

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 639.2.081, 621.798.24, 677.071, 677.072, 004.4

DOI: <https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2023-65-11>

Программное обеспечение для определения физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов

Александр Алексеевич Недоступ¹, Алексей Олегович Ражев², Павел Владимирович Насенков³, Карина Витальевна Коновалова⁴

^{1,2,3,4} Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹ nedostup@klgtu.ru

² progacpp@live.ru

³ pavel.nasenkov@klgtu.ru

⁴ karina.konvalova@klgtu.ru

Аннотация. В процессе изучения и прогнозирования физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов, швартовых канатов, а также для выполнения процедур проектирования и изготовления канатно-веревочных изделий, которые являются смешанными, сложными, формоизменяемыми сооружениями или конструкциями необходимо так выбирать материал волокон и размеры для каждого элемента заданной конструкции (это может быть рыболовный трал, швартовые и любые другие изделия, которые применяются в рыболовной, транспортной и другой промышленности), чтобы соответствующий элемент сопротивлялся действию различного рода приложенных внешних сил без риска разрушиться или потерять приданную ему форму. Гибкие конструкции с изменяющейся формой, состоящие из упругих нитей, веревок и канатов, отличаются тем, что в процессе их эксплуатации происходит перераспределение нагрузок, приходящихся на отдельные элементы, поэтому первоначально принятый коэффициент запаса прочности n не обеспечивает равнопрочности изделий и целесообразного использования материала, пошедшего на его постройку. Необходимую прочность синтетических рыболовных изделий и материалов σ с учетом возможности аварийных условий следует обеспечивать за счет действующих продольных нагрузок T_x и продольного модуля упругости (свойствами изделия) E_x , геометрическими размерами: диаметром d и длиной L , а также ввести коэффициент перегрузки k_n для увеличения расчетной прочности деталей σ , воспринимающих большую растягивающую нагрузку T . Авторы предполагают, что целесообразно также предусмотреть в конструкции слабые звенья (к примеру, в разноглубинном трале), чтобы их разрушение разгружало орудие и предотвращало его полную потерю.

Ключевые слова: программное обеспечение, компьютерная программа, физико-механические свойства, рыболовные материалы

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания по теме «Разработка физических, математических и предсказательных моделей процессов эксплуатации донного и разноглубинного траловых комплексов».

Для цитирования: Недоступ А.А., Ражев А.О., Насенков П.В., Коновалова К.В. Программное обеспечение для определения физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023 Т. 65, № 3. С. 91–102.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

DOI: <https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2023-65-11>

Software for determination of physical and mechanical properties of synthetic fishing materials

Aleksandr A. Nedostup¹, **Alexey O. Razhev**², **Pavel V. Nosenkov**³, **Karina V. Konovalova**⁴
^{1,2,3,4} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹nedostup@klgtu.ru

²progacpp@live.ru

³pavel.nosenkov@klgtu.ru

⁴karina.konovalova@klgtu.ru

Abstract. In the process of studying and predicting the physical and mechanical properties of synthetic fishing materials, mooring ropes, as well as to perform design and manufacturing procedures of rope and rope products, which are mixed, complex, form-modifiable structures or constructions, it is necessary so choose the fiber material and dimensions for each element of a given design. (This could be a fishing trawl, mooring and any other products that are used in the fishing, transport and other industries), so that the corresponding element resists the action of various kinds of applied external forces without the risk of collapse or loss of the shape given to it. Flexible structures with variable shape consisting of elastic threads, ropes and cords are characterized by the fact that in the process of their operation there is a redistribution of loads falling on the individual elements, so initially adopted safety factor n does not provide equal strength products and expedient use of the material used for its construction. Necessary strength of synthetic fish products and materials σ taking into account possibility of emergency conditions should be provided due to acting longitudinal loads T_x and longitudinal modulus of elasticity (product properties) E_x , geometrical dimensions: diameter d and length L , and it is also necessary to keep overload factor k_n to increase design strength of parts σ taking high tensile load T . In this scientific article, the authors suggest that it is also advisable to provide weak links in the design (for example, in the multi-depth trawl) so that their destruction unloads the gun and prevents its complete loss.

Keywords: software, computer program, physical and mechanical properties, fishing materials

Funding: The study was carried out as part of the state assignment on the topic "Development of physical, mathematical and predictive models for the operation of bottom and mid-water trawl systems".

For citation: Nedostup A.A., Razhev A.O., Nosenkov P.V., Konovalova K.V. Software for determination of physical and mechanical properties of synthetic fishing materials. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2023;65(3):91–102. (in Russ.).

