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

На правах рукописи

КОНОВАЛОВА КАРИНА ВИТАЛЬЕВНА

МЕХАНИКА ЯЧЕИ ДЕЛИ ТРАЛОВЫХ МЕШКОВ

4.2.6 Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель

кандидат технических наук,

доцент Недоступ Александр Алексеевич

Калининград 2025

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Обзор исследований механики ячеи дели траловых мешков	10
Вывод по главе 1	21
Глава 2. Исследование изгибной жесткости рыболовных материалов	22
2.1 Жесткость рыболовных материалов	22
2.2 Выбор экспериментальных образцов	34
2.2.1 Экспериментальные исследование образцов	37
2.3 Экспериментальное исследование изгибной жесткости рыболовных	
материалов	43
2.4 Прогнозирование жесткости крученых рыболовных материалов	50
Выводы по главе 2	54
Глава 3 Программный продукт для прогнозирования свойств синтетических	X
шнуров	56
3.1 Алгоритм расчета свойств синтетических шнуров	56
3.2 Функциональные испытания программного продукта для	
прогнозирования свойств синтетических шнуров	62
Вывод по главе 3	68
Глава 4 Моделирование формы элементарной ячеи Т90	70
4.1 Математическое моделирование формы элементарной ячеи Т90	70
4.2 Программный продукт для расчета формы элементарной ячеи Т90	77
Выводы по главе 4	83
Глава 5 Моделирование траловых мешков с делью Т0 и Т90	84
5.1 Оценка сопротивления траловых мешков с делью Т0, Т90	84
5.2 Эмпирический коэффициент траловых мешков с делью Т0, Т90	93
Выводы по главе 5	97
Практические рекомендации	98
Заключение 1	01
Список используемой литературы 1	04
Приложение А Экспериментальные данные образцов 1	13

Приложение Б Координаты точек, полученные экспериментальным путем 1	.22
Приложение В Экспериментальное значение изгибной жесткости 1	.52
Приложение Г Акт внедрения полученных результатов 1	.62
Приложение Д Свидетельство о государственной регистрации программы	
для ЭВМ 1	.64

Введение

Актуальность темы исследования. Актуальность диссертации состоит в исследовании механики ячеи дели траловых мешков. Траловый мешок служит для аккумулирования улова. При обосновании выбора тралового мешка необходимо учитывать факторы, которые оказывают влияние на его форму: материал, длина, количество ячей и пластей, форма ячеи. Селективность тралового мешка зависит от формы ячеи его дели, при этом существует связь и с формой (периметром) тела рыбы. По мере накопления улова в мешке стандартная ячея (T0) начинает затягиваться и закрываться – это снижает способность непромысловым рыбам и прилову использовать ячеи дели для выхода. Ячея дели T90 (T0 повернутая на 90°) способствует уменьшению прилова молоди и сохранению цилиндрической формы тралового мешка в процессе траления, тем самым уменьшают сопротивление. Элементарная ячея с точки зрения механики представляет собой закрепленные концами в узлах гибкие нити, в которых в качестве расчетной модели нужно исследовать нить конечной жесткости, т. е. учитывать деформацию изгиба, от которой зависит форма ячеи.

Вопросы изучения гибкой нити в промышленном рыболовстве привлекли внимание многих ученых: Баранов Ф.И. (1948), Фридман А.Л. (1967, 1981), Стрекалов В.Н. (1969, 1977), Меркин Д.Р. (1980), Розенштейн М.М. (2000).

Анализ научных работ российских и зарубежных авторов (Коротков В.К (1999), O'Neill (2017), Wienbeck H.И., Herrmann, B., (2011), Moderhak W. (2003), Priour D. (2011)) показал, что все исследователи не учитывают изгибную жесткость элементарной ромбической ячеи T0 и T90, тем самым авторы рассматривают простые схематизации элементарной ячеи (без учета изгибной жесткости), которые масштабируются на всю конструкцию тралового мешка, что всет к неточностям в расчетах и неверному обоснованию его раскрытия.

Степень разработанности темы исследования. Среди отечественных ученых изучением траловых мешков занимались: Шевченко А.И. (1968, 1970), Гюльбадамов С.Б. (1959), Трещев А.И. (1974), Коротков В.К. (1976, 1999), Болотов В.М. (1999), Толмачев В.И. (1964, 1968), Шевцов С.Е. (1977), Денисов Л.И. (1966).

Советский ученый Коротков В.К., считая, что селективные качества тралов отражаются в селективных свойствах тралового мешка, изучал создание различных конструкций тралового мешка и специальных селективных устройств, используемых в орудиях лова. Неоценимый вклад для обеспечения селективности траловых мешков с точки зрения механики ячеи дели внесли ученые зарубежных стран (Германии, Польши, Дании, Норвегии, Испании): O`Neill (1997, 2017), Bayse S.M. (2016), Herrmann B., (2006, 2009), Moderhak W. (2003), Priour, D. (2011).

На основание работ ученых можно сделать вывод, что при расчете ячеи дели траловых мешков не учитывается одно из главных физико-механических свойств рыболовных материалов – изгибная жесткость.

Цели и задачи. Целью диссертационной работы является исследование механики ячеи дели траловых мешков.

В соответствии с целью исследования в работе поставлены следующие задачи:

— разработать методику расчета изгибной жесткости веревок, ниток и шнуров, из которых изготовлена элементарная ромбическая ячея;

— провести экспериментальные исследования изгибной жесткости крученых веревок, ниток и шнуров;

— разработать математическую модель и алгоритм расчета изгибной жесткости синтетических шнуров;

 — создать компьютерную программу на основании проведенных экспериментов, способную визуализировать процессы, проходящие с синтетическими шнурами в момент изгиба;

— разработать математическую модель и алгоритм расчета элементарной ромбической ячеи T90 с учетом изгибной жесткости;

— создать компьютерную программу, способную визуализировать форму ячеи T90 тралового мешка;

провести эксперименты с траловыми мешками, изготовленными из дели
 Т0 и Т90, и разработать математическую модель по определению
 гидродинамического коэффициента сопротивления.

Научная новизна работы. В ходе диссертационного исследования была определена зависимость изменения формы ячеи дели траловых мешков от изгибной жесткости.

В результате исследования впервые:

— разработана единая методика расчета изгибной жесткости веревок, ниток и шнуров, из которых изготовлена элементарная ромбическая ячея;

— разработана математическая модель и алгоритм расчета элементарной ромбической ячеи T90 с учетом изгибной жесткости;

— создана компьютерная программа, способная визуализировать процессы, проходящие с синтетическими шнурами в момент изгиба;

— разработана математическая модель и алгоритм расчета элементарной ромбической ячеи T90 с учетом изгибной жесткости;

— созданы компьютерные программы, способные визуализировать форму ячеи Т90 тралового мешка.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы состоит в исследовании изменения формы ячеи дели траловых мешков с точки зрения сопротивления анизотропных рыболовных материалов.

работы состоит Практическая значимость В TOM, что на стадии проектирования траловых мешков становится возможным задавать форму ячеи с рыболовного учетом изгибной жесткости материала облавливания ДЛЯ гидробионтов, которые имеют соответствующий периметр тела рыбы.

Методология и методы исследования. В диссертационном исследовании применялись: анализ технической литературы и нормативной документации; натурные эксперименты; эмпирические методы (экспериментальные

6

исследования физических моделей траловых мешков в гидроканале ООО моделирование «Фишеринг Сервис»); математическое И имитационное моделирование на компьютере использованием специализированных С программных продуктов. В процессе обработки статистических данных и результатов экспериментальных исследований использовалось программное обеспечение Microsoft Excel. Выполнение математического моделирования выполнялось с использованием ПО MathCad. ПО «Моделирование изгиба крученых рыболовных ниток, веревок и канатов» (Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ №2020612966 (06 марта 2020 г.).

Положения, выносимые на защиту:

— методика расчета изгибной жесткости веревок, ниток и шнуров, из которых изготовлена элементарная ромбическая ячея;

— математическая модель и алгоритм расчета изгибной жесткости рыболовных синтетических материалов;

— компьютерная программа, способная визуализировать процессы, происходящие с синтетическими шнурами в момент изгиба;

— математическая модель и алгоритм расчета элементарной ромбической ячеи T90 с учетом изгибной жесткости;

 — компьютерные программы, способные визуализировать форму ячеи Т90 тралового мешка;

— математическая модель по определению гидродинамического коэффициента сопротивления траловых мешков с делью Т0 и Т90.

Степень достоверности и апробации результатов. Степень достоверности полученных результатов подтверждена повторностью проведенных опытов, обработкой результатов исследований с применением статистических и математических методов анализа.

Основные результаты и положения диссертации ежегодно докладывались на расширенных заседаниях кафедры промышленного рыболовства, представлялись на Международном Балтийском морском форуме, «Морская техника и

технологии. Безопасность морской индустрии» секции «Промышленное Рыболовство», г. Калининград; Международный рыбопромышленный форум 2023: Открытый разговор «Смотрим за горизонт», г. Санкт-Петербург.

Исследования рамках госбюджетных кафедры проводились В НИР промышленного рыболовства, а также при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Калининградской области в рамках научного проекта № 19-48-390004 «Разработка физических, математических и имитационных моделей технологий управления траловым комплексом при сложных комбинированных нагружениях и больших формоизменениях траловых конструкций», ГБ НИР КГТУ № 03/2024 «Разработка физических, математических и предсказательных эксплуатации донного и разноглубинного моделей процессов траловых комплексов» и ФСИ по программе «УМНИК» по теме «Разработка программного продукта проектирования новых синтетических шнуров орудий для промышленного рыболовства и швартовых» в рамках договора № 16959гу/2021от 09.06.2021г. РНФ 25-21-00008 «Физическое, математическое и компьютерное моделирование сетных инженерных конструкций с учетом внешних факторов воздействия».

Личное участие автора. В 2021–2024 гг. автором сформулированы цели и задачи исследования, разработана методика определения изгибной жесткости рыболовных материалов, проведены экспериментальные исследования изгибной жесткости, разработана математическая модель и алгоритм расчета изгибной жесткости рыболовных материалов, на основании проведенных экспериментов разработана компьютерная программа, способная визуализировать процессы, проходящие с синтетическими шнурами в момент изгиба, разработан алгоритм расчета элементарной ромбической ячеи Т90 с учетом изгибной жесткости, проведены натурные и модельные эксперименты с траловыми мешками, изготовленными из дели Т0 и Т90, подготовлены соответствующие научные материалы для научно-технических конференций и публикации в научных трудах и журналах, написана диссертация на тему «Механика ячеи дели траловых мешков». Публикации. По теме диссертации опубликовано 19 печатных работ, в том числе 6 – в изданиях из перечня Российских рецензируемых научных журналов ВАК Минобрнауки России, 3 – Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит: введения, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем работы составляет 169 страниц машинописного текста, 60 рисунков, 23 таблиц, 5 приложений. Список использованных источников состоит из 111 наименований, из которых 35 принадлежат иностранным авторам.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность своему научному руководителю к.т.н., доценту, заведующему кафедрой промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «КГТУ» Недоступу Александру Алексеевичу за неоценимую помощь и поддержку на всех этапах подготовки диссертационной работы.

Большая благодарность д.т.н., профессору кафедры техносферной безопасности и природообустройства Наумову В.А. за помощь в части математической обработке экспериментальных данных.

Благодарность директору компании ООО «Фишеринг-Сервис» Федорову А.Н. за предоставление гидроканала.

Глава 1. Обзор исследований механики ячеи дели траловых мешков

Современные рыболовные тралы являются сложными инженерными сооружениями, которые в общем виде представляют собой канатно-сетные оболочки, буксируемые с помощью судна. Мировая статистика содержит сведения о том, что на их долю приходится более 70 % от общего вылова гидробионтов [1].

По способу применения тралы подразделяются на две основные группы – разноглубинные (рисунок 1) и донные (рисунок 2), в последней группе иногда выделяют придонные тралы.

Донные тралы предназначены для добычи (вылова) гидробионтов, обитающих на дне водоема и в непосредственной близости от него, придонные – только находящихся в непосредственной близости от грунта, разноглубинные – в толще воды.



Рисунок 1 – Лов разноглубинным тралом: 1 – промысловое судно (траулер); 2 – ваера; 3 – траловые доски; 4 – кабели; 5 – верхняя подбора трала с гидродинамическими щитками; 6 – разноглубинный трал



Рисунок 2 – Трал донный: 1 – ваер; 2 – траловая доска; 3 – кабель; 4 – нижняя подбора; 5 – бобинцы грунтропа; 6 – кухтыль, поплавок; 7 – верхняя подбора; 8 – сетная часть трала

Конструктивно разноглубинный трал имеет три части: канатную, канатносетную и траловый мешок, а донный: сетную и траловый мешок (рисунок 3).



Рисунок 3 – Траловый мешок

Траловые мешки состоят: из рубашки, шаг ячеи которой устанавливается правилами рыболовства или конвенциями того, или иного района промысла; самого тралового мешка, ячея которого больше шага ячеи рубашки в два, три или четыре раза, причем кратно, как правило, выбирается дель с большим диаметром и она может состоять из двух веревок.

Для прочности поверх мешка сооружают каркас, который изготавливается из канатов. В некоторых случаях в прибрежном рыболовстве и во внутренних водах используют только мешок без рубашки и каркаса, при этом сам мешок выполняет облов гидробионтов несколько функций: В соответствии с правилами рыболовства и удержание улова. Такие траловые мешки применяются в научных облове (Coregonus albula) целях при ряпушки в Виштынецком 03. Калининградской области.

Траловые мешки изготавливаются из дели. Дель представляет собой разновидность сетного полотна, применяемого для производства отцеживающих орудий лова, изготовленных из рыболовных материалов (нитей, веревок, канатов и шнуров), диаметр которых в соотношении к размеру ячеи больше 0,01 (*d/a*>0,01). Материал, из которого изготавливаются траловые мешки разнообразен, это может быть полиамид, полиэтилен, полиэфир и прочие синтетические материалы и смешенный материал волокон.

Селективность дели зависит от формы ячеи, при этом существует связь и с формой тела рыбы. По мере накопления улова в мешке стандартная ячея (T0) начинает затягиваться и закрываться – это снижает способность непромысловым рыбам и прилову использовать ячеи дели для выхода.

Квадратная ячея дели Т45 (Т0 повернутая на 45°) и ячея дели Т90 (Т0 повернутая на 90°) под натяжением практически не закрывается, что способствует уменьшению прилова молоди и сохранению цилиндрической формы тралового мешка в процессе траления (рисунок 4).



Рисунок 4 – Дели с различной ориентацией ячеи Т0 и Т90

Большинство исследований траловых мешков посвящены их селективным свойствам [2–7]. В статьях [8–16] рассматривается селективность траловых мешков по отношению к камбале, треске, морскому окуню, пикше, салаке (балтийской сельди), скумбрии. проведении работ хеку, ставриде, При использовались различные методы исследований: мелкоячейных покрытий, траловые мешки, чередующие параллельные раздвоенные И траления. Преимущества и недостатки перечисленных методов описаны указанными выше исследователями.

Например, при промысле трески Баренцева моря в траловом мешке рекомендуется использовать селективные устройства норвежского типа, изготовленные из металлических решёток, а в Балтийском море – делать «окна выхода» или применять в нижней части тралового мешка сетные решетки с квадратной формой ячеи.

С целью получения информации о работе различных селективных устройств и поведения трески относительно их в типовом мешке, на немецком судне «Solea» специалистами НПО промрыболовства Коротковым В.К. и Курляндским Ю.М. совместно со специалистами Гамбургского института рыболовной техники Отто Габриелем и Клаусом Ланге, были проведены испытания селективных устройств частного типа, при лове трески в Балтийском море [11].

В качестве орудия лова использовался донный 48-метровый трал немецкой конструкции, к которому присоединялись траловые мешки с разными селективными устройствами (рисунок 5).

а) траловый мешок длиною 13,0 м, изготовленный из полиамидной (нейлон) нити, с внутренним размером ячеи 105,0 мм. В начале цилиндрической части мешка устанавливаем коническо-цилиндрические вставки из полиэтиленовой дели с квадратной формой ячеи размером 60 х 60 мм (конструкция ИРГ);

б) траловый мешок длиною 13,0 м изготовлен из капроновой дели с внутренним размером ячей 105,0 мм. В начале цилиндрической части мешка устанавливаются селективные устройства типа норвежского, но с использованием гибких решёток (конструкция из МаринНПО);

13

в) траловый мешок изготовлен из полиамидной нити с внутренним размером ячеи 120,0 мм (конструкции ИРГ), без селективного устройства.



Рисунок 5 – Схемы селективных траловых мешков: а – немецкий мешок «Бакома»; б – польский мешок с поворотом ячей на 90°; в – селективное устройство «МариНПО»

В процессе проведения серии тралений весь улов в траловом мешке подвергался промеру, взвешиванию и определялась общая длина рыб.

За поведением рыб в трале, процессом выхода их сквозь ячеи селективных устройств осуществлялись визуальные подводные наблюдения.

В рамках продолжающегося сотрудничества между Польшей и Германией в марте/апреле 2008 года на борту судна «Solea» были проведены 46 морских испытаний со стандартным донным тралом и различными мешками. Параметры селективности трески трех различных мешков были оценены и сравнены с мешком Васота.

Соответствующие параметры селективности показали очень небольшие различия между всеми мешками: различия составили 1,9 см для среднего значения L50 (длина рыб, которые отсеиваются из трала на 50%) и 1,0 см для

среднего диапазона отбора. Среднее различие в L50 между мешками из полиамида и полиэтилена T90 составило 1,3 см. Более того, L50 показал небольшую разницу в отношении общего улова за траление. Второе испытание было проведено в сентябре/октябре 2008. Параметры селективности трески были определены для четырех различных мешков, изготовленных из сетчатого материала Dyneema в версиях T0 и T90 с использованием одинарной и двойной делью с толщиной d=2,5 мм. Мешки Dyneema сравнивались с полиэтиленовым мешком T90 (Euroline), изготовленным из одинарной дели с диаметром 5,0 мм.

Параметры селективности для мешков Dyneema T90 показали значительно более высокие L50 и факторы отбора, чем у версий T0 и мешка из полиэтиленовой дели T90. Эти результаты демонстрируют улучшенную селективность трески даже для протестированных мешков T0. По сравнению с T0 мешки T90 (одинарная дель) демонстрируют значительное снижение с 26 % до 1 % уровня прилова маломерной трески и более высокие показатели выпуска товарной трески с 24 до 61% при использовании обязательного размера ячеек 110 мм. Треска больше 38 см составляет менее 10% улова. Для получения результатов селективности, сопоставимых с мешком Васота, отверстие ячейки должно быть уменьшено до 105 мм при промысле трески при использовании мешка T90 Dyneema.

Для теоретического анализа селективных свойств ячеи многие ученые изучали механику прохождения рыб сквозь ячею [3, 17, 18]. Авторы этих работ говорят, что соответствие формы ячеи поперечному сечению тела рыбы повышает селективные свойства дели. Толмачев В.И. в своей работе [19] рассматривает прохождение рыбы через ячею, как процесс взаимодействия сил от натяжения ячеи и тела рыбы.

В статье «Теоретический подход к селективности траловых мешков» Moderhak W. [20] приводит сравнение формы ячей с формой сечения тела рыбы и показывает, что самая длинная треска, форма которой наилучшим образом соответствует форме ячеи, может выскользнуть только из повернутых ячей без сдавливания (рисунок 6). Это показывает, что даже элементарная ромбическая ячея, повернутая на 45°, имеет худшие селективные свойства, чем T90.



Рисунок 6 – Сравнение формы ячеи и поперечного сечения трески: а – «вертикального»; б – «горизонтальное»

Как упоминалось выше, селективные свойства сети можно оценить путем сравнения наибольшего поперечного сечения рыбы с формой открытой ячеи. Этот метод апробирован на балтийской треске. Максимальная высота, ширина и обхват линейно зависят от длины трески. Коэффициенты корреляции очень высокие и составляют от 0,989 до 0,999. Это означает, что регрессионные зависимости очень хорошо описывают фактические размеры тела трески.

Форма трески и соответствующий обхват хорошо представлены эллипсом с полуосью, равной половине высоты и ширины отобранной рыбы. Ученые очень часто делают это предположение [21] и гарантируют минимальную погрешность в оценках обхвата трески. Это было подтверждено с другими видами круглой рыбы [22]. Доказано, что соотношение высоты трески к ширине колеблется от 1,2 до 1,4. Расчетное среднее отношение составляет 1,32, и это значение использовалось для оценки селективности.

Исследования по изменению рабочей формы ячеи тралового мешка в процессе его буксировки и наполнения его рыбой, а также выявления влияния указанных факторов на селективность проводили: Гюльбадамов С.Б. [23], Денисов Л.И. [24], Шевченко А.И. [25], и др. На основе анализа полученных материалов делается вывод о значительном изменении формы ячеи в процессе траления и о влиянии этого фактора на селективность. Стоит отметить, что авторами количественные зависимости в статьях не приводятся. Испытания, проведенные в Дании в 2000 году [26], показали, что форма ячеи в траловом мешке в значительной степени зависит от улова, а также от жесткости самого материала.

На рисунке 7 показано, как улов оказывает влияние на форму тралового мешка: в верхней части рисунка траловый мешок с уловом 40,0 кг, в нижней – с уловом 300,0 кг.



Рисунок 7 – Траловые мешки с уловом: а – траловый мешок с уловом 40,0 кг; б – траловый мешок с уловом 300,0 кг. Слева мешки с небольшой жесткостью, а справа жесткость сетки больше

Траловый мешок в левой части изготовлен из дели с низкой жесткостью, справа – с высокой. Такое влияние на форму оказывает также влияние на селективность тралового мешка: чем меньше диаметр улова, тем меньше отверстие ячеи и размер рыбы.

Анализу влияния материала, из которого изготавливаются траловые мешки, посвящено большое количество исследований, благодаря которым были получены значения коэффициентов селективности, при этом их величина для различных материалов отличается на 15–20 %.

Влияние диаметра нитей на отбирающую способность траловых мешков установлено Трещевым А.И. [3] и Шевцовым С.Е. [27]. Они выявили обратную зависимость между толщиной нитей и селективными свойствами траловых мешков, и прямую – между диаметром нитей и приловом рыб непромысловой длины. Graham M. [28], Трещев А.И. [3] и другие ученые отмечают, что шероховатое сетное полотно препятствует отсеву рыб.

Также было проведено много иностранных исследований для улучшения селективных свойств тралов, с упором на модификации мешка. За последние несколько десятилетий изучалось влияние размера ячей, толщины веревок [29], окружности мешка [30], ориентации ячеи [31] и безузловой сети [32]. Методологии варьировались от моделирования вычислительной гидродинамики [33–35] до наблюдений в море [36, 37]. Область науки расширилась так быстро, что теперь доступно несколько обзоров по этой теме [39–40].

Одной из областей, которая получила лишь скромное исследование, является эмпирическое наблюдение за гидродинамикой мешка. Понимание того, как вода движется через мешок трала в ответ на устройства для сокращения прилова, является ключом к эффективной работе рыболовства [41].

Многие отечественные ученые также изучали гидродинамические поля и их влияние на формирование улова [42–46]. Было установлено наличие значительного подпора, создаваемого тралом и снижение скорости потока внутри мешка [47, 48].

Гидродинамические характеристики трала будут влиять на форму ячей и его раскрытие [49]. Скорость воды также влияет на поведение рыбы при плавании, что влияет на селективность тралового мешка [50].

Измерение скорости воды, поля потока, раскрытия ячеек и динамики мешка значительно проще в контролируемых условиях лабораторной установки. Мадсен и др. [51] задокументировали поведение мешка T0, T90 и Васота в лотковом резервуаре.

Бухубейни и др. [52] использовали метод измерения скорости изображения частиц (PIV) для записи поля потока мешка и его вихрей.

Изменение ориентации сетки является относительно простым и потенциальным способом улучшения селективности размеров тралов [53–57].

В ходе исследований [58] было выявлено, что степень раскрытия зависит от длины изделия, механических свойств материала, т. е. жесткости синтетического изделия.

На рисунке 8 представлены результаты расчета формы ячеи для заданных параметров. Здесь очевидно влияние жесткости материала на возможность его изгиба. При скорости потока 1 м/с наименьший изгиб проявлялся у материала с наивысшим модулем упругости и самым большим диаметром, в то время как наименьший был не у самого низкого модуля упругости и диаметра. Это не так уж и очевидно, поскольку, если предположить, что «б» изготовлен из полиэтилена с тем же модулем упругости, что и «в», то его изгиб будет меньше, чем «а».

Значения модуля упругости и диаметр для трех типов полиэтиленового шнура следующие:

а) 8,0 · 108 крученый – d = 4,43 мм,

б) 1,28 · 109 плетеный – d = 3,55 мм,

в) 1,90 · 109 плетеный – d = 4,6 мм.



Рисунок 8 – Результаты расчета формы шага ячеи для трех разных делей:

P = const и M = const

По графику становится заметна взаимосвязь: если *EI* увеличивается, изгиб – уменьшается.

Траловый мешок является нитевидным изделием, основу которого составляют соединенные между собой гибкие нитевидные элементы: нитки, веревки, канаты и шнуры (рыболовные материалы).

Элементарная ячея с точки зрения механики представляет собой закрепленные концами в узлах гибкие нити, образуя переходы в виде провисающих нитей, В которых в качестве расчетной модели нужно рассматривать нить конечной жесткости, т. е. в случае для определения формы ячеи целесообразно знать изгибную жесткость (EI) рыболовных материалов, от которой зависит форма ячеи.

Вопросы изучения гибкой нити в промышленном рыболовстве привлекли внимание многих ученых: Баранов Ф.И. [59]; Фридман А.Л. [60, 61]; Стрекалов В.Н. [62, 63]; Меркин Д.Р. [64].

Некоторые вопросы расчета жесткостей уже решены и достаточно подробно изложены, например, в работе Герман Б.И. изучал жесткость сетного полотна в потоке [65].

Но несмотря на разнообразие представленных в литературе методик для расчета гибких нитей, они обычно не связаны между собой и используются для решения частных задач в связи с неполнотой исследования поперечной и изгибной жестокости, а также отсутствием экспериментальных данных для синтетических изделий. Например, в статьях «Критерии изгибной жесткости сетеснастных материалов при моделировании орудий лова» [66] и «О моделировании упругости канатов в динамических рыболовных системах» [63] при рассмотрении динамического подобия, также поднимается вопрос о проведении систематических опытов по изучению изгибной жесткости *EI*.

На основание этого было решено построить модель элементарной ромбической ячеи с учетом изгибной жесткости с целью использования в дальнейшем этих данных при проектировании орудий рыболовства.

Вывод по главе 1

Был проведен обзор исследований механики ячеи дели траловых мешков, который показал, что несмотря на разнообразие исследований, они обычно не связаны между собой и в большинстве работ рассматриваются простые схематизации элементарной ячеи (без учета изгибной жесткости), которые масштабируются на всю конструкцию тралового мешка, что ведет к неточностям в расчетах и неверному обоснованию его раскрытия. В ходе исследований было выявлено, что степень раскрытия ячеи зависит от длины изделия, механических свойств материала, т. е. жесткости синтетического изделия.

В соответствии с целью исследования в работе поставлены следующие задачи:

— разработать методику расчета изгибной жесткости веревок, ниток и шнуров, из которых изготовлена элементарная ромбическая ячея;

— провести экспериментальные исследования изгибной жесткости крученых веревок, ниток и шнуров;

— разработать математическую модель и алгоритм расчета изгибной жесткости синтетических шнуров;

 — создать компьютерную программу на основании проведенных экспериментов, способную визуализировать процессы, проходящие с синтетическими шнурами в момент изгиба;

— разработать математическую модель и алгоритм расчета элементарной ромбической ячеи T90 с учетом изгибной жесткости;

— создать компьютерную программу, способную визуализировать форму ячеи T90 тралового мешка;

провести эксперименты с траловыми мешками, изготовленными из дели
 Т0 и Т90, и разработать математическую модель по определению
 гидродинамического коэффициента сопротивления.

