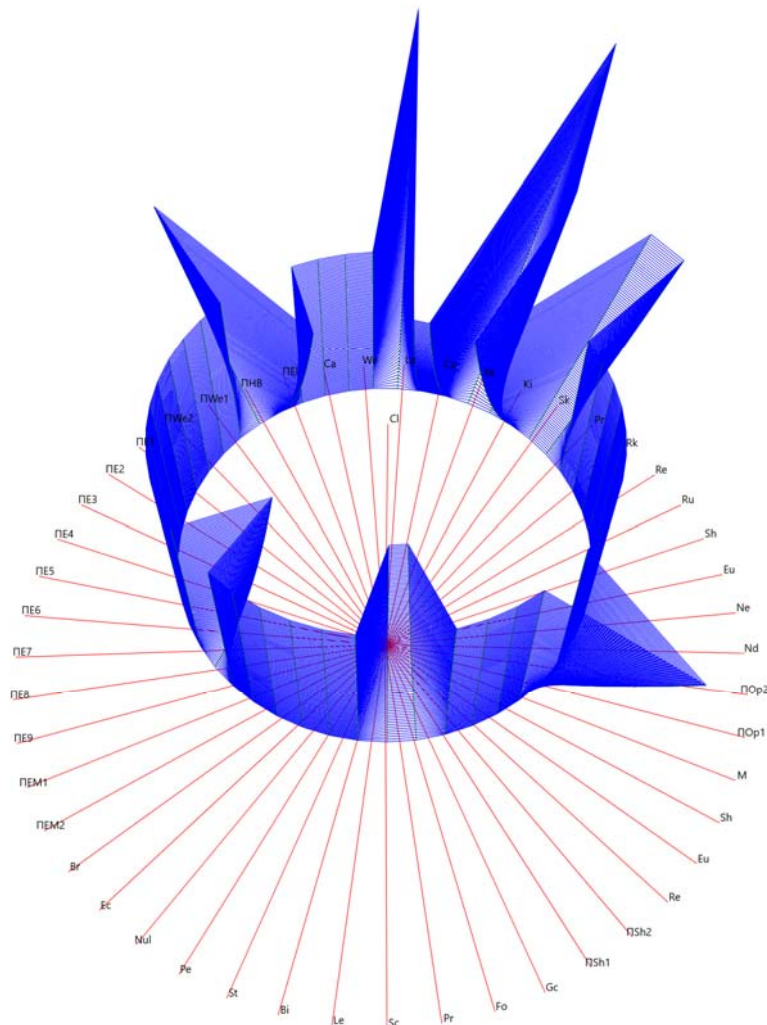


Рис. 2.5. Пространственный график зависимости расчетных критериев подобия в индикаторном виде от  $C_l$

Расчетные значения всех критериев подобия, соответствующие одному значению  $C_l$ , с заданной степенью дискретизации соединяются замкнутой линией.

КП «Критерии мультифизического подобия процессов рыболовства» позволяет решать, в частности, следующие задачи:

1. Определение значений критериев подобия механических, гидродинамических, грунтодинамических, трибологических, электродинамических, термодинамических, световых, акустических, оптических процессов в безразмерном виде.
2. Определение минимального отклонения от значений критериев подобия механических, гидродинамических, грунтодинамических, трибологических,

электродинамических, термодинамических, световых, акустических, оптических процессов.

### 3. Определение важных критериев подобия.

#### I. Подготовка к вычислениям

Для выполнения задания 2.2 необходимо по своему варианту определить значения критериев подобия механических, гидродинамических, грунтодинамических, трибологических, электродинамических, термодинамических, световых, акустических, оптических процессов в безразмерном виде, которые указаны в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Входные параметры

Номер варианта	Входные параметры	
	Значение критериев подобия	Физический процесс
1		Механический, акустический
2		Гидродинамический, световой
3		Грунтодинамический, акустический
4		Механический, световой
5		Гидродинамический, акустический
6		Грунтодинамический, световой
7		Механический, грунтодинамический
8		Механический, электродинамический
9		Механический, гидродинамический

Содержание отчета задачи 2.2.

Содержание отчета задачи 2.2 выполняется в виде графика (см. рис. 2.5).

Контрольные вопросы к задаче 2.2

1. Для чего рассчитываются критерии подобия?
2. Какие процессы важны при кошельковом лове?
3. Какие процессы первостепенны при траловом лове?

## Практическое занятие 3

### РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАЛОВ

#### Цель задания

Освоение работы профессиональных компьютерных программ: «Донный трал» и «Разноглубинный трал» [4].

#### Пояснения к заданию

Профессиональные компьютерные программы сочетают в себе возможности проведения расчетов по механике орудий промышленного рыболовства и моделирования орудий и процессов рыболовства. Изменение значения входного параметра модели приводят к изменению всех зависимых параметров. Поэтому для достижения желаемого результата в процессе определения искомых параметров необходимо многократно запускать вычислительный процесс. Такая необходимость возникает при выборе подходящих значений параметров, поиске оптимального варианта, исследовании зависимости результата от начальных условий. При изменении какой-либо входного параметра в профессиональных компьютерных программах автоматически производятся необходимые вычисления, обновляются выходные и промежуточные параметры, строятся необходимые графики зависимостей.

#### Задача 3.1. Расчет геометрических и силовых характеристик донного трала

Для выполнения задания магистрант должен:

1. Ознакомиться с функционалом и пользовательским интерфейсом компьютерной программы.
2. Проверить себя на примере, представленном в данном учебном пособии.
3. Выполнить задание в соответствии со своим вариантом.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Результат выполнения задания оформить в виде отчета.

При помощи КП «Донный трал» выполнить простейшие вычисления с донным тралом, построить сечение по гужу донного трала, рассчитать гидродинамическое сопротивление донного трала.

КП «Донный трал» позволяет решать, в частности, следующие задачи:

1. Определение вертикального раскрытия устья донного трала  $H$  м.
2. Определение горизонтального раскрытия устья донного трала  $L$  м.
3. Определение гидродинамического сопротивления донного трала  $R_x$  Н.

## I. Подготовка к вычислениям

Для начала работы с КП «Донный трал» запустите исполняемый файл GroundTrawl.exe. На экране отобразится главное окно программы (рис. 3.1).

В левой части главного окна программы расположена таблица с полями для ввода входных (см. рис. 2.2), в верхней части - таблица с промежуточными данными (см. рис. 5.3), в правой части - таблица с выходными данными (см. рис. 3.4). В левой нижней части расположена кнопка запуска расчета «Считать».

Перед началом расчета необходимо ввести входные параметры модели в таблицу входных параметров (см. рис. 3.2). Запуск расчета осуществляется нажатием на кнопку «Считать».

По окончании расчета в таблицах с промежуточными и выходными данными отображаются значения расчетных параметров, а в центральной части главного окна - схематичная форма донного трала в плоскости ОХУ (см. рис. 3.1).

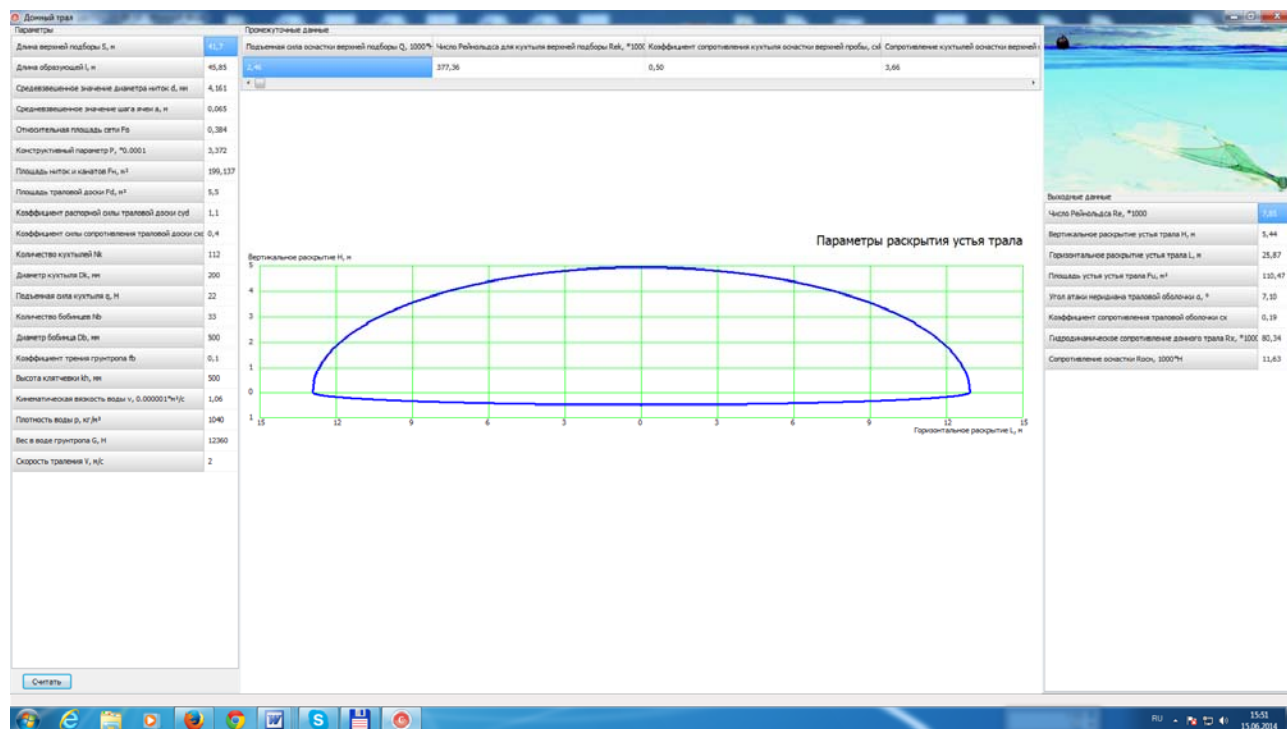


Рис. 3.1. Главное окно КП «Донный трал»



Параметры	
Длина верхней подборы S, м	41,7
Длина образующей l, м	45,85
Средневзвешенное значение диаметра ниток d, мм	4,161
Средневзвешенное значение шага ячеи a, м	0,065
Относительная площадь сети Fo	0,384
Конструктивный параметр P, *0.0001	3,372
Площадь ниток и канатов Fn, м <sup>2</sup>	199,137
Площадь траловой доски Fd, м <sup>2</sup>	5,5
Коэффициент распорной силы траловой доски c <sub>уд</sub>	1,1
Коэффициент силы сопротивления траловой доски s <sub>хс</sub>	0,4
Количество кухтылей N <sub>к</sub>	112
Диаметр кухтыля D <sub>к</sub> , мм	200
Подъемная сила кухтыля q, Н	22
Количество бобинцев N <sub>б</sub>	33
Диаметр бобинца D <sub>б</sub> , мм	500
Коэффициент трения грунтрома f <sub>б</sub>	0,1
Высота клеточки kh, мм	500
Кинематическая вязкость воды ν, 0.000001*м <sup>2</sup> /с	1,06
Плотность воды ρ, кг/м <sup>3</sup>	1040
Вес в воде грунтрома G, Н	12360
Скорость траления V, м/с	2

Рис. 3.2. Входные параметры КП «Донный трал»

Промежуточные данные			
Подъемная сила оснастки верхней подборы Q, 1000*Н	Число Рейнольдса для кухтыля верхней подборы Re <sub>к</sub> , *1000	Коэффициент сопротивления кухтыля оснастки верхней подборы, с <sub>к</sub>	Сопротивление кухтылей оснастки верхней подборы, Н
2,46	377,36	0,50	3,66

Рис. 3.3. Промежуточные данные КП «Донный трал»

Выходные данные	
Число Рейнольдса Re, *1000	7,85
Вертикальное раскрытие устья трала H, м	5,44
Горизонтальное раскрытие устья трала L, м	25,87
Площадь устья устья трала Fu, м <sup>2</sup>	110,47
Угол атаки меридиана траловой оболочки α, °	7,10
Коэффициент сопротивления траловой оболочки s <sub>х</sub>	0,19
Гидродинамическое сопротивление донного трала R <sub>х</sub> , *1000	80,34
Сопротивление оснастки R <sub>осн</sub> , 1000*Н	11,63

Рис. 3.4. Выходные данные КП «Донный трал»

### Содержание отчета задачи 3.1

Отчетом о проделанной работе является файл, созданный в среде WinWord, который должен содержать:

- скриншот КП «Донный трал» с решением задачи.

Примеры задачи 3.1 приведены в табл. 3.1.

### Контрольные вопросы к задаче 3.1

1. Опишите методику математического моделирования донного трала.
2. Приведите входные параметры для расчета донного трала.
3. Объясните алгоритм математического моделирования донного трала.
4. Для чего необходимо знать размеры устья трала?
5. Объясните влияние сплошности на параметры раскрытия устья донного трала?
6. Каким образом возможно увеличить раскрытие устья трала, не увеличив сопротивление сетной части трала?