Введение

При изготовлении и проектировании канатно-веревочных синтетических изделий, которые являются смешанными, сложными, формоизменяемыми конструкциями, необходимо так выбирать материал и размеры их, чтобы соответствующий элемент сопротивлялся действию различного рода приложенных внешних сил без риска разрушиться или потерять приданную ему форму [1, 2]. К синтетическим изделиям – элементам, являющимся составными частями орудий промышленного рыболовства, а также изделиями марикультуры, швартовых канатов и т.д., относятся: ваера, кабели, голые концы, канатные связи, элементарная ячея, топенанты, подборы, швартовые и другие соединительно-связующие тяговые элементы. Безаварийная работа синтетических изделий достигается за счет достаточной прочности σ и легкости конструкции, а также минимальной стоимости благодаря экономии материалов. Гибкие конструкции с изменяющейся формой, состоящие из упругих нитей, веревок и канатов, отличаются тем, что в процессе их эксплуатации происходит перераспределение нагрузок, приходящихся на отдельные элементы, поэтому первоначально принятый коэффициент запаса прочности n не обеспечивает равнопрочности изделий и целесообразного использования материала [3, 4].

Необходимую прочность синтетических изделий и материалов σ с учетом возможности аварийных условий следует обеспечивать за счет введения коэффициентов перегрузки k_n для увеличения расчетной прочности деталей σ , воспринимающих большую растягивающую нагрузку T . Целесообразно также предусмотреть в конструкции слабые звенья (к примеру, в разноглубинном трале, рис. 1), чтобы их разрушение разгружало орудие и предотвращало его потерю. Так, на рис. 1 изображены цветом нагрузки T от слабых (синий цвет) до сильных и критических (красный цвет).

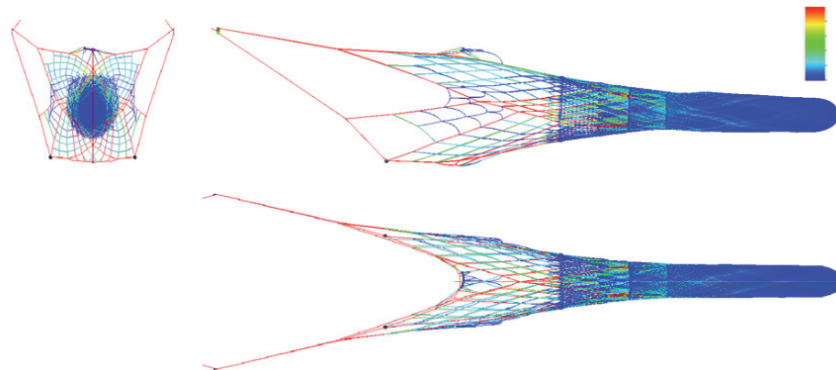


Рис. 1. Имитационное моделирование оболочки канатно-сетного разноглубинного трала

Fig. 1. Simulation of the flight of a rope-net mid-water trawl

Важными физико-механическими свойствами синтетических материалов, от которых зависит безаварийная эксплуатация, являются:

- диаметр d , имеющий большое значение при изготовлении веревок и канатов, а также ниток, зависит от количества материала, заключающегося в ней, и от степени крутки или плетения, т.е. от степени рыхлости или плотности. Таким образом, материалы одного типа и вида, а также номера (линейной плотности) могут несколько отличаться по диаметру. От диаметра зависит прочность σ и относительное удлинение ε материалов;

- длина L , которая может быть менее 5 мм (шаг ячеи) и достигать нескольких километров (ваера и урезы). От длины L зависит перераспределение нагрузки на поверхности синтетических материалов;

- прочность σ напрямую влияет на безаварийную работу изделий и его элементов. Прочность σ зависит от продольного модуля упругости изделия E и относительного удлинения ε [4, 5].

Существует список свойств синтетических изделий, влияние которых на безаварийную работу в статье не рассматривается [6].

Проектировщик и изготовитель синтетических изделий и материалов в нынешней ситуации подбирает физико-механические свойства из расчета коэффициента запаса прочности n , при этом не задумываясь об экономии материалов и перераспределении нагрузок T . Такая ситуация приводит к большим затратам материалов, а также невозможности учета производственного ресурса конструкции. К примеру, по тралу, когда конструкция орудия промышленного рыболовства выбрана и определены ее размеры, определяют рабочую форму орудия лова и положение его в пространстве под действием внешних сил, поскольку именно эти характеристики определяют успех лова (см. рис. 1). Также обеспечивают надлежащую прочность орудия лова σ , его элементов, креплений и оснастки.

Цель и задачи

Цель работы – создание программного обеспечения (ПО) для определения физико-механических свойств синтетических изделий, предназначенного для имитационного моделирования прочностных характеристик элементов. Программное обеспечение «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов» разработано на основании теоретических выкладок [7, 8], экспериментальных данных [9, 10] и алгоритмов [11, 12] определения физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов.

Введем допущения, которые применились при разработке ПО:

- синтетические рыболовные материалы рассматриваются как идеально гибкие цилиндрические изделия, которые подвержены продольному растяжению и сжатию и поперечному сжатию;
- свивку, количество пряжей, толщину волокна, тип плетения учитывает условный модуль в поперечном сечении (продольный модуль упругости) E_x ;
- при имитационном моделировании не учитываются внутренние силы трения между волокнами и пряжами;
- при расчете напряжения в поперечном сечении σ не учитывается изменение диаметра d ;
- скорость и ускорение продольного растяжения не учитываются;
- производительность сил не учитывается;
- объем изделия при нагрузке не изменяется;
- масса изделия при нагрузке не изменяется.