Глава 2. Исследование изгибной жесткости рыболовных материалов 2.1 Жесткость рыболовных материалов

Способность изделия сопротивляться изменению формы при действии внешней изгибающей силы называют изгибной жесткостью (*EI*), она равна произведению модуля упругости материала *E*, H/м² изделия на момент инерции сечения *I* изделия, который для цилиндрической гибкой нити выражается формулой:

$$I = \frac{\pi d^4}{64},\tag{1}$$

где *d* – диаметр изделия, м.

Помимо поперечной изгибной жесткости $EI_x = EI$ существуют: продольная жесткость EA (A – площадь поперечного сечения, м², принимаем за $A = \frac{\pi d^2}{4}$; E – модуль упругости, причем рыболовные материалы – анизотропные изделия); крутильная жесткость GI_p (G – модуль упругости при сдвиге; $I_p = \frac{\pi d^4}{32}$ – полярный момент инерции) [64, 67].

Рассмотрим материал, который подвергся продольному растяжению (рисунок 9). Изделие имеет до растяжения следующие параметры: l – длина, м (примем l = 1 км); T_n – линейная плотность, Текс; m – масса, г, а после растяжения: $l_1 = l + \Delta l$ – длина, где Δl – приращение длины, m – масса не изменяется (m = const) [68, 69].



Рисунок 9 – Рыболовный материал до растяжения (1) и после растяжения (2) Для постановки задачи исследования физико-механических свойств изделия необходимо определиться с величиной относительного удлинения *є*:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \qquad (2)$$
$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E},$$

где σ – напряжение рыболовного материала, H/м²;

Е – модуль упругости (модуль Юнга), Н/м².

Линейная плотность определяется исходя из выражения:

$$T_n = \frac{m}{l}.$$
(3)

В связи с тем, что при растяжении изделия изменилась его длина, а масса осталась прежней, его линейная плотность до растяжения и после него примет вид (допущение: масса участка Δl постоянна, длина (или диаметр) изменяется в каждом участке изделия равномерно):

$$T_n = \begin{cases} \frac{m}{l};\\ \frac{m - \Delta m}{l}, \end{cases}$$
(4)

где Δm – масса участка изделия длиной Δl , г;

 $\frac{m}{l}$ – до растяжения, г/км;

 $\frac{m-\Delta m}{l}$ – после растяжения, г/км.

Линейная плотность изделия после растяжения примет вид:

$$T_{n1} = T_n - \frac{m - \Delta m}{l},\tag{5}$$

где T_n – линейная плотность изделия до растяжения, Текс;

 T_{n1} – линейная плотность изделия после растяжения, Текс.

Представим Δm в виде:

$$\Delta m = \frac{\Delta l}{l + \Delta l} m, \tag{6}$$

тогда с учетом (6) выражение (5) представим в виде:

$$T_{n1} = T_n - \left(\frac{\Delta l}{l + \Delta l}m\right)\frac{1}{l} = T_n \left(1 - \frac{1}{\left(\frac{l + \Delta l}{\Delta l}\right)}\right).$$
(7)

Дробь $\frac{l+\Delta l}{\Delta l}$ в выражении (7) представим в виде:

$$\frac{l+\Delta l}{\Delta l} = \frac{l}{\Delta l} + 1 = \frac{1}{\varepsilon} + 1 = \frac{1+\varepsilon}{\varepsilon},$$

тогда выражение (7) будет иметь вид:

$$T_{n1} = T_n \left(1 - \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon} \right) = T_n \left(\frac{1}{1 + \varepsilon} \right).$$
(8)

Таким образом, линейная плотность рыболовных материалов изменяется (уменьшается) при возникновении растяжения.

Представим формулу (7) в виде:

$$l = \frac{m}{T_n} = const.$$
(9)

Формула (9) свидетельствует об изменении *m* пропорционально изменению *T_n*:

$$m_1 = m \left(1 - \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon} \right) = m \left(\frac{1}{1 + \varepsilon} \right), \tag{10}$$

где *m* – масса рыболовных материалов до растяжения, г;

 m_1 – масса рыболовных материалов после растяжения длиной *l*, г.

Таким образом, масса участка рыболовных материалов и его линейная плотность в процессе растяжения изменяются (уменьшаются) пропорционально отношению: $\left(\frac{1}{1+\epsilon}\right)$.

Запишем внешний объем рыболовных материалов:

$$V_{\rm BH} = \frac{mg}{\gamma_{\phi}} = \frac{\pi d^2}{4} l, \qquad (11)$$

где γ_{ϕ} – фиктивный объемный вес рыболовных материалов, вычисленный по внешнему ее объему, H/m^3 ;

d – диаметр рыболовных материалов (внешний), мм;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Исходя из выражения (11), определим d (при l = 1 км):

$$d = 2\sqrt{\frac{mg}{\pi l \gamma_{\phi}}} = 2\sqrt{\frac{T_n g 10^{-6}}{\pi \gamma_{\phi}}}.$$
 (12)

Представим фиктивный объемный вес в виде: $\gamma_{\phi} = \rho_{\phi}g$, где $\rho_{\phi} - \phi$ иктивная плотность рыболовных материалов, которая не зависит от наполненности рыболовных материалов воздухом. Измеряется в кг/м³.

Тогда выражение (12) будет следующим:

$$d = 2\sqrt{\frac{m}{\pi l \rho_{\phi}}} = 2 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{T_n}{\pi \rho_{\phi}}} \,. \tag{13}$$

Представим фиктивную плотность ρ_{ϕ} рыболовных материалов до растяжения, а также фиктивную плотность ρ_{ϕ^1} рыболовных материалов после растяжения в виде:

$$\rho_{\phi} = \frac{m}{V_{_{\rm BH}}},$$

$$\rho_{\phi 1} = \frac{m}{V_{_{\rm BH}1}},$$
(14)

где $V_{\rm BH1}$ – объем рыболовных материалов после растяжения, м³.

В процессе растяжения рыболовных материалов изменяется объем и фиктивная плотность $\rho_{\phi} \neq \text{const.}$

Выразим d из $V_{\rm BH}$ и приравняем его к (11):

$$d = 2\sqrt{\frac{V_{\text{\tiny BH}}}{\pi l}} = 2 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{T_n}{\pi \rho_{\phi}}}, \qquad (15)$$

$$\frac{V_{\rm BH}}{l} = 10^{-6} \frac{T_{\rm n}}{\rho_{\rm \phi}},\tag{16}$$

тогда определим из (16) ρ_{φ} :

$$\rho_{\phi} = 10^{-6} \frac{T_n l}{V_{_{\rm BH}}} \cong 1,27 \cdot 10^{-6} \frac{T_n}{d^2} \,. \tag{17}$$

Изменение фиктивной плотности изделия (m = const):

$$\frac{\rho_{\phi}}{\rho_{\phi^1}} = \frac{l}{l_1} \frac{d^2}{d_1^2} = \left(\frac{1}{1+\varepsilon}\right) \left(\frac{d}{d_1}\right)^2, \tag{18}$$

где *d*₁ – диаметр рыболовных материалов после растяжения, или изменение (уменьшение) диаметра рыболовных материалов во время растяжения, мм.

Выразим р – плотность материала, из которого изготовлены рыболовные материалы:

$$\rho = \frac{\rho_{\scriptscriptstyle B}}{1 - \frac{Q_{\scriptscriptstyle H}}{P_{\scriptscriptstyle H}}} = \rho_{\scriptscriptstyle B} \left(\frac{P_{\scriptscriptstyle H}}{P_{\scriptscriptstyle H} - Q_{\scriptscriptstyle H}} \right) = \rho_{\scriptscriptstyle B} \left(\frac{P_{\scriptscriptstyle H}}{F_{\scriptscriptstyle A}} \right), \tag{19}$$

где $\rho_{\scriptscriptstyle B}-$ плотность воды, кг/м³;

 Q_{H} – вес в воде рыболовных материалов, H;

 P_{H} – вес в воздухе рыболовных материалов, H;

*F*_A – гидростатическая сила (Архимедова сила), Н.

Допустим, что изменение плотности материала в каждом участке происходит равномерно, тогда

$$\frac{\rho_{\rm I}}{\rho} = \frac{P_{H1}}{P_{\rm H}} \frac{F_{A1}}{F_{A}} = \frac{V_{\rm w1}}{V_{\rm w}},\tag{20}$$

где ρ_1 – плотность рыболовных материалов в процессе растяжения, кг/м³;

 P_{H_1} – вес в воздухе рыболовных материалов в процессе растяжения, Н $(P_{H_1} = P_H);$

*F*_{*A1*} – гидростатическая сила в процессе растяжения, H;

 $V_{_{\rm H\,I}}$ – истинный объем рыболовных материалов после растяжения, м³.

В процессе растяжения рыболовных материалов примем ρ = const, тогда

$$\frac{\rho_1}{\rho} = 1. \tag{21}$$

Исходя из (20) получаем следующее выражение:

$$\frac{V_{_{\mathrm{H}1}}}{V_{_{\mathrm{H}}}} = \frac{\frac{\pi d_{_{\mathrm{B}1}}^2}{4} N_{_{\mathrm{B}}} l_1}{\frac{\pi d_{_{\mathrm{B}}}^2}{4} N_{_{\mathrm{B}}} l} = \frac{d_{_{\mathrm{B}1}}^2 l_1}{d_{_{\mathrm{B}}}^2 l} = \left(\frac{d_{_{\mathrm{B}1}}}{d_{_{\mathrm{B}}}}\right)^2 (1+\varepsilon) = 1, \qquad (22)$$

где N_в – количество волокон, шт.;

 $d_{\scriptscriptstyle\rm B}-$ диаметр волокна рыболовных материалов, мм;

 $d_{\scriptscriptstyle\rm Bl}-$ диаметр волокна после растяжения рыболовных материалов, мм.

В процессе растяжения объем волокна не меняется, т. е. $V_{\mu 1} = V_{\mu}$, из (22) получаем:

$$\frac{d_{\rm B1}}{d_{\rm B}} = \sqrt{\frac{1}{1+\varepsilon}},\tag{23}$$

тогда

$$\frac{\rho_{\phi 1}}{\rho_{\phi}} = \left(\frac{1}{1+\varepsilon}\right) \left(\frac{d}{d_{1}}\right)^{2} \\ \frac{\rho_{1}}{\rho} = \left(\frac{1}{1+\varepsilon}\right) \left(\frac{d_{B}}{d_{B1}}\right)^{2} = 1 \right\}, \qquad (24)$$

$$\frac{\rho_{\phi 1}}{\rho_{\phi}} = \left(\frac{d_{\text{B1}}}{d_{\text{B}}}\right)^2 \left(\frac{d}{d_1}\right)^2 = \left(\frac{1}{1+\varepsilon}\right) \left(\frac{d}{d_1}\right)^2 = \left(\frac{d_{\text{B1}}}{d_1}\right)^2 \left(\frac{d}{d_{\text{B1}}}\right)^2.$$
(25)

Коэффициент Пуассона для материала представим в виде:

$$\mu = -\frac{\Delta d_{\rm B}}{d_{\rm B}} \frac{l}{\Delta l} = \frac{\varepsilon_{\rm p}}{\varepsilon} = -\frac{(d_{\rm B1} - d_{\rm B})}{d_{\rm B}} \frac{l}{\Delta l} = \left(1 - \sqrt{\frac{1}{1 + \varepsilon}}\right) \frac{1}{\varepsilon},\tag{26}$$

где ε_p – относительная поперечная деформация материала, которая определяется следующим образом:

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta d_{\scriptscriptstyle \rm B}}{d_{\scriptscriptstyle \rm B}},\tag{27}$$

где $\Delta d_{\rm B}$ – изменение диаметра волокна рыболовных материалов во время растяжения до момента разрыва, мм.

Коэффициент Пуассона для волокна изделия остается постоянным, а фиктивный коэффициент Пуассона изделия μ_{ϕ} будет равен:

$$\mu_{\phi} = -\frac{\Delta d}{d} \frac{l}{\Delta l} = -\frac{(d_1 - d)}{d} \frac{l}{\Delta l} = \left(1 - \frac{d_1}{d}\right) \frac{l}{\Delta l}.$$
(28)

Напряжение в изделии определяется по выражению:

$$\sigma = \frac{T}{A} = \frac{4T}{\pi d^2},\tag{29}$$

где *T* – сила, растягивающая рыболовные материалы, H;

А – площадь поперечного сечения рыболовных материалов, м².

Изменение напряжения определим через соотношение (переход к безразмерным параметрам):

$$\frac{\sigma}{\sigma_1} = \frac{T}{T_1} \left(\frac{d_1}{d}\right)^2,\tag{30}$$

где *T*₁ – разрывное усилие до момента разрыва, H.

Исходя из (30) получаем выражение в виде:

$$\frac{\Sigma\sigma_{_{\mathrm{B}1}}}{\Sigma\sigma_{_{\mathrm{B}}}} = \Sigma\left(\frac{\sigma_{_{\mathrm{B}1}}}{\sigma_{_{\mathrm{B}}}}\right) = \frac{\left(\frac{\Sigma T_{_{\mathrm{B}1}}}{\Sigma A_{_{\mathrm{B}1}}}\right)}{\left(\frac{\Sigma T_{_{\mathrm{B}}}}{\Sigma A_{_{\mathrm{B}}}}\right)} = \Sigma\left(\frac{T_{_{\mathrm{B}1}}}{T_{_{\mathrm{B}}}}\frac{d_{_{\mathrm{B}1}}^{2}}{d_{_{\mathrm{B}1}}^{2}}\right),$$
(31)

где $\sigma_{_B}$ – напряжение в волокне, H/м²;

 $\sigma_{_{B1}}-$ изменение напряжения в волокне, $H/{\mbox{\scriptsize M}}^2;$

*T*_в – сила, растягивающая волокно, H;

 $A_{\rm B}$ – площадь сечения волокна, м²;

*T*_{в1}- разрывное усилие до момента разрыва волокна, H;

 $A_{_{\rm B1}}$ - изменение в площади сечения волокна, м².

$$\frac{\sigma_{_{\rm B1}}}{\sigma_{_{\rm B}}} = \frac{T_{_{\rm B1}}}{T_{_{\rm B}}} (1+\varepsilon), \qquad (32)$$

Запишем выражение (27) как:

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta d}{d} = \frac{d - d_1}{d} = 1 - \frac{d_1}{d}.$$
(33)

Тогда коэффициент Пуассона представим в виде:

$$\mu = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon}.$$
(34)

Отсюда следует, что коэффициент Пуассона является постоянной величиной для одного материала.

Введем коэффициент упругости рыболовных материалов:

$$k_{\rm ynp} = \frac{1}{E} \tag{35}$$

На сегодняшний день для определения модуля упругости каната в расчетах можно использовать формулы из [70] (заимствовано у стальных канатов).

Условный модуль упругости определяется по формуле:

$$E_{\rm yc} = \frac{T_1}{\varepsilon A}.$$
(36)

Исследованиями установлено [71], что модуль продольной упругости стального каната в целом ниже модуля упругости материала проволок (на 61– 88 %). На практике часто пользуются усредненными значениями E_{yc} (для стальных тросовых канатов):

$$E_{\rm yc} = E_p \cos^4 \alpha_1 \cos^4 \beta_1, \tag{37}$$

где E_p – модуль упругости стальной канатной проволоки, H/м²;

 $\alpha_{_1}, \beta_{_1} -$ углы свивки слоев каната.

Для спиральных стальных канатов из круглых проволок:

$$E_{\rm yc} = E_p \cos^4 \alpha_1. \tag{38}$$

Жесткостью рыболовных материалов (C_*) называют произведение поперечного сечения профиля (A_c) на модуль упругости E_{yc} :

$$C_{\rm *} = A_{\rm c} E_{\rm yc}.$$
(39)

Приравняем в выражениях (36) и (39) E_{yc} :

$$\frac{T_1}{\varepsilon A} = \frac{C_{\star}}{A} \to \varepsilon = \frac{T_1}{C_{\star}}.$$
(40)

Формулы (37) и (38) дают весьма приближенные значения модуля упругости и отражают лишь тот факт, что с уменьшением углов свивки модуль упругости каната снижается [70].

Большое число факторов, одновременно влияющих на упругие свойства канатов и находящихся в сложном взаимодействии, не позволяет точно определить величину модуля упругости. К тому же величины модуля упругости канатов существенно отличаются в зависимости: от конструкции каната, вида нагрузки (статическая или динамическая), времени эксплуатации, величины напряжений, вида нагружения (увеличение или уменьшение нагрузки) и других факторов. Модули упругости канатов одной конструкции, определенные по одной и той же методике, могут отличаться.

В этой связи с этим воспользоваться данными по изгибной, продольной и крутильной жесткости стальных канатов не представляется возможным.

На основании методики Соколова Ю.Ф., Пахнова М.Н. и Вощанкина А.И. «Методика оценки жесткости канатов» [72] были определены отношения изгибной жесткости к продольной жесткости:

$$\theta = \frac{EI}{EA} = \frac{I}{A} = \frac{d^2}{16},\tag{41}$$

где θ – отношение изгибной жесткости к продольной жесткости;

$$\theta_{_{\rm 3KC}} = \frac{EI_{_{\rm 3KC}}}{EA},\tag{42}$$

где $\theta_{_{3kc}}$ – экспериментальные значения отношения изгибной жесткости к продольной;

*EI*_{экс} – экспериментальные значения изгибной жесткости, Hм².

На основании (41) и (23) получаем значение θ , мм²:

$$\theta = \frac{d^2}{16} \left(\frac{1}{1+\varepsilon} \right). \tag{43}$$

На основании (43) возможно оценить жесткость рыболовных материалов.

Угол кручения φ при нагрузке обеспечивается раскручиванием изделий. Его величина определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{M_k L}{GI_p},\tag{44}$$

где *M*_{*k*} – крутящий момент.

Модуль упругости при сдвиге G определяется выражением:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)},\tag{45}$$

тогда крутильная жесткость GI_p равна:

$$GI_p = \frac{EI_p}{2(1+\mu)},\tag{46}$$

а безразмерная комбинация отношения изгибной жесткости к крутильной жесткости, с учетом (26):

$$\upsilon = \frac{EI}{GI_p} = 2\frac{I}{I_p}(1+\mu) = 1 + \left(1 - \sqrt{\frac{1}{1+\varepsilon}}\right)\frac{1}{\varepsilon}.$$
(47)

2.2 Выбор экспериментальных образцов

Все рыболовные изделия, изготовленные из синтетических волокон, условно можно разделить и подробно рассмотреть, используя классификацию нитевидных материалов.

Изделия подразделяют на крученые (нити, веревки, канаты) и плетеные (шнуры, канаты).

В свою очередь они классифицируются по:

- а) диаметру:
 - нить с диаметром до 3,0 мм;
 - веревка с диаметром от 3,1 до 8,0 мм;
 - канат с диаметром от 8,0 мм;
 - шнуры от 2,0 мм до 10,0 мм;
- б) виду сырья, применяемого в промышленном рыболовстве:

— натуральные: хлопок, лен, пенька и др.;

- синтетические: полиамид, полиэфир и др.;
- в) способу изготовления:
 - однокруточные;
 - двухкруточные;
 - трехкруточные;
- г) виду переплетения (плетеные):
 - одна под одну;
 - одна под две;
 - две под две;
- д) наличию сердечника (плетеные):
 - с сердечником;

— без сердечника;

е) виду текстильных нитей из:

— мононитей. Мононить – одиночная нить с диаметром от 0,1 до 5,0 мм, которую невозможно разделить вдоль;

— пленочных нитей. Пленочная нить – плоская комплексная нить;

— пряжи. Пряжа – это нить, скрученная из волокон ограниченной длины от 20 до 2000 мм;

— комплексных нитей. Она состоит из скрученных волокон. Чаще всего толщина волокон составляет 10,0–70,0 мкм при количестве от 10 до 280 шт.;

ж) способу отделки:

— отделанные (крашеные, пропитанные);

— неотделанные;

з) направлению крутки:

— крутки S левой;

— крутки Z правой [73].

В настоящее время основным применяемым сырьем в промышленном рыболовстве является синтетическое волокно.

Синтетические волокна производят из искусственно синтезированных полимеров, химический состав и строение которых могут изменяться в больших пределах.

Это обеспечивает возможность создания волокон с разными физическими и химическими свойствами, тогда как возможность варьировать свойства искусственных волокон ограничена. За счет детального изучения этих свойств полимеров можно правильно подобрать материал для конкретной сферы применения.

Синтетические волокна подразделяются на полиамидные, полиэфирные, поливинилспиртовые, полипропиленовые и др. Все они отличаются легкостью, высокой прочностью, износостойкостью, водостойкостью, эластичностью и т.д.

Полиамидные волокна (ПА) получают из полимера капролактама — низкомолекулярного кристаллического вещества, которое вырабатывают из нефти, угля. Сечение волокон в основном имеет цилиндрическую форму.

В настоящее время существуют различные торговые названия: капрон, анид, дедерон, амилан, ниплон, найлон, перлон, силон, стилон, лилион.

Изделия из ПА отличаются высокой устойчивостью к истиранию и прочностью – нить диаметром 0,1 мм выдерживает 0,55 кг [74, 75].

Полиэфирные (ПЭФ) волокна – синтетические волокна, формуемые из расплава полиэтилентерефталата, в поперечном сечении имеют округлую форму.

ПЭФ волокна выпускают в виде комплексных технических (280–3400 дТекс) и текстильных (30–300 дТекс) нитей, мононити (диаметр 0,1–1,5 мм), резаного волокна (1,1–20 дТекс).

Торговые названия ПЭФ волокна: лавсан, дакрон, элана, тергаль и др. [75].

Полипропилен (ПП) – синтетический термопластичный неполярный полимер, принадлежащий к классу полиолефинов.

Полипропиленовое волокно получают в промышленности путем полимеризации пропилена при помощи катализаторов.

Торговые названия ПП: геркулон, ульстрен, найден, мераклон и др.

Полипропиленовые волокна наиболее универсальны из всех полимеров, они обладают высокими механическими характеристиками, что дает возможность широкого использования в промышленном рыболовстве как в чистом виде, так и в смеси с другими волокнами, например, с полиэтиленовым волокном.

Основные характеристики представлены в таблице 1.

Характеристики	ПА	ПЭФ	ПП
Удельный вес, г/см ³	1,14	1,38	0,91
Температура плавления, °С	215	260	170
Максимальная рабочая температура, °С	100	120	80
Морозостойкость, °С	-50	-60	-20
Разрывная прочность, Н	6,2-8,2	6,2-8,4	6,1-6,6
Удлинение при разрыве, %	22-24	10-17	20
Устойчивость к ультрафиолету 1-10	8	10	6
Сопротивление истиранию	8	7	4

Таблица 1 – Характеристики синтетических материалов
Для анализа физико-механических свойств, и более подробного изучения изгибной жесткости рыболовных изделий были отобраны образцы из синтетического сырья разного диаметра (таблица 2):

— 3-прядные крученые неотделанные веревочно-нитевидные изделия, так как кручение позволяет долго не терять свойства за счет фиксирования нитей между собой, а также такие изделия имеют высокую стойкость к многократному изгибу;

— 16-прядные плетеные неотделанные шнуры, такие изделия имеют высокую разрывную нагрузку и повышенную стойкость к многократному изгибу.

Таблица 2 – Характеристика синтетических экспериментальных образцов

Тип	Материал	<i>d</i> , мм
Нить	ПА, ПП, ПЭФ	2,0
Веревка	ПА, ПП, ПЭФ	3,1
Веревка	ПА, ПП, ПЭФ	4,0
Шнур	ПА, ПП, ПЭФ	2,0
Шнур	ПА, ПП, ПЭФ	3,0
Шнур	ПА, ПП, ПЭФ	4,0

2.2.1 Экспериментальные исследование образцов

При выполнении экспериментов никакое измерение не может быть выполнено точно, и данные получаются с некой погрешностью.

Погрешностью измерения называется отклонение полученных данных от истинного значения.

Погрешности делят на случайные и систематические. И если при систематической погрешности значения испытаний остаются постоянными, то случайные погрешности – это погрешности, где результаты изменяются непредсказуемым образом.

Чтобы уменьшить значение случайной погрешности, необходимо выполнить следующий порядок обработки измерений:

а) Проводим $n_{\mu_{3M}}$ количество измерений, исследуемой величины $M_{\mu_{3M}}$.

б) Определяем среднее арифметическое значение величины по формуле [76]:

$$\overline{M}_{_{\rm H3M}} = \frac{\sum M_{_{\rm H3M}}}{n_{_{\rm H3M}}} \tag{48}$$

где $\sum M_{_{\rm H3M}}$ – сумма результатов одиночных испытаний;

 $n_{_{\rm H3M}}$ – общее число испытаний.

Вычисления округляют до десятых и производят с точностью до второго знака после запятой.

Для использования среднего арифметического значения в формуле, его значение должно быть записано на один десятичный знак больше, чем у значения испытаний одиночных проб.

в) Определяем оценку среднего квадратичного отклонения результата измерения по формуле [76]:

$$S_{\overline{M}_{\text{HIM}}} = \sqrt{\frac{\sum (M_{\text{HIM}} - \overline{M}_{\text{HIM}})^2}{n_{\text{HIM}}(n_{\text{HIM}} - 1)}},$$
(49)

где $M_{_{\rm ИЗM}}$ – результат одиночной пробы.

г) Рассчитываем случайную погрешность:

$$\Delta_{\overline{M}} = t_{\alpha,n} S_{\overline{M}_{max}} \tag{50}$$

где $t_{\alpha,n}$ – коэффициент Стьюдента – количество проведенных измерений $N_{\text{шт}}$ и учитывает доверительную вероятность α (выбирается по таблице 3).

Для технических измерений применяется α=0,95 [76].

Таблица 3 – Значения коэффициента Стьюдента для α=0,95

$N_{ m IIIT}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30
$t_{\alpha,n}$	17.7	4.30	3.18	2.78	2.57	2.45	2.36	2.31	2.26	2.09	2.04

д) Находим суммарную погрешность измерения с учетом случайной погрешности и инструментальной погрешности $\Delta_{\mu\mu}$ [76]:

$$\Delta_{\overline{M}_{\rm H3M}} = \sqrt{\Delta_{\overline{M}}^2 + (\frac{2}{3}\Delta_{\rm HH})^2} \tag{51}$$

Множитель 2/3 позволяет учитывать разные доверительные вероятности. е) Вычисляем относительную погрешность:

$$\delta_{\text{norpell.}} = \frac{\Delta_{\overline{M}_{\text{HM}}}}{\overline{M}_{_{\text{HM}}}} 100\%$$
(52)

Чтобы избежать завышения оценки погрешности, при количестве испытаний больше четырех производят геометрическое суммирование.

Перед определением массы образцов было проведено тарирование весов (таблица 4).

Номинальная масса, г	Номер измерения	мер измерения Показания прибора, г		
	1	0,10		
	2	0,10		
0,10	3	0,11	0,0	
	4	0,09		
	5	0,10		
	1	0,20		
	2	0,20	0,004	
0,20	3	0,21		
	4	0,21		
	5	0,20		
	1	0,5		
	2	0,51		
0,50	3	0,51	0,004	
	4	0,5		
	5	0,5		

Таблица 4 – Проверка весового оборудования

Номинальная масса, г	Номер измерения	ер измерения Показания прибора, г			
	1	1,0			
	2	1,0			
1,0	3	1,0	0,0		
	4	1,0			
	5	1,0			
	1	2,0			
	2	2,0			
2,0	3	2,0	0,0		
	4	2,0			
	5	2,0			
	1	5,0			
5,0	2	5,0			
	3	5,0	0,0		
	4	5,0			
	5	5,0			

Продолжение таблицы 4

По результатам проведенных замеров были сделаны следующие заключения: — в интервале от 0,1 до 0,5 г включительно относительная погрешность не превышает ±1 % от измеренной величины;

— в интервале от 0,5 до 5,0 г погрешность не наблюдается.

Данная погрешность не существенна и весы могут использоваться для дальнейшей экспериментальной работы.

Исследования физико-механических свойств рыболовных изделий находятся на этапе интенсивного развития, чему способствует создание более современных нитевидных изделий, изготовляемых из различных типов синтетических смешанных материалов.