Таблица 3.1. Задания к задаче 3.1

№ п/п	Донный трал	$S$ , м	$d$ , мм	$a$ , мм	$F_o$	$F_n$ , м <sup>2</sup>	$l$ , м	$P$ ×10 <sup>-4</sup>	$F_d$ , м <sup>2</sup>	$N_k$	$N_b$	$G$ , Н	$f_b$	$V$ , м/с
1	41,7/39,6	41,7	4,1	65	0,384	200,0	45,8	3,37	5,5	112	33	12360	0,1	1,0 - 2,0
2	30,8/32,1	30,8	3,6	60	0,231	162,0	38,0	11,28	5,0	80	20	9800	0,2	1,0 - 2,3
3	19,8/27,3	19,8	3,1	56	0,192	146,6	30,2	21,6	4,5	62	16	8300	0,3	1,0 - 2,0
4	31,0/27,4	31,0	3,5	62	0,196	149,2	41,0	21,9	5,0	86	18	9200	0,1	1,0 - 1,8
5	17,4/21,1	17,4	3,0	53	0,204	136,7	26,5	20,32	3,5	56	14	6300	0,3	1,0 - 1,9

В расчете принято:  $c_{yd}=1,1$  и  $c_{xd}=0,4$  - значения гидродинамических коэффициентов распорной силы и сопротивления траловой доски, кинематическая вязкость воды  $\nu=0,000001 \cdot 1,3 \text{ м}^2/\text{с}$ , плотность воды  $\rho=1034 \text{ кг}/\text{м}^3$ , диаметр кухтыля  $D_k=200 \text{ мм}$ , подъемная сила кухтыля  $q=22 \text{ Н}$ , диаметр бобинца  $D_b=500 \text{ мм}$ , высота клячевки  $k_h=500 \text{ мм}$ .

Задача 3.2. Расчет геометрических и силовых характеристик разноглубинного трала

Для выполнения задания магистрант должен:

1. Ознакомиться с функционалом и пользовательским интерфейсом компьютерной программы.
2. Проверить себя на примере, представленном в данном учебном пособии.
3. Выполнить задание в соответствии со своим вариантом.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Результат выполнения задания оформить в виде отчета.

При помощи КП «Разноглубинный трал» выполнить простейшие вычисления с разноглубинным тралом, построить сечение по гужу разноглубинного трала, рассчитать гидродинамическое сопротивление разноглубинного трала.

КП «Разноглубинный трал» позволяет решать, в частности, следующие задачи:

1. Определение вертикального раскрытия устья разноглубинного трала  $H$  м.
2. Определение горизонтального раскрытия устья разноглубинного трала  $L$  м.
3. Определение гидродинамического сопротивления разноглубинного трала  $R_x$  Н.

#### I. Подготовка к вычислениям

Для начала работы с КП «Разноглубинный трал» запустите исполняемый файл AllorelasticTrawl.exe. На экране отобразится главное окно программы (см. рис. 3.5).

В левой части главного окна программы расположена таблица с полями для ввода входных (см. рис. 3.6), в верхней части — таблица с промежуточными данными (см. рис. 3.7), в правой части - таблица с выходными данными (см. рис. 3.8). В левой нижней части расположена кнопка запуска расчета «Считать».

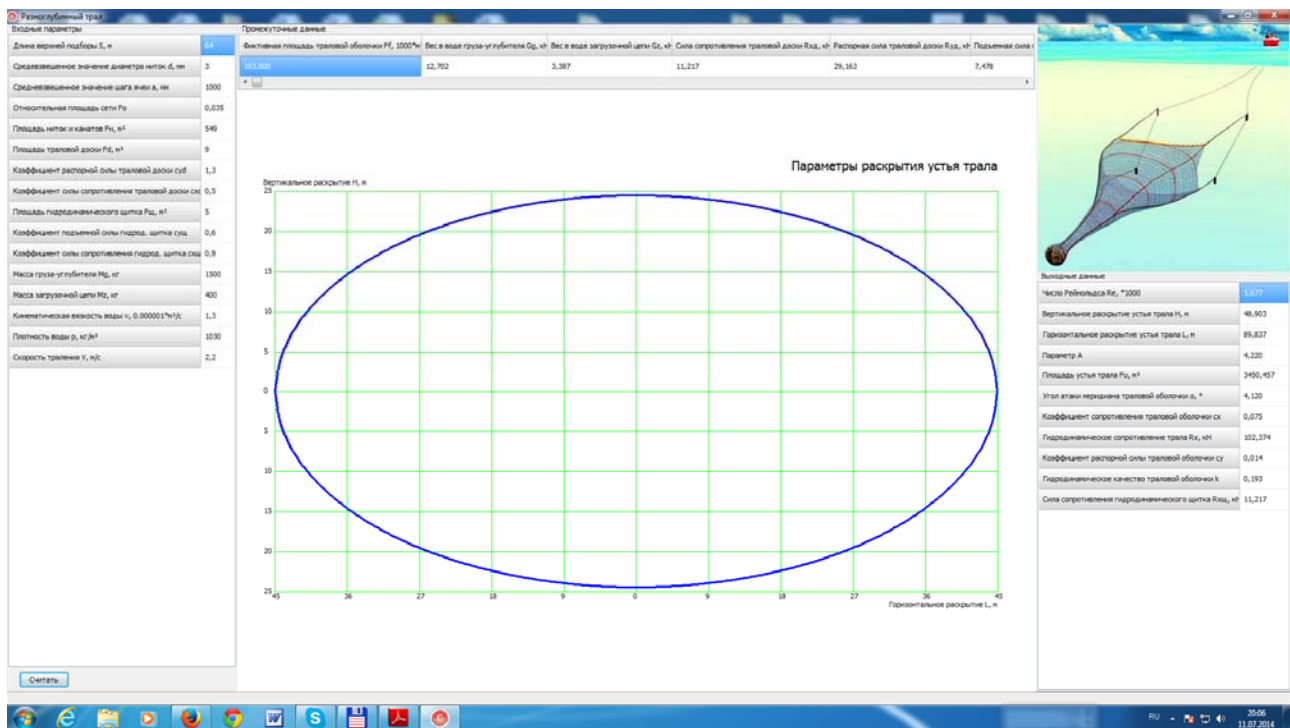


Рис. 3.5. Главное окно КП «Разноглубинный трал»

Входные параметры	
Длина верхней подборы S, м	64
Средневзвешенное значение диаметра ниток d, мм	3
Средневзвешенное значение шага ячеи a, мм	1000
Относительная площадь сети Fo	0,035
Площадь ниток и канатов Fн, м <sup>2</sup>	549
Площадь траловой доски Fд, м <sup>2</sup>	9
Козэффициент распорной силы траловой доски суд	1,3
Козэффициент силы сопротивления траловой доски скс	0,5
Площадь гидродинамического щитка Fщ, м <sup>2</sup>	5
Козэффициент подъемной силы гидрод. щитка сущ	0,6
Козэффициент силы сопротивления гидрод. щитка ссх	0,9
Масса груза-углубителя Mg, кг	1500
Масса загрузочной цепи Mз, кг	400
Кинематическая вязкость воды $\nu$ , 0.000001*м <sup>2</sup> /с	1,3
Плотность воды $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1030
Скорость траления V, м/с	2,2

Рис. 3.6. Входные параметры КП «Разноглубинный трал»

Перед началом расчета необходимо ввести входные параметры модели в таблицу входных параметров (см. рис. 3.6). Запуск расчета осуществляется нажатием на кнопку «Считать».

По окончании расчета в таблицах с промежуточными и выходными данными отображаются значения расчетных параметров, а в центральной части главного окна - схематичная форма разноглубинного трала в плоскости ОХУ (см. рис. 3.5).

Промежуточные данные					
Фиктивная площадь траловой оболочки $F_f$ , 1000 <sup>м</sup> ²	Вес в воде груза-углубителя $G_g$ , кН	Вес в воде загрузочной цепи $G_z$ , кН	Сила сопротивления траловой доски $R_{хд}$ , кН	Распорная сила траловой доски $R_{уд}$ , кН	Подъемная сила
183,000	12,702	3,387	11,217	29,163	7,478

Рис. 3.7. Промежуточные данные КП «Разноглубинный трал»

Выходные данные	
Число Рейнольдса $Re$ , *1000	5,077
Вертикальное раскрытие устья трала $H$ , м	48,903
Горизонтальное раскрытие устья трала $L$ , м	89,837
Параметр $A$	4,220
Площадь устья трала $F_u$ , м²	3450,457
Угол атаки меридиана траловой оболочки $\alpha$ , °	4,120
Коэффициент сопротивления траловой оболочки $s_x$	0,075
Гидродинамическое сопротивление трала $R_x$ , кН	102,374
Коэффициент распорной силы траловой оболочки $s_u$	0,014
Гидродинамическое качество траловой оболочки $k$	0,193
Сила сопротивления гидродинамического щитка $R_{хщ}$ , кН	11,217

Рис. 3.8. Выходные данные КП «Разноглубинный трал»

### Содержание отчета задачи 3.2

Отчетом о проделанной работе является файл, созданный в среде WinWord, который должен содержать:

- скриншот ПКП «Разноглубинный трал» с решением задачи.

### Контрольные вопросы к задаче 3.2

1. Опишите методику математического моделирования донного трала.
2. Приведите входные параметры для расчета донного трала.
3. Объясните алгоритм математического моделирования донного трала.
4. Для чего необходимо знать размеры устья трала?
5. Объясните влияние сплошности на параметры раскрытия устья донного трала.
6. Каким образом возможно увеличить раскрытие устья трала, не увеличив сопротивление сетной части трала?
  7. Опишите методику математического моделирования разноглубинного трала.
  8. Приведите входные параметры для расчета разноглубинного трала.
  9. Объясните алгоритм математического моделирования разноглубинного трала.
  10. Для чего необходимо знать размеры устья трала?
  11. Объясните влияние сплошности на параметры раскрытия устья разноглубинного трала?
  12. Каким образом возможно увеличить раскрытие устья трала, не увеличив сопротивление канатно-сетной части трала?

Таблица 3.2. Задания к задаче 3.2

№ п/п	Разноглубинный трал	$S$ , м	$d$ , мм	$a$ , м	$F_o$	$F_H$ , м <sup>2</sup>	$F_d$ , м <sup>2</sup>	$F_{ц.}$ , м <sup>2</sup>	$M_z$ , кг	$M_g$ , кг	$V$ , м/с
1	64/392	64,0	4,4	0,7	0,15	1100	7	4	1000	300	1,0 - 2,0
2	70/370	70,0	5,5	0,97	0,043	894	7	4	1000	300	1,0 - 2,3
3	82/384	82,0	6,6	1,9	0,03	1169	7	4	1000	300	1,0 - 2,0
4	90/560	90,0	5,6	1,7	0,07	978	9	5	1500	400	1,0 - 1,8
5	110/680	110,0	6,8	2,0	0,032	1364	9	5	1500	400	1,0 - 1,9

В расчете принято:  $\rho=1034$  кг/м<sup>3</sup>;  $\nu=1,3 \times 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;  $c_{yd}=1,3$  и  $c_{xd}=0,5$  - значения гидродинамических коэффициентов распорной силы и сопротивления траловой доски типа Зюберкрюба;  $c_{yc}=0,6$  и  $c_{xc}=0,9$  - значения гидродинамических коэффициентов подъемной силы и сопротивления гидродинамического щитка.



## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СТАИ РЫБ В ОКРЕСТНОСТЯХ ТРАЛА

### Цель задания

Освоение работы профессиональной компьютерной программы «Моделирование процесса лова гидробионтов» [5].

### Пояснения к заданию

Профессиональная компьютерная программа «Моделирование процесса лова гидробионтов» сочетает в себе возможности проведения расчетов по биомеханике гидробионтов. Изменение значений входных параметров разноглубинного трала и гидробионтов приводит к изменению всех зависимых параметров. Поэтому для достижения желаемого результата в процессе определения искомых параметров необходимо многократно запускать вычислительный процесс. При изменении какой-либо входного параметра в компьютерной программе «Моделирование процесса лова гидробионтов» автоматически производятся необходимые вычисления, обновляются выходные и промежуточные параметры, строятся необходимые графики зависимостей.

### Задача 4.1. КП «Моделирование процесса лова гидробионтов»

Для выполнения задания бакалавр должен:

1. Ознакомиться с функционалом и пользовательским интерфейсом компьютерной программы.
2. Выполнить задание в соответствии со своим вариантом.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Результат выполнения задания оформить в виде отчета.

При помощи КП «Моделирование процесса лова гидробионтов» выполнить простейшие вычисления с траловым ловом, определить поведенческие характеристики гидробионтов.

КП «Моделирование процесса лова гидробионтов» позволяет решать следующие задачи:

1. Определение рассеивания гидробионтов в зоне действия трала.
2. Определение смещений гидробионтов в горизонтальной плоскости.
3. Определение реакции гидробионтов на раздражители.

## I. Подготовка к вычислениям

Для начала работы с КП «Моделирование процесса лова гидробионтов» запустите исполняемый файл FishBehavior. На экране отобразится главное окно программы (рис. 4.1).