Разрабатываемое ПО в дальнейшем предполагается использовать в качестве модуля САПР орудий промышленного рыболовства. По результатам экспериментальных исследований была проведена верификация численных экспериментов на разрывных машинах [10].

Материалы и методы

При проектировании, расчете и изготовлении синтетических рыболовных изделий и составлении математического обеспечения проектировщика необходимо учитывать их прочностные параметры и формоизменяемость как объекта эксплуатации:

- сложный характер распределения продольных нагрузок (натяжение) и поперечных нагрузок (давление), протекающих в многочисленных элементах конструкций;
- сложные технологические процессы при изготовлении;
- наличие ограничений по материалоемкости.

Программное обеспечение «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов» написано на языке C++ в среде разработки программного обеспечения Embarcadero RAD Studio [13] и предназначено для работы в операционной системе Microsoft Windows 10 [14].

Компьютерная программа представляет собой выполняемый EXE-файл, запускаемый в операционной системе. Элементы интерфейса являются стандартными для системы Windows

и не требуют от пользователя дополнительных навыков и знаний. В программе «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов» предусмотрен расчет геометрических и силовых параметров синтетических рыболовных материалов. Предусмотрена отработка реакции системы на возможные типичные ошибки оператора, например: произведен неверный ввод параметра.

При запуске программы открывается главное окно ПО и первая вкладка программы «Параметры» (рис. 2). Основную часть окна занимают изображения входных, выходных параметров, рисунка, отображающего процесс растяжения и фона – синтетических рыболовных материалов. В данной вкладке вносятся входные параметры синтетических материалов:

- диаметр d ;
- длина L ;
- приложенная сила натяжения по оси от 0,01 Н до T_x ;
- продольный модуль упругости E_x .

На данной вкладке также выводятся выходные физико-механические свойства синтетических рыболовных материалов:

- удлинения λ ;
- площади сечения S ;
- коэффициента Пуассона μ ;
- безразмерное сужение α ;
- отношение модулей упругости по осям $e=E_y/E_x$;
- коэффициент пропорциональности k ;
- безразмерная компенсационная сила χ ;
- относительная продольная деформация ε ;
- сила сжатия T_y ;
- продольная компенсационная сила T_{x1} ;
- поперечная компенсационная сила T_{y1} ;
- относительная поперечная деформация εd ;
- модуль упругости по поверхности (поперечный модуль упругости) E_y ;
- напряжение в поперечном сечении (прочность) σ .

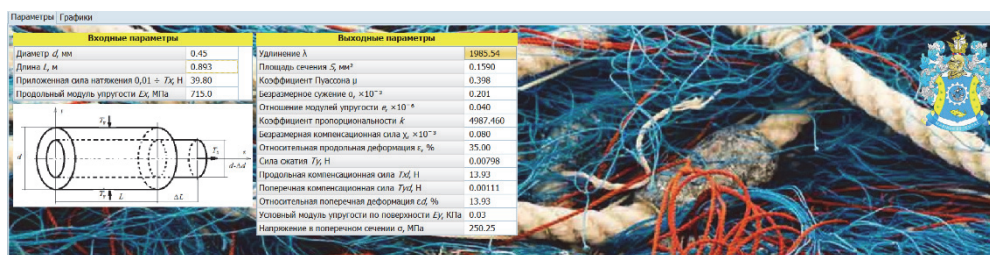


Рис. 2. Первое окно «Параметры» ПО «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов»

Fig. 2. The first window «Parameters» of the software «Calculation of physical and me-chemical properties of synthetic fishing materials»

На рис. 3 изображена вкладка «Графики», в данной вкладке отображены графики зависимостей (сверху, слева направо) для условия от 0,01 Н до T_x :

- относительной продольной деформации от силы натяжения $\varepsilon=f(T_x)$;
- относительной поперечной деформации от силы натяжения $\varepsilon d=f(T_x)$;
- коэффициента Пуассона от силы натяжения $\mu=f(T_x)$;
- напряжения в поперечном сечении от силы натяжения $\sigma=f(T_x)$;
- диаметра от силы натяжения $d=f(T_x)$;
- силы сжатия от силы натяжения $T_y=f(T_x)$.

На вкладке «Графики» возможно выводить из вкладки «Параметры» плавающие ползунки: диаметра d ; длины L ; силы натяжения T_x ; продольного модуля упругости E_x для удобного и оперативного определения физико-механических свойств рыболовных материалов (рис. 4 и 5).

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим два примера численного моделирования физико-механических свойств синтетических материалов с помощью ПО «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов».

Пример 1. Рассмотрим влияние продольного модуля упругости E_x на значения ε и d при $0,01 \text{ Н} \leq T_x \leq 40,0 \text{ Н}$. Отобразим на рис. 5 изменение продольного модуля упругости E_x при следующих параметрах условной нитки диаметром $d=0,45 \text{ мм}$; $L=150 \text{ мм}$; $0,01 \text{ Н} \leq T_x \leq 40,0 \text{ Н}$, т.е. зададим $27,0 \text{ МПа} \leq E_x \leq 2000,0 \text{ МПа}$, причем $E_x=27,0 \text{ МПа}$ соответствует продольному модулю упругости каучука (материала), при этом $E_x=2000,0 \text{ МПа}$ соответствует продольному модулю упругости полиамида (материала).