Диаметр синтетического изделия является одной из важнейших характеристик. С увеличением диаметра возрастает не только прочность, но и масса изделия. Необходимо подобрать оптимальное соотношение между толщиной и массой для использования веревочно-нитевидных изделий и шнуров для постройки орудий рыболовства. Трудности определения диаметра связаны с тем, что синтетические изделия не имеют четкой формы, поэтому на практике различают: номинальный и ориентировочный диаметры.

Номинальный диаметр устанавливается в документации к изделию, в стандартах. Характеризуется размером поперечного сечения изделия с легко изменяемой формой сечения.

Ориентировочный – определяют через длину окружности (миллиметры) описанную вокруг наиболее выступающих точек поперечного сечения изделия (рисунок 10).



Рисунок 10 – Определение ориентировочного диаметра

Различают несколько методов определения диаметра:

— на трубу (стержень), диаметром от 50,0 мм и более, плотно наматываются 11 шлагов. Затем штангенциркулем измеряют расстояние от 1 до 11 шлага и делят полученное значение на 10. Таких измерений делают несколько и берут среднюю величину;

— используя микроскоп с микрометрическим объективом;

— нитевидное изделие обертывают в несколько слоев полоской бумаги шириной 10 мм, делают прокол иглой и с помощью штангенциркуля измеряют расстояние между проколами, а полученное значение делят на число π.

Воспользовавшись микроскопом и весами при соблюдении методик, приведенных в ГОСТах 6611.1-73 (ИСО 2060-72) и 10681-75 [77, 78], было выполнено исследование массы и диаметра образцов из таблицы 2. Первичные данные по экспериментам были обработаны и сведены в табличные формы. Результаты, представлены в таблицах 5, 6. и в Приложение А.

Полиамид 187 Текс									
Номинальный диаметр, мм	2,0	3,0	4,0						
Номер испытаний	Эксперии	ментальный диам	етр, мм						
1	2,0	3,1	4,0						
2	2,0	3,1	4,1						
3	2,1	3,0	4,0						
4	2,1	3,0	4,0						
5	2,0	3,1	4,0						
6	2,0	3,0	4,1						
7	2,0	3,1	4,0						
8	2,0	3,0	4,0						
9	2,1	3,0	4,1						
10	2,0	3,1	3,9						
Среднее арифметическое значение	2,0	3,0	4,0						
Среднее квадратическое отклонение	0,015	0,016	0,020						
Случайная погрешность	0,035	0,037	0,045						
Суммарная погрешность	0,035	0,037	0,045						
Относительная погрешность, %	1,71	1,22	1,13						

Таблица 5 – Диаметр синтетических шнуров из полиамида

Таблица 6 – Масса синтетических нитей и веревок из полиамида, разной длины

Полиамид 187, Текс											
Номинальный	2.0							3 1			
диаметр, мм			2,0					5,1			
Длина, мм	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	
Номер испытаний					Maco	са, г					
1	0,17	0,21	0,27	0,34	0,40	0,35	0,43	0,57	0,70	0,86	
2	0,17	0,21	0,28	0,34	0,40	0,37	0,43	0,57	0,70	0,86	
3	0,17	0,21	0,27	0,34	0,42	0,35	0,43	0,57	0,72	0,89	
4	0,19	0,22	0,27	0,36	0,40	0,35	0,42	0,59	0,70	0,86	
5	0,17	0,21	0,27	0,34	0,40	0,36	0,43	0,57	0,70	0,85	
6	0,17	0,21	0,27	0,34	0,40	0,35	0,43	0,58	0,71	0,86	
7	0,19	0,21	0,29	0,35	0,40	0,35	0,43	0,57	0,70	0,86	
8	0,17	0,23	0,27	0,34	0,40	0,35	0,44	0,57	0,70	0,89	
9	0,17	0,21	0,27	0,34	0,42	0,35	0,43	0,58	0,71	0,86	
10	0,17	0,21	0,27	0,34	0,40	0,35	0,44	0,57	0,70	0,85	

Полиамид 187, Текс Номинальный 2,0 3.1 диаметр, мм 24,0 10,0 12,0 16.0 20,0 10.0 12.0 16.0 20,0 24.0 Длина, мм Номер испытаний Масса, г Среднее арифметическое 0.17 0.21 0.27 0.34 0,40 0.35 0.43 0.57 0.70 0.86 значение Среднее квадратическое 0,003 0,002 0,002 0.002 0,003 0.002 0,002 0,002 0,002 0,005 отклонение Случайная 0,005 0,005 0,005 0,006 0,005 0,004 0,005 0,005 0,010 0,006 погрешность Суммарная 0,005 0,007 0,006 0,006 0,006 0,007 0,006 0,006 0,006 0,011 погрешность Относительная 3,79 2,59 2,02 1,61 1.63 1.56 1.13 0.99 0.80 1,22 погрешность, %

Продолжение таблицы 6

Из полученных данных, можно сделать следующий вывод: ориентировочный диаметр каждого образца соответствует номинальному, указанному в паспорте качества изделия.

В качестве характеристик точности данных были определены относительные и абсолютные погрешности для каждого измерения:

— максимальное значение относительной погрешности не превышает ±5,0
 %;

— значение суммарной погрешности не выходит за пределы 0,05.

2.3 Экспериментальное исследование изгибной жесткости рыболовных материалов

Понятие модуль упругости даже для стальных канатов применимо только в упрощенных расчетах, так как его состояние описывается системой уравнений с упругими константами.

Иногда при расчете изделие рассматривают как цилиндр из композитного материала, упругие характеристики которого равны 0. Но все эти способы либо

пренебрегают многими факторами, либо используют справочные данные для других материалов.

Поэтому большинство методов оценки изгибной жесткости основано на экспериментальном определении параметров при изгибе, но почти все они трудоемки и требуют применения громоздкого оборудования и не обеспечивают высокой точности [79, 80].

Введем понятие приведенной изгибной жесткости, которая включает в себя две расчетные переменные:

$$EI = B \pm b, \tag{53}$$

где B – упругая изгибная жесткость, Hm^2 ;

b – трибожесткость, Нм².

Трибожесткость – это жесткость, обусловленная внутренним трением. Внешними проявлениями трибожескости является различие форм изгиба ветвей нитевидного изделия [81].

За основу определения изгибной жесткости был взят геометрический способ для стальных канатов [82].

В связи с тем, что анизатропное изделие не абсолютно гибкое, то при сбегании и набегании на штырь оно будет сохранять изогнутость и будет отделяться не в точке, лежащей на конце горизонтального диаметра, а ниже от направления вертикальных прямых – плечей жесткости. Они зависят от диаметра штыря (D) и диаметра (d), длины изделия (l).

Данный способ включает в себя [83]:

1. Размещение на стенде со штырями разного диаметра образца так, чтобы изделие образовывало параболу под собственным весом (рисунок 11).



Рисунок 11 – Пример изогнутости, обусловленный не абсолютной гибкости ниточного изделия: 1 – перспектива *X*-*Y*; 2 – перспектива *X*-*Z*

2. Данный образец фотографируется и с него снимаются координаты точек (таблица 7) расположенных на одной из ветвей образца (рисунок 12, 13):



Рисунок 12 – Синтетический шнур: ПА, *d*=2,0 мм, *l*=0,12 м, *D*=2,0 мм



Рисунок 13 – Синтетический шнур: ПА, *d*=2,0 мм, *l*=0,12 м, *D*=10,0 мм

Образец	Полиамид 187 Текс, <i>d</i> =2,0 мм, <i>D</i> =2,0 мм											
Длина, м	0	,12	0,16		0	,20	0,24					
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У				
1	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06				
2	0,29	0,03	0,29	0,03	0,29	-0,02	0,29	-0,02				
3	0,58	-0,04	0,56	-0,08	0,53	-0,14	0,53	-0,14				
4	0,86	-0,12	0,79	-0,24	0,75	-0,29	0,72	-0,31				
5	1,13	-0,24	1,01	-0,39	0,93	-0,48	0,87	-0,52				
6	1,41	-0,36	1,20	-0,60	1,08	-0,69	0,98	-0,77				
7	1,68	-0,47	1,37	-0,80	1,20	-0,95	1,09	-1,05				
8	1,95	-0,59	1,55	-1,09	1,30	-1,20	1,17	-1,37				

Таблица 7 – Координаты точек синтетических шнуров из полиамида, на штыре D=2,0 мм

3. Полученные данные при анализе свойств образца вводим в программу MathCAD: диаметр (d) и длина (l) изделия, м; диаметр штыря (D), м; масса изделия (m), кг;

3.1. Используя функцию REGRESS (*x*, *y*, *n*) (54), возвращаем коэффициенты, что позволяет приблизить все данные. Эта функция допускает использование полинома любого порядка, но в данных расчетах берем $m_1=2$:

$$q = regress(X,Y,2) y2(x) = q_4 + q_5 x + q_6 x^2.$$
(54)

3.2. Определяем индекс детерминации:

$$R = 1 - (1 - (1 - \frac{\sum_{i}^{i} (Y_i - y2(X_i))^2}{\sum_{i}^{i} (Y_i - Ys)^2})) \frac{n - 1}{n - m_1 - 1},$$
(55)

где *Ys* – это возращенные среднее значение элементов массива с координатами по оси у.

3.3. Определяем радиус кривизны по формуле (56):

$$\rho_{\kappa}(x) = \left| \frac{\left[1 + (q_5 + 2q_6 x)^2 \right]^{1.5}}{2q_6} \right|.$$
(56)

3.4. Находим длину половины образца в условных единицах:

$$l_{\text{пол.}} = \int_{0}^{X_{m}} \sqrt{1 + (q_{5} + 2q_{6}x)^{2}} dx, \qquad (57)$$

где *X_m* – это крайнее значение из массива с координатами по оси х.

3.5. Масштабный коэффициент k:

$$k_{\rm M} = \frac{0.5l}{l_{\rm пол}}.$$
 (58)

3.6. Момент и приведенная сила в СИ:

$$M = k_{\rm M}^{2} \frac{m}{l} g \int_{0}^{X_{\rm m}} x \sqrt{1 + (q_{5} + 2q_{6}x)^{2}} dx,$$

$$T = \frac{M}{0.5D}.$$
(59)

3.7. Средний радиус кривизны:

ρ

$$X_{o} = \frac{0.5D}{k_{M}},$$

$$s = k_{M} \left(\frac{1}{X_{m} - X_{o}} \int_{X_{o}}^{X_{m}} \rho_{\kappa}(x) dx \right).$$
(60)

3.8. По формулам (61) находим упругую изгибную жесткость и трибожесткость, Нм², образца:

$$B = T \frac{m}{l} (X_{m} k_{M} + 0.5D),$$

$$b = T \frac{m}{l} (X_{m} k_{M} - 0.5D).$$
(61)

4. По формуле (53) находим изгибную жесткость.

В связи с тем, что с увеличением диаметра штыря при малой длине образца он практически не подается изгибу (под собственным весом), было принято решение не рассматривать образец длиной 0,10 м.



Рисунок 14 – Синтетический шнур: ПЭФ, *d*=2,0 мм, *l*=0,10 м, *D*=10,0 мм

Часть экспериментальных значений *EI* Нм² представлена в таблице 8. (Все табличные данные представлены в Приложении Б).

Таблица 8 – Изгибная жесткость синтетических шнуров из полиамида на штыре D=2,0 мм

Ofnanau		Magaa	Штырь D=2,0 мм			
Образец	длина, м	Macca, I	$B \cdot 10^{-4}, Hm^2$	b·10 ⁻⁴ , Нм ²		
ПА	0,12	0,21	3,10	3,00		
11A 197 Taxa	0,16	0,27	3,60	3,60		
d=20 MM	0,20	0,34	5,40	5,30		
а-2,0 мм	0,24	0,40	9,10	8,90		
ΠΑ	0,12	0,43	6,70	6,40		
187 Torra	0,16	0,57	11,40	11,10		
d=3.0 MM	0,20	0,70	12,40	12,10		
u=3,0 MM	0,24	0,86	23,80	23,20		
ПА	0,12	0,84	14,30	14,20		
11A 197 Torra	0,16	1,13	15,50	15,00		
d=10 MM	0,20	1,37	20,00	19,40		
и т,0 мм	0,24	1,67	35,11	35,00		

Полученные значения изгибной жесткости для синтетических шнуров из полиамида, полипропилена и полиэфира показаны на рисунках 15–17.



Рисунок 15 – Изгибная жесткость шнуров: EI = f(d/l), D = 2,0 мм, ПА



Рисунок 16 – Изгибная жесткость шнуров: EI = f(d/l), D = 2,0 мм, ПП



Рисунок 17 – Изгибная жесткость шнуров: EI = f(d/l), D = 2,0 мм, ПЭФ

Данные графики наглядно демонстрируют, что с увеличением диаметра изделия значение изгибной жесткости увеличивается.

Изгибная жесткость изменялась в диапазоне:

1) для синтетических веревочно-нитевидных изделий: полиамид – от $0,08 \cdot 10^{-4}$ до $1,10 \cdot 10^{-4}$ Нм²; полиэфир – от $0,1 \cdot 10^{-4}$ до $1,34 \cdot 10^{-4}$ Нм²; полипропилен – от $0,1 \cdot 10^{-4}$ до $1,08 \cdot 10^{-4}$ Нм²;

2) для синтетических шнуров: полиамид – от $0,1\cdot10^{-4}$ до $1,24\cdot10^{-4}$ Hm²; полиэфир – от $0,2\cdot10^{-4}$ до $1,3\cdot10^{-4}$ Hm²; полипропилен – от $0,1\cdot10^{-4}$ до $1,7\cdot10^{-4}$ Hm².

Также необходимо отметить, что некоторые образцы при малых значениях длины и увеличения диаметра штыря не подвергаются значительному изгибу.

2.4 Прогнозирование жесткости крученых рыболовных материалов

На основании расчетов, представленных в предыдущих подпунктах, становится возможным создать целостную методику для получения данных, позволяющих в дальнейшем спрогнозировать физико-механические свойства крученых синтетических изделий еще на этапе их создания [84 - 86].

Воспользуемся созданной для реализации вышеуказанных математических зависимостей программой для ЭВМ «Моделирование изгиба крученых рыболовных ниток, веревок и канатов» (Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ №2020612966 (06 марта 2020 г.) Правообладатель: ФГБОУ ВПО «КГТУ» созданная: Ражевым А.О. и Недоступом А.А.). Она позволяет после ввода исходных данных произвести прогнозирование рыболовных крученых изделий, а также наглядно показать силы напряжения, проходящие вдоль всего изделия.

Программа позволяет в частности решить следующие задачи:

— построить модель изгиба на штыре, заданного диаметра;

— определить модуль поперечной упругости;

— определить толщину, усредненную плотность и длину пряди.

Главное окно программы «Моделирование изгиба крученых рыболовных ниток, веревок и канатов» показано на рисунке 18.



Рисунок 18 – Главное окно программы «Моделирование изгиба крученых рыболовных ниток, веревок и канатов»

Вверху окна располагается главное меню программы:

— файл – сохранение и загрузка входных параметров;

---- моделирование -- управление процессом моделирования;

— справка – сведение о программе: расшифровка сокращенных обозначений.

В левой части расположены таблицы: для изменения перспективы и осей, плоскостей с полями (рисунок 19); для ввода и вывода параметров модели (рисунок 20).

🗸 Отображать оси	XOZ	✓ XOY	YOZ		
🖌 Отображать натяжение		_			
✓ С учетом изгибной жесткости					
🗸 Перспектива 🗌 Стер	eo				
X-Z X-Y Y-Z 0	Стар	т	Стоп		

Рисунок 19 – Таблица для изменения перспективы, осей, и плоскостей

Входные параметры	
Длина L, м	0.200
Диаметр d, мм	2.0
Коэффициент крутки а	405.0
Линейная плотность Т, текс	1600
Количество прядей л	3
Модуль продольной упругости <i>Ex</i> , МПа	100.0
Изгибная жесткость <i>ЕуЈ</i> , 10^-6 Нм²	60.000
Диаметр штыря <i>D</i> , мм	30.0
Выходные параметры	
Масса <i>m</i> , гр	0.320
Толщина пряди <i>t</i> , мм	0.93
Усредненная плотность р <i>г</i> , кг/м ³	509
Плотность пряди р <i>w</i> , кг/м³	746
Шаг витка пряди <i>h</i> , мм	3.1
Длина пряди <i>Lw</i> , м	0.211
Координата Х, м	0.000
Координата У, м	-2.525
Координата <i>Y</i> , м Модуль поперечной упругости <i>Ey</i> , МПа	-2.525 76.4

Рисунок 20 – Входные и выходные параметры модели

Для имитации трехмерного пространства используют оси (*XYZ*), плоскости (*XY*, *XZ*, *YZ*) и положение «0» – нейтральное.

Таблица (рисунок 19) позволяет осуществлять моделирование изгиба с учетом изгибной жесткости и без нее (рисунок 21).



Рисунок 21 – Образец (*d*=2,0 мм на *D*=30,0 мм *l*=0,2 м) в первом случае с учетом изгибной жесткости, во втором – без учета изгибной жесткости

Для сравнения результатов натурных экспериментов с численными были взяты значения изгибной жесткости, полученные в п. 2.3 и Приложении Б.

Сведем входные и выходные данные численных экспериментов в таблицу 9 для образца из полиамида *d*=2,0 и 4,0 мм на штыре *D*=10,0 мм.

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ										
Диаметр штыря <i>D</i> , мм		10,0								
Длина <i>l</i> , м	0.10	0.12	0.16	0.20	0.24	0.10	0.12	0.16	0.20	0.24
Диаметр <i>d</i> , мм			2,0					4,0		
Коэффициент крутки а			405,06	5				525,38	8	
Линейная плотность T_n , Текс			1600				6250			
Количество прядей п	3									
Изгибная жесткость <i>EI</i> ×10 ⁻⁶ , Hм ²	82,07	153,6	108,1	228,4	277	334,5	347,6	354,7	719,5	961,5
ВЬ	ІХОД	ные,	ДАНЕ	IЫE						
Масса <i>m</i> , гр	0,16	0,192	0,256	0,32	0,384	0,625	0,75	1,0	10,25	0,5
Толщина пряди <i>t</i> , мм			0,93					1,86		
Усредненная плотность ρr , кг/м ³			509					497		
Плотность пряди ρw , кг/м ³		746					702			
Шаг витка пряди, h, мм	3,1					4,8				
Длина пряди <i>Lw</i> , м	0,106	0,127	0,169	0,211	0,254	0,11	0,132	0,175	0,219	0,263
Модуль поперечной упругости <i>E</i> _y , мПа	104,5	195,6	137,6	290,8	352,7	26,6	29,3	28,2	57,3	76,5

Таблица 9 – Данные численных экспериментов для полиамида *d*=2,0 и 4,0 мм на штыре *D*=10,0 мм

При значительных изгибах изделий и при близких к разрывам нагрузках увеличивается погрешность результатов вследствие их нелинейной природы.

Отметим, что сопоставлялись как силовые, так и геометрические характеристики изделий. Сравнение геометрических характеристик натурных образцов и модели демонстрирует, что погрешность не превышает 5 %.

На рисунках 22, 23 показаны формы образцов при численном и натурном эксперименте.



Рисунок 22 – Синтетическая веревка при численном и натурном эксперименте:

ПА, *d*=2,0 мм, *l*=0,16 мм, *D*=2,0 мм



Рисунок 23 – Синтетическая веревка при численном и натурном эксперименте: ПП, *d*=2,0 мм, *l*=0,16 мм, *D*=2,0 мм

При совмещении методики определения изгибной жесткости и программы «Моделирование изгиба крученых рыболовных ниток, веревок и канатов» получается общая методология прогнозирования жесткости рыболовных крученых изделий, основанная на принципах математического моделирования с учетом изменяющейся изгибной жесткости изделий.

Методология прогнозирования подходит для задач предварительного расчета геометрических характеристик изделий на современных ЭВМ.

Выводы по главе 2

Проведены экспериментальные исследования изгибной жесткости крученых веревок, ниток и шнуров: «геометрический метод» позволил изучить изгибную жесткость по единой методике для большинства изделий.

В ходе обработки экспериментальных данных была определена зависимость изменения физико-механических свойств от изгибной жесткости изделия, позволяющая производить приближенную оценку упругих свойств других изделий. На основе полученных зависимостей была разработана математическая модель изгибной жесткости крученых веревок, ниток и шнуров. Изгибная жесткость изменялась в диапазоне:

— для синтетических веревочно-нитевидных изделий: полиамид – от $0,08 \cdot 10^{-4}$ до $1,10 \cdot 10^{-4}$ Hm²; полиэфир – от $0,1 \cdot 10^{-4}$ до $1,34 \cdot 10^{-4}$ Hm²; полипропилен – от $0,1 \cdot 10^{-4}$ до $1,08 \cdot 10^{-4}$ Hm²;

— для синтетических шнуров: полиамид – от 0,1·10–4 до 1,24·10⁻⁴ Hm²; полиэфир – от 0,2·10⁻⁴ до 1,3·10⁻⁴ Hm²; полипропилен – от 0,1·10⁻⁴ до 1,7·10⁻⁴ Hm².

Анализ полученных данных позволяет смело говорить о том, что вид сырья, структура, диаметр и длина самого изделия оказывают значительное влияние на изгибную жесткость.

Глава 3 Программный продукт для прогнозирования свойств синтетических шнуров

3.1 Алгоритм расчета свойств синтетических шнуров

С целью прогнозирования свойств синтетических шнуров, было решено разработать программный продукт, который сможет [87]:

— прогнозировать физико-механические свойства шнуров;

— выявлять участки потенциального разрушения.

Для реализации программного продукта были выделены основные этапы работы:

— анализ и экспериментальное исследование свойств синтетических шнуров;

— разработка математической модели, описывающей свойства синтетических шнуров;

— создание алгоритма, описывающего свойства синтетических шнуров;

— создание и функциональные испытания экспериментального продукта: сравнение численных экспериментов с натурными;

— регистрация прав на интеллектуальную собственность.

Для первого этапа была рассмотрена задача расчета физико-механических свойств синтетического изделия на основании заданных параметров при возможной статической и динамической нагрузке.

Так как нити, веревки, канаты и шнуры имеют в сечении условную окружность, то примем, что ось *OZ* совпадает с осью *OY* и *OX* при вращении (рисунок 24) [88].



Рисунок 24 – Нити, веревки, канаты и шнуры при растяжении

Запишем уравнения, характеризующие физико-механические свойства для идеально гибких изделий, связывающие конструктивные, геометрические и силовые характеристики при условии постоянного объема [89-92]:

$$ke_{M} = \alpha$$

$$e_{M} = \alpha^{2}$$

$$\chi = \mu \alpha$$

$$e_{M}k^{2} = 1$$

$$\alpha k = 1$$

$$(62)$$

где k – коэффициент пропорциональности $k=f(\varepsilon, \lambda)$ (ε – относительная продольная деформация (удлинение));

- λ-конструктивное удлинение;
- $e_{_{\rm M}}$ отношение модулей упругости;
- α безразмерное сужение, $\alpha = 1/k$;
- χ-безразмерная компенсационная сила;
- μ коэффициент Пуассона.

Основные выражения, входящие в (62):

$$e_{\rm M} = \frac{E_{\rm y}}{E_{\rm x}},\tag{63}$$

где E_y – поперечный модуль упругости, Н/м²;

 $E_{\scriptscriptstyle x}-$ продольный модуль упругости, H/м².

$$\lambda = \frac{l}{d},\tag{64}$$

$$\chi = \frac{T_y^d}{T_x^l},\tag{65}$$

где T_y^d – компенсационная сила (противодействия T_y) в поперечном направлении (вдоль оси *OY*), H;

 T_x^l – компенсационная сила (противодействия T_x) в продольном направлении (вдоль оси *OX*), Н:

$$T_x^l = \varepsilon T_x,$$

$$T_y^d = \varepsilon_p T_y,$$
(66)

где T_x - приложенная сила растяжения (вдоль оси *OX*), H;

 T_y – сила сжатия (вдоль оси *OY*), H;

 $\epsilon_{\it p}-$ относительная поперечная деформация, %.

$$\alpha = \frac{T_y}{T_x}.$$
(67)

В систему (63), добавим выражение, связывающее конструктивное удлинение, коэффициент Пуассона и α.

Коэффициент Пуассона µ:

$$\mu = \left(1 - \sqrt{\frac{1}{1 + \varepsilon}}\right) \frac{1}{\varepsilon}.$$
(68)

Коэффициент Пуассона для анизотропных тел зависит от изменения объема, в таком случае примем, что коэффициент Пуассона зависит от относительного удлинения, безразмерного объема, безразмерной плотности, композитности (неоднородности) и крутки (плетения).

Пренебрегая композитностью и круткой (плетением), через относительное сужение изделия получим:

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta d}{d} \le 1.0, \tag{69}$$

где Δd – изменение диаметра (уменьшение).

Для анизотропного материала коэффициент Пуассона:

$$\mu = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon},\tag{70}$$

это доказывает проведенные экспериментальные исследования [93]. Параметр χ:

$$\chi = \left(1 - \sqrt{\frac{1}{1 + \varepsilon}}\right) \frac{\alpha}{\varepsilon}.$$
(71)

На основании вышеприведенных формул (62)–(68) и (71) был выведен алгоритм расчета зависимости физико-механических свойств изделий (нитей, веревок, канатов и шнуров) от действующей нагрузки в продольном сечении, связывающие конструктивные, геометрические и силовые их характеристики при условии постоянной массы и объема (рисунок 25) [94].



Рисунок 25 – Алгоритм расчета зависимости физико-механических свойств синтетических нитей, веревок, канатов и шнуров

Для создания программного продукта был проведен детальный анализ свойств синтетических шнуров, проведены натурные и модельные эксперименты, связанные с физическим моделированием динамических процессов. Часть данных представлены в главе 2. Для описания конструктивных параметров были взяты формулы из работ [95, 96].

В работах описаны методы расчета прочностных характеристик синтетических шнуров с учетом конструкции и на основе исследования процессов его разрушения. В статье [95] представлен метод включающий определение фактического внутреннего диаметра оплетки, который позволяет выявить лучшую компоновку оплетки шнура.

Полученные формулы были соединены в линейный алгоритм, отвечающий за конструктивные (рисунок 26) изменения, протекающие в изделии.



Рисунок 26 – Алгоритм, отвечающий за конструктивные характеристики синтетических шнуров

Введем допущения, которые применились при разработке программного продукта:

— синтетические рыболовные материалы рассматриваются как идеально гибкие цилиндрические изделия, которые подвержены продольному растяжению и сжатию, и поперечному сжатию;

— свивку, количество прядей, 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 прядями;

— 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.

3.2 Функциональные испытания программного продукта для прогнозирования свойств синтетических шнуров

За основу расчета свойств синтетических шнуров была взята методика, представленная в статье [97], где поставленная задача – расчет напряжения и формы изделия с учетом изгибной жесткости – решается при помощи метода точечных масс. Изделие рассматривается в виде графа, состоящего из п узлов и связей. Для учета внутренних сил противодействия изгибу авторы записывают для каждого узла дифференциальные уравнения, связывающие деформацию с изгибной жестью.

Алгоритм решения состоит из двух вложенных циклов, вычисляющих узловые перемещения под действием внешних и внутренних сил, условия завершения итерационного процесса во внешнем цикле вытекают из условия стационарности системы в задачах равновесия, при котором равнодействующая сила, приложенная к каждому узлу, равна нулю, либо меньше заданной минимальной невязки.

На основании алгоритмов были выделены основные свойства для расчета шнуров – входные данные. В таблицах 10 и 11 представлены входные и выходные данные для программы.