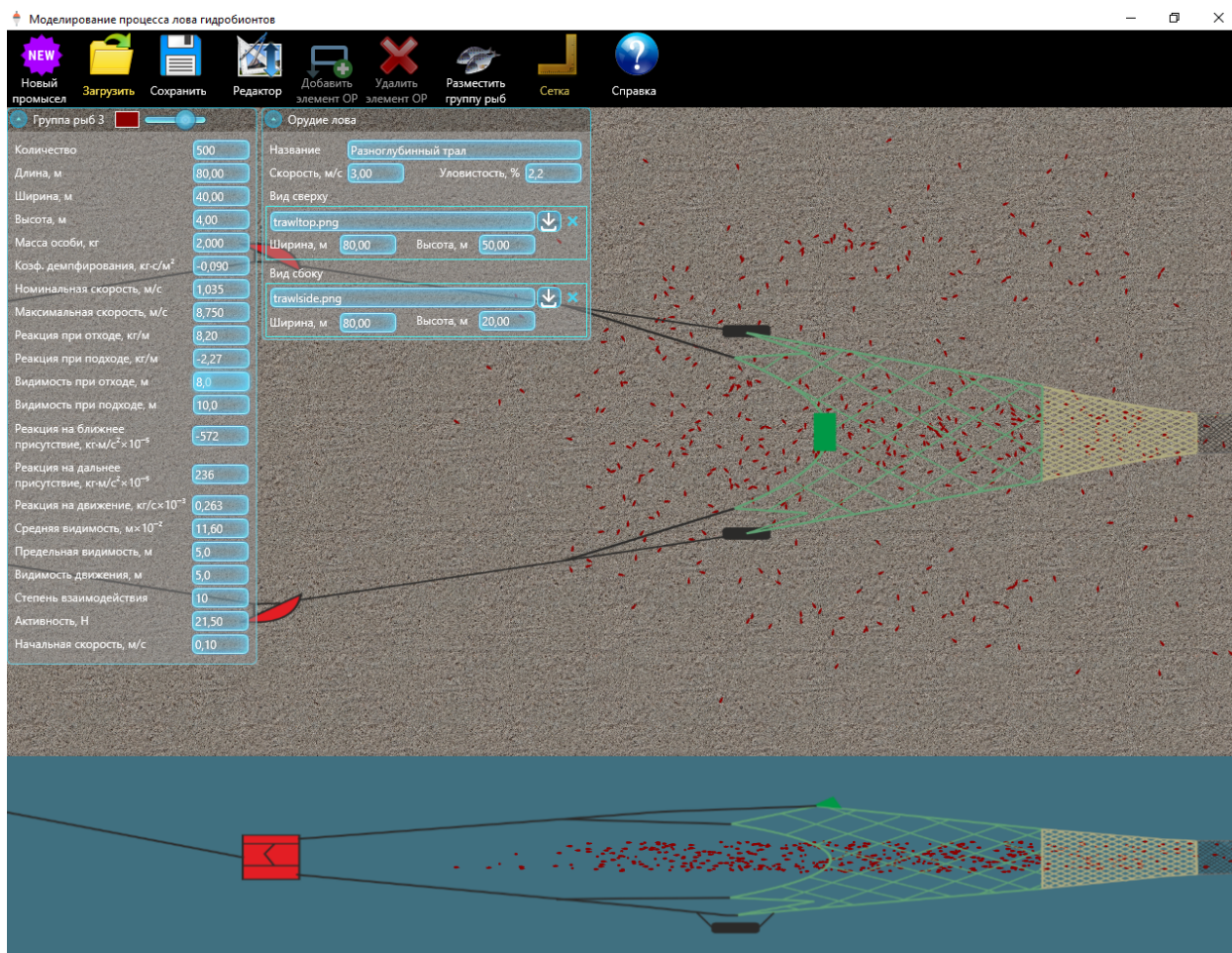


Рис. 4.1. Главное окно КП «Моделирование процесса лова гидробионтов»

В левой части главного окна программы расположены таблица с полями для ввода входных параметров для гидробионтов (см. рис. 4.2).

Для моделирования процесса облова разноглубинным тралом гидробионтов задают в левом верхнем окне КП новый промысел (см. рис. 4.3).

В правой части главного окна программы задаются параметры разноглубинного трала (см. рис. 4.4).

В компьютерной программе «Моделирование процесса лова гидробионтов» имеется возможность процесс облова гидробионтов разноглубинным тралом производить во времени.

Группа рыб 3 ■ ▬

Количество	500
Длина, м	80,00
Ширина, м	40,00
Высота, м	4,00
Масса особи, кг	2,000
Коеф. демпфирования, кг·с/м <sup>2</sup>	-0,090
Номинальная скорость, м/с	1,035
Максимальная скорость, м/с	8,750
Реакция при отходе, кг/м	8,20
Реакция при подходе, кг/м	-2,27
Видимость при отходе, м	8,0
Видимость при подходе, м	10,0
Реакция на ближнее присутствие, кг·м/с <sup>2</sup> × 10 <sup>-5</sup>	-572
Реакция на дальнее присутствие, кг·м/с <sup>2</sup> × 10 <sup>-5</sup>	236
Реакция на движение, кг/с × 10 <sup>-3</sup>	0,263
Средняя видимость, м × 10 <sup>-2</sup>	11,60
Предельная видимость, м	5,0
Видимость движения, м	5,0
Степень взаимодействия	10
Активность, Н	21,50
Начальная скорость, м/с	0,10

Рис. 4.2. Поля для ввода входных параметров для гидробионтов

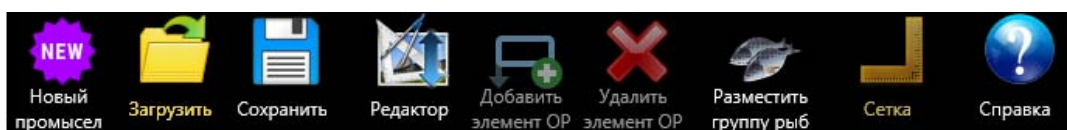


Рис. 4.3. Поля для моделирования промысла

Орудие лова

Название: Разноглубинный трал

Скорость, м/с: 3,00      Уловистость, %: 2,2

Вид сверху

trawltop.png ↓ ×

Ширина, м: 80,00      Высота, м: 50,00

Вид сбоку

trawlside.png ↓ ×

Ширина, м: 80,00      Высота, м: 20,00

Рис. 4.4. Параметры разноглубинного трала

Содержание отчета задачи 4.1.

Отчетом о проделанной работе является файл, созданный в среде WinWord, который должен содержать:

- скриншот КП «Моделирование процесса лова гидробионтов» с решением задачи при различных входных параметрах.

Примеры задачи 4.1 приведены в табл. 4.1.

Контрольные вопросы к задаче 4.1

1. Опишите методику математического моделирования процесса облова разноглубинным тралом гидробионтов.
2. Какой параметр (из входных) в наибольшей степени влияет на процесс выхода гидробионта из трала?
3. Объясните влияние скорости траления на процесс облова гидробионтов.

Таблица 4.1. Задания к задаче 4.1

№ п/п	Скорость траления $v$ , м/с	Параметры разноглубинного трала			Параметры гидробионтов									
		$L$ , м	$H$ , м	Уловистость, %	Количество, шт	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Масса особи, кг	Коэффициент демпфирования, кг·с/м <sup>2</sup>	Номинальная скорость, м/с	Максимальная скорость, м/с	Реакция при отходе, кг/м	Реакция при подходе, кг/м
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														





## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОШЕЛЬКОВОГО НЕВОДА ПРИ ЗАМЕТЕ

### Цель задания

Освоение работы профессиональной компьютерной программы «Замет кошелькового невода» [6].

### Пояснения к заданию

Профессиональная компьютерная программа «Замет кошелькового невода» сочетает в себе возможности проведения расчетов по механике кошелькового невода и судовождению. Изменение значений входных параметров кошелькового невода и гидробионтов приводят к изменению всех зависимых параметров. Поэтому для достижения желаемого результата в процессе определения искомых параметров следует многократно запускать вычислительный процесс. При изменении какой-либо входного параметра в компьютерной программе «Замет кошелькового невода» автоматически производятся необходимые вычисления, обновляются выходные и промежуточные параметры, строятся необходимые графики зависимостей.

Задача 5.1. Математическое моделирование замета кошелькового невода в КП «Замет кошелькового невода»

Для выполнения задания бакалавр должен:

1. Ознакомиться с функционалом и пользовательским интерфейсом компьютерной программы.
2. Выполнить задание в соответствии со своим вариантом.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Результат выполнения задания оформить в виде отчета.

При помощи КП «Замет кошелькового невода» выполнить простейшие вычисления с кошельковым ловом.

КП «Замет кошелькового невода» позволяет решать следующие задачи:

1. Определение параметров волны.
2. Определение динамики погружения стенки невода.
3. Определение траекторий движения косяка гидробионтов и движения судна.

### I. Подготовка к вычислениям

Для начала работы с КП «Замет кошелькового невода» запустите исполняемый файл [FishBehavior](#). На экране отобразится главное окно программы (см. рис. 5.1).

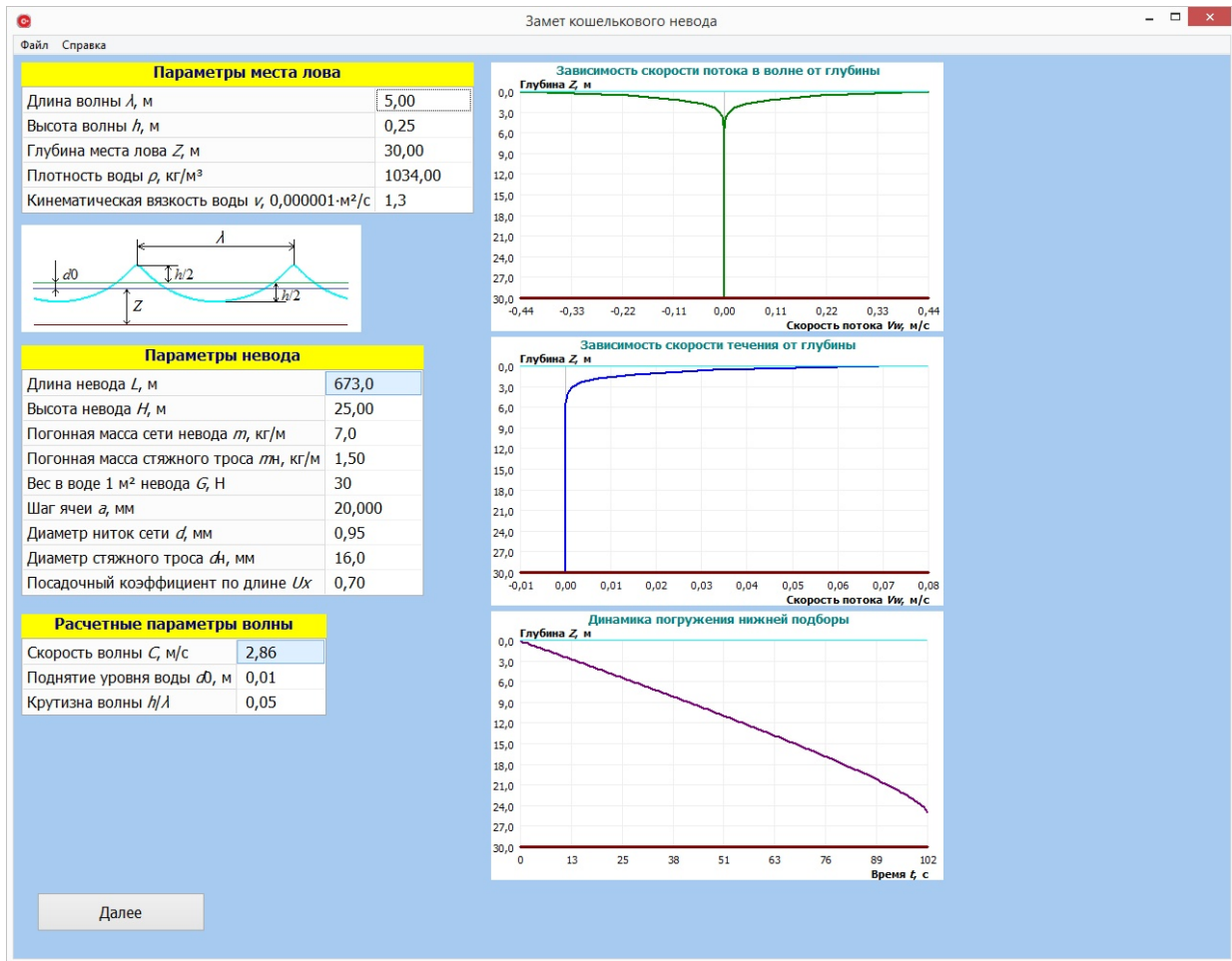


Рис. 5.1. Внешний вид программы

Перед началом процесса моделирования необходимо установить параметры места лова и невода. На рис. 5.2 показана таблица для ввода входных параметров места лова.

Параметры места лова	
Длина волны $\lambda$ , м	5,00
Высота волны $h$ , м	0,25
Глубина места лова $Z$ , м	30,00
Плотность воды $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1034,00
Кинематическая вязкость воды $\nu$ , 0,000001·м <sup>2</sup> /с	1,3

Рис. 5.2. Параметры места лова

На рис. 5.3 показана таблица для ввода входных параметров невода.



Параметры невода	
Длина невода $L$ , м	673,0
Высота невода $H$ , м	25,00
Погонная масса сети невода $m$ , кг/м	7,0
Погонная масса стяжного троса $m_n$ , кг/м	1,50
Вес в воде 1 м <sup>2</sup> невода $G$ , Н	30
Шаг ячеи $a$ , мм	20,000
Диаметр ниток сети $d$ , мм	0,95
Диаметр стяжного троса $d_n$ , мм	16,0
Посадочный коэффициент по длине $U_x$	0,70

Рис. 5.3. Входные параметры невода

При изменении входных параметров можно наблюдать изменение расчетных параметров волны и график динамики погружения нижней подборы невода (рис. 5.4). Расчетные параметры волны отображаются в табличном (рис. 5.5) и графическом видах (см. рис. 5.6).