На основании численного моделирования (рис. 6) возможно сделать вывод, что продольный модуль упругости E_x влияет на изменение диаметра d условной нитки, а также на относительное удлинение ε .

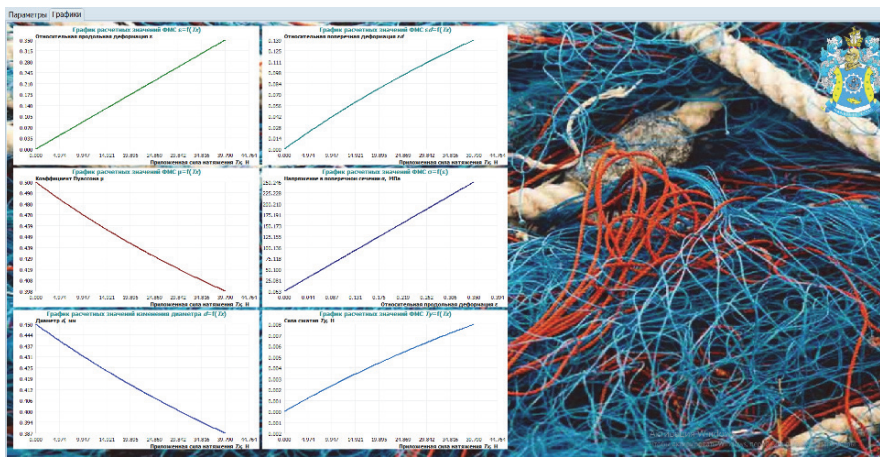


Рис. 3. Второе окно «Графики» ПО «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов»
 Fig. 3. The second window «Graphs» of the software «Calculation of physical-mechanical properties of synthetic fish materials»

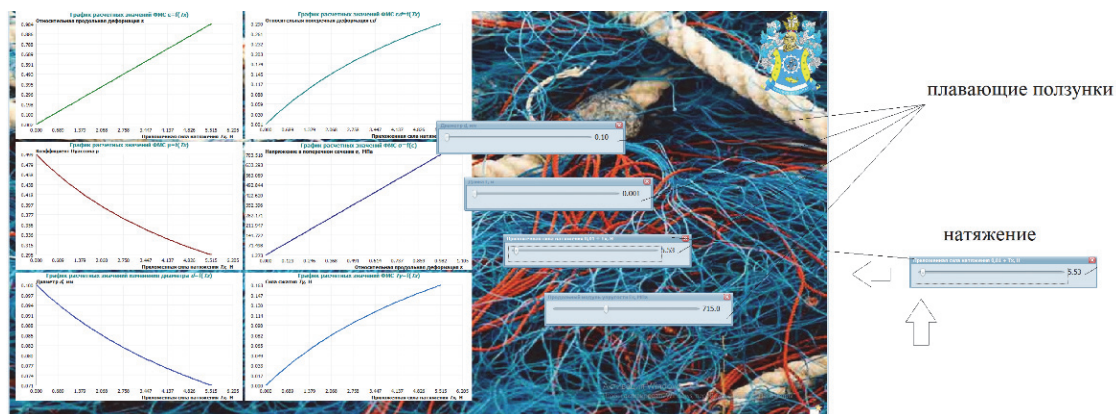


Рис. 4. Отображение плавающих ползунков и параметров
 Fig. 4. Display of floating sliders and parameters

Пример 2. Рассмотрим влияние силы натяжения T_x на значения σ и d при $E_x=650,0$ МПа. Отобразим на рис. 7 изменение силы натяжения $0,01 \text{ Н} \leq T_x \leq 10,0 \text{ Н}$ и $0,01 \text{ Н} \leq T_x \leq 350,0 \text{ Н}$ при следующих параметрах условной нитки диаметром $d=0,45$ мм; $L=150$ мм; $E_x=650,0$ МПа.

На основании численного моделирования (рис. 7) возможно сделать вывод, что сила натяжения T_x существенно влияет на изменение диаметра d условной нитки, а также на напряжение σ .