Наименование	Размерность	Начальное значение	Диапазон	Знаков после запятой	Шаг изменения значения
<i>d</i> – диаметр	MM	1,0	[1,0-30,0]	0,0	0,0
<i>l</i> — длина	ММ	150,0	[10,0-5000,0]	0,00	0,0
Н – шаг плетения	MM	6,0	[2,0-100]	0,0	0,0
<i>d</i> _{нп} – диаметр нити пряди	MM	0,013	[0.009-2,5]	0,000	0,0
$d_{\rm c}$ – диаметр сердечника	MM	0,0	[0,0-29,0]	0,000	0,0
N – количество прядей	-	16	[8-64]	0	0
N _n – количество прядей на одном слое	-	8	[8-64]	0	0
<i>D</i> – диаметр штыря	ММ	2,0	[2,0-30,0]	0,0	0,0
т-масса	Г	0,08	[0,005-400]	0,00	0,0
<i>T_x</i> – приложенная сила растяжения	Н	10,0	[10,0-500,0]	0,00	0,0
E_x- продольный модуль упругости	мПа	100,0	[100,0-1000,0]	0,00	0,0
<i>EI</i> – изгибная жесткость	H _M ²	100,0	[1,0-15000,0]	0,00	0,00

Таблица 10 – Входные данные

Таблица 11 – Выходных данные

Наименование	Размерность	Знаков после запятой
$\lambda-$ конструктивное удлинение	-	0,00
μ – коэффициент Пуассона	-	0,0000
T_n – линейная плотность	Текс	0,00
S-площадь сечения	MM ²	0,00
α – безразмерное сужение	10-3	0,00
$e_{_{ m M}}$ – отношение модулей упругости	10-6	0,000
$E_{y}^{}-$ поперечный модуль упругости	мПа	0,000
<i>k</i> – коэффициент пропорциональности	-	0,00
χ – безразмерная компенсационная сила	10-3	0,00

Наименование	Размерность	Знаков после запятой
$\varepsilon_p^{}$ – относительная поперечная деформация	%	0,0
$T_{_y}$ – сила сжатия	Н	0,00
<i>T</i> ^{<i>d</i>} _{<i>y</i>} – компенсационная сила (противодействия в поперечном направлении)	Н	0,00
Е - молупь Юнга	м∏а	0.00
σ – напряжение материала	мПа	0,00
<i>n</i> – количество нитей в пряди	-	0
L ₁ – длин окружности одного слоя оплетки	MM	0,00
$l_{_{\rm B}}$ – длина нити на витке	ММ	0,00
<i>l</i> _п – увеличение длины оплетки до момента ее обжатия нитей сердечника	ММ	0,00
${H_{ m c}}-$ шаг витка оплетки при обжатии нитей сердечника	ММ	0,00
d_1 – диаметр нижнего слоя оплетки	ММ	0,00
<i>h</i> – ширина пряди	ММ	0,00
tgφ – угол плетения	-	0,00
ψ – плотность плетения	-	0,00
<i>К</i> – число прядей в оплетке	-	0
	%	0

Продолжение таблицы 11

На основании полученных математических зависимостей была создана программа для ЭВМ «Проектирование синтетических шнуров орудий промышленного рыболовства» (Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ №2023662966 (24 мая 2023 г.) [98]. Она позволяет после ввода исходных данных произвести прогнозирование нитевидных изделий [99].

Программное обеспечение написано на языке C++ в среде разработки программного обеспечения Embarcadero RAD Studio и предназначено для работы в операционной системе Microsoft Windows 10 [100]. Компьютерная программа представляет собой выполняемый EXE-файл, запускаемый в операционной системе. Элементы интерфейса являются стандартными для системы Windows 10 и не требуют от пользователя дополнительных навыков и знаний.

В современных условиях все более актуальными становятся вопросы организации взаимодействия пользователя с техническими средствами – это взаимодействие обеспечивает интерфейс программы.

Пользовательский интерфейс – это все элементы программного продукта, способные оказать влияние на взаимодействие человека с программой. Интерфейс представляет собой совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие устройств, программ.

При запуске программы перед пользователем открывается основное рабочее пространство (рисунок 27) с таблицами входных и выходных данных и 3D-моделью.



Рисунок 27 – Окно рабочего пространства

В правой части рабочего пространства отображается шкала соответствия цвета значению силы натяжения (рисунок 28). На нем же можно посмотреть силу натяжения в модели в виде цвета.



Рисунок 28 – Спектр силы натяжения

Вверху основного окна размещается меню вкладок:

— файл – позволяет загрузить и сохранить параметры;

— моделирование – позволяет запустить моделирование изгиба;

график – открывается окно с графиками;

--- справка -- содержит сведения о программе.

Вкладка «Моделирование»:

Перед началом работы с блоком «Моделирование» необходимо ввести входные параметры модели. Запускать процесс моделирования можно с помощью вкладки «Моделирование», при нажатии на которую появляется кнопки «Старт», «Настройки». При кнопку «Стоп» И нажатии на «Настройки» перед пользователем на рабочем пространстве появляется панель, где можно контролировать положение камеры в плоскости и отображение осей координат (рисунок 29).

Моделирование		×			
X-Z X-Y Y-Z 0	Старт	Стоп			
🗹 Отображать оси 🛛 Перспектива					
Автоподсчет количества узлов	v	xoz			
Внутренних итераций	1000	⊠ хо ү			
Узлов (КЭ)	11	□ yoz			
Интерполяционных точек на КЭ	35				

Рисунок 29 – Панель «Моделирование»

Вкладка «График»:

При открытии вкладки «График» перед пользователем появляется окно, где представлены графики зависимости расчетных данных необходимые для выявления участка потенциального разрушения (рисунки 30).

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



Рисунок 30 – Вкладка «График»: Зависимости $\chi = f(\lambda)$, $\alpha = f(\lambda)$

Для проверки работоспособности разработанного программного продукта было проведено сопоставление натурных и численных результатов испытаний с различными образцами синтетических шнуров. При проведении экспериментов были сопоставлены силовые и геометрические характеристики.

На рисунке 31 демонстрируется сравнение формы образца, полученные при численном и натурном эксперименте.



Рисунок 31 – Синтетический шнур при численном и натурном эксперименте: ПП, d=2,0 мм, l=0,16 мм, D=2,0 мм

На рисунке 32 представлены входные и выходные данные для синтетического шнура.

Входные параметры		Выходные параметры	
Дианетр d, мм	2.0	Конструктивное удлинение λ	150.00
Длина /, мм	160.00	Коэффициент Пуассона µ	0.4568
Шаг плетения Н, ни	6	Линейная плотность 7, текс	533.33
Диаметр нити пряди онп, мм	0.013	Площадь сечения S, ни ²	0.79
Диаметр сердечника dt, ми	0.000	Безразмерное сужение о, 10 -2	3.05
Количество прядей N	16	Отношение модулей упругости е, 10 ⁶	9.275
Диаметр штыря <i>О</i> ш, ни	2	Модуль поперечной упругости Еу, Па	927.458
Количество прядей на одном слое Ah	8	Коэффициент пропорциональности k	328.36
Macca <i>m</i> , r	0.08	Безразмерная компенсационная сила _X , 10 ⁻³	1.39
Приложенная сила растяжения Тх, Н	10.00	Относит. поперечная деформация: сd, %	5.8
Модуль продольной упругости <i>Ex</i> , МПа	100.00	Сила скатия Ту, нН	30.45
Изгибная жесткость ЕЛ, 10^-5 Ниг	68.00	Компенсационная сила Туд, нН	13.91
		Производит. усл. продольных сил Нх, Н²/т	1250.00
		Производит. усл. поперечных сил Ну, Н2/г	11593.23
		Модуль Юнга Е, МПа	100.00
		Напряжение о, МПа	12.73
		Количество нитей в пряди л	29
		Длина нити на витке в, ни	3.23
		Увеличение длины оплетки іл, ни	4.07
		Диаметр нижнего слоя d1, ни	0.94
		Ширина пряди Л, мм	0.75
		Шаг витка оплетки Ас, мм	4.07
		Плотность плетения у, мм	133333.33
		Тангенс угла плетения tgp	1.91
		Число прядей в оплетке Ко	16
		Относит. продольная деформация є, %	13
		Координата Х, мм	34.4
		Координата У, мм	0.6

Рисунок 32 – Входные и выходные данные для синтетического шнура: ПП, *d*=2,0 мм, *l*=0,16 мм, *D*=2,0 мм

Анализ результатов испытаний на синтетических шнурах демонстрирует, что погрешность геометрических характеристик не превышает 5 %. Недостатком программного продукта является увеличение погрешности при близких к разрывным нагрузкам и при больших изгибах – вследствие их нелинейной природы.

Вывод по главе 3

Разработаны алгоритмы, позволяющие рассчитывать свойства изделий, на основании которых был создан программный продукт способный прогнозировать физико-механические свойства синтетических шнуров, применяемых В промышленном рыболовстве «Проектирование синтетических шнуров орудий промышленного рыболовства» (Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ строить №2023662966). Компьютерная программа позволяет: 3D-модель; прогнозировать физико-механические свойства шнуров; выявлять участки потенциального разрушения.

68

Для проверки работоспособности разработанного программного продукта было проведено сопоставление натурных и численных результатов испытаний с различными образцами синтетических шнуров. При проведении экспериментов были сопоставлены силовые И геометрические характеристики. Анализ результатов испытаний на синтетических шнурах демонстрирует, что погрешность геометрических характеристик не превышает 5 %. Недостатком программного продукта является увеличение погрешности при близких к разрывным нагрузкам и при больших изгибах – вследствие их нелинейной природы.

Глава 4 Моделирование формы элементарной ячеи Т90 4.1 Математическое моделирование формы элементарной ячеи Т90

Предыдущие главы были посвящены изучению изгибной жесткости синтетических материалов. В связи с вышеизложенным имеет большое значение экспериментальное подтверждение влияния изгибной жесткости на форму ячеи дели тралового мешка.

В данной главе рассмотрены два варианта расчета формы ячеи с учетом изгибной жесткости материалов, из которых она изготовлена.

1. Расчет формы ячеи с помощью метода определения функции прогибов.

Деформация балок при изгибе описывается двумя параметрами: 1) прогиб (у) – смещение центра по направлению, перпендикулярному к ее оси; 2) угол поворота сечения (ф) (рисунок 33).



Рисунок 33 – Балка с силой на конце

Исходя из физической природы явления изгиба, можем утверждать, что деформация того или иного участка балки определяется искривлением его упругой линии, т. е. кривизной оси балки [67].

Наиболее естественным методом определения функции прогибов является метод непосредственного интегрирования уравнения изгибающих моментов.

Запишем дифференциальное уравнение:

$$EIy''(x) = M(x), \tag{72}$$

где M(x) – момент силы, Нм.

Первый интеграл (уравнение углов поворота):

$$EIy'(x) = EI\varphi(x) = \int M(x) dx + C.$$
(73)

Уравнение прогибов:

$$EIy(x) = \int EI\varphi(x) dx = \int \int M(x) dx dx + Cx + C_1.$$
(74)

Для получения уравнения необходимо найти постоянные интегрирования *C* и *C*₁ (зависит от условий закрепления).

Отметим, что при x, равном нулю, угол поворота $EI\varphi(0)=C$, а прогиб $EIy(0)=C_1$, отсюда следует, что константа C_1 равна прогибу балки при x=0, а C равна углу поворота в начале координат.

На опоре возникают реакции – вертикальная сила *F* и момент *M* (рисунок 33). Уравнения изгибающих моментов:

$$M(x) = -Fl + Fx = F(x-l).$$
(75)

Уравнение углов поворота:

$$EIy'(x) = EI\varphi(x) = \int F(x-1)dx + C = F\left(\frac{x^2}{2} - lx\right) + C.$$
(76)

Уравнение прогибов:

$$EIy(x) = \int EI\varphi(x) dx = \int F\left(\frac{x^2}{2} - lx\right) dx + Cx + C_1 = F\left(\frac{x^3}{6} - l\frac{x^2}{2}\right) + Cx + C_1.$$
(77)

В сечении A_c отсутствует прогиб и угол поворота, запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} EI\phi(0) = F\left(\frac{0^2}{2} - l \cdot 0\right) + C = 0\\ EIy(0) = F\left(\frac{0^3}{6} - l\frac{0^2}{2}\right) + C \cdot 0 + C_1 \end{cases}$$
(78)

При решении системы получим: *С*=0, *С*₁=0. Отсюда функция примет вид:

$$EIy(x) = F\left(\frac{x^3}{6} - l\frac{x^2}{2}\right).$$
 (79)

Максимальный прогиб будет иметь место при *x*=*l*:

$$EIy(l) = F\left(\frac{l^2}{6} - l\frac{l^2}{2}\right) = -F\frac{l^3}{3},$$
(80)

где знак определяет направление перемещений по оси у.

$$EI\varphi(l) = F\left(\frac{l^3}{2} - 2l\right) = -\frac{Fl^3}{2}.$$
(81)

На рисунке 34 представлено аналитическое решение задачи при постоянных коэффициентах в дифференциальном уравнении в программе Mathcad [101, 102].


Рисунок 34 – Аналитическое решение задачи

2. Расчет формы ячеи как гибкой линии.

В ячее Т90, угол изгиба может достигать 90°, поэтому было решено разделить шаг ячеи на две симметричные части, тем самым сделав его похожим на балку, которая прикреплена одним концом к стене и нагружена на свободном с равномерно распределенной силой тяжести (рисунок 35).

На рисунке 35 представлена описанная цепная линия, где f_0 – стрела прогиба, мм; a/2 – длина цепной линии; β – угол наклона, град.; P_0 , T_0 – силы натяжения, H; L – проекция цепной линии к оси x, мм; Q – конечная точка цепной линии с координатами (L; f_0).



Рисунок 35 – ½ шага ячеи

Уравнение цепной линии имеет вид [44]:

$$y_{\pi} = p \left(\frac{e^{\frac{x}{p}} + e^{-\frac{x}{p}}}{2} \right) - p,$$
 (82)

где *р* – параметр цепной линии, мм.

Параметр цепной линии:

$$p = \frac{aT_0}{2P_0},\tag{83}$$

где T_0 – силы натяжения по OX, H;

а – шаг ячеи, мм;

*P*₀ – силы натяжения по *OY*, H.

$$T_0 = \frac{4\pi E I \varepsilon}{S},\tag{84}$$

где *S* – площадь сечения изделия, мм²;

EI – изгибная жесткость изделия, Hм²;

ε-относительное удлинение, мм.

Из уравнения (86) находим относительное удлинение:

$$\varepsilon = \frac{s - 0.5a}{0.5a},\tag{85}$$

где *s* – длина цепной линии, учитывая удлинение материала, мм.

Значение *EI* определяется экспериментальным путем или:

$$EI = \frac{pP_0S}{a\varepsilon 2\pi},\tag{86}$$

На основании вышеприведенных формул были разработаны два алгоритма:

— для расчета жесткостных характеристик ячеи Т90 тралового мешка. Он позволяет рассчитать изгибную жесткость и удлинение рыболовных материалов, из которых изготовлена ячея Т90 по замеренным размерам ячеи (рисунок 36);



Рисунок 36 – Алгоритм для расчета ячеи Т90 тралового мешка

— для расчета механики ячеи Т90 тралового мешка, который позволяет рассчитать форму Т90 с учетом изгибной жесткости рыболовных материалов (рисунок 37).



Рисунок 37 – Алгоритм расчета жесткостных характеристик ячеи Т90 тралового

мешка

Для верификации описанных математических моделей были разработаны программы по определению формы ячеи с учетом изгибной жесткости.

4.2 Программный продукт для расчета формы элементарной ячеи Т90

«Расчет свойств Программы физико-механических синтетических рыболовных материалов» [103] и «Механика ячеи Т90 тралового мешка» [104] написаны на языке С++ в среде разработки программного обеспечения Embarcadero RAD Studio. Элементы интерфейса программы являются стандартными для операционной системы Windows и не требуют от пользователя дополнительных навыков и знаний.

Компьютерная программа «Расчет жесткостных характеристик ячеи Т90 тралового мешка» позволяет рассчитать изгибную жесткость и удлинение рыболовных материалов, из которого изготовлена ячея Т90 по экспериментально замеренным размерам ячеи.

«Механика ячеи Т90 тралового мешка» позволяет рассчитать форму ячеи Т90 с учетом изгибной жесткости рыболовных материалов.



При запуске программ открывается главное окно (рисунок 38).

Рисунок 38 – Главное окно программы «Механика ячеи Т90 тралового мешка»

Основную часть окна занимают изображения входных и выходных параметров, рисунка, отображающего форму ячеи. В компьютерную программу

«Механика ячеи Т90 тралового мешка» вносятся входные параметры синтетических рыболовных материалов:

— диаметр *d*, *мм*;

— шаг ячеи *а*, мм;

— диаметр узла D_{y_3} , мм;

— относительное удлинение ε;

— приложенная сила натяжения P_0 , H;

— изгибная жесткость *EI*, Hм².

Выводятся выходные свойства синтетических рыболовных материалов:

— площадь сечения S, M^2 ;

— стрела прогиба f_0 , мм;

— параметр цепной линии *p*, мм.

В программе «Расчет жесткостных характеристик ячеи Т90 тралового мешка» задается стрела прогиба, проекция на ось *x* цепной линии и рассчитывается изгибная жесткость и относительное удлинение материала, из которого изготовлена ячея.

В программах предусмотрена отработка реакции системы на возможные типичные ошибки оператора, например, произведен неверный ввод параметра (рисунок 39).



Рисунок 39 – Ошибка в заданных параметрах

С целью апробации разработанных программ было проведено сопоставление силовых и геометрических характеристик результатов натурных и численных экспериментов.

Форма ячеи зависит от множества факторов: диаметра шнура; шаг ячеи; натяжение ветви; плотность материала; тип узла вязки; коэффициент крутки; направление крутки; поворот узла вязки и т. д. [105].

Из всех факторов были выделены основные характеристики, оказывающие влияние на формоизменяемость ячеи, которые возможно контролировать во время испытаний. На основе этого были изготовлены ячеи (*a*=45,0) из нитевидных изделий из ПА, ПП, ПЭФ (таблица 2), а также взяты готовые дели применяемые на промысле (таблица 12).

Таблица 12 – Характеристика ячей

№ п/п	Тип	Материал	а, мм	<i>d</i> , мм
1	Нить	Полиамид (ПА)	8,0	1,0
2	Шнур	Полиэтилен (ПЭ)	60,0	5,0
3	Шнур	Полиэтилен (ПЭ)	45,0	5,0
4	Шнур	Полиэтилен (Euroline Premium) (ПЭ)	40,0	6,0
5	Шнур	Полиэтилен (ПЭ)	45,0	6,0

К узлам ячеи подвешивался груз от 0,5 до 2,0 кг для имитации натяжения (рисунок 40).



Рисунок 40 – Образец ячеи: Полиэтилен, *а*=45,0 мм; *d*=6,0 мм при грузе 0,5 кг

На рисунке 41 показана ячея (№ 5 из таблицы 12) из полиэтилена *d*=6,0 мм, *a*=45,0 мм при *T*₀=1000 г.



Рисунок 41 – Форма ячеи из полиэтилена *d*=6,0 мм, *a*=45,0 мм

С рисунка 41 были сняты значения: f_0 , *L*.

Результаты натурных экспериментов по образцу № 5 приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Экспериментальные данные формы ячеи из полиэтилена *d*=6,0 мм, *a*=45,0 мм

N_{0}/N_{0}	Тип	а, мм	<i>d</i> , мм	$D_{ m y3л},$ мм	P_0 , H	$f_{\scriptscriptstyle 0}^{}$, MM	<i>L</i> , мм
5	шнур	45,0	6,0	16,0	4,9	15,0	18,0

Данные из таблицы 13 переносились в программу «Расчет жесткостных характеристик ячеи Т90 тралового мешка», где при введении f_0 и *L* были получены значения изгибной жесткости и относительного удлинения.

При введении полученных значений в программу «Механика ячеи Т90 тралового мешка» определяем: f_0 , L, p.

На рисунке 42 показана форма ячеи, полученная при численном эксперименте.



Рисунок 42 – Форма ячеи из полиэтилена *d*=6,0 мм, *a*=45,0 мм при численном эксперименте

На рисунке 43 показано сравнение шага ячеи при численном и натурном эксперименте.



Рисунок 43 – Шаг ячея из полиэтилена *d*=6,0 мм, *a*=45,0 мм при численном и натурном эксперименте

В таблице 14 представлены расчетные значения для образца № 5.

Таблица 14 – Расчетные данные формы ячеи из полиэтилена *d*=6,0 мм, *a*=45,0 мм

$N_{\underline{0}}/N_{\underline{0}}$	Тип	Материал	а, мм	<i>d</i> , мм	D _{узл} , мм	<i>Р</i> ₀ , Н	f_{0} , mm	<i>L</i> , мм	<i>ЕІ,</i> 10 ⁻⁶ нм ²	<i>S</i> , мм ²	ε, мм	β, град
5	ПЭ	Шнур	45,0	6,0	16,0	4,9	14,75	17,99	80,51	28,27	0,077	62,3

В таблице 15 приведены значения максимальной ошибки расчетов экспериментальных и расчетных данных, %.

81

Таблица 15 – Экспериментальные и расчетные данные формы ячеи из полиэтилена *d*=6,0 мм, *a*=45,0 мм

<u>N⁰/Nº</u>	Тип	Материал	Экспериментальные данные			Расчетные данные		
	1 / 11		<i>f</i> , мм	<i>L</i> , мм	<i>β</i> , град	<i>f</i> , мм	<i>L</i> , мм	β, град
5	Полиэтилен	Шнур	15,0	18,0	64	14,75	17,99	62,3
δ, %						1,7	0,05	2,66

В таблице 16 приведены значения максимальной ошибки расчетов экспериментальных и расчетных данных для других образцов.

Таблица 16 – Экспериментальные и расчетные данные формы ячеи при P_0 =4,9, Н

		a, d,		Экспериментальные данные			Расчетные данные			δ, %		
Тип	Материал	MM	MM	f_0 ,	L,	β,	f_0 ,	Land	β,	$f_{_0}$,	L,	β,
				MM	MM	град	ММ	<i>L</i> , MM	град	ММ	ММ	град
Нить	ПА	8,0	1,0	5,0	3,0	75,5	3,49	2,26	76,5	1,70	1,75	2,01
Шнур	ПЭ	60,0	5,0	30,0	15,2	76,0	30,075	14,178	81,0	2,00	1,93	2,07
Шнур	ПЭ	45,0	5,0	25,0	12,0	75,5	25,56	12,22	80,8	2,02	2,02	2,07
Шнур	ПЭ	40,0	6,0	16,0	12,0	65,0	16,41	12,21	74,1	2,03	2,02	2,14
Шнур	ПА	45,0	3,0	20,0	10,0	81,0	20,49	10,23	80,3	2,02	2,02	1,99
Веревка	ПА	45,0	3,1	21,0	9,0	81,2	20,89	10,23	82,0	1,99	2,14	2,01
Шнур	ПЭФ	45,0	3,0	21,9	9,5	80,0	21,46	9,06	82,2	1,98	1,95	2,03
Веревка	ПЭФ	45,0	3,1	19,8	10,3	80,0	20,0	10,23	80,3	2,01	1,99	2,00
Шнур	ПП	45,0	3,0	20,0	10,0	81,0	20,49	10,23	80,3	2,02	2,02	1,99
Веревка	ПП	45,0	3,1	20,5	9,6	81,3	20,6	10,0	80,3	2,00	2,04	1,99
Шнур	ПА	60,0	3,0	20,0	10,0	80,5	20,79	10,33	82,2	2,04	2,03	2,02

При сопоставлении расчетных и экспериментальных данных погрешность геометрических характеристик не превышает 5 %.

Вывод по главе 4

Проведено исследование элементарной ромбической ячеи, изготовленной из крученых веревок, ниток и шнуров. Предложены две математические модели, описывающие ячею Т90 с учетом изгибной жесткости: 1) построенная на методе непосредственного интегрирования уравнения изгибающих моментов; 2) шаг элементарной ромбической ячеи Т90 представлен как цепная линия. В ходе исследований были разработаны алгоритмы расчета элементарной ромбической ячеи Т90 с учетом изгибной жесткости, на основе которых были созданы программы для расчета и визуализации формы ячеи Т90: «Расчет жесткостных характеристик ячеи Т90 тралового мешка» (Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ №2024686011 Авторы: Ражев А.О., Недоступ А.А., Коновалова К.В.); «Механика ячеи Т90 тралового мешка» (Свидетельство о регистрации пограмм для ЭВМ №2024686000 Авторы: Ражев А.О., Недоступ А.А., Коновалова К.В.). При сопоставлении расчетных и экспериментальных данных погрешность геометрических характеристик не превышает 5 %.

Глава 5 Моделирование траловых мешков с делью Т0 и Т90 5.1 Оценка сопротивления траловых мешков с делью Т0, Т90

Сохранять разнообразие гидробионтов Мирового океана и вылов необходимой их массы является приоритетной задачей промышленного рыболовства. Связь двух задач сводится к обоснованному проектированию и применению траловых мешков (ТМ) разноглубинного и донного тралов для удержания гидробионтов [106].

Важным вопросом повышения уловистости разноглубинного и донного тралов является обеспечение прохождения гидробионтов внутри тралового мешка. В ряде случаев траловый мешок при накоплении в нем улова меняет свою форму (рисунок 44) с цилиндрической на «грушевидную».



Рисунок 44 – Модель тралового мешка: (а) с уловом (б) без улова

Эта форма (грушевидная) тралового мешка не обеспечивает повышения удержания улова, а наоборот, понижает его в массовом выражении. Причем при сужении части тралового мешка увеличивается гидроподпор [20, 107].

С целью определения влияния раскрытия ячеи Т0 и Т90 на сопротивления траловых мешков по чертежам разноглубинного трала для лова ряпушки (Coregonus albula) в оз. Виштынецком 18/95 м были изготовлены две модели четырёх-пластных мешков с различной ориентацией дели Т0, Т90 (Приложение В): с шагом ячеи (*a*) 8,0 мм и диаметром (*d*) 1,0 мм, количество ячей по высоте (m_{π^4}) 200 и длине (n_{π^4}) 320 [108].

Параметры делей траловых мешков приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Характеристики делей траловых мешков

Форма ячеи	<i>a</i> , MM	<i>d</i> , мм	<i>п</i> яч, яч.	<i>т</i> яч, яч.	Материал
Т0	8.0	1.0	320	200	Полиомил
T90	8,0	1,0	320	200	полиамид

При этом выбран материал веревок полиамид. Данный материал хорошо себя зарекомендовал при изготовлении делей: его волокна, имея высокую эластичность, позволяют веревочно-нитевидным изделиям принимать форму ячеи, которая необходима проектировщикам и эксплуатационникам тралов.

На рисунках 45, 46 изображен рабочий участок гидроканала ООО «Фишеринг Сервис», траловый мешок, закрепленный на обруче, который обеспечивает раскрытие тралового мешка с заданной посадкой *u_x*. Измерялось гидродинамическое сопротивление комплексом. Видеосъемка тралового мешка с фиксацией его раскрытия, а также раскрытия ячей выполнялась видеокамерой.



Рисунок 45 – Схема проведения экспериментов с траловыми мешками



Рисунок 46 – Гидроканал ООО «Фишеринг-Сервис»

Эксперименты проводились с применением измерительной аппаратуры гидроканала ООО «Фишеринг Сервис», траловые мешки крепились на раздвижные ножи, с установленными на них тензодатчиками. Характеристики траловых мешков приводятся в таблице 18.

$D_{ m of}$, мм	$\mathcal{U}_{\mathcal{X}}$	u_y	Fo
350,0	0,215	0,977	0,596
540,0	0,331	0,944	0,4
640,0	0,393	0,92	0,346

На основании данных таблиц 17 и 18 были сконструированы два траловых мешка, которые поочередно сажались на металлические обручи разного диаметра, для обеспечения разной посадки и сплошности дели.

Модели верхней кромкой рассаживались на металлические обручи разного диаметра: D_{o61} =350,0 мм; D_{o62} =540,0 мм; D_{o63} =640,0 мм, которые обеспечивали раскрытие с заданной посадкой u_x (рисунок 47).



Рисунок 47 – Посадка ТМ на обручи *D*_{об2}=540,0 мм (а) и *D*_{об1}=350,0 мм (б)

Установлено, что гидродинамический коэффициент сопротивления траловой оболочки зависит от следующих параметров:

$$c_{x} = f(\operatorname{Re}, F_{o}, \alpha_{a}), \tag{87}$$

где Re – число Рейнольдса;

*F*_о – сплошность траловой оболочки;

α_а – угол атаки меридиана траловой оболочки.