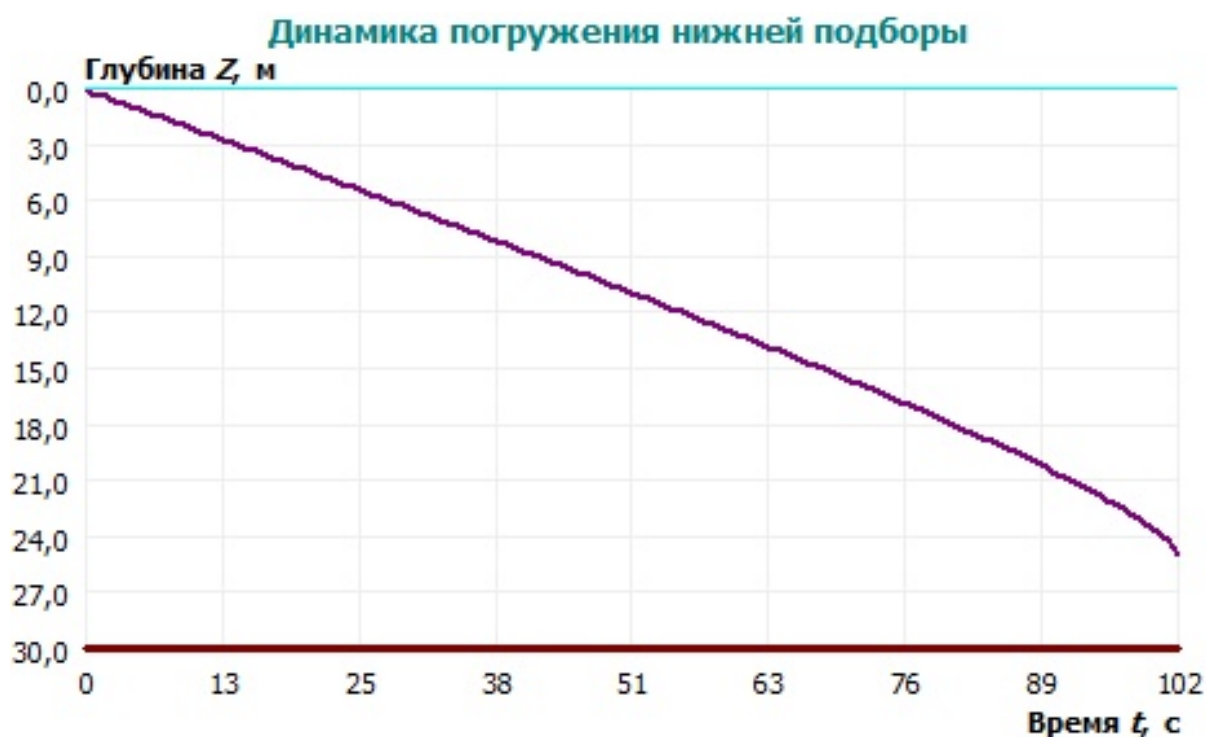


Рис. 5.4. Графики динамики погружения нижней подборы кошелькового невода

Расчетные параметры волны	
Скорость волны $C$ , м/с	2,86
Поднятие уровня воды $\alpha D$ , м	0,01
Крутизна волны $h/\lambda$	0,05

Рис. 5.5. Таблица расчетных параметров волны

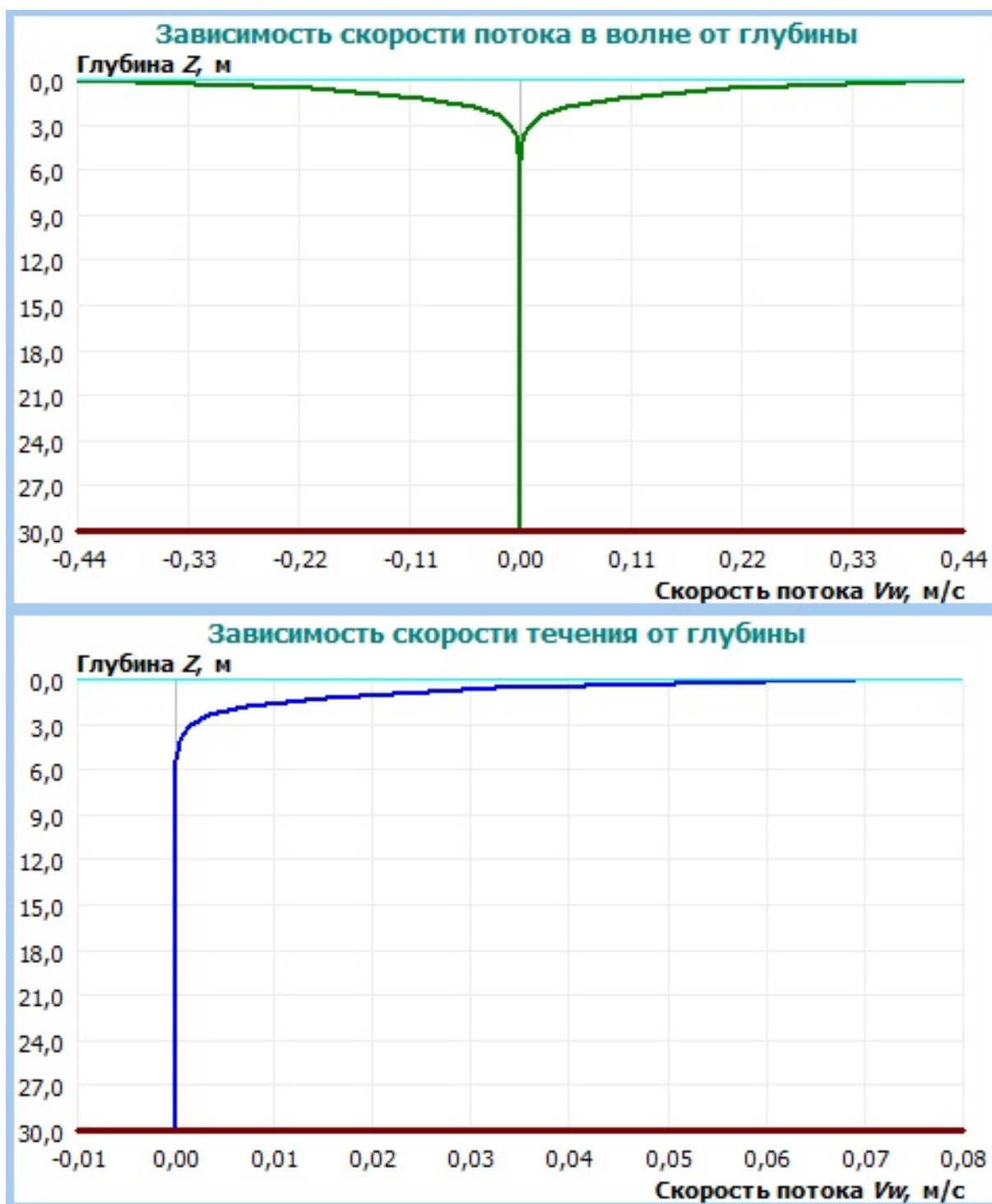


Рис. 5.6. Графики расчетных параметров

Перед началом процесса моделирования необходимо установить параметры косяка рыбы и судна. На рис. 5.7 показана таблица для ввода входных параметров косяка рыбы. В течение всего процесса моделирования косяк движется с постоянной скоростью в заданном направлении.

Параметры косяка рыбы	
Диаметр косяка $df$ , м	30,0
Скорость движения $Vf$ , м/с	1,00
Направление движения $\beta$ , °	-59

Рис. 5.7. Входные параметры косяка рыбы

На рис. 5.8 показана таблица для ввода входных параметров судна. Начальное направление движения судна задается в процессе размещения судна (в таблице направление движения только отображается).

Параметры судна	
Начальная скорость движения $Vs$ , м/с	0,00
Начальное направление движения $\alpha$ , °	32,95

Рис. 5.8. Входные параметры судна

Дополнительно к числовым входным параметрам, заданных таблично, необходимо произвести начальное размещение судна и косяка рыбы.

Перед началом процесса моделирования необходимо произвести начальное размещение судна и косяка рыбы. На рис. 5.9 показана панель начального размещения.

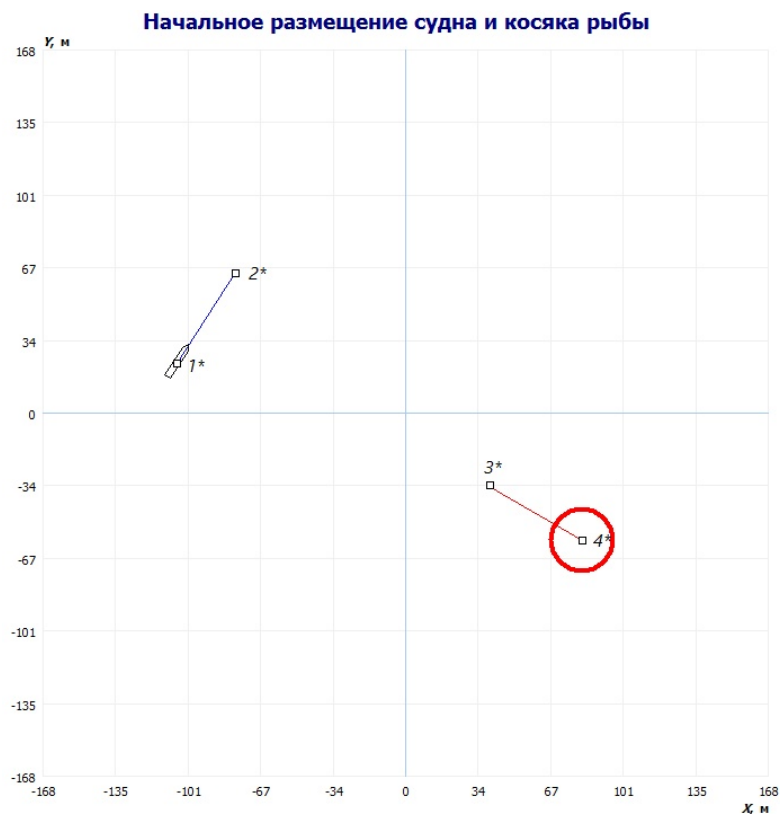


Рис. 5.9. Параметры места лова

Для изменения положения и направления движения используются точки привязки, обозначенные маленьким квадратом. Для перемещения точки привязки необходимо навести на нее указатель мыши и при нажатой левой кнопке перемещать мышь в нужном направлении.

На рис. 5.9 используются следующие обозначения точек привязки:

- 1\* - точка привязки начального положения судна;
- 2\* - точка привязки начального направления движения судна;
- 3\* - точка привязки начального направления движения косяка рыбы;
- 4\* - точка привязки начального положения косяка рыбы.

Отрезок линии между точками привязки положения и направления показывает начальное направление движения.

Процесс моделирования начинается при нажатии на кнопку «Старт», расположенную внизу экрана (на этапе установки параметров и начального размещения судна и косяка рыбы). Замет невода начинается с начала процесса моделирования. Управление судном в процессе замета осуществляется задатчиком тяги и скорости поворота (рис. 5.10). В процессе моделирования на задатчике отображается текущая линейная скорость судна. Моментом окончания процесса моделирования служит условие погружения в воду всей длины невода или нажатие пользователя на кнопку «Стоп».

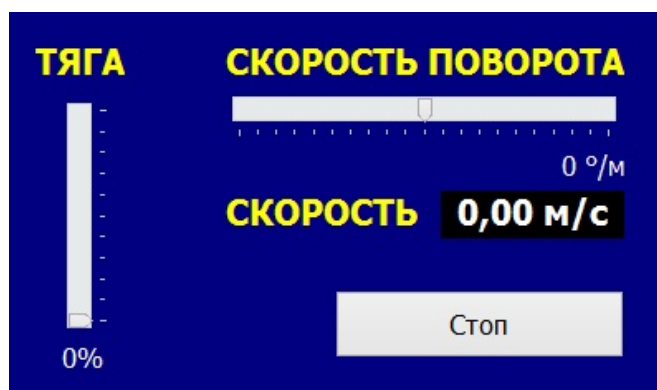


Рис. 5.10. Задатчик тяги и скорости поворота судна

Траектория замета кошелькового невода и передвижение косяка рыбы в процессе моделирования визуально отображаются на экране (см. рис. 5.11).

Имитационная модель процесса замета кошелькового невода в условиях волнения и компьютерная программа, написанная на ее основе, позволяют определять динамические пространственно-временные характеристики процесса замета по известным конструктивным параметрам невода, тяговым характеристикам судна, параметрам внешней среды и волны.

Задания по вариантам приводятся в табл. 5.1.

Содержание отчета задачи 5.1.

Отчетом о проделанной работе является файл, созданный в среде WinWord, который должен содержать:

- скриншот КП «Замет кошелькового невода» с решением задачи при различных входных параметрах.