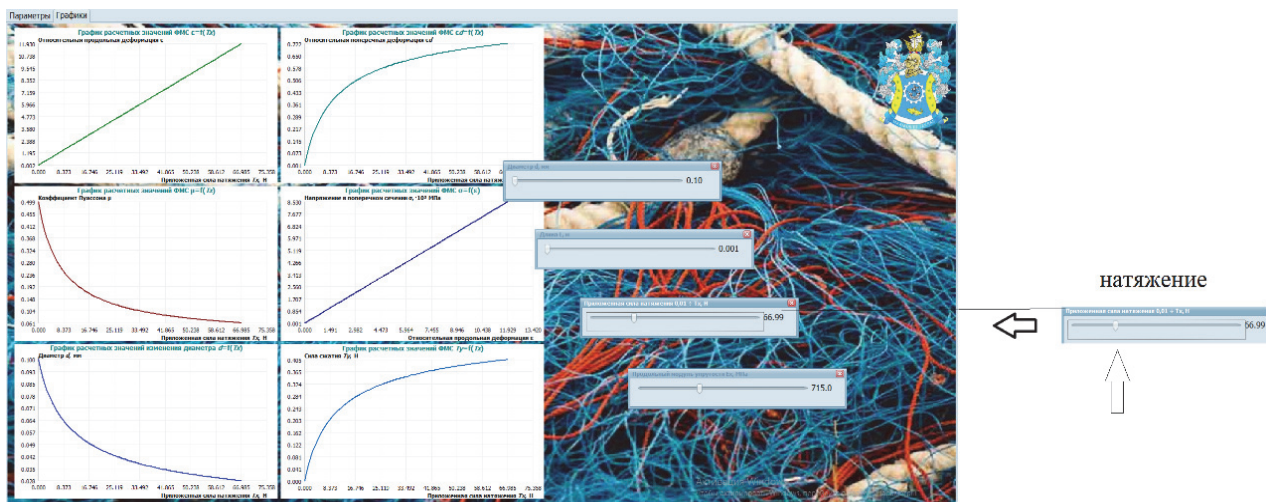
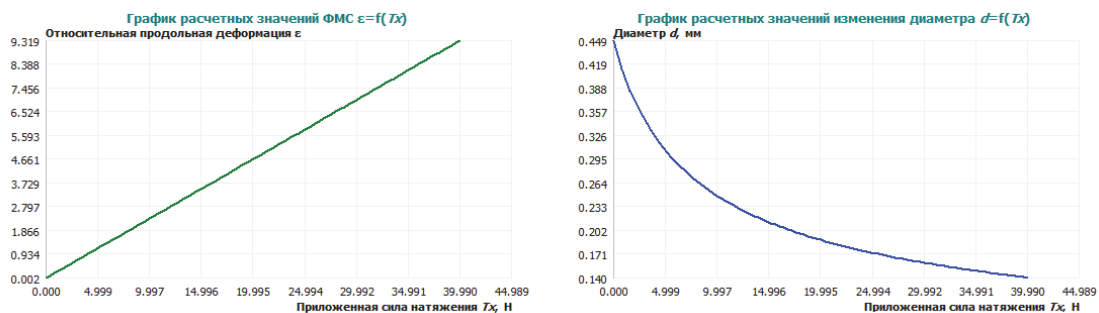


Рис. 5. Отображение плавающих ползунков и параметров
Fig. 5. Display of floating sliders and parameters

$E_x=27,0$ МПа



$E_x=2000,0$ МПа

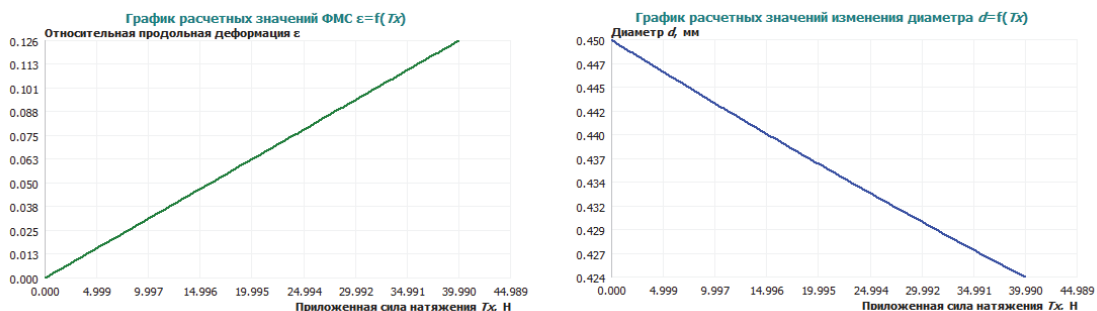


Рис. 6. Зависимости $\epsilon=f(T_x)$ и $d=f(T_x)$ при $E_x=27,0$ МПа и $E_x=2000,0$ МПа
Fig. 6. Dependences $\epsilon=f(T_x)$ and $d=f(T_x)$ at $E_x=27.0$ МПа and $E_x=2000,0$ МПа