Число Рейнольдса (Re) можно определить, используя формулу:

$$\operatorname{Re} = \frac{vd}{v},\tag{88}$$

где d – диаметр нити, мм;

v – скорость движения потока, м/с;

 ν – коэффициент кинематической вязкости воды, м²/с.

Сила сопротивления *Rx* ниток сетной оболочки в водной среде в общем виде выражается следующей формулой [109]:

$$R_x = c_x \frac{\rho_{\rm BJ} v^2}{2} F_{\rm H}, \qquad (89)$$

 $F_{\rm H}$ – площадь ниток ТМ, м².

Из формулы (89) следует, что c_x можно найти по формуле:

$$c_x = \frac{2R_x}{\rho v^2 F_{\rm H}}.$$
(90)

Эксперименты в гидроканале позволяют сформировать поток по всему объему канала, тем самым имитируя буксировку трала. Скорость потока можно регулировать от 0 до 2,5 м/с, задавая данные с пульта управления потоком воды. Над рабочим участком в пульте управления расположены приборы контроля и аппаратура управления характеристиками потока (рисунок 48).



Рисунок 48 – Пульт управления потоком воды

Обруч с расположенной на нем моделью был установлен параллельно тензодатчикам, тем самом нивелируя угол атаки (рисунок 49).



Рисунок 49 – Схема расположение ТМ в гидроканале ООО «Фишеринг Сервис»

Введем допущение, что сплошность дели T0 и T90 определяется по одной формуле:

$$F_{\rm o} = \frac{d}{a} \frac{1}{u_x u_y},\tag{91}$$

где *u_x* – посадочный коэффициент по длине верхнего основания тралового мешка;

*u*_{*y*} – посадочный коэффициент по длине тралового мешка.

При заданном диаметре устья определим коэффициенты посадки *u_x* и *u_y*, по формулам:

$$u_x = \frac{\pi D_{\rm o6}}{L_{\rm M}},\tag{92}$$

$$u_y = \sqrt{1 - u_x^2} , \qquad (93)$$

где $L_{\rm M}$ – длина тралового мешка, мм.

Для определения площади ниток тралового мешка необходимо умножить на сплошность TM на F_r :

$$F_{\rm r} = L_{\rm M} H_{\rm M} u_{\rm x} u_{\rm y}, \tag{94}$$

где $H_{\rm M}$ – длина тралового мешка, мм.

Также в входе экспериментов велось видеонаблюдение, что позволило визуально оценить форму мешка при различном положение дели четырёхпластного мешка (рисунки 50).



Рисунок 50 – Форма ТМ ТО при *D*_{об2}=540,0 мм

Проведенные эксперименты наглядно демонстрируют, что конструкция траловых мешков оказывает существенное влияние на геометрию ячеи. Визуально заметна разница в распределении нагрузки в моделях с делью Т0, Т90.

Во время проведения экспериментов было выявлено непропорциональное распределение продольной нагрузки по траловому мешку, в связи с тем, что шворочные швы имитируют роль каркаса сетной конструкции и часть продольной нагрузки приходится на них, в свою очередь, снимая ее с ячей тралового мешка. По результатам визуального исследования можно заключить, что с увеличением пластей в мешке увеличится и раскрытие ячей.

Для определения коэффициента сопротивления металлических обручей формулу (90) необходимо привести к следующему виду:

$$c_x = \frac{2R_x}{\rho v^2 S}.$$
(95)

Площадь обруча находиться по формуле:

$$S_{\rm of} = \frac{\pi \left(D_{\rm of}^{2} - D_{\rm of}^{2} \right)}{4}, \tag{96}$$

где $D_{{}_{\mathrm{of}_0}}$ – внутренний диаметр обруча, мм.

Полученные экспериментальные расчетные данный были сведены в таблицу 19.

Таблица 19 – Экспериментальные и расчетные данные обручей

№ п/п	$D_{ m of}$, мм	$S_{ m of}$, мм ²	<i>v</i> , м/с	<i>R</i> _{хобруч} , Н	C_X
1			1,2	3,2	0,8
2	350,0	5,42	1,8	5,4	0,6
3			2,5	15,2	0,8
4			1,2	3,8	0,6
5	540,0	8,40	1,8	9	0,7
6			2,5	22	0,8
7			1,2	4,2	0,6
8	640,0	9,75	1,8	11,2	0,7
9			2,5	25,8	0,8

Используя данные, полученные в гидроканале, был определен гидродинамический коэффициент сопротивления для каждого тралового мешка при разном диаметре обруча и скорости траления (таблица 20, 21).

Таблица 20 – Расчетные данные тралового мешка с делью ТО

№ п/п	<i>D</i> об, м	<i>v</i> , м/с	<i>R</i> хобщ, Н	R_x , H	$c_x \cdot 10^{-3}$
1		1,2	16,8	13,6	3,07
2	350,0	1,8	24,8	19,4	1,95
3		2,5	39,7	24,5	1,28
4		1,2	21	17,2	3,89
5	540,0	1,8	33	24	2,41
6		2,5	53,3	31,3	1,63
7		1,2	23,6	19,4	4,38
8	640,0	1,8	39	27,8	2,79
9		2,5	63	37,2	1,94

№ п/п	<i>D</i> об, м	<i>v</i> , м/с	<i>R</i> хобщ, Н	R_x , H	$c_x \cdot 10^{-3}$
1		1,2	15,4	12,2	2,76
2	0,35	1,8	22	16,6	1,67
3		2,5	36	20,8	1,08
4		1,2	18,8	15	3,39
5	0,54	1,8	30,4	21,4	2,15
6		2,5	51,4	29,4	1,53
7		1,2	23	18,8	4,25
8	0,64	1,8	37,6	26,4	2,65
9		2,5	62	36,2	1,88

Таблица 21 – Расчетные данные тралового мешка с делью Т90

Для полученных данных были построены зависимости R_x от v (рисунки 51, 52) при различном диаметре обруча.



Рисунок 51 – Зависимость R_x от v для ТМ с делью ТО



Рисунок 52 – Зависимость R_x от v для ТМ с делью Т90

Полученные данные показывают, что при разных диаметрах обруча и различной скорости траления модель с делью Т90 имеет меньшее сопротивление относительно модели Т0.

5.2 Эмпирический коэффициент траловых мешков с делью Т0, Т90

Эксперименты с траловыми мешками с делью Т0 и Т90 показали явную зависимость от сплошности и формы ячеи. В свою очередь для определения аппроксимирующих зависимостей необходимо подобрать так коэффициенты аппроксимации, чтобы была понятна корреляция зависимых факторов, а также была понятна гидродинамика процесса, впоследствии которой возможно управлять проектировщику и эксплуатационнику траловых конструкций на промысле.

На рисунке 53 изображены два траловых мешка, которые имеют одинаковую сплошность $F_0 = 0,346$, и посажены на один и тот же металлический обруч, диаметр которого $D_{063} = 640,0$ мм.



Рисунок 53 – Траловые мешки Т90 (а) и Т0 (б), D_{063} = 640,0 мм, F_0 =0,346

В таблице 22 представлены значения гидродинамического коэффициента

сопротивления траловых мешков, полученые в ходе эксперимента, описанного в п. 5.1.

Таблица 22 – Значения конструктивных и силовых характеристик траловых мешков

Форма ячеи	$F_{ m o}$	Re	$c_x \cdot 10^{-3}$
		750	3,07
	0,596	1125	1,95
		1563	1,28
		750	3,89
TO	0,40	1125	2,41
		1563	1,63
		750	4,38
	0,346	1125	2,79
		1563	1,94
	0,596	750	2,76
		1125	1,67
		1563	1,08
		750	3,39
T90	0,40	1125	2,15
	0,40 0,346 0,596 0,40 0,346	1563	1,53
		750	4,25
	0,346	1125	2,65
		1563	1,88

На рисунках 54 и 55 изображены графики зависимостей гидродинамического коэффициента сопротивления мешков с делью Т0 и Т90 от числа Рейнольдса.



Рисунок 54 — Зависимость c_x от Re для TM с делью T0



Рисунок 55 – Зависимость *c*_{*x*} от Re для TM с делью T90

Для аппроксимации значений, которые представлены в таблице 22 зависимостью вида:

$$c_x = f\left(\operatorname{Re}, F_{o}, k_{\phi}\right),\tag{97}$$

где *k* – коэффициент, зависящий от формы ячеи Т0 или Т90, необходимо провести следующие выкладки:

— провести аппроксимацию вида:

$$c_x = f(\operatorname{Re}, F_{o}), \tag{98}$$

для траловых мешков в отдельности Т0 и Т90;

— провести аппроксимацию вида:

$$k_{\phi} = f(T_{\phi}), \tag{99}$$

где T_{ϕ} – форма ячеи ТО или Т90.

С целью упрощения зависимости аппроксимации с точки зрения ее вида, а также минимизации ошибки аппроксимации ($\delta \rightarrow \min$), принято решения использовать показательную функцию вида [110]:

$$c_x = k_{\phi} F_{o} \operatorname{Re}^{a_x}, \qquad (100)$$

где *а_к* – коэффициент аппроксимации.

В таблице 23 приведены значения коэффициентов аппроксимации (100) и величины ее ошибки.

Таблица 23 – Значения коэффициентов аппроксимации (100) и величины ее ошибки для T0 и T90

Форма ячеи	Fo	k_{Φ}	a_{κ}	δ, %
TO	0,596	8,7	1,1	3,8
				2,9
				-3,4
	0,40	11,3		3,3
				0,2
				2,9
	0,346	12,8		0,7
				0,2
				-0,3
Т90	0,596	7,6	-1,1	1,9
				-3,8
				-1,6
	0,40	9,9		-0,7
				-1,7
				0,5
	0,346	12,3		0,7
				-1,8
				0,2

На рисунке 56 изображены данные коэффициента k_{ϕ} , зависящего от F_{o} .



Рисунок 56 – Зависимость k_{ϕ} от F_{o}

Аппроксимирующая зависимость вида (97) представлена в виде:

$$c_x = k_{\phi_{\rm T90=6,4}}^{\rm T0=7} F_{\rm o}^{-1} R e^{-1,1}, \qquad (101)$$

где *k*_ф=7 для T0; *k*_ф=6,4 для T90.

В результате аппроксимации зависимости вида (97) получена связь между геометрическими и силовыми параметрами ячеи дели T0 и T90, ошибка аппроксимации не превышает 5 %.

Исходя из полученной зависимости (101) сопротивление тралового мешка, изготовленного из дели Т90, меньше на 9 % сопротивления тралового мешка, изготовленного из дели Т0.

Зависимость (101) справедлива для траловых мешков, изготовленных из дели Т0 и Т90, материал полиамид.

Выводы по главе 5

Проведена серия экспериментов с мешками, изготовленными по чертежам разноглубинного трала для лова ряпушки (Coregonus albula) в оз. Виштынецком 18/95 м, в гидроканале ООО «Фишеринг Сервис». Были сконструированы два траловых мешка: с делью Т0, Т90 и разной посадкой. Для каждого был рассчитан гидродинамический коэффициент сопротивления. В результате получена связь между геометрическими и силовыми параметрами ячеи дели Т0 и Т90, ошибка аппроксимации не превышает 5 %. Исходя из полученной зависимости сопротивление тралового мешка, изготовленного из дели Т90 меньше на 9 % тралового мешка, изготовленного из дели Т0. Эта зависимость справедлива для траловых мешков, изготовленных из дели Т0 и Т90, материал полиамид.

Практические рекомендации

В процессе проектирования разработчику необходимо оценивать форму мешка при различных условиях его эксплуатации и материалов с целью их эффективного подбора.

Разработанная методика по определению изгибной жесткости материала и полученные математические модели, алгоритмы для моделирования ячеи, позволят при совмещении с программным обеспечением «Система автоматизированного проектирования орудий промышленного рыболовства», (разработанной А.А. Недоступом, А.О. Ражевым и Е.Е. Львовой) выполнять моделирование геометрических и силовых характеристик траловых мешков.

На рисунках 57-59 выполнено 3D-моделирование тралового мешка разноглубинного трала N-MWT-m1 3,3/12,0 м, рассчитаны силы натяжения в нитках и веревках делей [111].



Рисунок 57 – Вид с боку на разноглубинный трал и траловый мешок



Рисунок 58 – 3D-модель тралового мешка при скорости буксировки 1 м/с (натяжения)



Рисунок 59 – Вид с боку на траловый мешок

На рисунке 60 показано распределение нагрузок в траловом мешке (оболочке тралового мешка) без улова, при скорости буксировки 1 м/с.



Рисунок 60 – 3D-моделирование тралового мешка (натяжение)

Результаты численного моделирования геометрических и силовых характеристик траловых мешков, а также 3D-моделирование траловых мешков позволяет обоснованно подходить к их проектированию, конструированию, изготовлению, а также грамотно использовать сетематериалы при их постройке.

Заключение

Целью данной работы является изучение механики ячеи дели траловых мешков для увеличения селективных качеств орудия рыболовства и снижения его гидродинамического сопротивления.

В процессе работы:

— проведен обзор исследований механики ячеи дели траловых мешков, который показал, что несмотря на разнообразие исследований, они обычно не связаны между собой и в большинстве работ рассматриваются простые схематизации элементарной ячеи (без учета изгибной жесткости), которые масштабируются на всю конструкцию тралового мешка, что ведет к неточностям в расчетах и неверному обоснованию его раскрытия. В ходе исследований было выявлено, что степень раскрытия ячеи зависит от длины изделия, механических свойств материала, т. е. жесткости синтетического изделия;

— проведены экспериментальные исследования изгибной жесткости крученых веревок, ниток и шнуров: «геометрический метод» позволил изучить изгибную жесткость по единой методике для большинства изделий.

В ходе обработки экспериментальных данных была определена зависимость изменения физико-механических свойств от изгибной жесткости изделия, позволяющая производить приближенную оценку упругих свойств других изделий. На основе полученных зависимостей была разработана математическая модель изгибной жесткости крученых веревок, ниток и шнуров. Изгибная жесткость изменялась в диапазоне: 1) для синтетических веревочно-нитевидных изделий: полиамид – от $0,08 \cdot 10^{-4}$ до $1,10 \cdot 10^{-4}$ Нм²; полиэфир – от $0,1 \cdot 10^{-4}$ до $1,24 \cdot 10^{-4}$ Нм²; полиэфир – от $0,2 \cdot 10^{-4}$ до $1,3 \cdot 10^{-4}$ Нм²; полипропилен – от $0,1 \cdot 10^{-4}$ до $1,7 \cdot 10^{-4}$ Нм²; полиэфир – от $0,2 \cdot 10^{-4}$ до $1,3 \cdot 10^{-4}$ Нм²; полипропилен – от $0,1 \cdot 10^{-4}$ до $1,7 \cdot 10^{-4}$ Нм²; полиэфир – от $0,2 \cdot 10^{-4}$ до $1,3 \cdot 10^{-4}$ Нм²; полипропилен – от $0,1 \cdot 10^{-4}$ до $1,7 \cdot 10^{-4}$ Нм².

Анализ полученных данных позволяет смело говорить о том, что вид сырья, структура, диаметр и длина самого изделия оказывают значительное влияние на изгибную жесткость;

— разработаны алгоритмы, позволяющие рассчитывать свойства изделий, на основании которых был создан программный продукт способный прогнозировать физико-механические свойства синтетических шнуров, применяемых В промышленном рыболовстве «Проектирование синтетических шнуров орудий промышленного рыболовства» (Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ №2023662966). Компьютерная программа позволяет: строить 3D-модель: прогнозировать физико-механические свойства шнуров; выявлять участки потенциального разрушения.

Для проверки работоспособности разработанного программного продукта проведено сопоставление натурных и численных результатов испытаний с различными образцами синтетических шнуров. При проведении экспериментов были геометрические сопоставлены силовые И характеристики. Анализ испытаний синтетических шнурах результатов на демонстрирует, ЧТО погрешность геометрических характеристик не превышает 5 %. Недостатком программного продукта является увеличение погрешности при близких к разрывным нагрузкам и при больших изгибах – вследствие их нелинейной природы;

— проведено исследование элементарной ромбической ячеи, изготовленной из крученых веревок, ниток и шнуров. Предложены две математические модели, описывающие ячею Т90 с учетом изгибной жесткости: 1) построенная на методе непосредственного интегрирования уравнения изгибающих моментов; 2) шаг элементарной ромбической ячеи Т90 представлен как цепная линия. В ходе исследований были разработаны алгоритмы расчета элементарной ромбической ячеи Т90 с учетом изгибной жесткости, на основе которых были созданы программы для расчета и визуализации формы ячеи Т90: «Расчет жесткостных характеристик ячеи Т90 тралового мешка» (Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ №2024686011 Авторы: Ражев А.О., Недоступ А.А., Коновалова К.В.); «Механика ячеи Т90 тралового мешка» (Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ №2024686000 Авторы: Ражев А.О., Недоступ

А.А., Коновалова К.В.). При сопоставлении расчетных и экспериментальных данных погрешность геометрических характеристик не превышает 5 %;

— проведена серия экспериментов с мешками, изготовленными по чертежам разноглубинного трала для лова ряпушки (Coregonus albula) в оз. Виштынецком 18/95 м, в гидроканале ООО «Фишеринг Сервис». Были сконструированы два траловых мешка: с делью Т0, Т90 и разной посадкой. Для каждого был рассчитан гидродинамический коэффициент сопротивления. В результате получена связь между геометрическими и силовыми параметрами ячеи дели Т0 и Т90, ошибка аппроксимации не превышает 5 %. Исходя из полученной зависимости сопротивление тралового мешка, изготовленного из дели Т90 меньше на 9 % тралового мешка, изготовленного из дели Т0. Эта зависимость справедлива для траловых мешков, изготовленных из дели Т0 и Т90, материал полиамид.

Список используемой литературы

1. Веденеев, В.Л. Промышленное рыболовство. Конспект лекции для студентов специальности «Судовождение» / В.Л. Веденеев. – Керчь: КГМТУ, 2008. – 120 с.

2. Толмачев, В.И. Изучение причин, обуславливающих селективность тралирующих орудий лова / В.И. Толмачев // Труды АтлантНИРО. – Калининград, 1964. – Вып. XII. – С. 100–128.

 Трещев, А.И. Научные основы селективного рыболовства / А.И. Трещев. – Москва: Пищевая промышленность, 1974. – 443 с.

4. Шевцов, С.Е. Влияние величины улова на селективные свойства трала / С.Е. Шевцов // Рыбное хозяйство. – 1977. – № 12. – С. 43–44.

5. Шевцов, С.Е. Влияние размерного состава стада рыбы на селективность трала / С.Е. Шевцов // Рыбное хозяйство. – 1977. – № 2. – С. 58–61.

6. Boldt H., Fischer H.J. Untersuchungen zu den selektiven Eigenechaften von Schleppnetzateerten. II "Seewirtschaft", 1977, 9, №11, p. 643-645.

7. Clark J.R. Size selection of fish by other trawls. II Results of resent experiments in the Northwest Atlantic ICNAF, 1965, Spec. Publ. No. 5. p.p. 24-26.

 Болотов, В.М. Результаты работ по селективному промыслу минтая в Охотском и Беринговом морях // В.М. Болотов, А.И. Шевченко, Л.А. Борец и др. // Научные труды Дальрыбвтуза. Владивлсток, –1999. – №12. – С. 96-100.

9. Ефанов, С.Ф. Селективность траловых кутков в отношении ставриды и скумбрии Центрально-Восточной Атлантики / С.Ф. Ефанов // В кн.: Исследования по технике промышленного рыболовства и поведению рыб: сб. научных трудов ВНИРО. – Москва, 1983. – С. 78–88.

10. Коротков, В.К. Селективность капроновых кутков по отношению к ставриде и окуню / В.К. Коротков // Рыбное хозяйство. – 1976. – № 6. – С. 53–96.

11. Коротков, В.К. Испытание селективных устройств при лове трески Балтийского моря / В.К. Коротков, О. Габриэль, Л. Клаус // Ин-т рыб-ва. – Гамбург, 1999. – 6 с.

12. Трещев, А.И. Результаты опытов по изучению селективности тралов, применяемых для трески в Северной Атлантике / А.И. Трещев // Труды ВНИРО. – 1962. – Т. 47. – С. 31–45.

13. Bohl H. Note on the influence of net design on .selectivity of trawls ICES CM.1960. No 162.-5 p.

14. Casey J., Nicholson M.D., Warnes S. Selectivity of square mesh codends on pelagic trawls for Atlantic mackerel (Scomber scombrus L.). Fish. Res., 1992, 13, p. 267-279.

15. Cieglewier W., Strzyzewski W. Investigations on the selection of the Baltic cod by cod-end as the bagis for establishing of the minimum mesh size. II Prace. Reports. Sea. Fish. Just. Gdynia 10/A. 1959, p.p. 4-17.

16. Suuronen P., Millar R.B., Jarvik A. Selectivity of diamond and hexagonal mesh codends in pelagic herring trawls: evidence of a catch size effect. -Finn. Fish. Res., 1991, 12, p.143-156.

17. Шевченко, А.И. Об оптимальных размерах ячеи в различных частях трала /
А.И. Шевченко // Сб. научно-технической информации ВНИРО. – Москва, 1968. –
№4. – С. 44–65.

 Шевченко, А.И. Об удерживающей способности сетного полотна трала / А.И. Шевченко // В сб. ТИНРО: «Промышленное рыболовство и механизация». – Москва, 1970. – №3. – С. 29–46.

19. Толмачев, В.И. К вопросу определения предельной длины рыб, полностью удерживаемых отцеживающим орудием лова / В.И. Толмачев // Труды АтлантНИРО, 1968, С. 83-112.

20. Moderhak, W. A theoretical approach to selectivity of cod-ends. Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems, 2003, vol. 3, pp. 105-116.

21. Paschen M., Kopnick W. and Winkel H.-J., "Model tests of various cod-end constructions - the key for an explanation of selectivity characterisation !?", Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems, Vol. 2, Rostock 2002: p. 189-205

22. Blady W., "Badania z zakresu techniki polowu", [w] Wyniki badan statku naukowo-badawczego Prof Siedlecki na wodach Polnocno-Wschodniego Pacyfiku (rejs IX 26 VI - 5 XI), MIR ,Tom II , Gdynia 1978: p. 143 - 200,

23. Гюльбадамов, С.Б. Обоснование оптимального размера ячеи в кутке трала /
С.Б. Гюльбадамов // Труды ВНИРО. – 1959. . – т. 41. – С. 57-65.

24. Денисов, Л.И. Избирательность и удерживающая способность ячеи различной формы / Л.И. Денисов // Рыбное хозяйство. – 1966. – № 10. – С. 50–52.

25. Шевченко, А.И. О рабочей форме ячеи в трале / А.И. Шевченко // Сб. научно-технической информации ВНИРО. – 1968. – №12. – С. 92-98.

26. Priour, D., Jean-Yves Cognard Investigation of methods for the assessment of the flexural stiffness of netting panels October 2011 Conference: demat Split

27. Шевцов, С.Е. Влияние толщины сетной нитки на селективность кутка трала
/ С.Е. Шевцов // «Рыбное хозяйство». – 1977. – № 9. – С. 68–79.

 Graham M. Trials of mesh selection in trawls and seines. II J. Cons. Inst. Explor. Mer., 20, 1954, p. 62-71.

29. Herrmann, B.; O'Neill, F.G. Theoretical Study of the Influence of Twine Thickness on Haddock Selectivity in Diamond Mesh Cod-Ends. Fish. Res. 2006, 80, 221–229.

30. Sala, A.; Lucchetti, A. Effect of Mesh Size and Codend Circumference on Selectivity in the Mediterranean Demersal Trawl Fisheries. Fish. Res. 2011, 110, 252–258.

31. Catchpole, T.L.; Revill, A.S.; Dunlin, G. An Assessment of the Swedish Grid and Square-Mesh Codend in the English (Farn Deeps) Nephrops Fishery. Fish. Res. 2006, 81, 118–125.

32. Cheng, Z.; Einarsson, H.A.; Bayse, S.; Herrmann, B.; Winger, P. Comparing Size Selectivity of Traditional and Knotless Diamond-Mesh Codends in the Iceland Redfish (Sebastes Spp.) Fishery. Fish. Res. 2019, 216, 138–144.

33. O'Neill, F.G. Differential Equations Governing the Geometry of a Diamond Mesh Cod-End of a Trawl Net. J. Appl. Mech. 1997, 64, 7–14.

34. Herrmann, B.; Priour, D.; Krag, L.A. Simulation-Based Study of the Combined Effect on Cod-End Size Selection of Turning Meshes by 90° and Reducing the Number of Meshes in the Circumference for Round Fish. Fish. Res. 2007, 84, 222–232.

35. Bi, C.-W.; Zhao, Y.-P.; Dong, G.-H.; Xu, T.-J.; Gui, F.-K. Numerical Simulation of the Interaction between Flow and Flexible Nets. J. Fluids Struct. 2014, 45, 180–201.

36. He, P. Selectivity of Large Mesh Trawl Codends in the Gulf of Maine. Fish. Res. 2007, 83, 44–59.

37. Bayse, S.M.; Herrmann, B.; Lenoir, H.; Depestele, J.; Polet, H.; Vanderperren, E.; Verschueren, B. Could a T90 Mesh Codend Improve Selectivity in the Belgian Beam Trawl Fishery? Fish. Res. 2016, 174, 201–209.

38. Ferro, R.S.T.; O'Neill, F.G. An overview of the characteristics of twines and netting that may change codend selectivity. ICES CM 1994, 1994, 35.

39. Herrmann, B.; Moderhak, W.; Wienbeck, H.; Valentinsson, D.; Priour, D.; Sala, F.A. Report of the Study Group on Turned 90° Codend Selectivity, Focusing on Baltic Cod Selectivity (SGTCOD); FTC:05; ICES C.M.: Hirtshals, Denmark, 2009.

40. O'Neill, F.G.; Mutch, K. Selectivity in trawl fishing gears. Scott. Mar. Freshw. Sci. 2017, 8, 1–85.

41. Druault, P.; Germain, G. Analysis of Hydrodynamics of a Moving Trawl Codend and Its Fluttering Motions in Flume Tank. Eur. J. Mech. B Fluids 2016, 60, 219–229.

42. Мейлер, Л.Е. О формировании улова в траловом мешке / Л.Е. Мейлер // «Рыбное хозяйство». – 2005. – №5. – С. 84-85.

43. Обвинцев, А.Л., Исследование гидродинамических характеристик конусообразных сетей / А.Л. Обвинцев, В.М. Люторевич, В.Г. Батров // Сборник научных трудов. Промышленное рыболовство. Калининград. – Издательство КГТУ. 2005. - С. 66-73.

44. Розенштейн М.М. Механика орудий рыболовства / М.М Розенштейн // Сборник научных трудов. Промышленное рыболовство. Калининград. – Издательство КГТУ, 2000. – 364 с.

45. Korotkov V.K., Meyler L.E. Hydrodynamic investigations, designinig and marine test of a trawl cjdend with the improved conditions of catch concentration.

Contributions on the theory of fishing gears and related marine systems. V. 2. DEMaT 2001. - 2002. - p. 175-187.

46. Пилипчук, Д.А., Влияние потока воды на формирование улова в траловом мешке/ Д.А. Пилипчук, В.В. Чернецов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ Фридмана Александра Львовича и 95-летию со дня основания кафедры ПР, КГТУ. – Калининград, 2010. – 455 с.

47. Баев, Е.Л. Определение поля скоростей модели тралового мешка / Е.Л. Баев,
В.А. Белов // Рыбное хозяйство. – 1987. – № 1. – С. 47–48.

48. Заферман, М.Л. Формирование улова в траловом мешке / М.Л. Заферман, Л.И. Серебров // Рыбное хозяйство. – 1989. – № 9. – С. 66–68.

49. Germain, G.; Facq, J.V.; Priour, D. Flow Characterization around A Cod-End. In Proceedings of the IMAM 2005, Lisboa, Portugal, 26–30 September 2005.

50. He, P. Swimming speeds of marine fish in relation to fishing gears. ICES Mar. Sci. Symp. 1993, 196, 183–189.

51. Bouhoubeiny, E.; Germain, G.; Druault, P. Time-resolved PIV investigations of the flow field around cod-end net structures. Fish. Res. 2011, 108, 344–355.