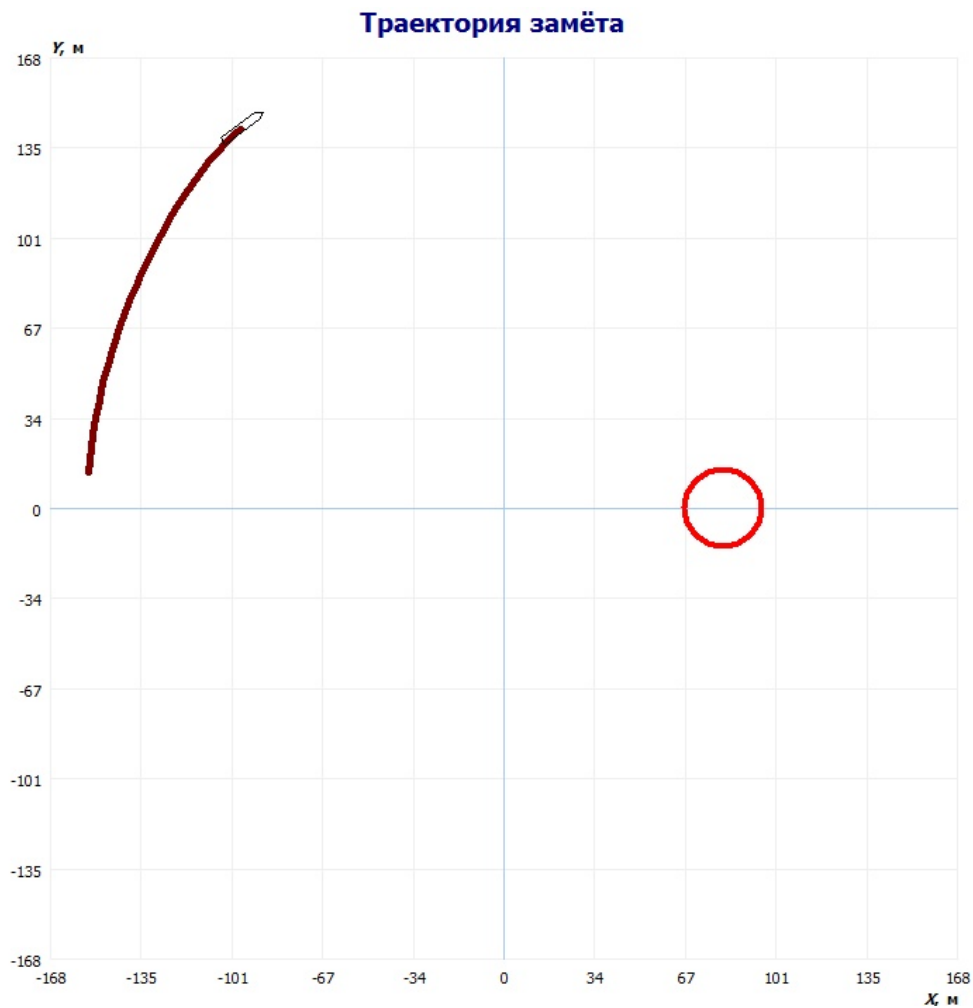


Рис. 5.11. Входные параметры невода

Контрольные вопросы к задаче 5.1

1. Опишите методику математического моделирования процесса облова кошельковым неводом гидробионтов.

2. Какой параметр (из входных) в наибольшей степени влияет на процесс выхода гидробионта из кошелькового невода?

3. Объясните влияние траектории и скорости замёта кошелькового невода на процесс облова гидробионтов.

Таблица 5.1. Задания к задаче 5.1

№ п/п	Параметры места лова					Параметры кошелькового невода								
	Длина волны $\lambda$ , м	Высота волны $h$ , м	Глубина места лова $Z$ , м	Плотность воды $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Кинематическая вязкость воды $\nu$ , м <sup>2</sup> /с·10 <sup>-6</sup>	Длина невода $L$ , м	Высота невода $H$ , м	Погонная масса сети (дели) невода $m$ , кг/м	Погонная масса стяжного троса $m_n$ , кг/м	Вес в воде 1 м <sup>2</sup> невода $G$ , Н	Шаг ячеи $a$ , мм	Диаметр ниток сети (дели) $d$ , мм	Диаметр стяжного троса $d_n$ , мм	Посадочный коэф-нт по длине, $U_x$
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														

Продолжение таблицы 5.1

№ п/п	Параметры косяка рыбы			Параметры судна	
	Диаметр косяка $d_f$ , м	Скорость движения $v_f$ , м/с	Направление движения $\beta$ , град	Начальная скорость движения $V_s$ , м/с	Начальное направление движения $\alpha$ , град
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

## Практическое занятие 6

### РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДОННЫХ НЕВОДОВ

#### Цель задания

Освоение работы профессиональной компьютерной программы «Моделирование процесса выборки донного невода якорным способом» [1].

#### Пояснения к заданию

Профессиональная компьютерная программа «Моделирование процесса выборки донного невода якорным способом» моделирует выборку уреза.

Окно программы (рис. 6.1) разделено на три основных области:

1. Область параметров;
2. Область трехмерного графика зависимости натяжения в урезе и длины уреза от модельного времени;
3. Область элементов управления процессом моделирования.

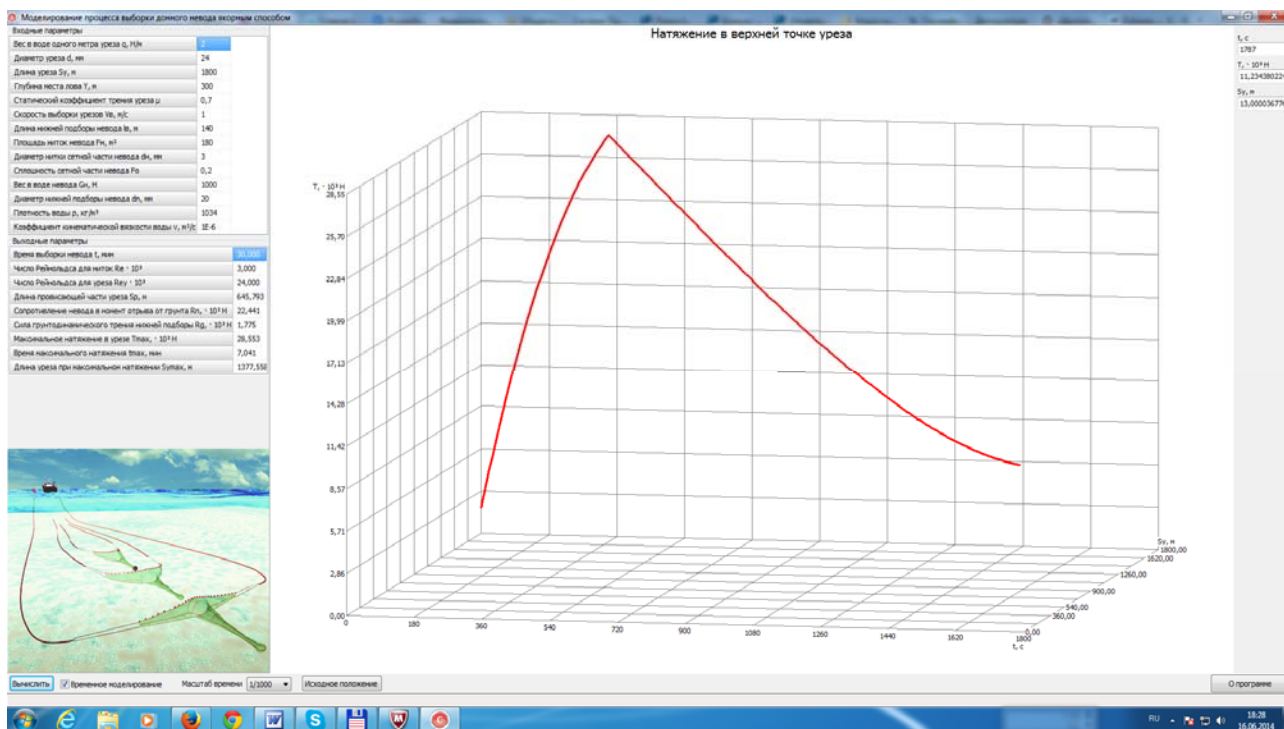


Рис. 6.1. Главное окно КП «Моделирование процесса выборки донного невода якорным способом»



Задача 6.1. Математическое моделирование процесса выборки донного невода якорным способом в КП «Моделирование процесса выборки донного невода якорным способом»

Для выполнения задания магистрант должен:

1. Ознакомиться с функционалом и пользовательским интерфейсом компьютерной программы.
2. Проверить себя на примере, представленном в данном учебном пособии.
3. Выполнить задание в соответствии со своим вариантом.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Результат выполнения задания оформить в виде отчета.

При помощи КП «Моделирование процесса выборки донного невода якорным способом» выполнить простейшие вычисления с донным неводом, построить двумерные графики зависимостей, рассчитать натяжения урезах.

Перед началом процесса моделирования необходимо задать входные параметры уреза и внешней среды. Данные параметры устанавливаются в области параметров. К входным параметрам относятся:

1. Вес в воде одного метра уреза  $q$ , Н;
2. Диаметр уреза  $d$ , мм;
3. Длина уреза  $S_y$ , м;
4. Глубина места лова  $Y$ , м;
5. Статический коэффициент трения уреза  $\mu$ , м;
6. Скорость выборки урезом  $v_b$ , м/с;
7. Длина нижней подборы невода  $l_b$ , м;
8. Площадь ниток невода  $F_n$ , м<sup>2</sup>;
9. Диаметр нитки сетной части невода  $d_n$ , мм;
10. Сплошность сетной части невода  $F_o$ ;
11. Вес в воде невода  $G_n$ , Н;
12. Диаметр нижней подборы невода  $d_n$ , мм;
13. Плотность воды  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>;
14. Кинематическая вязкость воды  $\nu$ , м<sup>2</sup>/с.

КП «Моделирование процесса выборки донного невода якорным способом» позволяет решать следующие задачи:

1. Определение натяжение в урезе  $T=f(t)$ , Н.

## 2. Определение длины уреза $S_y=f(t)$ , м.

Управление процессом моделирования осуществляется посредством элементов управления, расположенных в нижней части окна программы. Запуск процесса моделирования происходит при нажатии на кнопку «Вычислить».

Программа может работать в двух режимах:

1. Режим быстрого моделирования (установлен по умолчанию);
2. Режим временного моделирования.

Выбор режима осуществляется установкой и снятием флажка «Временное моделирование» в области элементов управления процессом моделирования.

В режиме быстрого моделирования модельное время не связано с реальным временем процесса моделирования. Скорость моделирования зависит от производительности персонального компьютера. Обычно результат появляется сразу же после нажатия на кнопку «Вычислить».

В режиме временного моделирования модельное время связано с реальным временем моделирования зависимостью. Для управления скоростью процесса моделирования в поле «Масштаб времени» можно изменять масштаб времени моделирования. В процессе временного моделирования в правой части окна программы можно наблюдать мгновенные значения текущего модельного времени, натяжения в урезе и длины уреза.

Трехмерный график зависимости натяжения в урезе и длины уреза от модельного времени позволяет удобно просматривать выборку уреза в трехмерной декартовой системе координат. По шкалам на осях и сетке можно визуально контролировать выборку. Пользователь имеет возможность изменять вид на график посредством изменения угла обзора, масштаба и перемещения начала системы координат относительно экрана. Изменение масштаба осуществляется колесиком манипулятора «мышь». Изменение угла обзора и перемещение начала координат в плоскости экрана происходят движением манипулятора с нажатой левой или правой кнопкой. При нажатой левой кнопке происходит перемещение начала координат, а при нажатой правой кнопке - изменение угла обзора. В любой момент нажатием на кнопку «Исходное положение» систему координат можно вернуть в исходное положение относительно экрана, при котором ось  $t$  направлена вправо, ось  $T$  - вверх, а ось  $S_y$  внутрь экрана.

### I. Подготовка к вычислениям задачи 6.1

Для начала работы с ПКП «Моделирование процесса выборки донного невода якорным способом» запустите исполняемый файл DanishSeine.exe. На экране отобразится главное окно программы (см. рис. 6.1).

В левой части главного окна программы расположены таблица с полями для ввода входных параметров (рис. 6.2) и таблица мониторинга выходных параметров невода (см. рис. 7.3), кнопки «Считать» и «Исходное положение».

В нижней части главного окна программы находятся элементы управления процессом моделирования (см. рис. 6.4):

- кнопка «Вычислить» для запуска процесса моделирования;
- флажок «Временное моделирование» для установки режима моделирования в реальном или кратном реальному времени;
- поле «Масштаб времени» для выбора отношения реального времени к модельному (кратности); возможные значения: 1/1 (моделирование в реальном времени), 1/10, 1/100 и 1/1000 (в тысячу раз быстрее);
- кнопка «Исходное положение» для установки точки обзора трехмерного графика зависимости натяжения в верхней точке уреза и длины невыбранной части уреза от времени (см. рис. 6.1) в исходное положение.

Входные параметры	
Вес в воде одного метра уреза $q$ , Н/м	2
Диаметр уреза $d$ , мм	24
Длина уреза $S_y$ , м	1800
Глубина места лова $Y$ , м	300
Статический коэффициент трения уреза $\mu$	0,7
Скорость выборки урезом $V_b$ , м/с	1
Длина нижней подборы невода $l_b$ , м	140
Площадь ниток невода $F_n$ , м <sup>2</sup>	180
Диаметр нитки сетной части невода $d_n$ , мм	3
Сплешность сетной части невода $F_o$	0,2
Вес в воде невода $G_n$ , Н	1000
Диаметр нижней подборы невода $d_n$ , мм	20
Плотность воды $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1034
Коэффициент кинематической вязкости воды $\nu$ , м <sup>2</sup> /с	1E-6

Рис. 6.2. Входные параметры ПКП «Моделирование процесса выборки донного невода якорным способом»

Выходные параметры	
Время выборки невода $t$ , мин	30,000
Число Рейнольдса для ниток $Re \cdot 10^3$	3,000
Число Рейнольдса для уреза $Re_u \cdot 10^3$	24,000
Длина провисающей части уреза $S_p$ , м	645,793
Сопrotивление невода в момент отрыва от грунта $R_n \cdot 10^3$ Н	22,441
Сила грунтодинамического трения нижней подборы $R_g \cdot 10^3$ Н	1,775
Максимальное натяжение в урезе $T_{max} \cdot 10^3$ Н	28,553
Время максимального натяжения $t_{max}$ , мин	7,041
Длина уреза при максимальном натяжении $S_{y_{max}}$ , м	1377,558

Рис. 6.3. Выходные параметры ПКП «Моделирование процесса выборки донного невода якорным способом»

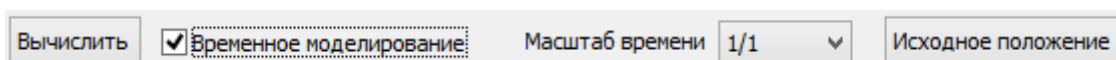


Рис. 6.4. Элементы управления процессом моделирования ПКП «Моделирование процесса выборки донного невода якорным способом»

В правой части главного окна (только при установленном флажке «Временное моделирование») отображаются значения модельного времени  $t$ , натяжения в верхней точке уреза  $T$  и невыбранная длина уреза  $S_y$  (см. рис. 6.1).