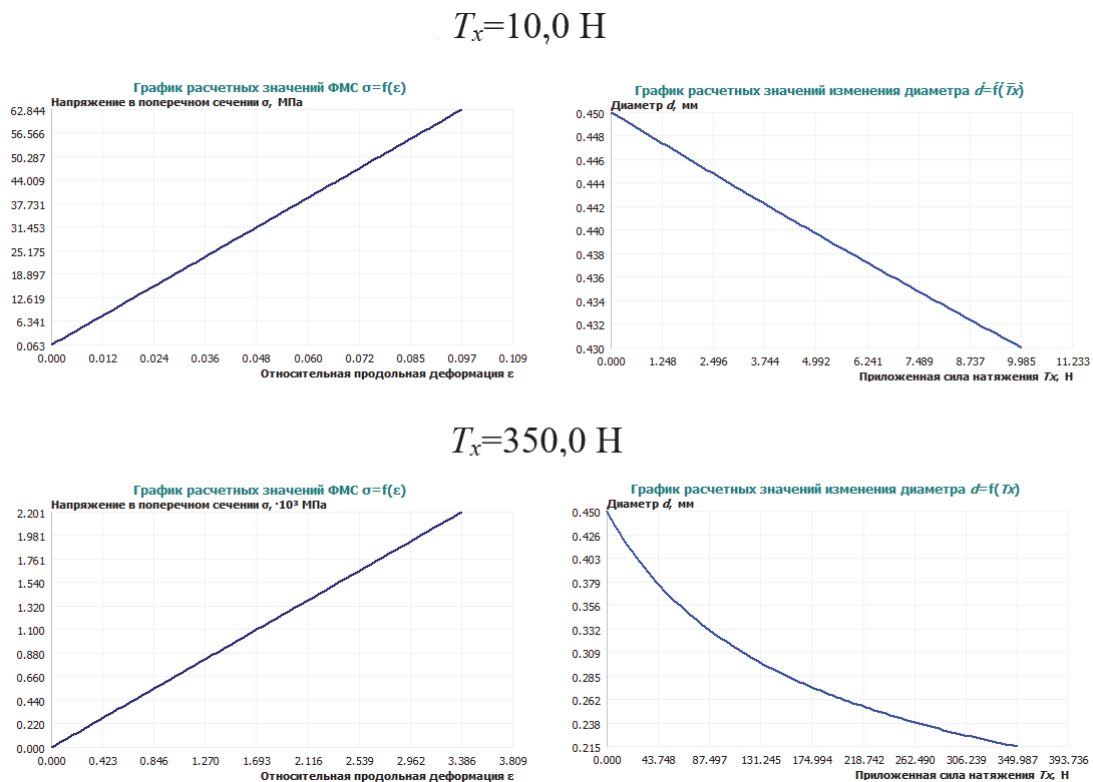


Рис. 7. Зависимости $\sigma=f(T_x)$ и $d=f(T_x)$ при $0,01 \text{ Н} \leq T_x \leq 10,0 \text{ Н}$, $0,01 \text{ Н} \leq T_x \leq 350,0 \text{ Н}$ и $E_x=650,0 \text{ МПа}$
 Fig. 7. Dependences $\sigma=f(T_x)$ and $d=f(T_x)$ at $0,01 \text{ Н} \leq T_x \leq 10,0 \text{ Н}$, $0,01 \text{ Н} \leq T_x \leq 350,0 \text{ Н}$ and $E_x=650,0 \text{ МПа}$

На основании численного моделирования физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов возможно решать различные задачи проектирования орудий промышленного рыболовства и их элементов. Рассчитывать конструктивные, технологические и силовые характеристики рыболовных материалов. Немаловажным дополнением является использование разрывных машин [15] для верификации значений продольного модуля упругости E_x . Также обосновано подбирать прочностные характеристики: ваеров, кабелей, голых концов, урезов, оттяжек, поводцов, оттуг, канатных связей, элементарных ячей, топенантов, шворочных швов, подбор, хребтин, поясов и других соединительно-связующе тяговых элементов орудий промышленного рыболовства.

Равнопрочное орудие рыболовства обеспечивается за счет грамотного применения программных продуктов или компьютерных программ по расчету сил натяжения, формы и других параметров, а также напряжения и относительного удлинения. При этом нельзя забывать о разрывной прочности σ_p синтетических рыболовных материалов [1, 8, 10, 16], которая определяется на разрывных машинах. Безаварийная работа синтетических изделий достигается за счет достаточной прочности σ и легкости конструкции, а также минимальной стоимости благодаря экономии материалов.

Пользовательское меню главного окна ПО «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов» позволяет управлять ПО. Запуск программного обеспечения невозможен без введения параметров синтетического изделия, поэтому при запуске это окно автоматически открывается поверх главного.

Кнопки «Сохранить задание», «Загрузить задание» служат для сохранения входных параметров в файл и чтения их из файла. Файл сохраняется в формате xml [17]. Входные параметры синтетических материалов записываются в той последовательности, в которой они представлены на страницах приложения.

Для вывода результатов расчета в приложении реализован функционал генерации отчета с возможностью распечатки и экспорта в форматы pdf, docx, rtf.

Заключение

На основании использования ПО «Расчет физико-механических свойств синтетических рыболовных материалов» возможно прогнозировать свойства синтетических материалов.

Предложенная компьютерная программа предназначена для определения и прогнозирования физико-механических свойств синтетических материалов в широком диапазоне геометрических и силовых характеристик.

На основании численного моделирования (см. рис. 6) возможно сделать вывод, что продольный модуль упругости E_x существенно влияет на изменение диаметра d условной нитки, а также на относительное удлинение ε . Также на основании численного моделирования (см. рис. 7) возможно сделать вывод, что сила натяжения T_x существенно влияет на изменение диаметра d условной нитки, а также на напряжение σ .

Созданная компьютерная программа моделирует возможные ситуации, не зависящие от ввода параметров, и позволяет отслеживать основные ошибки проектировщиков и операторов, допущенные ими в процессе расчета.

Данная программа позволит оператору приобрести навыки в механике рыболовных материалов.