52. Madsen, N.; Hansen, K.; Madsen, N.A. Behavior of different trawl codend concepts. Ocean Eng. 2015, 108, 571–577.

53. Wienbeck, H.; Herrmann, B.; Moderhak, W.; Stepputtis, D. Effect of netting direction and number of meshes around on size selection in the codend for Baltic cod (Gadus morhua). Fish. Res. 2011, 109, 80–88.

54. Einarsson, H.A.; Cheng, Z.; Bayse, S.M.; Herrmann, B.; Winger, P.D. Comparing the Size Selectivity of a Novel T90 Mesh Codend to Two Conventional Codends in the Northern Shrimp (Pandalus borealis) Trawl Fishery. Aquac. Fish. 2021, 6, 382–392.

55. Hansen, U.J. Performance of a trawl codend made from 90° turned netting (T90) compared with that of traditional codends. In Proceedings of the ICES Fishing Technology and Fish Behaviour Working Group Meeting, Gdynia, Poland, 20–23 April 2004.
56. Semlow, C. Impact of net mesh shape and angle of attack on the flow through a net panel-an experimental study / C. Semlow, M. Paschen // DEMAT '15. International workshop - Contributions on the theory of fishing gears and related marine systems DEMAT 2015. 2015. Rostock. Germany. p. 57-64.

57. Moderhak, W., 2000. Selectivity tests of polyamide and polyethylene codends made of netting with meshes turned through 90 degree. Bulletin of the Sea Fisheries Institute, Gdynia. No. 149, pp. 17-25.

58. Moderhak W. Influence of twine parameters on the shapes of meshes and T90 codens. [w:] Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems, Vol. 5 – University of Rostock, Niemcy, Shaker Verlag, Aachen 2007, ISBN 978-3-8322-6606-6, ISSN 0945-0874.

59. Баранов, Ф.И. Теория и расчет орудий рыболовства / Ф.И. Баранов. – Москва: Пищепромиздат, 1948. – 436 с.

60. Фридман, А.Л. Об особенностях сопротивления рыболовной сети /
А.Л. Фридман, Ю.А. Данилов // Рыбное хозяйство. – 1967. – № 6. – С. 43–47.

61. Фридман, А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства / А.Л. Фридман. – Москва: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 327 с.

62. Стрекалова, В.Н. Жесткость системы при задеве трала / В.Н. Стрекалова //
Сб. тр. каф. промышл. рыболовства. – Калининград, 1969. – Вып. XXI. –
С. 163–168.

63. Стрекалова, В.Н. О моделировании упругости канатов в динамических рыболовных системах / В.Н. Стрекалова, А.Л. Фридман // Сб. тр. каф. промышл. рыболовства. –Калининград, 1977. – Вып. 65. – С. 59–63.

64. Меркин, Д.Р. Введение в механику гибкой нити / Д.Р. Меркин. – Москва: Наука, 1980. – 240 с.

65. Герман, Б.И. Влияние жесткости сетного полотна на форму рыболовной сети в потоке / Б.И. Герман // Сб. тр. каф. промышл. рыболовства. – Калининград, 1977. – Вып. 62. – С. 116–120.

66. Герман, Б.И. Критерии изгибной жесткости сетеснастных материалов при моделировании орудий лова / Б.И. Герман, А.Л. Фридман, В.Е. Юпик // Сб. тр. каф. промышл. рыболовства. – Калининград, 1977. – Вып. 65. – С. 64–69.

67. Биргер, И.А. Сопротивление материалов: учеб. пособие / И.А. Биргер, Р.Р. Мавлютов. – Москва: Наука, 1986. – 560 с.

68. Nedostup A.A., Razhev A.O., Nasenkov P.V., Konovalova K.V., Pivovarova Yu.S. Theory of loading of synthetic fishing materials // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. 2023. № 1. C. 124-136. DOI: 10.24143/2073-5529-2023-1-124-136.

69. Механика канатно-веревочных и нитевидных изделий / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков, К.В. Коновалова // В сборнике: VIII Международная конференция проблемы механики современных машин, проведенной в Восточно-Сибирском государственном университете технологий и управления (оз. Байкал), 04–09 июля 2022 года. – Улан-Удэ, 2022. – С. 521–527.

70. Ильский, А.Л. Расчет и конструирование бурового оборудования и инструмента / А.Л. Ильский. – Москва: Гостоптехиздат, 2004. – 636 с.

71. Кошкин, А.П. Канаты для подъемных установок: учеб. пособие / А.П. Кошкин, Г.Д. Трифанов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 107 с.

72. Соколов, Ю.Ф. Методика оценки жесткости канатов / Ю.Ф. Соколов, М.Н.
Пахнов, А.И. Вощанкин // Рыбное хозяйство. – 1987. – № 2. –С. 58–60.

73. Зайцев, А.П. Материалы рыболовные текстильные. Методы испытаний, РД-15-191-91 / А.П. Зайцев, И.В. Корчагина, Т.Е. Суконова. – Калининград: «МИНРЫБХОЗ СССР», – 1991.

74. Линде, В.В. О некоторых физико-механических свойствах синтетических полиамидных волокон / В.В. Линде, А.А. Роговина // Текстильная промышленность. – 1950. – № 12. – С. 23–25.

75. Осовская, И.И. Химические волокна. Комплексное использование древесины: природные и химические волокна: учеб. пособие / И.И. Осовская. –

Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2020. – 98 с.

76. Гриценка В.В. Погрешности измерений / В.В. Гриценко – Рубцовск: Рубцовский индустриальный институт, 2018. – 40 с.

77. ГОСТ 6611.1-73 (ИСО 2060-72) Нити текстильные. Метод определения линейной плотности (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5) – 1997. – С.30.

78. ГОСТ 10681-75 Материалы текстильные. Климатические условия для кондиционирования и испытания проб и методы их определения – 1997. – С.30.

79. Щербаков, В.П. Теоретические основы и экспериментальное определение жесткости нити при кручении и изгибе / В.П. Щербаков, О.Ю. Дмитриев, И.Б. Цыганов, Н.С. Скуланова, Е.Р. Попова // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 1. –С. 156–161.

80. Патент СССР № 658433, 25.04.1979. Способ определения изгибной жесткости канатов под нагрузкой // Патент СССР № 658433 1979. Бюл. № 15. / Маховский Н.Ф., Митягин Ю.И.

81. Глушко, М.Ф. Стальные подъемные канаты / М.Ф. Глушко. – Киев: Техника, 1966. – 328 с.

82. Малиновский, В.А. Стальные канаты / В.А. Малиновский. – Одеса: Астропринт, 2001. – 188 с.

83. Коновалова, К.В. Определение изгибной жесткости синтетических шнуров /К.В. Коновалова // В сборнике: VIII Международная конференция «Проблемы механики современных машин», проведенной в Восточно-Сибирском государственном университете технологий и управления (оз. Байкал), 4-9 июля 2022 г. – Улан-Удэ, 2022. – С. 477–480

84. Коновалова, К.В. Прогнозирование изгибной и поперечной жесткостей рыболовных крученых изделий / К.В. Коновалова // В сборнике: Балтийский морской форум. материалы VIII Международного Балтийского морского форума: в 6 т.– Калининград, 2020. – С. 218–228.

85. Недоступ, А.А. Мультифизическое подобие технических средств рыболовства и рыбоводства: монография / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В.

Насенков, К.В. Коновалова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 177 с.

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

87. Коновалова, К.В. Проектирование синтетических шнуров, обслуживание и эксплуатация / К.В. Коновалова, А.А. Недоступ, А.О. Ражев // В сборнике: Балтийский морской форум. материалы IX Международного Балтийского морского форума: в 6 т. – Калининград, 2021. – С. 338–342.

88. Производительность продольных сил (сил натяжения) канатных связей траловых конструкций / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков, К.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана. Материалы VII Международной научно-технической конференции. – Владивосток, 2022.– С. 169–173.

89. Производительность сил траловой системы – III: математическое моделирование (часть I) / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков, К.В. Коновалова [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2021. – № 4. – С. 63–72. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-4-63-72

90. Недоступ, А.А. Производительность сил траловой системы – V: предсказательное моделирование / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков, К.В. Коновалова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2022. – № 2. – С. 23–33. DOI: 10.24143/2073-5529-2022-2-23-33.

91. Производительность сил траловой системы – IV: математическое моделирование (часть II) / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков, К.В. Коновалова [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2022. – № 1. – С. 32–38. DOI: 10.24143/2073-5529-2022-1-32-38.

92. Производительность сил траловой системы – VI: математическое моделирование (часть III) / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков, К.В. Коновалова [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2022. – № 4. – С. 82–89. DOI: 10.24143/2073-5529-2022-4-82-89

93. Насенков, П.В., Экспериментальные исследования коэффициента Пуассона нитевидных рыболовных материалов / П.В. Насенков, А.А. Недоступ, Г.М. Долин // Изв. Калининградского государственного технического университета. – 2021. – № 62. – С. 26–34.

94. Алгоритм расчета физико-механических свойств канатно-веревочных изделий и плетеных шнуров / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков, К.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование. Материалы XIII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции / Отв. за вып. Т.А. Клочкова. – Петропавловск-Камчатский, 2022. – С. 106–109.

95. Осипов, Е.В. Метод расчета прочностных характеристик полиэтиленовых шнуров / Е.В. Осипов, Г.В. Сюмаков // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2020. – № 53. – С. 16–24.

96. Осипов, Е.В. Совершенствование конструкций полиэтиленовых шнуров /
Е.В. Осипов, Г.В..Сюмаков // Рыбное хозяйство. – 2019. – № 4. – С. 96–98.

97. Недоступ, А.А. Расчет прогиба композитного ваера численным методом точечных масс при компьютерном моделировании /А.А. Недоступ, А.О. Ражев, В.А. Наумов // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 2. – Т.1. – С. 210–215.

98. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023662966, 16.06.2023. Заявка № 2023660659 «Проектирование синтетических шнуров орудий промышленного рыболовства». Авторы: Коновалова К.В.

99. Коновалова, К.В. Создание и функциональные испытания программного продукта для проектирования синтетических шнуров орудий промышленного рыболовства / К.В. Коновалова, А.А. Недоступ, А.О. Ражев // В сборнике:

Балтийский морской форум. Материалы XI Международного Балтийского морского форума: в 8 т. – Калининград, 2023. – С. 246–253.

100. Евченко, А.И. OpenGL и DirectX. Программирование графики / А.И. Евченко. – СПб.: Питер, 2006. – 350 с.

101. Недоступ, А.А. Численное решение задачи определения конструктивных, геометрических и силовых характеристик элементарной ячеи / А.А. Недоступ, К.В. Коновалова, В.А. Наумов // В сборнике: Балтийский морской форум. материалы X Международного Балтийского морского форума: в 7 т. – Калининград, 2022. – С. 245–249.

102. Коновалова, К. В. Аналитический расчет элементарной ромбической ячеи / К.В. Коновалова // В сборнике: Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли. Материалы VIII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Владивосток, 2023. – С. 143–149.

103. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024686601,
31.11.2024. Заявка № 2024686011 «Расчет жесткостных характеристик ячеи Т90 тралового мешка». Авторы: Ражев А.О., Недоступ А.А., Коновалова К.В.;

104. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024686472,
31.11.2024. Заявка № 2024686000 «Механика ячеи Т90 тралового мешка».
Авторы: Ражев А.О., Недоступ А.А., Коновалова К.В.

105. Коновалова, К.В. Экспериментальные исследования формоизменяемости элементарной ячеи/ К.В. Коновалова, А.А. Недоступ // В сборнике: Балтийский морской форум. материалы X Международного Балтийского морского форума: в 7 т. – Калининград, 2022. – С. 241–244.

106. Недоступ, А.А. Обоснование расчета характеристик траловых мешков/ А.А.
Недоступ, А.А. Павленко // Рыбное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 101-103.

107. Критерии подобия физического моделирования процесса гидроподпора в траловых мешках при различных жесткостных характеристиках дели / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, К.В. Коновалова, П.В. Насенков // Материалы V Национальной научно-технической конференции «Инновационное развитие

рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации». – Владивосток, 2022. – С. 74–79.

108. Недоступ, А.А. Экспериментальные исследования разноглубинного трала
18/95 м на оз. Виштынецкое / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков и др.
// Вопросы рыболовства. – 2023 – 24(2) – С. 92-98.

109. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкости / К. Флетчер – Москва: Мир, 1991. – Т. 1-2. – 1054 с.

110. Nedostup A.A., Konovalova K.V. Empirical dependences of the hydrodynamic drag coefficient of cod-ends made of T0 and T90 netting // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. 2024. № 3. C. 79-85. DOI: 10.24143/2073-5529-2024-3-79-85.

111. Недоступ, А.А. 3D-Моделирование траловых мешков (без улова) / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, К.В. Коновалова // Материалы Международной научнопрактической конференции «Водные биоресурсы: рациональное освоение и искусственное воспроизводство». – Владивосток, 2021. – С. 58–64.

Приложение А

Экспериментальные данные образцов

(обязательное)

Полиэфир 93,5 Теко	2		
Номинальный диаметр, мм	2,0	3,0	4,0
Номер испытаний	Эксперимент	гальный диамет	р, мм
1	2,0	3,0	4,0
2	2,1	3,0	4,0
3	2,1	3,1	3,9
4	2,0	3,1	4,0
5	2,0	3,0	4,0
6	1,9	2,8	4,0
7	2,0	2,9	4,1
8	2,1	3,0	4,1
9	1,9	3,0	4,0
10	2,0	3,1	4,0
Среднее арифметическое значение	2,01	3,00	4,01
Среднее квадратическое отклонение	0,023	0,030	0,018
Случайная погрешность	0,053	0,067	0,041
Суммарная погрешность	0,053	0,067	0,041
Относительная погрешность, %	2,63	2,25	1,02

Таблица П.А.1 — Диаметр синтетических шнуров из полиэфира

Таблица П.А.2 — Диаметр синтетических шнуров из полипропилена

Полипропилен 187	Гекс						
Номинальный диаметр, мм	2,0	3,0	4,0				
Номер испытаний	Экспериментальный диаметр, мм						
1	2,0	3,0	3,9				
2	2,1	3,1	4,0				
3	2,0	3,1	4,0				
4	2,1	2,9	4,0				
5	2,0	3,1	4,1				
6	2,0	3,1	4,0				
7	2,0	3,1	4,0				
8	2,1	3,0	3,9				
9	2,0	3,0	4,0				
10	2,1	3,0	4,1				
Среднее арифметическое значение	2,0	3,1	4,00				
Среднее квадратическое отклонение	0,016	0,022	0,021				

Полипропилен 187 Текс												
Номинальный диаметр, мм	2,0	3,0	4,0									
Номер испытаний	Экспериментальный диаметр, мм											
Случайная погрешность	0,037	0,050	0,048									
Суммарная погрешность	0,037	0,050	0,048									
Относительная погрешность, %	1,82	1,65	1,19									

Продолжение таблицы П.А.

Таблица П.А.3 – Диаметр синтетических нитей и веревок из полиамида

Полиамид 187 Т	екс						
Номинальный диаметр, мм	2,0	3,1	4,0				
Число витков на 1м, шт.	320	250	210				
Номер испытаний	Экспериментальный диаметр, мм						
1	2,0	3,0	3,9				
2	2,1	3,1	4,0				
3	2,0	3,1	4,0				
4	2,1	3,1	4,0				
5	2,0	3,2	4,1				
6	2,0	3,1	4,0				
7	2,0	3,1	4,0				
8	2,1	3,0	3,9				
9	2,0	3,0	4,0				
10	2,1	3,0	4,1				
Среднее арифметическое значение	2,0	3,1	4,0				
Среднее квадратическое отклонение	0,016	0,021	0,021				
Случайная погрешность	0,037	0,048	0,048				
Суммарная погрешность	0,037	0,048	0,048				
Относительная погрешность, %	1,82	1,57	1,19				

Таблица П.А.4 – Диаметр синтетических нитей и веревок из полиэфира

Полиэфир 93,5 7	Гекс						
Номинальный диаметр, мм	2,0	3,1	4,0				
Число витков на 1м, шт.	320 200 170						
Номер испытаний	Эксперим	ентальный д	циаметр, мм				
1	2,0	3,0	4,0				
2	2,1	3,1	4,0				
3	1,9	3,0	4,1				
4	2,0	3,1	3,9				
5	2,1	3,1	4,0				
6	2,0	3,1	3,9				
7	2,0	3,1	3,9				

Полиэфир 93,5 Т	Гекс						
Номинальный диаметр, мм	2,0	3,1	4,0				
Число витков на 1м, шт.	320	200	170				
Номер испытаний	Экспериментальный диаметр, мм						
8	2,1	3,0	4,0				
9	2,1	3,0	4,1				
10	2,0	3,0	3,9				
Среднее арифметическое значение	2,03	3,1	3,98				
Среднее квадратическое отклонение	0,021	0,021	0,025				
Случайная погрешность	0,048	0,048	0,056				
Суммарная погрешность	0,048	0,048	0,056				
Относительная погрешность, %	2,38	1,57	1,42				

Продолжение таблицы П.А.4

Таблица П.А.5 – Диаметр синтетических нитей и веревок из полипропилена

Полипропилен 187	7 Текс		
Номинальный диаметр, мм	2,0	3,1	4,0
Число витков на 1м, шт.	250	210	190
Номер испытаний	Экспери	ментальный д	циаметр, мм
1	2,0	3,1	4,1
2	2,1	3,1	4,0
3	2,1	3,0	4,0
4	2,0	3,1	4,
5	2,0	3,0	4,1
6	2,0	3,1	4,0
7	2,0	3,1	4,0
8	2,1	3,0	4,1
9	2,0	3,1	3,9
10	2,1	3,1	4,0
Среднее арифметическое значение	2,04	3,07	4,02
Среднее квадратическое отклонение	0,016	0,015	0,020
Случайная погрешность	0,037	0,035	0,045
Суммарная погрешность	0,037	0,035	0,045
Относительная погрешность, %	1,82	1,13	1,13

Полиамид 187 Текс															
Номинальный диаметр, мм			2,0			3,0					4,0				
Длина, мм	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
Номер испытаний							-	Macca,	Г						
1	0,17	0,21	0,27	0,34	0,40	0,35	0,43	0,57	0,70	0,86	0,68	0,84	1,13	1,37	1,67
2	0,17	0,21	0,28	0,34	0,40	0,37	0,43	0,57	0,70	0,86	0,68	0,84	1,10	1,37	1,69
3	0,17	0,21	0,27	0,34	0,42	0,35	0,43	0,57	0,72	0,89	0,68	0,82	1,13	1,37	1,67
4	0,19	0,22	0,27	0,36	0,40	0,35	0,42	0,59	0,70	0,86	0,66	0,84	1,13	1,35	1,64
5	0,17	0,21	0,27	0,34	0,40	0,36	0,43	0,57	0,70	0,85	0,68	0,84	1,13	1,37	1,67
6	0,17	0,21	0,27	0,34	0,40	0,35	0,43	0,58	0,71	0,86	0,68	0,84	1,13	1,37	1,67
7	0,19	0,21	0,29	0,35	0,40	0,35	0,43	0,57	0,70	0,86	0,68	0,84	1,13	1,37	1,62
8	0,17	0,23	0,27	0,34	0,40	0,35	0,44	0,57	0,70	0,89	0,66	0,83	1,11	1,37	1,67
9	0,17	0,21	0,27	0,34	0,42	0,35	0,43	0,58	0,71	0,86	0,68	0,84	1,13	1,34	1,68
10	0,17	0,21	0,27	0,34	0,40	0,35	0,44	0,57	0,70	0,85	0,68	0,84	1,13	1,37	1,67
Среднее арифметическое значение	0,17	0,21	0,27	0,34	0,40	0,35	0,43	0,57	0,70	0,86	0,68	0,84	1,13	1,37	1,67
Среднее квадратическое отклонение	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,005	0,003	0,002	0,003	0,003	0,006
Случайная погрешность	0,006	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005	0,004	0,005	0,005	0,010	0,006	0,005	0,008	0,008	0,014
Суммарная погрешность	0,007	0,006	0,006	0,006	0,007	0,006	0,005	0,006	0,006	0,011	0,007	0,006	0,008	0,008	0,015
Относительная погрешность, %	3,79	2,59	2,02	1,61	1,63	1,56	1,13	0,99	0,80	1,22	0,97	0,66	0,73	0,60	0,88

Таблица П.А.6 – Масса синтетических шнуров из полиамида, разной длины

Полиэфир 93,5 Текс															
Номинальный диаметр, мм		2,0			3,0						4,0				
Длина, мм	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
Номер испытаний								Macca, 1							
1	0,17	0,20	0,26	0,33	0,40	0,32	0,38	0,52	0,62	0,77	0,51	0,62	0,82	1,04	1,26
2	0,16	0,21	0,26	0,33	0,40	0,32	0,38	0,53	0,62	0,77	0,52	0,62	0,83	1,04	1,26
3	0,16	0,21	0,25	0,33	0,40	0,32	0,39	0,52	0,62	0,78	0,52	0,62	0,81	1,05	1,26
4	0,16	0,20	0,26	0,33	0,41	0,32	0,38	0,52	0,62	0,77	0,51	0,62	0,83	1,02	1,26
5	0,17	0,19	0,26	0,33	0,40	0,32	0,38	0,53	0,63	0,78	0,51	0,61	0,81	1,03	1,26
6	0,17	0,21	0,26	0,35	0,40	0,31	0,38	0,52	0,62	0,77	0,52	0,62	0,81	1,02	1,25
7	0,17	0,21	0,25	0,33	0,41	0,32	0,39	0,54	0,62	0,77	0,51	0,62	0,82	1,04	1,27
8	0,16	0,20	0,26	0,33	0,40	0,32	0,38	0,52	0,63	0,79	0,52	0,62	0,82	1,04	1,25
9	0,19	0,21	0,25	0,33	0,40	0,32	0,38	0,52	0,62	0,77	0,50	0,62	0,81	1,05	1,26
10	0,17	0,20	0,26	0,33	0,40	0,32	0,38	0,52	0,63	0,77	0,52	0,62	0,80	1,04	1,26
Среднее арифметическое значение	0,17	0,20	0,26	0,33	0,40	0,32	0,38	0,52	0,62	0,77	0,51	0,62	0,82	1,04	1,26
Среднее квадратическое отклонение	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,002
Случайная погрешность	0,007	0,005	0,003	0,005	0,003	0,002	0,003	0,005	0,003	0,005	0,005	0,002	0,007	0,008	0,004
Суммарная погрешность	0,007	0,006	0,004	0,005	0,004	0,003	0,004	0,006	0,004	0,006	0,006	0,003	0,007	0,008	0,005
Относительная погрешность, %	4,22	2,78	1,70	1,58	1,00	1,10	1,05	1,08	0,70	0,73	1,10	0,56	0,91	0,77	0,39

Таблица П.А.7 – Масса синтетических шнуров из полиэфира, разной длины

				По	липроп	илен 18	7 Текс								
Номинальный диаметр, мм			2,0			3,0					4,0				
Длина, мм	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
Номер испытаний]	Macca,	Г						
1	0,17	0,21	0,28	0,34	0,41	0,34	0,41	0,55	0,67	0,83	0,52	0,62	0,83	1,02	1,26
2	0,16	0,21	0,28	0,34	0,41	0,34	0,41	0,55	0,67	0,83	0,52	0,62	0,83	1,01	1,26
3	0,18	0,21	0,27	0,35	0,41	0,35	0,41	0,55	0,67	0,83	0,52	0,62	0,83	1,02	1,26
4	0,16	0,20	0,27	0,35	0,41	0,35	0,43	0,55	0,67	0,82	0,53	0,62	0,83	1,02	1,25
5	0,17	0,20	0,28	0,35	0,42	0,34	0,42	0,55	0,67	0,83	0,52	0,61	0,83	1,02	1,26
6	0,17	0,21	0,27	0,35	0,41	0,35	0,41	0,55	0,67	0,83	0,52	0,62	0,83	1,02	1,25
7	0,17	0,21	0,29	0,34	0,41	0,34	0,41	0,55	0,67	0,84	0,53	0,62	0,83	1,01	1,26
8	0,16	0,20	0,27	0,34	0,41	0,34	0,42	0,55	0,67	0,83	0,52	0,62	0,83	1,02	1,25
9	0,17	0,21	0,27	0,34	0,41	0,33	0,41	0,55	0,67	0,82	0,53	0,62	0,83	1,02	1,26
10	0,17	0,21	0,27	0,35	0,41	0,35	0,41	0,55	0,67	0,83	0,52	0,62	0,83	1,02	1,26
Среднее арифметическое значение	0,17	0,21	0,28	0,35	0,41	0,34	0,41	0,55	0,67	0,83	0,52	0,62	0,83	1,02	1,26
Среднее квадратическое отклонение	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,000	0,001	0,002
Случайная погрешность	0,005	0,003	0,005	0,004	0,002	0,005	0,005	0,000	0,000	0,004	0,003	0,002	0,000	0,003	0,003
Суммарная погрешность	0,005	0,004	0,006	0,005	0,003	0,006	0,006	0,003	0,003	0,005	0,004	0,003	0,003	0,004	0,004
Относительная погрешность, %	3,12	2,11	2,08	1,34	0,85	1,61	1,37	0,48	0,40	0,59	0,83	0,56	0,32	0,40	0,35

Таблица П.А.8 – Масса синтетических шнуров из полипропилена, разной длины

Полиамид 187 Текс															
Номинальный диаметр, мм			2,0			3,1					4,0				
Длина, мм	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
Номер испытаний							-	Macca,	Г						
1	0,20	0,22	0,32	0,41	0,50	0,40	0,50	0,60	0,80	0,90	0,60	0,70	0,90	1,10	1,30
2	0,19	0,23	0,32	0,41	0,51	0,40	0,50	0,59	0,80	0,90	0,60	0,72	0,90	1,10	1,30
3	0,20	0,22	0,32	0,41	0,50	0,40	0,49	0,60	0,80	0,92	0,61	0,70	0,91	1,10	1,31
4	0,20	0,22	0,32	0,40	0,50	0,40	0,50	0,60	0,80	0,90	0,60	0,70	0,90	1,10	1,32
5	0,20	0,22	0,32	0,41	0,50	0,40	0,50	0,60	0,79	0,90	0,60	0,70	0,90	1,11	1,30
6	0,20	0,23	0,32	0,41	0,51	0,42	0,50	0,60	0,80	0,90	0,60	0,70	0,90	1,10	1,30
7	0,19	0,22	0,32	0,41	0,50	0,40	0,50	0,58	0,80	0,90	0,62	0,72	0,92	1,10	1,31
8	0,20	0,22	0,32	0,41	0,50	0,40	0,51	0,60	0,80	0,90	0,60	0,70	0,90	1,10	1,30
9	0,20	0,22	0,32	0,41	0,50	0,40	0,50	0,60	0,80	0,90	0,60	0,70	0,90	1,12	1,30
10	0,21	0,23	0,33	0,42	0,51	0,41	0,49	0,59	0,78	0,91	0,60	0,70	0,90	1,10	1,30
Среднее арифметическое значение	0,20	0,20	0,30	0,41	0,50	0,40	0,50	0,60	0,80	0,90	0,60	0,70	0,90	1,10	1,30
Среднее квадратическое отклонение	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002
Случайная погрешность	0,004	0,003	0,002	0,003	0,003	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005
Суммарная погрешность	0,005	0,004	0,003	0,004	0,004	0,006	0,005	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,006	0,006	0,006
Относительная погрешность, %	2,44	1,96	1,09	1,05	0,87	1,37	0,97	0,95	0,69	0,61	0,91	0,94	0,61	0,50	0,43