Перед началом процесса расчета необходимо ввести входные параметры невода в таблицу входных параметров (см. рис. 6.2).

Запуск расчета осуществляется нажатием на кнопку «Вычислить», расположенную в левом нижнем углу главного окна программы.

Результатами расчета являются выходные параметры процесса выборки невода (см. рис. 6.3) и трехмерный график зависимости натяжения в верхней точке уреза и длины невыбранной части уреза от времени (см. рис. 6.1).

Трехмерный график зависимости натяжения в верхней точке уреза и длины невыбранной части уреза от времени отображается в центральной части главного окна. В компьютерной программе имеется возможность изменения точки и угла обзора трехмерного графика. Для изменения точки обзора необходимо при нажатой правой (поворот вида) или левой (смещение вида) кнопке манипулятора «мышь» перемещать его указатель в желаемом направлении. Изменение угла обзора (удаления/приближения) осуществляется вращением колесика манипулятора «мышь».

#### Содержание отчета задачи 6.1

Отчетом о проделанной работе является файл, созданный в среде WinWord, который должен содержать:

- скриншот ПКП «Моделирование процесса выборки донного невода якорным способом» с решением задачи.

Примеры задачи 6.1 приведены в табл. 6.1.

Контрольные вопросы к задаче 6.1

1. Опишите методику математического моделирования донного невода.
2. Приведите входные параметры для расчета донного невода.
3. Объясните алгоритм математического моделирования донного невода.
4. Для чего необходимо знать натяжение в урезе?
5. Объясните влияние веса уреза на натяжение в нем.
6. Каким образом возможно уменьшить натяжение в урезе в процессе выборки донного невода?

Таблица 6.1. Задания к задаче 6.1

№ п/п	Донный невод	$l_в$ , м	$q$ , Н/м	$d$ , мм	$S_y$ , м	$Y$ , м	$v_в$ , м/с	$F_n$ , м <sup>2</sup>	$F_o$	$d_n$ , мм	$d_n$ , мм	$G_n$ , Н	$\mu$
1	25,8/23,3	25,8	1,8	22	1500	50	1,2	36,39	0,19	1,73	20	800	0,6
2	141/32	141,0	2,8	24	3000	500	1,5	137,08	0,09	2,04	22	3500	0,5
3	134/32	134,0	2,6	24	3000	600	1,1	183,75	0,11	2,01	26	3000	0,8
4	90/23,4	90,0	3,2	20	2000	100	1,0	74,5	0,09	2,5	18	1200	0,6
5	35,6/33,6	35,6	2,3	20	1000	80	1,0	43,5	0,15	1,9	18	1000	0,5

В расчете принято:  $\rho=1034\text{кг/м}^3$ ;  $\nu=1,3\times 10^{-6}\text{м}^2/\text{с}$ .

## Литература

1. Производительность сил траловой системы - III: математическое моделирование (часть I) / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков, К.В. Коновалова, А.А. Быков, Ю.С. Пивоварова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. - №4. - 2021. - С. 63-72.
2. Создание правил мультифизического подобия тралового комплекса. Морские интеллектуальные технологии. - № 1, т. 1. - 2021. - С. 132-137.
3. Критерии мультифизического подобия тралового комплекса. Морские интеллектуальные технологии. - № 4, т. 1. - 2021. - С. 237-242.
4. Недоступ, А.А. Методы расчета сетных активных орудий прибрежного и океанического рыболовства. Методы расчета донных и разноглубинных тралов: моногр. / А.А. Недоступ. - Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011. - 156 с.
5. Математическое моделирование орудий и процессов рыболовства. Ч.III: моногр. / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, Е.В. Соколова, В.В. Макаров. -Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. - 184 с.
6. Математическое моделирование орудий и процессов рыболовства. Ч.1: моногр. / А.А. Недоступ, В.А. Наумов, А.О. Ражев, А.В. Белых. - Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. - 253 с.

Отчет к заданию 1.1

**Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов**

ОТЧЕТ  
по теме

Факультет:  
Группа:  
Вариант:

Выполнил: \_\_\_\_\_ //

17.05.2022 г.

Проверил: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Оценка: \_\_\_\_\_



## 1. Входные данные

На рис. 1 изображена схематизация процесса растяжения синтетического рыболовного материала.

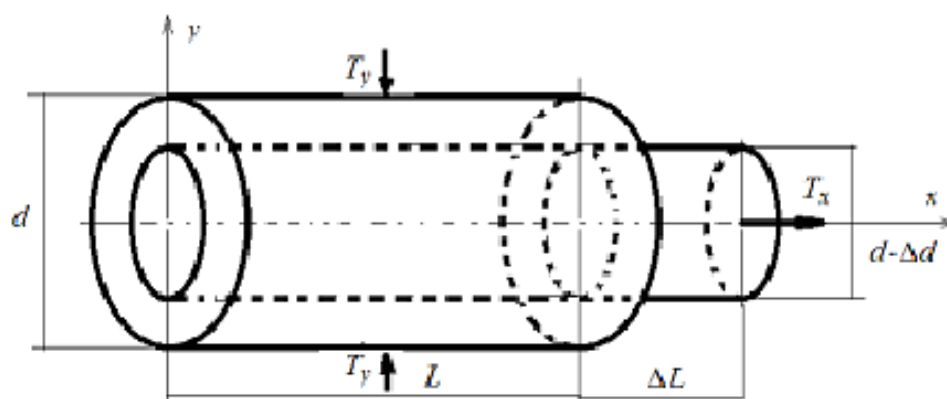


Рис. 1. Схематизация процесса растяжения синтетического рыболовного материала

В таблице 1 приведены входные параметры синтетического рыболовного материала.

Таблица 1. Входные параметры синтетического рыболовного материала

Параметр	Значение
Диаметр $d$ , мм	17000.00
Длина $L$ , м	0.150
Приложенная сила натяжения $0.01 \cdot T_x$ , Н	39.80
Продольный модуль упругости $E^x$ , МПа	715.0

## 2. Результаты расчета

В таблице 2 приведены выходные (расчетные) параметры синтетического рыболовного

Таблица 2. Выходные параметры синтетического рыболовного материала

Параметр	Значение
Удлинение $\lambda$	333.33
Площадь сечения $S$ , мм <sup>2</sup>	0.1590
Коэффициент Пуассона $\mu$	0.398
Безразмерное сужение $\alpha$ , $\times 10^{-3}$	1.194
Отношение модулей упругости $\epsilon$ , $\times 10^{-6}$	1.426
Коэффициент пропорциональности $k$	837.296
Безразмерная компенсационная сила $\gamma$ , $\times 10^{-3}$	0.475
Относительная продольная деформация $\epsilon$ , %	35.00
Сила сжатия $T^y$ , Н	0.04753
Продольная компенсационная сила $T^{xj}$ , Н	13.93
Поперечная компенсационная сила $T^{y\alpha}$ , Н	0.00662
Относительная поперечная деформация $\epsilon^{\alpha}$	13.93
Условный модуль упругости по поверхности $E_y$ , КПа	1.02
Напряжение в поперечном сечении $\sigma$ , МПа	250.25

### 3. Графики зависимостей

На рис. 2 - 7 изображены графики зависимостей расчетных величин от приложенной силы натяжения и относительного удлинения синтетического рыболовного материала.

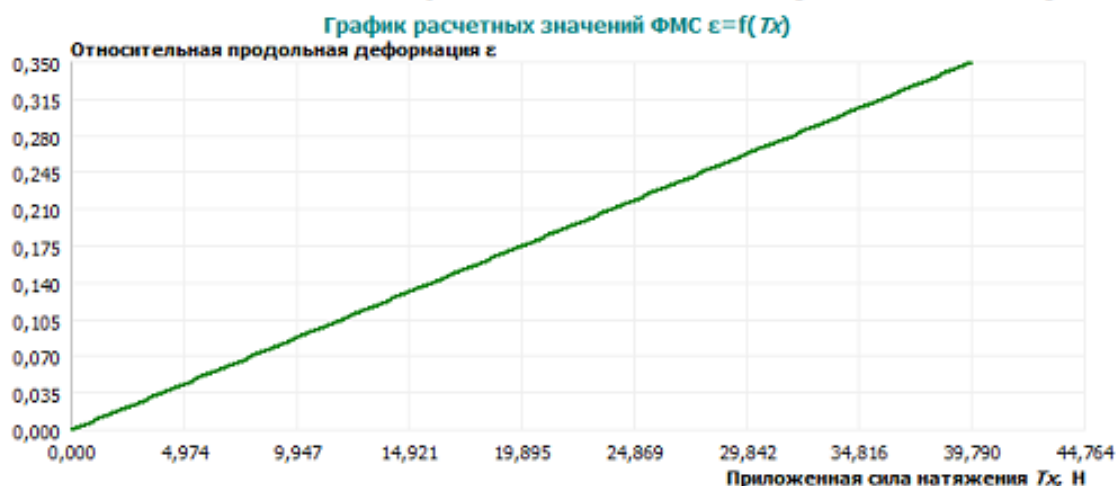
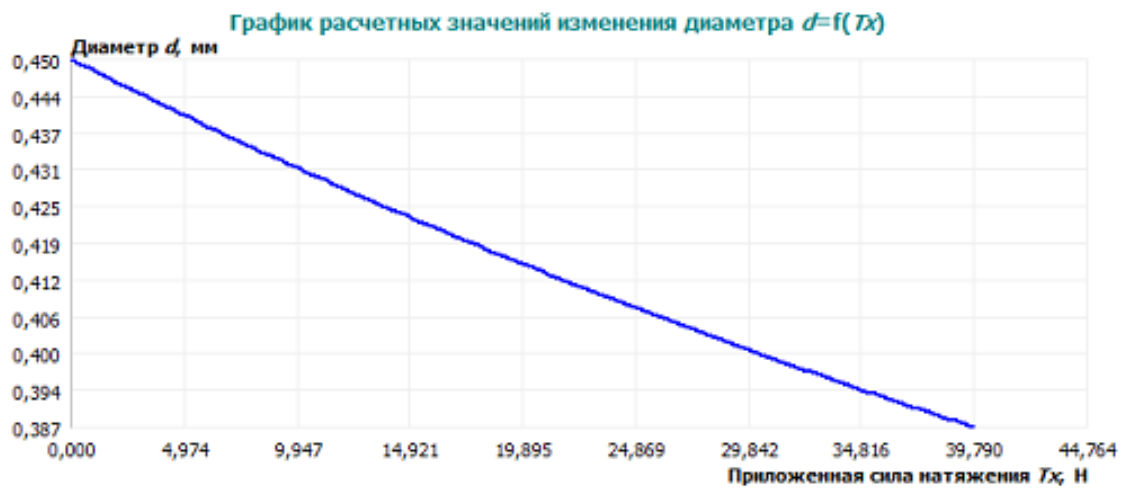


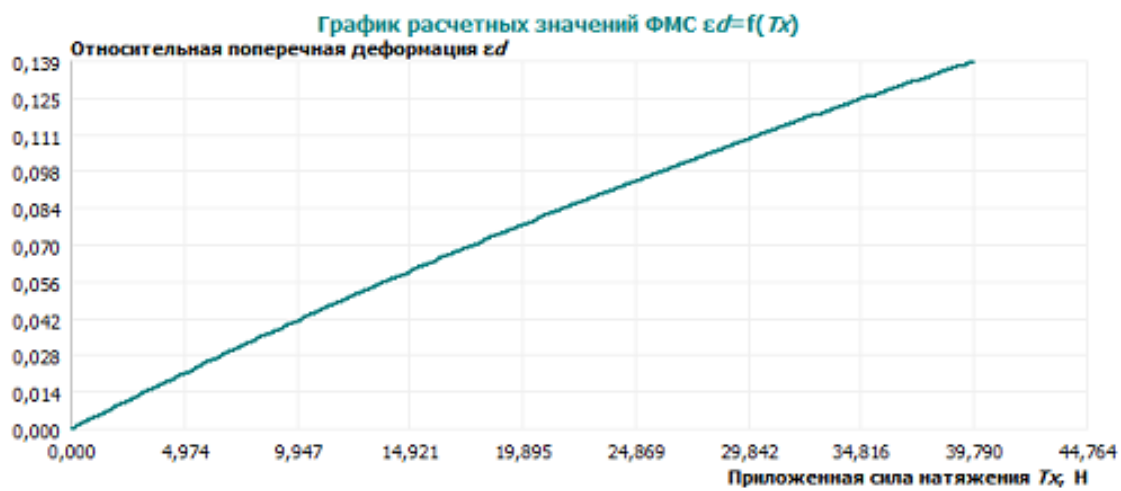
Рис. 2. График расчетных значений ФМС  $\varepsilon=f(T_x)$