В дальнейшем планируется усовершенствовать разработанную программу добавлением следующих модулей:

- ввод коэффициента, учитывающего свивку, количество прядей, толщину волокна, тип плетения;
- учет влияния скорости и ускорения продольного растяжения;
- расчет напряжения в поперечном сечении при изменении диаметра;
- расчет внутренних сил трения между волокнами и прядями;
- расчет производительности сил в продольном и поперечном сечениях.

Список источников

1. Наумов В.А., Ахмедова Н.Р., Ахмедов И.М. Анализ результатов испытания прочности трехпрядных канатов из полимерных материалов // Известия КГТУ. 2015. № 36. С. 43–51.
2. Ахмедов И.М., Наумов В.А. О законе распределения разрывной нагрузки нити // Водопользование и задачи гидромеханики // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3, № 3. С. 1–7.
3. Мельников В.Н. Качество, надежность и работоспособность орудий промышленного рыболовства. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. 264 с.
4. Варданян Г.С., Андреев В.И., Атаров Н.М., Горшков А.А. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. М.: Изд-во АСВ, 1995. 568 с.
5. Недоступ А.А., Коновалова К.В., Насенков П.В., Ражев А.О., Альтшуль Б.А., Федоров С.В. Относительная жесткость рыболовных крученых изделий // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 1. С. 46–60.
6. Насенков П.В., Недоступ А.А., Долин Г.М. Экспериментальные исследования коэффициента Пуассона нитевидных рыболовных материалов // Известия КГТУ. 2021. № 62. С. 26–34.
7. Костенко Н.А. и др. Сопротивление материалов: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2000. 430 с.
8. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Научный мир, 2007. 575 с.
9. Насенков П.В. Экспериментальное исследование физико-механических свойств нитевидно-веревочных изделий // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы V Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток, 2018. Ч. 1. С. 144–147.
10. Насенков П.В., Недоступ А.А., Наумов В.А. Экспериментальные исследования разрывного усилия и относительного удлинения рыболовных веревочно-нитевидных изделий с различной скоростью разрыва и длиной исследуемых образцов // Известия КГТУ. 2020. № 58. С. 35–48.

11. Недоступ А.А., Ражев А.О., Насенков П.В., Коновалова К.В., Быков А.А., Пивоварова Ю.С. Производительность сил траловой системы - III: математическое моделирование (часть I) // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 4. С. 63–72.
12. Недоступ А.А., Ражев А.О., Насенков П.В., Коновалова К.В., Быков А.А. Производительность сил траловой системы - IV: математическое моделирование (часть II) // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 1. С. 32–38. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-1-32-38>.
13. Cornelius D. Fearless Cross-Platform Development with Delphi. Packt, 2021. 544 p.
14. Евченко А.И. OpenGL и DirectX. Программирование графики. СПб.: Питер, 2006. 350 с.
15. Насенков П.В. Анализ разрывного оборудования для исследования рыболовных нитевидных материалов // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы II Нац. науч.-техн. конф. 2018. С. 66–72.
16. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Примак Л.В., Ахмедов И.М. Испытания прочности канатов из полимерных материалов // Механизация строительства. 2017. Т. 78, № 4. С. 30–35.
17. Ражев А.О., Недоступ А.А., Львова Е.Е. Архитектура аппаратной части системы автоматизированного проектирования орудий промышленного рыболовства // Материалы 64-й Междунар. науч. конф. Астраханского государственного технического университета, посвященной 90-летию со дня образования Астраханского государственного технического университета (Астрахань, 2020): материалы (тез. докл., сб. ст.). URL: <http://www.astu.org/Uploads/files/izdatelstvo/64>.

References

1. Naumov V.A., Akhmedova N.R., Akhmedov I.M. Analiz rezul'tatov ispytaniy na prochnost trekhpryadnykh kanatov iz polimernykh materialov [Analysis of the results of testing the strength of three-strand ropes made of polymeric materials]. *Izvestiya KGTU*. 2015. No. 36. P. 43–51.
2. Akhmedov I.M., Naumov V.A. O zakone raspredeleniya nagruzki niti [On the law of distribution of the breaking load of the thread]. *Vodopolzovaniye i zadachi gidromekhaniki: Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapadnoy Rossii*. 2017. Vol. 3, № 3. P. 1–7.
3. Melnikov V.N. *Kachestvo, nadezhnost' i rabotosposobnost' orudiy promyshlennogo rybolovstva* [Quality, reliability and performance of industrial fishing gear]. M.: Legkaya i pishch. prom-st, 1982. 264 p.
4. Vardanyan G.S., Andreyev V.I., Atarov N.M., Gorshkov A.A. *Soprotivleniye materialov s osnovami teorii uprugosti i plastichnosti* [Strength of materials with the basics of the theory of elasticity and plasticity]. M.: Izd-vo ASV, 1995. 568 p.
5. Nedostup A.A., Konovalova K.V., Nasenkov P.V., Razhev A.O., Altshul B.A., Fedorov S.V. Otnositelnaya zhestkost rybolovnykh kruchenykh izdeliy [Relative rigidity of fishing twisted products]. *Vestnik Astrakhanskogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoye khozyaystvo*. № 1. P. 46–60.
6. Nasenkov P.V., Nedostup A.A., Dolin G.M. Eksperimentalnyye issledovaniya koeffitsiyenta Puassona nitevidnykh promyslovykh materialov [Experimental studies of Poisson's ratio of filamentous fishing materials]. *Izvestiya KGTU*. 2021. № 62. P. 26–34.
7. Kostenko N.A. i dr. *Soprotivleniye materialov* [Strength of materials]. Ucheb. posobiye. M.: Vyssh. shk., 2000. 430 p.
8. Tager A.A. *Fiziko-khimiya polimerov* [Physical chemistry of polymers]. M.: Nauchnyy mir, 2007. 575 p.
9. Nasenkov P.V. Eksperimental'noye issledovaniye fiziko-mekhanicheskikh svoystv nitevidno-verevochnykh izdeliy [Experimental study of the physical and mechanical properties of thread-like-