Таблица П.А.9 – Масса синтетических нитей и веревок из полиамида, разной длины

Полиэфир 93,5 Текс															
Номинальный диаметр, мм			2,0			3,1					4,0				
Длина, мм	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
Номер испытаний								Macca,	Γ						
1	0,15	0,19	0,25	0,33	0,38	0,34	0,40	0,53	0,67	0,79	0,51	0,61	0,80	1,01	1,23
2	0,15	0,21	0,25	0,33	0,40	0,34	0,40	0,53	0,67	0,79	0,51	0,61	0,80	1,01	1,23
3	0,15	0,19	0,25	0,33	0,38	0,34	0,40	0,54	0,67	0,79	0,52	0,61	0,80	1,02	1,23
4	0,15	0,19	0,26	0,34	0,38	0,34	0,41	0,53	0,69	0,81	0,51	0,61	0,80	1,01	1,24
5	0,16	0,19	0,25	0,33	0,38	0,34	0,40	0,53	0,67	0,79	0,51	0,60	0,80	1,01	1,23
6	0,15	0,20	0,25	0,33	0,38	0,34	0,40	0,53	0,67	0,79	0,51	0,61	0,80	1,02	1,25
7	0,15	0,19	0,25	0,33	0,38	0,36	0,40	0,53	0,68	0,79	0,51	0,61	0,80	1,01	1,23
8	0,15	0,19	0,27	0,33	0,38	0,34	0,40	0,55	0,67	0,81	0,51	0,61	0,80	1,01	1,24
9	0,17	0,19	0,25	0,33	0,38	0,34	0,40	0,53	0,67	0,79	0,53	0,61	0,82	1,01	1,23
10	0,15	0,19	0,25	0,33	0,38	0,34	0,40	0,53	0,67	0,79	0,51	0,61	0,80	1,01	1,23
Среднее арифметическое значение	0,15	0,19	0,25	0,33	0,38	0,34	0,40	0,53	0,67	0,79	0,51	0,61	0,80	1,01	1,23
Среднее квадратическое отклонение	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Случайная погрешность	0,005	0,005	0,005	0,002	0,005	0,005	0,002	0,005	0,005	0,006	0,005	0,002	0,005	0,003	0,005
Суммарная погрешность	0,006	0,006	0,006	0,003	0,005	0,005	0,003	0,006	0,006	0,007	0,006	0,003	0,005	0,004	0,006
Относительная погрешность, %	3,60	2,86	2,18	1,06	1,37	1,53	0,87	1,03	0,82	0,83	1,07	0,57	0,65	0,40	0,46

Таблица П.А.10 – Масса синтетических нитей и веревок из полиэфира, разной длины

	Полипропилен 187 Текс														
Номинальный диаметр, мм			2,0			3,1				4,0					
Длина, мм	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
Номер испытаний							-	Macca,	Г						
1	0,20	0,24	0,30	0,35	0,40	0,30	0,34	0,40	0,60	0,69	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20
2	0,20	0,24	0,30	0,35	0,40	0,32	0,34	0,40	0,60	0,71	0,50	0,60	0,80	1,01	1,21
3	0,20	0,26	0,31	0,35	0,40	0,30	0,34	0,41	0,60	0,69	0,50	0,61	0,80	1,00	1,20
4	0,20	0,24	0,30	0,35	0,40	0,30	0,34	0,40	0,60	0,69	0,50	0,60	0,80	1,02	1,20
5	0,21	0,24	0,30	0,35	0,42	0,30	0,34	0,40	0,63	0,69	0,51	0,60	0,82	1,00	1,22
6	0,20	0,24	0,32	0,35	0,40	0,30	0,34	0,42	0,60	0,69	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20
7	0,20	0,24	0,30	0,35	0,40	0,31	0,34	0,40	0,60	0,69	0,50	0,60	0,80	1,01	1,20
8	0,20	0,24	0,30	0,36	0,42	0,30	0,36	0,40	0,62	0,69	0,51	0,62	0,80	1,00	1,20
9	0,22	0,25	0,30	0,35	0,40	0,30	0,34	0,40	0,60	0,71	0,50	0,60	0,80	1,00	1,21
10	0,20	0,24	0,30	0,35	0,40	0,30	0,34	0,40	0,60	0,69	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20
Среднее арифметическое значение	0,20	0,24	0,30	0,35	0,40	0,30	0,34	0,40	0,61	0,69	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20
Среднее квадратическое отклонение	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002
Случайная погрешность	0,005	0,005	0,005	0,002	0,006	0,005	0,005	0,005	0,008	0,006	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005
Суммарная погрешность	0,006	0,006	0,006	0,003	0,007	0,006	0,005	0,006	0,008	0,007	0,004	0,006	0,005	0,006	0,006
Относительная погрешность, %	2,72	2,27	1,82	1,00	1,63	1,82	1,53	1,37	1,35	0,95	0,80	0,91	0,65	0,56	0,47

Таблица П.А.11 – Масса синтетических нитей и веревок из полипропилена, разной длины

Приложение Б

Координаты точек, полученные экспериментальным путем

(обязательное)

Таблица П.Б.1 – Координаты синтетических шнуров из полиамида, на штыре

D=2,0 мм

Штырь <i>D</i> =2,0 мм									
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М			
Длина, м	0),12	(),16	0	,20	0,24		
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	у	
1	0,0	0,06	0,0	0,06	0,0	0,06	0,0	0,06	
2	0,29	0,03	0,29	0,03	0,29	-0,02	0,29	-0,02	
3	0,58	-0,04	0,56	-0,08	0,53	-0,14	0,53	-0,14	
4	0,86	-0,12	0,79	-0,24	0,75	-0,29	0,72	-0,31	
5	1,13	-0,24	1,01	-0,39	0,93	-0,48	0,87	-0,52	
6	1,41	-0,36	1,20	-0,60	1,08	-0,69	0,98	-0,77	
7	1,68	-0,47	1,37	-0,80	1,20	-0,95	1,09	-1,05	
8	1,95	-0,59	1,55	-1,09	1,30	-1,20	1,17	-1,37	
Образец		ПА 187 Текс, <i>d</i> =3,0 мм						L	
Длина	0),12	0,16			,20	0,24		
Координаты	x	у	x	у	x	У	x	у	
1	0,0	0,08	0,0	0,08	0,0	0,08	0,0	0,08	
2	0,30	0,03	0,30	0,03	0,30	0,03	0,30	0,03	
3	0,58	-0,02	0,57	-0,04	0,57	-0,08	0,57	-0,08	
4	0,84	-0,08	0,83	-0,14	0,79	-0,23	0,79	-0,23	
5	1,16	-0,15	1,05	-0,27	0,99	-0,43	0,99	-0,43	
6	1,44	-0,21	1,29	-0,41	1,16	-0,65	1,16	-0,68	
7	1,76	-0,27	1,55	-0,58	1,32	-0,88	1,29	-0,91	
8	2,06	-0,34	1,79	-0,74	1,47	-1,15	1,44	-1,22	
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 м	М			
Длина	0),12	(),16	0	,20	0),24	
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У	
1	0,0	0,90	0,0	0,09	0,0	0,09	0,0	0,09	
2	0,31	0,04	0,31	0,04	0,31	0,04	0,31	0,04	
3	0,63	0,03	0,63	-0,03	0,57	-0,12	0,65	-0,02	
4	0,94	-0,08	0,91	-0,18	0,79	-0,34	0,98	-0,08	
5	1,24	-0,21	1,19	-0,34	0,96	-0,59	1,27	-0,14	
6	1,55	-0,35	1,45	-0,57	1,1	-0,84	1,56	-0,21	
7	1,82	-0,48	1,68	-0,75	1,22	-1,12	1,87	-0,29	
8	2,13	-0,64	1,87	-0,95	1,31	-1,37	2,22	-0,41	

Таблица	П.Б.2 –	Координаты	синтетических	шнуров	ИЗ	полиамида,	на	штыре
<i>D</i> =4,0 мм	1							

Штырь D=4,0 мм								
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М		
Длина, м	C),12	0,16		0	,20	0,24	
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	у
1	0,00	0,12	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,06
2	0,51	0,10	0,50	0,04	0,40	0,07	0,37	-0,03
3	0,91	-0,01	0,84	-0,11	0,71	-0,02	0,68	-0,20
4	1,30	-0,14	1,20	-0,32	0,99	-0,14	1,00	-0,50
5	1,73	-0,28	1,50	-0,50	1,18	-0,32	1,28	-0,83
6	2,10	-0,39	1,80	-0,77	1,40	-0,54	1,46	-1,32
7	2,47	-0,56	2,00	-1,00	1,70	-0,80	1,64	-1,81
8	2,80	-0,74	2,20	-1,30	1,89	-1,11	1,73	-2,23
Образец	ПА 187 Текс, <i>d</i> =3,0 мм							
Длина	0,12 0,16			0,	,20	0,24		
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	у
1	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08
2	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03
3	1,00	-0,07	1,00	-0,07	1,00	-0,19	1,00	-0,19
4	1,42	-0,15	1,42	-0,18	1,38	-0,53	1,35	-0,56
5	1,75	-0,22	1,84	-0,34	1,79	-0,92	1,70	-0,98
6	2,19	-0,33	2,25	-0,52	2,05	-1,35	2,00	-1,43
7	2,56	-0,43	2,64	-0,69	2,34	-1,80	2,27	-1,89
8	2,97	-0,54	3,00	-0,90	2,65	-2,30	2,54	-2,46
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 м	М		
Длина	C),12	(),16	0,	,20	0	,24
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У
1	0,00	0,18	0,00	0,18	0,00	0,18	0,00	0,18
2	0,50	0,15	0,50	0,15	0,50	0,07	0,50	0,07
3	1,00	0,09	1,00	0,09	0,97	-0,13	0,97	-0,13
4	1,62	-0,03	1,50	-0,13	1,39	-0,39	1,34	-0,44
5	2,12	-0,18	2,05	-0,38	1,82	-0,75	1,69	-0,84
6	2,66	-0,29	2,50	-0,64	2,18	-1,07	2,05	-1,24
7	3,16	-0,45	3,00	-1,00	2,50	-1,40	2,29	-1,68
8	3,75	-0,58	3,57	-1,29	2,83	-1,81	2,52	-2,08

Таблица І	I.Б.3 –	Координаты	синтетических	шнуров	ИЗ	полиамида,	на	штыре
<i>D</i> =6,0 мм								

Штырь <i>D</i> =6,0 мм									
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М			
Длина, м	C),12	0,16		0,20		0,24		
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У	
1	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	
2	0,38	0,01	0,38	0,01	0,38	0,01	0,38	0,01	
3	0,74	-0,06	0,74	-0,06	0,74	-0,14	0,50	-0,17	
4	1,12	-0,15	1,07	-0,23	1,12	-0,38	1,05	-0,42	
5	1,49	-0,25	1,40	-0,45	1,40	-0,70	1,30	-0,76	
6	1,88	-0,38	1,76	-0,73	1,65	-1,05	1,52	-1,09	
7	2,28	-0,54	2,13	-1,02	1,86	-1,45	1,68	-1,47	
8	2,65	-0,71	2,47	-1,36	2,05	-1,85	1,82	-1,89	
Образец		ПА 187 Текс, <i>d</i> =3,0 мм							
Длина	C	0,12 0,16			0	,20	0,24		
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У	
1	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	
2	0,39	0,03	0,39	0,02	0,39	0,02	0,39	0,02	
3	0,80	-0,01	0,78	-0,10	0,78	-0,10	0,78	-0,10	
4	1,23	-0,09	1,15	-0,26	1,12	-0,30	1,12	-0,29	
5	1,63	-0,19	1,54	-0,48	1,46	-0,57	1,43	-0,62	
6	2,09	-0,32	1,91	-0,71	1,74	-0,87	1,69	-0,89	
7	2,51	-0,42	2,29	-0,98	1,99	-1,20	1,90	-1,28	
8	3,05	-0,54	2,66	-1,23	2,29	-1,58	2,07	-1,65	
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 м	М			
Длина	C),12	(),16	0	,20	C),24	
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	у	
1	0,00	0,11	0,00	0,11	0,00	0,11	0,00	0,11	
2	0,43	0,06	0,43	0,09	0,38	0,07	0,38	0,07	
3	0,81	0,05	0,78	0,07	0,77	-0,49	0,77	-0,49	
4	1,19	0,03	1,14	-0,03	1,15	-0,24	1,15	-0,24	
5	1,60	0,01	1,52	-0,12	1,53	-0,48	1,48	-0,51	
6	2,00	-0,06	1,91	-0,28	1,85	-0,73	1,77	-0,82	
7	2,39	-0,12	2,31	-0,45	2,15	-1,03	2,06	-1,20	
8	2,80	-0,21	0,71	-0,66	2,43	-1,35	2,29	-1,62	

Таблица П.	.Б.4 —	Координаты	синтетических	шнуров	ИЗ	полиамида,	на	штыре
<i>D</i> =8,0 мм								

Штырь $D=8,0$ мм								
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М		
Длина, м	C),12	(),16	0	,20	0,24	
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У
1	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,06
2	0,40	0,04	0,40	0,04	0,40	0,04	0,40	0,04
3	0,78	-0,05	0,78	-0,05	0,74	-0,11	0,74	-0,11
4	1,17	-0,15	1,14	-0,26	1,08	-0,31	1,03	-0,37
5	1,56	-0,29	1,50	-0,50	1,39	-0,63	1,28	-0,71
6	1,92	-0,44	1,79	-0,75	1,66	-0,93	1,50	-1,06
7	2,33	-0,59	2,09	-1,00	1,80	-1,27	1,67	-1,43
8	2,71 -0,79 2,37 -1,29			2,00	-1,60	1,82	-1,83	
Образец		ПА 187 Текс, <i>d</i> =3,0 мм						
Длина	C	0,12 0,16			0,	,20	0,24	
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У
1	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10
2	0,40	0,09	0,40	0,09	0,38	0,08	0,38	0,08
3	0,78	0,08	0,76	0,02	0,73	-0,05	0,73	-0,05
4	1,80	0,03	1,11	-0,12	1,05	-0,23	1,05	-0,23
5	1,59	-0,07	1,47	-0,27	1,35	-0,45	1,35	-0,45
6	1,97	-0,15	1,84	-0,41	1,67	-0,75	1,67	-0,75
7	2,41	-0,23	2,23	-0,64	1,92	-1,05	1,92	-1,05
8	2,86	-0,32	2,60	-0,83	2,18	-1,37	2,18	-1,37
Образец				ПА 187 Текс	<i>с, d</i> =4,0 м	М		
Длина	C),12	(),16	0,	,20	C),24
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	у
1	0,00	0,16	0,00	0,16	0,00	0,16	0,00	0,16
2	0,39	0,12	0,39	0,12	0,39	0,12	0,39	0,12
3	0,77	0,10	0,77	0,10	0,77	0,10	0,78	0,00
4	1,14	0,05	1,11	-0,02	1,09	-0,08	1,07	-0,16
5	1,50	0,00	1,46	-0,18	1,42	-0,26	1,35	-0,42
6	1,87	-0,10	1,80	-0,36	1,74	-0,49	1,63	-0,71
7	2,22	-0,18	2,17	-0,52	2,05	-0,73	1,87	-0,99
8	2,54	-0,28	2,49	-0,71	2,37	-1,03	2,11	-1,30

Таблица	П.Б.5 –	Координаты	синтетических	шнуров	ИЗ	полиамида,	на	штыре
<i>D</i> =10,0 мм	М							

Штырь <i>D</i> =10,0 мм									
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М			
Длина, м	C),12	0,16		0	,20	0,24		
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	у	
1	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	
2	0,48	0,05	0,48	0,05	0,48	0,05	0,44	0,01	
3	0,90	-0,06	0,90	-0,06	0,86	-0,12	0,83	-0,17	
4	1,34	-0,23	1,34	-0,23	1,22	-0,39	1,16	-0,43	
5	1,75	-0,42	1,71	-0,50	1,49	-0,69	1,40	-0,75	
6	2,12	-0,68	2,02	-0,84	1,71	-1,05	1,63	-1,15	
7	2,52	-0,90	2,31	-1,18	1,92	-1,48	1,86	-1,55	
8	2,93	-1,17	2,54	-1,53	2,15	-1,92	2,00	-2,00	
Образец		ПА 187 Текс, <i>d</i> =3,0 мм							
Длина	C	0,12 0,16			0	,20	0,24		
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У	
1	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	
2	0,46	0,04	0,46	0,04	0,46	0,04	0,46	0,04	
3	0,90	0,00	0,86	-0,04	0,85	-0,09	0,85	-0,09	
4	1,32	-0,11	1,26	-0,21	1,21	-0,32	1,18	-0,37	
5	1,77	-0,21	1,61	-0,48	1,50	-0,62	1,47	-0,64	
6	2,17	-0,33	1,92	-0,75	1,75	-0,96	1,70	-1,02	
7	2,61	-0,49	2,22	-1,06	2,00	-1,33	1,92	-1,43	
8	3,09	-0,63	2,50	-1,39	2,23	-1,73	2,15	-1,92	
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 м	M			
Длина	C),12	(),16	0	,20	C),24	
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	у	
1	0,00	0,11	0,00	0,11	0,00	0,11	0,00	0,11	
2	0,46	0,06	0,46	0,06	0,46	0,06	0,46	0,06	
3	0,85	-0,01	0,85	-0,01	0,85	-0,01	0,83	-0,01	
4	1,26	-0,07	1,26	-0,07	1,24	-0,20	1,16	-0,36	
5	1,66	-0,12	1,65	-0,25	1,60	-0,47	1,42	-0,70	
6	2,02	-0,23	2,06	-0,47	1,92	-0,80	1,64	-1,06	
7	2,38	-0,36	2,47	-0,70	2,22	-1,16	1,84	-1,43	
8	2,77	-0,49	2,84	-1,00	2,54	-1,55	2,05	-1,86	

Таблица	П.Б.6 -	– Координаты	синтетических	шнуров и	з полипропилена,	на штыре

D	0.0	
1)-	-20	I MM
ν -	-∠,∪	TATTAT

	Штырь <i>D</i> =2,0 мм									
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 мі	М				
Длина, м	0	,12	(),16	0,	20	0),24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У		
1	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06		
2	0,32	0,03	0,32	0,03	0,32	0,03	0,32	0,00		
3	0,64	-0,04	0,64	-0,04	0,64	-0,04	0,65	-0,04		
4	0,96	-0,12	0,94	-0,14	0,92	-0,21	0,93	-0,21		
5	1,25	-0,24	1,21	-0,29	1,16	-0,43	1,10	-0,50		
6	1,54	-0,33	1,45	-0,48	1,36	-0,66	1,30	-0,65		
7	1,85	-0,46	1,67	-0,66	1,56	-0,88	1,45	-0,98		
8	2,12	-0,59	1,97	-0,80	1,74	-1,15	1,69	-1,5		
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =3,0 мі	М				
Длина	0	0,12 0,16		0,	20	0,24				
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У		
1	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08		
2	0,32	0,05	0,32	0,05	0,32	0,50	0,31	0,01		
3	0,65	0,01	0,63	-0,03	0,63	0,00	0,58	-0,11		
4	0,93	0,00	0,91	-0,12	0,88	-0,18	0,85	-0,27		
5	1,23	-0,02	1,18	-0,24	1,13	-0,33	1,05	-0,43		
6	1,50	-0,05	1,44	-0,34	1,38	-0,49	1,30	-0,65		
7	1,69	-0,14	1,69	-0,46	1,63	-0,67	1,50	-0,85		
8	1,89	-0,20	1,94	-0,59	1,85	-0,97	1,70	-1,50		
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 мп	М				
Длина	0	,12	(),16	0,	20	0),24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У		
1	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00	0,09		
2	0,32	0,03	0,35	0,07	0,35	0,07	0,35	0,07		
3	0,63	0,01	0,67	0,03	0,67	0,03	0,66	-0,02		
4	0,93	-0,05	1,0	0,00	0,97	-0,07	0,96	-0,16		
5	1,22	-0,11	1,26	-0,07	1,25	-0,17	1,24	-0,37		
6	1,49	-0,16	1,53	-0,15	1,49	-0,27	1,51	-0,59		
7	1,75	-0,22	1,75	-0,22	1,76	-0,39	1,77	-0,86		
8	2,06	-0,28	2,06	-0,28	2,0	-0,55	1,98	-1,13		

Таблица П.Б.7 – Координаты синтетических шнуров и	в полипропилена,	на штыре
---	------------------	----------

D=4,0 мм

	Штырь $D=4,0$ мм									
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 мі	М				
Длина, м	C),12	(),16	0,20		C),24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У		
1	0,00	0,10	0,00	0,10	0.00	0,1	0	0,1		
2	0,43	0,08	0,45	0,02	0,45	0,02	0,48	0,07		
3	0,83	0,01	0,85	-0,07	0,85	-0,055	0,85	-0,055		
4	1,25	-0,05	1,27	-0,18	1,29	-0,16	1,27	-0,21		
5	1,69	-0,13	1,69	-0,31	1,69	-0,3	1,65	-0,43		
6	2,12	-0,22	2,12	-0,47	2,08	-0,53	2,03	-0,72		
7	2,60	-0,31	2,54	-0,64	2,48	-0,81	2,37	-1,03		
8	3,00	-0,44	2,90	-0,90	2,86	-1,08	2,71	-1,33		
Образец		ПП 187 Теко				М				
Длина	C),12	0,16		0,	,20	0,24			
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У		
1	0,00	0,12	0,00	0,12	0,00	0,12	0,00	0,12		
2	0,48	0,07	0,48	0,07	0,48	0,07	0,49	0,03		
3	0,90	0,02	1,00	-0,05	0,96	-0,14	1,07	-0,15		
4	1,38	-0,01	1,4	-0,18	1,44	-0,41	1,62	-0,39		
5	1,84	-0,02	1,85	-0,37	1,86	-0,69	2,08	-0,71		
6	2,31	-0,15	2,30	-0,55	2,25	-0,98	2,5	-1,06		
7	2,70	-0,27	2,74	-0,75	2,59	-1,32	2,93	-1,51		
8	3,20	-0,40	3,20	-0,99	2,99	-1,68	3,28	-1,89		
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 мм					
Длина	C),12	(),16	0,	,20	C),24		
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У		
1	0,00	0,14	0,00	0,14	0,00	0,13	0,00	0,13		
2	0,55	0,03	0,55	0,03	0,51	0,03	0,55	0,03		
3	1,00	-0,04	1,00	-0,04	0,96	-0,09	1,03	-0,13		
4	1,45	-0,16	1,45	-0,16	1,51	-0,27	1,44	-0,35		
5	1,87	-0,32	1,87	-0,32	2,09	-0,50	1,85	-0,59		
6	2,30	-0,43	2,34	-0,47	2,59	-0,72	2,23	-0,91		
7	2,65	-0,58	2,79	-0,64	3,14	-1,03	2,59	-1,25		
8	3,20	-0,72	3,20	-0,84	3,71	-1,45	2,92	-1,50		

Таблица П.Б.8 – Координаты синтетических шнуров из полипропилена, на штыр

D=6,0 мм

Штырь <i>D</i> =6,0 мм									
Образец]	ПП 187 Текс	<i>с, d</i> =2,0 мі	M			
Длина, м	0	,12	(0,16		20	0,24		
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	у	
1	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	
2	0,38	0,01	0,38	0,01	0,38	0,01	0,38	0,01	
3	0,79	-0,06	0,79	-0,06	0,79	-0,06	0,79	-0,06	
4	1,19	-0,12	1,19	-0,18	1,19	-0,18	1,17	-0,22	
5	1,6	-0,23	1,57	-0,32	1,57	-0,32	1,55	-0,42	
6	2,02	-0,33	1,98	-0,45	1,97	-0,51	1,9	-0,65	
7	2,43	-0,42	2,36	-0,66	2,33	-0,74	2,19	-0,91	
8	2,86	-0,52	2,77	-0,89	2,69	-0,99	2,5	-1,2	
Образец]	ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =3,0 мі	M			
Длина	0,12		(),16	0		C	,24	
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У	
1	0,00	0,08	0	0,08	0	0,08	0	0,08	
2	0,42	0,04	0,42	0,04	0,42	0,04	0,42	0,036	
3	0,83	0,02	0,84	-0,03	0,83	-0,07	0,8	-0,103	
4	1,25	-0,01	1,26	-0,16	1,26	-0,23	1,19	-0,3	
5	1,66	-0,07	1,67	-0,32	1,64	-0,43	1,51	-0,55	
6	2,04	-0,12	2,05	-0,48	2,00	-0,64	1,84	-0,83	
7	2,47	-0,17	2,43	-0,61	2,38	-0,84	2,1	-1,15	
8	2,89	-0,32	2,10	-0,81	2,68	-1,07	2,4	-1,51	
Образец]	ПП 187 Текс	<i>с, d</i> =4,0 мі	M			
Длина	0	,12	(),16	0,	20	C	,24	
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У	
1	0,00	0,1	0,00	0,11	0,00	0,10	0,00	0,10	
2	0,42	0,05	0,42	0,05	0,42	0,05	0,5	0,06	
3	0,83	0,01	0,83	0,01	0,83	0,01	1,00	-0,07	
4	1,22	-0,05	1,22	-0,05	1,22	-0,07	1,51	-0,36	
5	1,63	-0,11	1,63	-0,11	1,58	-0,19	1,91	-0,65	
6	2,04	-0,21	2,03	-0,24	1,97	-0,38	2,29	-0,95	
7	2,46	-0,32	2,44	-0,36	2,34	-0,54	2,65	-1,33	
8	2,92	-0,43	2,86	-0,51	2,71	-0,73	3,10	-1,64	

Таблица П.Б.9 – Координаты синте	етических шнуров	из полипропилена,	на штыре
----------------------------------	------------------	-------------------	----------

D=8,0 мм

Штырь <i>D</i> =8,0 мм									
Образец]	ПП 187 Текс	, <i>d</i> =2,0 мі	M			
Длина, м	C),12	(),16	0,	20	0,24		
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	у	
1	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	
2	0,39	0,12	0,39	0,09	0,39	0,09	0,39	0,09	
3	0,84	0,1	0,82	0,03	0,82	0,03	0,78	-0,03	
4	1,26	0,02	1,24	-0,07	1,24	-0,07	1,12	-0,2	
5	1,67	-0,06	1,61	-0,21	1,61	-0,21	1,44	-0,42	
6	2,07	-0,13	1,97	-0,37	1,97	-0,37	1,74	-0,68	
7	2,48	-0,21	2,33	-0,55	2,33	-0,55	2,00	-1,00	
8	2,94	-0,31	2,69	-0,76	2,69	-0,76	2,27	-1,30	
Образец]	ПП 187 Текс	<i>с, d</i> =3,0 мі	М			
Длина	C	0,12 0,16),16	0,	20	0,24		
Координаты	x	У	x	у	x	У	X	у	
1	0,00	0,11	0,00	0,11	0,00	0,11	0,00	0,11	
2	0,39	0,09	0,39	0,09	0,39	0,09	0,39	0,09	
3	0,79	0,06	0,78	0,03	0,78	-0,02	0,78	-0,02	
4	1,16	0,00	1,12	-0,08	1,14	-0,16	1,14	-0,16	
5	1,56	-0,09	1,49	-0,22	1,47	-0,35	1,47	-0,35	
6	1,94	-0,2	1,87	-0,39	1,8	-0,59	1,80	-0,59	
7	2,36	-0,33	2,19	-0,59	2,09	-0,8	2,09	-0,8	
8	2,72	-0,36	2,65	-0,78	2,36	-0,98	2,36	-1,11	
Образец]	ПП 187 Текс	, <i>d</i> =4,0 мі	М			
Длина	C),12	(),16	0,	20	C	,24	
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	у	
1	0,00	0,16	0,00	0,16	0,00	0,16	0,00	0,16	
2	0,42	0,13	0,42	0,13	0,42	0,13	0,42	0,13	
3	0,78	0,1	0,78	0,10	0,78	0,1	0,78	0,10	
4	1,14	0,06	1,14	0,06	1,15	-0,16	1,15	-0,16	
5	1,50	-0,03	1,50	-0,03	1,48	-0,34	1,43	-0,34	
6	1,83	-0,11	1,83	-0,11	1,78	-0,51	1,73	-0,58	
7	2,21	-0,18	2,19	-0,22	2,1	-0,71	2,05	-0,81	
8	2,62	-0,28	2,59	-0,36	2,42	-0,95	2,35	-1,07	