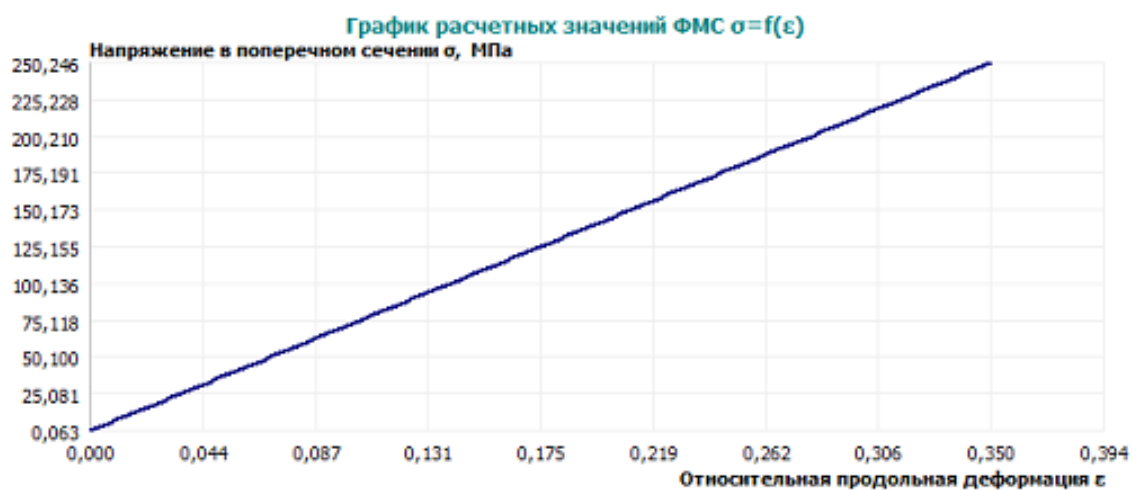
Рис. 3. График расчетных значений ФМС  $\mu=f(T_x)$



*Рис. 4. График расчетных значений изменения диаметра  $d=f(T_x)$*



*Рис. 5. График расчетных значений ФМС  $\epsilon d=f(T_x)$*



*Рис. 6. График расчетных значений ФМС  $\sigma=f(\epsilon)$*



*Рис. 7. График расчетных значений ФМС  $T_y=f(T_x)$*

Приложение П2

Основные масштабы подобия механических, гидродинамических, грунтодинамических и трибологических величин

Масштабы физических характеристик		Преобразование через масштаб $C_l$
Физические характеристики	Обозначение	
Геометрический параметр (длина, высота, ширина и др.)	$C_l$	$C_l$
Геометрический параметр (площадь)	$C_F$	$C_l^2$
Геометрический параметр (объем)	$C_V$	$C_l^3$
Геометрический параметр (геометрический момент инерции)	$C_I$	$C_l^4$
Масса	$C_m$	$C_l^3$
Время	$C_t$	$C_l^{5/4}$
Скорость	$C_v$	$C_l^{-1/4}$
Сила	$C_R$	$C_l^{3/2}$
Ускорение	$C_w$	$C_l^{-3/2}$
Объемный вес	$C_\gamma$	$C_l^{-3/2}$
Момент (вращательный)	$C_{Mб}$	$C_l^{5/2}$
Плотность воды	$C_\rho$	1
Динамическая вязкость воды	$C_\mu$	$C_l^{3/4}$
Кинематическая вязкость воды	$C_\nu$	$C_l^{3/4}$
Изгибная жесткость	$C_{EI}$	$C_l^{7/2}$
Упругость материала	$C_E$	$C_l^{-1/2}$
Давление	$C_p$	$C_l^{-1/2}$
Частота оборотов	$C_{об}$	$C_l^{-5/4}$
Частота колебаний	$C_f$	$C_l^{-5/4}$
Касательное напряжение	$C_\sigma$	$C_l^{-1/2}$
Потенциальная энергия	$C_{Un}$	$C_l^{5/2}$
Кинематическая энергия	$C_{Tn}$	$C_l^{5/2}$
Поверхностное натяжение	$C_{\sigma n}$	$C_l^{1/2}$
Нормальная нагрузка	$C_{\sigma гр}$	$C_l^{-1/2}$
Мощность	$C_N$	$C_l^{5/4}$
Твердость	$C_{НВ}$	$C_l^{-1/2}$
Угол	$C_\alpha = C_{\varphi вн}$	1
Сплошность	$C_{Fo}$	1
Коэффициент сопротивления (распорной силы, боковой силы)	$C_k$	1
Коэффициент трения	$C_{\mu d}$	1
Относительное удлинение	$C_\varepsilon$	1

Приложение П3

Основные масштабы подобия электродинамических величин

Масштабы физических характеристик		Преобразование через масштаб $C_l$
Физические характеристики	Обозначение	
Энергия, работа, количество теплоты	$C_\varepsilon = C_A = C_Q$	$C_l^{5/2}$
Мощность	$C_P$	$C_l^{5/4}$

Количество электричества, электрический заряд	$C_q$	$C_l^{11/4}$
Электрическое напряжение, потенциал, электродвижущая сила	$C_U$	$C_l^{-1/4}$
Электрическая емкость	$C_C$	$C_l^3$
Электрическое сопротивление	$C_{Rc}$	$C_l^{-7/4}$
Электрическая проводимость	$C_G$	$C_l^{7/4}$
Поток магнитной индукции	$C_\Phi$	$C_l$
Магнитная индукция	$C_B$	$C_l^{-1}$
Индуктивность	$C_L$	$C_l^{-1/2}$
Удельное сопротивление материала	$C_{\rho c}$	$C_l^{-3/4}$
Сила тока	$C_I$	$C_l^{3/2}$

#### Приложение П4

##### Основные масштабы подобия термодинамических величин

Масштабы физических характеристик		Преобразование через масштаб $C_l$
Физические характеристики	Обозначение	
Количество теплоты	$C_Q$	$C_l^{5/2}$
Удельное количество теплоты	$C_h$	$C_l^{-1/2}$
Тепловой поток	$C_\Pi$	$C_l^{5/4}$
Поверхностная плотность теплового потока	$C_q$	$C_l^{-3/4}$
Температуропроводность	$C_\alpha$	$C_l^{3/4}$
Объемная плотность теплового потока	$C_{qv}$	$C_l^{-7/4}$
Удельный расход топлива	$C_{qfu}$	$C_l^{1/2}$
Масштаб разности конечной и начальной температур	$C_K$	$C_l^{3/2}$
Удельная теплопроводность	$C_\chi$	$C_l^{-5/4}$
Удельная теплоёмкость	$C_c$	$C_l^{-2}$
Температурный коэффициент	$C_{\alpha\gamma}$	$C_l^{-3/2}$
Температурный градиент	$C_{gradK}$	$C_l^{-1/4}$
Теплоёмкость	$C_C$	$C_l$
Объемная теплоемкость	$C_{c'}$	$C_l^{-2}$
Коэффициент лучеиспускания	$C_{Ck}$	$C_l^{27/4}$
Коэффициент теплообмена	$C_{Ca}$	$C_l^{-9/4}$
Универсальная газовая постоянная	$C_k$	$C_l^{-2}$
Молярная масса	$C_M$	1
Количество вещества	$C_v$	$C_l^3$
Молярная внутренняя энергия	$C_{Um}$	$C_l^{-1/2}$
Удельная молярная энтальпия	$C_i$	$C_l^{-4}$
Молярная теплоемкость	$C_{Cm}$	$C_l^{-2}$

#### Приложение П5

##### Основные масштабы подобия световых величин

Масштабы физических характеристик		Преобразование через масштаб $C_l$
Физические характеристики	Обозначение	
Сила света	$C_{Iv}$	$C_l^{5/4}$

Световой поток	$C_{\Phi\nu}$	$C_l^{5/4}$
Световая энергия	$C_{Q\nu}$	$C_l^{5/2}$
Освещенность	$C_{E\nu}$	$C_l^{-3/4}$
Светимость	$C_{M\nu}$	$C_l^{-3/4}$
Яркость	$C_{L\nu}$	$C_l^{-3/4}$
Световая экспозиция	$C_{H\nu}$	$C_l^{1/2}$
Энергия излучения	$C_{Qe}$	$C_l^{5/2}$
Поток излучения, мощность излучения	$C_{\Phi e}$	$C_l^{5/4}$
Поверхностная плотность потока излучения	$C_{\Phi p}$	$C_l^{-3/4}$
Объёмная плотность энергии излучения	$C_{Ue}$	$C_l^{-1/2}$
Объёмная плотность световой энергии	$C_{U\nu}$	$C_l^{-3/4}$
Энергетическая сила света (сила излучения)	$C_{Ie}$	$C_l^{5/4}$
Энергетическая яркость	$C_{Le}$	$C_l^{-3/4}$
Энергетическая освещенность (облученность)	$C_{Ee}$	$C_l^{-3/4}$
Энергетическая светимость (излучаемость)	$C_{Me}$	$C_l^{-3/4}$
Интегральная яркость	$C_{L\nu}$	$C_l^{1/2}$
Спектральная плотность энергии излучения	$C_{Q\lambda}$	$C_l^{3/2}$

## Приложение П6

### Основные масштабы подобия акустических величин

Масштабы физических характеристик		Преобразование через масштаб $C_l$
Физические характеристики	Обозначение	
Скорость звука	$C_c$	$C_l^{-1/4}$
Частота	$C_f$	$C_l^{-5/4}$
Интенсивность звука (плотность потока звуковой энергии, сила звука)	$C_{I_s}$	$C_l^{-3/4}$
Звуковая мощность (поток звуковой энергии)	$C_{P_s}$	$C_l^{5/4}$
Звуковая энергия	$C_{W_s}$	$C_l^{5/2}$
Звуковое давление	$C_{p_s}$	$C_l^{-1/2}$
Площадь	$C_F$	$C_l^2$
Время реверберации	$C_t$	$C_l^{5/4}$
Колебательная скорость звука (скорость частиц)	$C_v$	$C_l^{-1/4}$
Объёмная скорость звука	$C_{V_s}$	$C_l^{7/4}$
Акустическое сопротивление	$C_{R_s}$	$C_l^{-9/4}$
Удельное акустическое сопротивление	$C_{Z_s}$	$C_l^{-1/4}$
Механическое сопротивление	$C_{R_m}$	$C_l^{7/4}$
Коэффициент звукопоглощения	$C_{\alpha_s}$	1
Длина звуковой волны	$C_\lambda$	$C_l$
Плотность потока энергии волн	$C_{J_s}$	$C_l^{-3/4}$
Плотность звуковой энергии	$C_{w_s}$	$C_l^{-1/2}$
Круговая частота	$C_\omega$	$C_l^{-5/4}$
Угол	$C_{\alpha\beta}$	1
Уровень интенсивности звука	$C_{L_s}$	1
Уровень звукового давления	$C_{pA}$	1
Уровень звуковой мощности	$C_{WA}$	1
Индекс воздействия шума	$C_{Lden}$	1
Уровень звуковой экспозиции	$C_{SEL}$	1

## Основные масштабы подобия оптических величин

Масштабы физических характеристик		Преобразование через масштаб $C_l$
Физические характеристики	Обозначение	
Длина волны	$C_\lambda$	$C_l$
Период колебаний	$C_t$	$C_l^{5/4}$
Показатель (коэффициент) преломления	$C_n$	1
Сила света	$C_{Iv}$	$C_l^{5/4}$
Световой поток	$C_{\Phi v}$	$C_l^{5/4}$
Световая энергия	$C_{Qv}$	$C_l^{5/2}$
Освещенность	$C_{Ev}$	$C_l^{-3/4}$
Светосила объектива	$C_{fv}$	1
Оптическая сила	$C_D$	$C_l^{-1}$
Увеличение линейное, продольное	$C_{\beta v}$	1
Увеличение окуляра, микроскопа, лупы	$C_{Ge}$	1
Угол отражения луча	$C_{ev}$	1
Угол падения луча	$C_{ee}$	1
Фокусное расстояние	$C_{Fe}$	$C_l$
Частота колебаний	$C_{fe}$	$C_l^{-5/4}$
Поток излучения и мощность излучения	$C_{\Phi e}$	$C_l^{5/4}$
Энергия излучения	$C_{Qe}$	$C_l^{5/2}$



Основные критерии (числа) подобия механических, гидродинамических, грунтодинамических и трибологических величин