rope products] *Aktual'nyye problemy osvoyeniya biologicheskikh resursov Mirovogo okeana: materialy V Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Actual problems of development of biological resources of the World Ocean: Proceedings of the V International Scientific and Technical Conference] Vladivostok, 2018. Ch. 1. P. 144–147.

10. Nasenkov P.V., Nedostup A.A., Naumov V.A. Eksperimental'nyye issledovaniya razryva napryazheniya i otnositel'nogo zatyagivaniya rybolovnykh verevochno-nitevidnykh izdeliy s veroyatnost'yu razryva i protyazhennost'yu otdel'nykh obraztsov [Experimental studies of breaking force and relative elongation of fishing rope-filament products with different breaking speed and length of the studied samples]. *Izvestiya KGTU*. 2020. № 58. P. 35–48.

11. Nedostup A.A., Razhev A.O., Nasenkov P.V., Konovalova K.V., Bykov A.A. Pivovarova YU.S. Proizvoditelnost silitovoy sistemy - III: matematicheskoye modelirovaniye (chast I) [Trawl System Force Performance - III: Mathematical Modeling (Part I)]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoye khozyaystvo*. 2021. № 4. P. 63–72.

12. Nedostup A.A., Razhev A.O., Nasenkov P.V., Konovalova K.V., Bykov A.A. Proizvoditel'nost' sil tralovoy sistemy - IV: matematicheskoye modelirovaniye (chast' II) [Trawl System Force Performance - IV: Mathematical Modeling (Part II)]. *Vestnik Astrakhanskogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoye khozyaystvo*. 2022. № 1. P. 32–38. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-1-32-38>.

13. Kornelius D. *Besstrashnaya krossplatformennaya razrabotka s pomoshchyu Delphi* [Fearless Cross-Platform Development with Delphi]. Paket, 2021. 544 p.

14. Yevchenko A.I. *OpenGL i DirectX. Programmirovaniye grafiki* [OpenGL and DirectX. Graphics programming]. SPb.: Piter, 2006. 350 p.

15. Nasenkov P.V. Analiz razryvnogo oborudovaniya dlya issledovaniya rybolovnykh resursov [Analysis of discontinuous equipment for the study of fishing filamentous materials] *Materialy II nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Innovatsionnoye razvitiye rybnoy otrasli v Departamente obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii»* [Proceedings of the II National Scientific and Technical Conference "Innovative development of the fish industry in the context of food security of the Russian Federation"]. 2018. P. 66–72.

16. Velikanov N.L., Naumov V.A., Primak L.V., Akhmedov I.M. Ispytaniya prochnosti kanatov iz polimernykh materialov [Strength tests of ropes made of polymeric materials] *Mekhanizatsiya stroitelstva*, 2017. Vol. 78, № 4. P. 30–35.

17. Razhev A.O., Nedostup A.A., Lvova E.E. Arkhitektura apparatnoy chasti sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya orudiy promyshlennogo rybolovstva [Hardware architecture of the computer-aided design system for commercial fishing gear]. *Materialy 64-y Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, posvyashchennoy 90-letnemu yubileyu so dnya obrazovaniya Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta materialy (tez. dokl., sb. st.)* [Materials of the 64th International Scientific Conference of the Astrakhan State Technical University, dedicated to the 90th anniversary of the founding of the Astrakhan State Technical University]. Astrakhan': Izd-vo AGTU, 2020, available at: <http://www.astu.org/Uploads/files/izdatelstvo/64> (Accessed 18 January 2022).

Информация об авторах

А.А. Недоступ – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства;

А.О. Ражев – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;

П.В. Насенков – заведующий УИЛ САПР техники промышленного рыболовства;

К.В. Коновалова – аспирант кафедры промышленного рыболовства.

Information about the authors

A.A. Nedostup – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Commercial Fisheries;

A.O. Razhev – PhD in Engineering Sciences, Leading Researcher;

P.V. Nasenkov – Head of the ERL of CAD Commercial Fisheries Technology Fishing Equipment;

K.V. Konovalova – Postgraduate Student of the Department of Commercial Fisheries.

Статья поступила в редакцию 07.04.2023; одобрена после рецензирования 07.09.2023; принята к публикации 27.09.2023.

The article was submitted 07.04.2023; approved after reviewing 07.09.2023; accepted for publication 27.09.2023.