Критерии (числа) подобия		Преобразование через масштаб $C_l$
Название критерия (числа)	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий (число) Ньютона	$Ne \rightarrow \frac{C_R C_l^2}{C_m C_l}$ $Ne \rightarrow \frac{C_R}{C_\rho C_l^2 C_v^2}$	$\frac{C_l^{3/2} (C_l^{5/4})^2}{C_l^3 C_l} = 1,$ $\frac{C_l^{3/2}}{C_l^2 (C_l^{-1/4})^2} = 1$
Критерий (число) Эйлера	$Eu \rightarrow \frac{C_{\Delta p}}{C_\rho C_v^2}$	$\frac{C_l^{-1/2}}{(C_l^{-1/4})^2} = 1$
Критерий (число) Фруда	$Fr \rightarrow \frac{C_v^2}{C_g C_l}$ $Fr \rightarrow \frac{C_v^2}{C_w C_l}$	$\frac{(C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-3/2} C_l} = 1,$ $\frac{(C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-3/2} C_l} = 1$
Критерий (число) Струхаля	$Sh \rightarrow \frac{C_f C_l}{C_v}$	$\frac{C_l^{-5/4} C_l}{C_l^{-1/4}} = 1$
Критерий (число) Рейнольдса	$Re \rightarrow \frac{C_l C_v}{C_v}$	$\frac{C_l C_l^{-1/4}}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Рошко	$Rk \rightarrow \frac{C_f C_l^2}{C_v}$	$\frac{C_l^{-5/4} C_l^2}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Руарка	$Ru \rightarrow \frac{C_\rho C_v^2}{C_p}$	$\frac{(C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-1/2}} = 1$
Критерий (число) Прандтля	$Pr \rightarrow \frac{C_v}{C_a}$	$\frac{C_l^{3/4}}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Стокса	$Sk \rightarrow \frac{C_\rho C_l^2 C_v}{C_\mu C_l}$	$\frac{C_l^2 C_l^{-1/4}}{C_l^{3/4} C_l} = 1$
Критерий (число) Бринкмана	$Br \rightarrow \frac{C_\mu C_v^2}{C_\chi C_{\Delta T}}$	$\frac{C_l^{3/4} (C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-5/4} C_l^{3/2}} = 1$
Критерий (число) Кирпичева	$Ki \rightarrow \frac{C_\rho C_R}{C_\mu^2}$	$\frac{C_l^{3/2}}{(C_l^{3/4})^2} = 1$
Критерий (число) Лапласа	$La \rightarrow \frac{C_\sigma C_\rho C_l}{C_\mu^2}$	$\frac{C_l^{1/2} C_l}{(C_l^{3/4})^2} = 1$
Критерий (число) Вебера	$We \rightarrow \frac{C_\rho C_l C_v^2}{C_\sigma}$	$\frac{C_l (C_l^{-1/4})^2}{C_l^{1/2}} = 1$
Критерий (число) Коши	$Ca \rightarrow \frac{C_\rho C_v^2}{C_{Kc}}$	$\frac{(C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-1/2}} = 1$
Критерий (число) Эккерта	$Ec \rightarrow \frac{C_v^2}{C_c C_{\Delta T}}$	$\frac{(C_l^{-1/4})^2}{C_l^{-2} C_l^{3/2}} = 1$
Критерий (число) Экмана	$Ek \rightarrow \frac{C_v}{C_f C_l^2}$	$\frac{C_l^{3/4}}{C_l^{-5/4} C_l^2} = 1$

Критерий (число) капиллярности	$C_p \rightarrow \frac{C_\mu C_v}{C_\sigma}$	$\frac{C_l^{3/4} C_l^{-1/4}}{C_l^{1/2}} = 1$
Критерий в теории упругости	$\Pi^{El} \rightarrow \frac{C_R}{C_E C_l^2}$	$\frac{C_l^{3/2}}{C_l^{-1/2} C_l^2} = 1$
Критерий твердости материала	$\Pi^{HB} \rightarrow \frac{C_{HB}}{C_p}$	$\frac{C_l^{-1/2}}{C_l^{-1/2}} = 1$
Критерий процесса трения (износа) трибопар	$\Pi_1^{We} \rightarrow \frac{C_v C_\mu}{C_l C_p},$ $\Pi_2^{We} \rightarrow \frac{C_v C_\rho C_l}{C_\mu}$	$\frac{C_l^{-1/4} C_l^{3/4}}{C_l C_l^{-1/2}} = 1,$ $\frac{C_l^{-1/4} C_l}{C_l^{3/4}} = 1$

## Приложение П9

### Основные критерии подобия электродинамических величин

Критерии подобия		Преобразование через масштаб $C_l$
Критерии подобия	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий подобия электрических цепей	$\Pi_1^E \rightarrow \frac{C_U}{C_l C_{Rc}}$	$\frac{C_l^{-1/4}}{C_l^{3/2} C_l^{-7/4}} = 1$
Критерий подобия электрических цепей	$\Pi_2^E \rightarrow \frac{C_L}{C_l C_{Rc}}$	$\frac{C_l^{-1/2}}{C_l^{5/4} C_l^{-7/4}} = 1$
Критерий подобия электрических цепей	$\Pi_3^E \rightarrow \frac{C_C C_{Rc}}{C_G C_L}$	$\frac{C_l^3 C_l^{-7/4}}{C_l^{7/4} C_l^{-1/2}} = 1$
Критерий подобия электрических цепей	$\Pi_4^E \rightarrow \frac{C_l C_t}{C_U C_C}$	$\frac{C_l^{3/2} C_l^{5/4}}{C_l^{-1/4} C_l^3} = 1$
Критерий подобия электрических цепей	$\Pi_5^E \rightarrow \frac{C_t}{C_{Rc} C_C}$	$\frac{C_l^{5/4}}{C_l^{-7/4} C_l^3} = 1$
Критерий подобия электрических цепей	$\Pi_6^E \rightarrow \frac{C_l C_L}{C_U C_t}$	$\frac{C_l^{3/2} C_l^{-1/2}}{C_l^{-1/4} C_l^{5/4}} = 1$
Критерий подобия электрических цепей	$\Pi_7^E \rightarrow \frac{C_\omega C_L}{C_{Rc}}$	$\frac{C_l^{-5/4} C_l^{-1/2}}{C_l^{-7/4}} = 1$
Критерий подобия электрических цепей	$\Pi_8^E \rightarrow \frac{C_U}{C_l C_L C_\omega}$	$\frac{C_l^{-1/4}}{C_l^{3/2} C_l^{-1/2} C_l^{-5/4}} = 1$
Критерий подобия электрических цепей	$\Pi_9^E \rightarrow \frac{C_C}{C_G C_t}$	$\frac{C_l^3}{C_l^{7/4} C_l^{5/4}} = 1$
Критерий подобия электромагнитных полей	$\Pi_1^{EM} \rightarrow \frac{C_{\mu\epsilon} C_{\gamma\epsilon} C_l^2}{C_t}$	$\frac{C_l^{-3/2} C_l^{3/4} C_l^2}{C_l^{5/4}} = 1$
Критерий подобия электромагнитных полей	$\Pi_2^{EM} \rightarrow \frac{C_{\epsilon\epsilon}}{C_{\gamma\epsilon} C_t}$	$\frac{C_l^2}{C_l^{3/4} C_l^{5/4}} = 1$

Приложение П10

Основные критерии (числа) подобия термодинамических величин

Критерии (числа) подобия		Преобразование через масштаб $C_l$
Название критерия (числа)	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий (число) Нуссельта	$Nu_l \rightarrow \frac{C_a C_l}{C_\chi}$	$\frac{C_l^{-9/4} C_l}{C_l^{-5/4}} = 1$
Критерий (число) Пекле	$Pe \rightarrow \frac{C_v C_l}{C_a}$	$\frac{C_l^{-1/4} C_l}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Стэнтон	$St \rightarrow \frac{C_a}{C_{cp} C_\rho C_v}$	$\frac{C_l^{-9/4}}{C_l^{-2} C_l^{-1/4}} = 1$
Критерий (число) Био	$Bi \rightarrow \frac{C_a C_l}{C_\chi}$	$\frac{C_l^{-9/4} C_l}{C_l^{-5/4}} = 1$
Критерий (число) Льюиса	$Le \rightarrow \frac{C_a}{C_{Di}}$	$\frac{C_l^{3/4}}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Шмидта	$Sc \rightarrow \frac{C_v}{C_{Di}}$	$\frac{C_l^{3/4}}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Прандтля	$Pr \rightarrow \frac{C_v}{C_a}$	$\frac{C_l^{3/4}}{C_l^{3/4}} = 1$
Критерий (число) Фурье	$Fo \rightarrow \frac{C_a C_l}{C_l^2}$	$\frac{C_l^{3/4} C_l^{5/4}}{C_l^2} = 1$
Критерий (число) Гей-Люссака	$Gc \rightarrow \frac{1}{C_\beta C_{\Delta T}}$	$\frac{1}{C_l^{-3/2} C_l^{3/2}} = 1$

Приложение П11

Основной критерий (число) подобия световых величин

Критерий (число) подобия		Преобразование через масштаб $C_l$
Название критерия (числа)	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий подобия освещенности и светимости	$\Pi_1^{Sh} \rightarrow \frac{C_{Ev}}{C_{Mv}}$	$\frac{C_l^{-3/4}}{C_l^{-3/4}} = 1$
Критерий подобия телесного угла	$\Pi_2^{Sh} \rightarrow \frac{C_{Iv}}{C_{\Phi v}}$	$\frac{C_l^{5/4}}{C_l^{5/4}} = 1$

Приложение П12

Основные критерии подобия акустических величин

Критерии (числа) подобия		Преобразование через масштаб $C_l$
Название критерия (числа)	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий (число) Рейнольдса	$Re \rightarrow \frac{C_l C_v}{C_v}$	$\frac{C_l C_l^{-1/4}}{C_l^{3/4}} = 1$

Критерий (число) Эйлера	$Eu \rightarrow \frac{C_{\Delta p}}{C_{\rho} C_v^2}$	$\frac{C_l^{-1/2}}{(C_l^{-1/4})^2} = 1$
Критерий (число) Струхала	$Sh \rightarrow \frac{C_f C_l}{C_v}$	$\frac{C_l^{-5/4} C_l}{C_l^{-1/4}} = 1$
Критерий (число) Маха	$M \rightarrow \frac{C_v}{C_{ac}}$	$\frac{C_l^{-1/4}}{C_l^{-1/4}} = 1$

### Приложение П13

#### Основные критерии подобия оптических величин

Критерий (число) подобия		Преобразование через масштаб $C_l$
Название критерия (числа)	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий подобия освещенности и светимости	$\Pi_1^{Op} \rightarrow \frac{C_{Ev}}{C_{Mv}}$	$\frac{C_l^{-3/4}}{C_l^{-3/4}} = 1$
Критерий подобия телесного угла	$\Pi_2^{Op} \rightarrow \frac{C_{lv}}{C_{\Phi v}}$	$\frac{C_l^{5/4}}{C_l^{5/4}} = 1$

### Приложение П14

#### Критерий (число) подобия производительности сил

Критерий подобия		Преобразование через масштаб $C_l$
Название критерия (числа)	Обозначение в индикаторном виде	
Критерий (число) производительности сил [9]	$Nd \rightarrow \frac{C_N}{C_R C_w C_t},$ $Nd \rightarrow \frac{C_N}{C_R C_v}$	$\frac{C_l^{5/4}}{C_l^{3/2} C_l^{-3/2} C_l^{5/4}} = 1,$ $\frac{C_l^{5/4}}{C_l^{3/2} C_l^{-1/4}} = 1$

В П8 - П14 приводятся следующие масштабы физических величин:  $C_l$  - масштаб геометрических параметров (длина, высота, ширина и др.);  $C_R$  - масштаб сил;  $C_t$  - масштаб времени;  $C_m$  - масштаб массы;  $C_g$  - масштаб ускорения свободного падения;  $C_w$  - масштаб ускорения;  $C_{\rho}$  - масштаб плотности;  $C_v$  - масштаб скорости;  $C_{\Delta p}$  - масштаб разности давления (давления);  $C_f$  - масштаб частоты колебаний;  $C_b$  - масштаб кинематической вязкости;  $C_v$  - масштаб кинематической вязкости;  $C_p$  - масштаб давления;  $C_a$  - масштаб температуропроводности;  $C_{\mu}$  - масштаб динамической вязкости;  $C_{\chi}$  - масштаб теплопроводности (коэффициентов теплопроводности или удельной теплопроводности);  $C_{\Delta T}$  - масштаб разности конечной и начальной температур;  $C_{\sigma}$  - масштаб поверхностного натяжения;  $C_{Kc}$  - масштаб объёмных модулей упругости;  $C_c$  - масштаб удельной теплоёмкости;  $C_E$  - масштаб упругости;  $C_{HB}$  - масштаб твердости;  $C_U$  - масштаб напряжения цепи;  $C_I$  - масштаб силы тока цепи;  $C_{Rc}$  - масштаб сопротивления цепи;  $C_L$  - масштаб

индукции цепи;  $C_C$  - масштаб электрической емкости;  $C_G$  - масштаб электрической проводимости;  $C_\omega$  - масштаб круговой частоты;  $C_{\mu\epsilon}$  - масштаб магнитной проницаемости;  $C_{\gamma e}$  - масштаб удельной электропроводности;  $C_{\epsilon\epsilon}$  - масштаб диэлектрической проницаемости;  $C_a$  - масштаб коэффициентов теплоотдачи;  $C_{Cp}$  - масштаб удельной теплоёмкость среды;  $C_{Di}$  - масштаб коэффициентов диффузии;  $C_\beta$  - масштаб коэффициентов теплового расширения;  $C_{Ev}$  - масштаб освещённости;  $C_{Mv}$  - масштаб светимости;  $C_{Iv}$  - масштаб сила света;  $C_{\Phi v}$  - масштаб светового потока;  $C_{ac}$  - масштаб скорости звука;  $C_N$  - масштаб мощности располагаемой тяги рыболовного судна.

Локальный электронный методический материал

Александр Алексеевич Недоступ

## ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРУДИЙ РЫБОЛОВСТВА

Редактор Г. А. Смирнова

Уч.-изд. л. 3,2. Печ. л. 4,4

Издательство федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования

«Калининградский государственный технический университет».

236022, Калининград, Советский проспект, 1