Таблица П.Б.10 – Координаты синтетических шнуров из полипропилена, на

штыре *D*=10,0 мм

	Штырь <i>D</i> =10,0 мм								
Образец			-	ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 мі	М			
Длина, м	C),12	(),16	0,	,20	C	,24	
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	у	
1	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	
2	0,46	0,07	0,53	0,04	0,53	0,04	0,53	0,04	
3	0,96	0,02	1,00	-0,06	1,00	-0,06	1,01	-0,16	
4	1,43	-0,06	1,45	-0,25	1,45	-0,25	1,44	-0,43	
5	1,92	-0,21	1,92	-0,44	1,92	-0,44	1,82	-0,78	
6	2,42	-0,36	2,38	-0,69	2,33	-0,74	2,15	-1,16	
7	2,91	-0,50	2,84	-0,96	2,75	-1,08	2,43	-1,58	
8	3,44	-0,67	3,29	-1,26	3,14	-1,48	2,72	-2,03	
Образец		ПП 187 Текс, <i>d</i> =3,0 мм							
Длина	C),12	(),16	0,20		0,24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	у	
1	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	
2	0,53	0,04	0,53	0,04	0,53	0,027	0,53	0,03	
3	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	-0,10	1,00	-0,10	
4	1,47	-0,12	1,47	-0,12	1,45	-0,26	1,43	-0,32	
5	1,97	-0,27	1,97	-0,27	1,9	-0,49	1,80	-0,60	
6	2,47	-0,41	2,43	-0,47	2,36	-0,76	2,16	-0,91	
7	3,00	-0,55	2,92	-0,68	2,8	-1,07	2,50	-1,27	
8	3,55	-0,73	3,45	-0,92	3,26	-1,42	2,80	-1,70	
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 мм				
Длина	C),12	(),16	0,	,20	C	,24	
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У	
1	0,00	0,10	0,00	0,11	0,00	0,10	0,00	0,10	
2	0,5	0,06	0,5	0,06	0,5	0,06	0,5	0,6	
3	1,00	0,00	1,00	-0,09	1,00	-0,09	0,96	-0,15	
4	1,45	-0,13	1,42	-0,23	1,42	-0,23	1,38	-0,42	
5	1,86	-0,29	1,87	-0,43	1,87	-0,43	1,74	-0,78	
6	2,28	-0,47	2,37	-0,64	2,31	-0,70	2,06	-1,22	
7	2,70	-0,68	2,82	-0,89	2,76	-1,08	2,35	-1,65	
8	3,08	-0,86	3,22	-1,12	3,16	-1,38	2,64	-2,13	

Таблица П.	.Б.11 —	Координаты	синтетических	шнуров	ИЗ	полиэфира,	на	штыре
<i>D</i> =2,0 мм								

Штырь <i>D</i> =2,0 мм									
Образец			Π	[ЭФ 93,5 Tek	кс, <i>d</i> =2,0 м	ИM			
Длина, м	0	,12	(),16	0	,20	0,24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У	
1	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	
2	0,31	0,05	0,35	0,05	0,35	0,02	0,37	-0,01	
3	0,65	0,03	0,66	-0,02	0,68	-0,15	0,71	-0,11	
4	1,00	0,00	1,00	-0,10	0,99	-0,29	0,99	-0,29	
5	1,34	-0,05	1,37	-0,21	1,31	-0,49	1,14	-0,58	
6	1,68	-0,09	1,71	-0,34	1,59	-0,70	1,24	-0,83	
7	2,03	-0,15	2,06	-0,45	1,87	-0,90	1,52	-1,12	
8	2,41	-0,25	2,43	-0,62	2,16	-1,16	1,79	-1,44	
Образец			П	ІЭФ 93,5 Тек	кс, <i>d</i> =3,0 м	ИM			
Длина	0	,12	(0,16		,20	C	,24	
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У	
1	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	
2	0,39	0,04	0,39	0,04	0,38	0,07	0,38	0,07	
3	0,75	0,00	0,75	0,00	0,75	0,00	0,75	0,00	
4	1,12	-0,07	1,12	-0,07	1,07	-0,16	1,10	-0,16	
5	1,49	-0,17	1,49	-0,17	1,39	-0,32	1,39	-0,32	
6	1,87	-0,25	1,87	-0,28	1,69	-0,55	1,69	-0,55	
7	2,30	-0,33	2,30	-0,43	2,02	-0,79	1,98	-0,80	
8	2,77	-0,46	2,72	-0,56	2,43	-1,06	2,27	-1,13	
Образец			Π	ІЭФ 93,5 Тек	кс, <i>d</i> =4,0 мм				
Длина	0	,12	(),16	0,	,20	C	,24	
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	у	
1	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00	0,09	
2	0,38	0,066	0,37	0,08	0,38	0,05	0,38	0,05	
3	0,76	0,05	0,75	0,02	0,2	-0,038	0,72	-0,04	
4	1,13	-0,02	1,13	-0,02	1,00	-0,21	1,00	-0,21	
5	1,49	-0,07	1,46	-0,13	1,28	-0,41	1,23	-0,44	
6	1,82	-0,15	1,79	-0,27	1,52	-0,66	1,44	-0,75	
7	2,16	-0,22	2,12	-0,44	1,73	-0,96	1,6	-1,04	
8	2,57	-0,30	2,50	-0,64	1,96	-1,27	1,78	-1,38	

Таблица П.	Б.12 —	Координаты	синтетических	шнуров	ИЗ	полиэфира,	на	штыре
<i>D</i> =4,0 мм								

Штырь <i>D</i> =4,0 мм									
Образец			Γ	[ЭФ 93,5 Тен	кс, <i>d</i> =2,0 м	MM			
Длина, м	0),12	(),16	0	,20	0,24		
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У	
1	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,1	
2	0,55	0,03	0,55	0,03	0,52	0,02	0,52	0,02	
3	1,00	0,00	1,00	0,00	1,01	-0,13	1,01	-0,13	
4	1,53	-0,079	1,53	-0,08	1,49	-0,32	1,46	-0,37	
5	2,00	-0,14	1,98	-0,20	1,94	-0,54	1,87	-0,66	
6	2,47	-0,21	2,48	-0,33	2,39	-0,77	2,24	-1,00	
7	2,97	-0,26	2,97	-0,52	2,81	-1,05	2,54	-1,33	
8	3,50	-0,32	3,52	-0,69	3,26	-1,35	2,88	-1,73	
Образец			Π	[ЭФ 93,5 Тен	кс, <i>d</i> =3,0 м	мм			
Длина	0),12	(),16	0	,20	C),24	
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У	
1	0,00	0,12	0,00	0,12	0,00	0,12	0,00	0,12	
2	0,52	0,03	0,52	0,03	0,46	0,03	0,46	0,03	
3	1,00	-0,05	1,00	-0,05	0,95	-0,16	0,95	-0,16	
4	1,45	-0,13	1,45	-0,13	1,41	-0,37	1,41	-0,37	
5	1,9	-0,22	1,90	-0,27	1,85	-0,60	1,82	-0,69	
6	2,43	-0,35	2,38	-0,42	2,31	-0,80	2,22	-1,02	
7	2,93	-0,48	2,87	-0,6	2,71	-1,15	2,59	-1,38	
8	3,38	-0,64	3,39	-0,79	3,14	-1,48	2,97	-1,81	
Образец			Γ	ІЭФ 93,5 Тен	<u>кс, <i>d</i>=4,0 мм</u>				
Длина	0),12	(),16	0,	,20	C),24	
Координаты	x	у	x	у	x	У	x	У	
1	0,00	0,14	0,00	0,14	0,00	0,14	0,00	0,14	
2	0,51	0,03	0,5	0,03	0,51	0,03	0,49	0,06	
3	1,01	-0,06	1,01	-0,60	0,99	-0,19	0,94	-0,20	
4	1,47	-0,11	1,42	-0,21	1,40	-0,42	1,35	-0,49	
5	1,95	-0,21	1,84	-0,39	1,74	-0,70	1,67	-0,81	
6	2,41	-0,28	2,23	-0,61	2,04	-1,02	1,96	-1,16	
7	2,85	-0,37	2,62	-0,83	2,39	-1,40	2,26	-1,55	
8	3,32	-0,42	3,00	-1,05	2,74	-1,78	2,52	-1,99	

Таблица	П.Б.13	—	Координаты	синтетических	шнуров	ИЗ	полиэфи	ира,	на	штыре
<i>D</i> =6,0 мм	1									

Штырь <i>D</i> =6,0 мм										
Образец			Π	[ЭФ 93,5 Teb	c, d=2,0 N	AM				
Длина, м	C),12	(),16	0	,20	C),24		
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У		
1	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06		
2	0,46	0,02	0,46	0,01	0,46	0,02	0,46	0,02		
3	1,00	-0,05	1,00	-0,05	0,86	-0,07	0,84	-0,20		
4	1,52	-0,16	1,52	-0,16	1,26	-0,19	1,22	-0,30		
5	2,00	-0,23	1,99	-0,29	1,58	-0,37	1,56	-0,51		
6	2,51	-0,32	2,45	-0,43	1,99	-0,58	1,88	-0,79		
7	2,99	-0,41	2,91	-0,57	2,34	-0,84	2,22	-1,07		
8	3,43	-0,50	3,40	-0,63	2,84	-0,92	2,49	-1,37		
Образец			П	ІЭФ 93,5 Тен	c, d=3,0 N	мм				
Длина	C),12	(),16	0	,20	0,24			
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	у		
1	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,09		
2	0,46	-0,02	0,46	-0,02	0,48	0,01	0,48	0,01		
3	0,96	-0,14	0,96	-0,14	0,94	-0,14	0,94	-0,14		
4	1,44	-0,23	1,44	-0,23	1,35	-0,32	1,35	-0,32		
5	1,89	-0,32	1,89	-0,32	1,78	-0,54	1,72	-0,53		
6	2,32	-0,41	2,32	-0,41	2,16	-0,78	2,08	-0,82		
7	2,75	-0,45	2,78	-0,53	2,53	-1,03	2,41	-1,09		
8	3,25	-0,50	3,28	-0,66	2,94	-1,31	2,76	-1,37		
Образец			П	ΙЭФ 93,5 Тен	кс, <i>d</i> =4,0 м	MM				
Длина	C),12	(),16	0	,20	C),24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У		
1	0,00	0,1	0,00	0,11	0,00	0,10	0,00	0,11		
2	0,48	0,01	0,48	0,01	0,48	0,015	0,48	0,015		
3	1,00	-0,03	1,00	-0,03	0,89	-0,02	0,89	-0,02		
4	1,45	-0,10	1,45	-0,19	1,29	-0,38	1,27	-0,42		
5	1,87	-0,21	1,84	-0,35	1,61	-0,64	1,59	-0,70		
6	2,35	-0,30	2,21	-0,53	1,95	-1,00	1,90	-100		
7	2,77	-0,42	2,58	-0,70	2,27	-1,30	2,16	-1,36		
8	3,14	-0,53	2,90	-0,90	2,51	-1,61	2,40	-1,73		

Таблица	П.Б.14 –	Координаты	синтетических	шнуров	ИЗ	полиэфира	, на	штыре
<i>D</i> =8,0 мм								

Штырь D=8,0 мм										
Образец			Π	[ЭФ 93,5 Tek	кс, <i>d</i> =2,0 м	ИM				
Длина, м	C	,12	(),16	0	,20	0),24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У		
1	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,07		
2	0,39	0,06	0,39	0,06	0,39	0,06	0,39	0,06		
3	0,78	0,00	0,78	0,00	0,78	-0,04	0,74	-0,08		
4	1,19	-0,09	1,17	-0,03	1,14	-0,15	1,1	-0,25		
5	1,59	-0,19	1,61	-0,09	1,52	-0,29	1,42	-0,45		
6	1,97	-0,33	1,98	-0,13	1,91	-0,44	1,73	-0,71		
7	2,33	-0,43	2,37	-0,22	2,25	-0,66	2,00	-1,00		
8	2,74	-0,48	2,79	-0,33	2,63	-0,80	2,20	-1,29		
Образец			П	ІЭФ 93,5 Тек	cc, d=3,0 m	ИM				
Длина	C	,12	(),16	0	,20	0,24			
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	у		
1	0,00	0,12	0,00	0,12	0,00	0,12	0,00	0,12		
2	0,4	0,14	0,4	0,14	0,41	0,10	0,41	0,11		
3	0,77	0,11	0,77	0,11	0,78	0,03	0,80	0,04		
4	1,13	0,05	1,13	0,05	1,11	-0,10	1,11	-0,10		
5	1,50	-0,01	1,50	-0,05	1,46	-0,21	1,42	-0,28		
6	1,84	-0,10	1,84	-0,17	1,76	-0,38	1,70	-0,48		
7	2,22	-0,18	2,21	-0,29	2,05	-0,57	1,96	-0,72		
8	2,61	-0,33	2,59	-0,43	2,37	-0,76	2,23	-0,99		
Образец			П	ΙЭФ 93,5 Тек	c, d=4,0 N	ИM				
Длина	C	,12	(),16	0,	,20	0),24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У		
1	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,15		
2	0,46	0,10	0,46	0,10	0,46	0,1	0,40	0,08		
3	0,87	0,05	0,87	0,05	0,85	0,00	0,80	-0,10		
4	1,27	-0,03	1,26	-0,07	1,2	-0,15	1,12	-0,30		
5	1,66	-0,13	1,64	-0,21	1,53	-0,33	1,4	-0,55		
6	2,08	-0,23	2,10	-0,39	1,88	-0,57	1,65	-0,85		
7	2,55	-0,36	2,39	-0,58	2,18	-0,82	1,86	-1,15		
8	3,00	-0,50	2,80	-0,81	2,49	-1,08	2,10	-1,49		

Таблица П.Б.15 – Координаты	синтетических	шнуров	ИЗ	полиэфира,	на	штыре
<i>D</i> =10,0 мм						

Штырь <i>D</i> =10,0 мм										
Образец			П	IЭФ 93,5 Teb	кс, <i>d</i> =2,0 м	MM				
Длина, м	C	,12	(),16	0,	,20	C),24		
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	у		
1	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06		
2	0,50	0,04	0,50	0,04	0,50	0,04	0,5	0,00		
3	1,00	-0,05	1,00	-0,05	1,00	-0,07	0,94	-0,20		
4	1,47	-0,2	1,47	-0,2	1,43	-0,26	1,34	-0,47		
5	1,94	-0,33	1,91	-0,37	1,87	-0,48	1,69	-0,79		
6	2,39	-0,49	2,35	-0,55	2,30	-0,74	1,97	-1,16		
7	2,89	-0,65	2,82	-0,75	2,72	-1,01	2,22	-1,55		
8	3,37	-0,84	3,29	-1,00	3,13	-1,27	2,48	-1,94		
Образец										
Длина	C	,12	(),16	0	,20	0,24			
Координаты	x	У	x	У	x	у	x	У		
1	0,00	0,08	0.00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08		
2	0,50	0,06	0,50	0,06	0,50	0,06	0,50	0,06		
3	1,00	0,00	1,00	0.00	0,95	-0,03	0,95	-0,03		
4	1,47	-0,13	1,47	-0,13	1,40	-0,21	1,40	-0,23		
5	1,95	-0,26	1,94	-0,29	1,89	-0,47	1,82	-0,50		
6	2,42	-0,39	2,38	-0,47	2,29	-0,79	2,19	-0,84		
7	2,91	-0,55	2,85	-0,67	2,71	-1,11	2,53	-1,21		
8	3,40	-0,74	3,34	-0,90	3,09	-1,49	2,80	-1,61		
Образец			П	ΙЭФ 93,5 Тек	с, <i>d</i> =4,0 м	MM				
Длина	C	,12	(),16	0,	,20	C),24		
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	у		
1	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10		
2	0,50	0,06	0,50	0,06	0,50	0,06	0,49	0,00		
3	0,95	-0,03	1,00	0,00	1,00	0,00	0,89	-0,18		
4	1,44	-0,15	1,44	-0,15	1,40	-0,17	1,22	-0,46		
5	1,86	-0,29	1,84	-0,36	1,77	-0,48	1,50	-0,79		
6	2,34	-0,44	2,21	-0,62	2,11	-0,79	1,73	-1,12		
7	2,80	-0,68	2,53	-0,91	2,39	-1,12	1,9	-1,45		
8	3,32	-0,91	2,87	-1,21	2,66	-1,48	2,13	-1,87		

Таблица П.Б.16 – Координаты	синтетических	нитей 1	и веревок	ИЗ	полиамида,	на
штыре <i>D</i> =2,0 мм						

Штырь <i>D</i> =2,0 мм										
Образец			-	ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М				
Длина, м	C),12	(),16	0	,20	C),24		
Координаты	x	У	x	У	x	у	x	У		
1	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,03		
2	0,38	0,02	0,12	-0,03	0,05	-0,02	0,23	-0,08		
3	0,51	0,01	0,16	-0,06	0,07	-0,06	0,38	-0,37		
4	0,76	-0,02	0,22	-0,12	0,09	-0,10	0,44	-0,60		
5	0,89	-0,05	0,25	-0,15	0,10	-0,11	0,50	-1,00		
6	1,15	-0,10	0,28	-0,18	0,10	-0,13	0,53	-1,10		
7	1,28	-0,14	0,31	-0,22	0,11	-0,15	0,56	-1,50		
8	1,41	-0,17	0,34 -0,24		0,12	-0,17	0,60	-1,57		
Образец			-	ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =3,1 м	M				
Длина	C	0,12		0,16		,20	0,24			
Координаты	x	У	x	У	x y		x	У		
1	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,06	0,00	0,07		
2	0,44	0,02	0,53	-0,05	0,29	-0,12	0,30	-0,05		
3	0,59	-0,02	0,71	-0,17	0,36	-0,22	0,50	-0,32		
4	0,88	-0,11	0,88	-0,32	0,43	-0,44	0,62	-0,62		
5	1,03	-0,17	1,07	-0,53	0,46	-0,54	0,66	-0,77		
6	1,18	-0,23	1,23	-0,73	0,49	-0,65	0,68	-0,92		
7	1,32	-0,29	1,47	-1,08	0,51	-0,76	0,75	-1,22		
8	1,48	-0,36	1,70	-1,44	0,52	-0,87	0,77	-1,37		
Образец			-	ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 м	M	<u>_</u>			
Длина	C),12	(),16	0	,20	C),24		
Координаты	x	У	x	У	x	у	x	У		
1	0,00	0,04	0,00	0,08	0,00	0,06	0,00	0,06		
2	0,60	-0,06	0,39	-0,11	0,36	-0,06	0,32	-0,07		
3	0,78	-0,19	0,52	-0,26	0,57	-0,38	0,42	-0,22		
4	1,16	-0,46	0,70	-0,53	0,71	-0,74	0,50	-0,44		
5	1,36	-0,61	0,85	-0,79	0,79	-1,11	0,53	-0,55		
6	1,55	-0,72	0,98	-1,05	0,87	-1,48	0,59	-0,77		
7	1,74	-0,86	1,05	-1,18	0,92	-1,85	0,62	-0,87		
8	1,87	-0,94	1,12	-1,31	0,93	-2,22	0,64	-0,99		

Штырь <i>D</i> =4,0 мм										
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М				
Длина, м	0),12	(),16	0	,20	0),24		
Координаты	x	у	x	у	x	У	x	У		
1	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01		
2	0,04	0,01	0,04	0,01	0,03	0,01	0,03	-0,02		
3	0,06	0,00	0,09	-0,01	0,05	-0,01	0,04	-0,04		
4	0,08	-0,01	0,12	-0,04	0,07	-0,03	0,05	-0,06		
5	0,12	-0,03	0,16	-0,08	0,08	-0,07	0,05	-0,12		
6	0,14	-0,04	0,20	-0,12	0,09	-0,08	0,06	-0,17		
7	0,15	-0,05	0,22	-0,14	0,10	-0,10	0,06	-0,19		
8	0,19	-0,08	0,24	-0,17	0,12	-0,18	0,07	-0,21		
Образец		ПА 187 Текс, <i>d</i> =3,1 мм								
Длина	0	0,12 0,16				,20	0,24			
Координаты	x	у	x	у	x	У	x	У		
1	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01		
2	0,05	0,01	0,03	0,01	0,04	-0,01	0,02	0,00		
3	0,10	0,00	0,05	-0,01	0,05	-0,04	0,03	-0,01		
4	0,15	-0,01	0,07	-0,05	0,05	-0,05	0,03	-0,02		
5	0,17	-0,03	0,08	-0,06	0,06	-0,09	0,04	-0,04		
6	0,20	-0,03	0,09	-0,10	0,07	-0,12	0,05	-0,05		
7	0,22	-0,05	0,10	-0,12	0,07	-0,13	0,05	-0,06		
8	0,25	-0,07	0,10	-0,13	0,08	-0,17	0,05	-0,08		
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 м	M	•			
Длина	0),12	(),16	0	,20	C),24		
Координаты	x	у	x	у	x	У	x	У		
1	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02		
2	0,05	0,02	0,04	0,00	0,03	0,00	0,05	-0,02		
3	0,09	0,00	0,07	-0,02	0,06	-0,04	0,07	-0,06		
4	0,13	-0,01	0,11	-0,08	0,07	-0,07	0,09	-0,11		
5	0,15	-0,02	0,14	-0,12	0,08	-0,11	0,10	-0,18		
6	0,17	-0,03	0,15	-0,14	0,10	-0,15	0,11	-0,21		
7	0,19	-0,04	0,17	-0,18	0,11	-0,18	0,12	-0,26		
8	0,21	-0,05	0,19	-0,22	0,13	-0,22	0,14	-0,31		

Таблица П.Б.17 – Координаты синтетических нитей и веревок из полиамида, на штыре D=4,0 мм

Штырь $D=6,0$ мм										
Образец			-	ПА 187 Текс	<i>с, d</i> =2,0 мі	М				
Длина, м	0	,12	(),16	0,	20	C),24		
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	у		
1	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01		
2	0,05	0,01	0,04	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00		
3	0,07	0,00	0,09	-0,01	0,04	-0,02	0,04	-0,03		
4	0,10	-0,02	0,13	-0,05	0,05	-0,04	0,05	-0,07		
5	0,14	-0,04	0,17	-0,09	0,06	-0,06	0,06	-0,10		
6	0,17	-0,05	0,19	-0,12	0,06	-0,07	0,06	-0,13		
7	0,21	-0,06	0,21	-0,15	0,08	-0,09	0,07	-0,16		
8	0,24	-0,09	0,23	-0,20	0,09	-0,11	0,07	-0,20		
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =3,1 мм					
Длина	0	0,12		0,16		0,20),24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У		
1	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01		
2	0,04	0,01	0,03	0,01	0,03	0,00	0,03	0,00		
3	0,05	0,00	0,06	-0,01	0,05	-0,03	0,05	-0,03		
4	0,09	-0,01	0,09	-0,04	0,06	-0,06	0,06	-0,07		
5	0,11	-0,02	0,11	-0,07	0,07	-0,08	0,07	-0,09		
6	0,13	-0,03	0,12	-0,09	0,07	-0,10	0,07	-0,12		
7	0,15	-0,04	0,15	-0,12	0,08	-0,12	0,08	-0,14		
8	0,16	-0,06	0,17	-0,17	0,08	-0,15	0,08	-0,18		
Образец				ПА 187 Текс	<i>с, d</i> =4,0 мі	М				
Длина	0	,12	(),16	0,	20	C),24		
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	у		
1	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01		
2	0,04	0,01	0,03	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00		
3	0,08	-0,01	0,04	-0,01	0,04	-0,02	0,03	-0,01		
4	0,11	-0,02	0,07	-0,03	0,06	-0,05	0,04	-0,02		
5	0,12	-0,03	0,08	-0,06	0,06	-0,07	0,04	-0,03		
6	0,14	-0,03	0,09	-0,08	0,07	-0,10	0,05	-0,06		

7

8

-0,04

-0,07

0,10

0,13

-0,11

-0,14

0,07

0,07

-0,14

-0,16

0,05

0,06

-0,08

-0,10

0,16

0,19

Таблица П.Б.18 – Координаты синтетических нитей и веревок из полиамида, на штыре *D*=6.0 мм

Таблица П.Б.19 – Координаты	синтетических	нитей и	веревок	ИЗ	полиамида,	на
штыре <i>D</i> =8,0 мм						

Штырь <i>D</i> =8,0 мм											
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М					
Длина, м	C),12	(),16	0	,20	0),24			
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У			
1	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,07	0,01			
2	0,04	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,06	0,00			
3	0,07	0,00	0,08	0,00	0,09	-0,04	0,06	-0,05			
4	0,09	-0,01	0,11	-0,02	0,12	-0,11	0,05	-0,06			
5	0,11	-0,02	0,15	-0,06	0,13	-0,16	0,05	-0,10			
6	0,15	-0,03	0,18	-0,11	0,14	-0,21	0,04	-0,15			
7	0,16	-0,04	0,22	-0,16	0,15	-0,27	0,02	-0,18			
8	0,20	-0,06	0,25	0,25 -0,23		0,17 -0,31		-0,20			
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =3,1 м	М					
Длина	C),12	(),16	0	,20	0,24				
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У			
1	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01			
2	0,03	0,01	0,03	0,00	0,04	0,01	0,03	-0,01			
3	0,05	0,00	0,05	-0,03	0,05	-0,03	0,04	-0,05			
4	0,06	0,00	0,05	-0,05	0,08	-0,12	0,04	-0,09			
5	0,10	-0,01	0,06	-0,08	0,09	-0,18	0,04	-0,12			
6	0,13	-0,02	0,07	-0,10	0,10	-0,25	0,05	-0,14			
7	0,14	-0,03	0,09	-0,13	0,11	-0,32	0,05	-0,17			
8	0,17	-0,04	0,10	-0,15	0,11	-0,37	0,06	-0,21			
Образец				ПА 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 м	М					
Длина	C),12	(),16	0	,20	0),24			
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У			
1	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02			
2	0,03	0,01	0,04	0,01	0,03	0,00	0,03	0,00			
3	0,05	0,01	0,08	-0,02	0,04	-0,01	0,04	-0,02			
4	0,08	0,00	0,09	-0,04	0,04	-0,04	0,06	-0,04			
5	0,10	0,01	0,10	-0,06	0,05	-0,07	0,06	-0,07			
6	0,13	-0,02	0,13	-0,10	0,05	-0,09	0,07	-0,10			
7	0,16	-0,04	0,15	-0,14	0,05	-0,13	0,07	-0,13			
8	0,17	-0,05	0,18	-0,18	0,05	-0,17	0,07	-0,16			

Таблица П.Б.20 – Координаты	синтетических	нитей и	веревок	из полиамида,	на
штыре <i>D</i> =10,0 мм					

Штырь $D=10,0$ мм												
Образец	ПА 187 Текс, <i>d</i> =2,0 мм											
Длина, м	0,12		0,16		0,20		0,24					
Координаты	x	У	x	У	x	у	x	У				
1	0,00	0,17	0,00	0,19	0,00	0,19	0,00	0,18				
2	0,29	0,10	0,33	0,12	0,32	0,06	0,32	0,07				
3	0,42	0,04	0,50	-0,03	0,58	-0,25	0,47	-0,27				
4	0,54	-0,02	0,74	-0,30	0,77	-0,66	0,52	-0,56				
5	0,80	-0,17	0,96	-0,62	0,91	-1,06	0,58	-1,01				
6	0,96	-0,26	1,13	-0,94	1,05	-1,33	0,61	-1,45				
7	1,14	-0,35	1,27	-1,18	1,21	-1,67	0,61	-1,90				
8	1,32	-0,42	1,48	-1,45	1,32	-2,04	0,62	-2,20				
Образец	ПА 187 Текс, <i>d</i> =3,1 мм											
Длина	0	0,12 0,16),16	0,20		0,24					
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	У				
1	0,00	0,28	0,00	0,18	0,00	0,18	0,00	0,18				
2	0,47	0,26	0,21	0,12	0,30	0,06	0,22	0,06				
3	0,69	0,18	0,42	-0,02	0,46	-0,15	0,33	-0,11				
4	0,92	0,09	0,53	-0,13	0,60	-0,56	0,44	-0,47				
5	1,25	-0,08	0,72	-0,35	0,68	-0,97	0,51	-0,82				
6	1,63	-0,28	0,82	-0,48	0,75	-1,38	0,58	-1,06				
7	1,97	-0,43	0,96	-0,70	0,81	-1,80	0,58	-1,41				
8	2,32	-0,56	1,11	-0,94	0,91	-2,28	0,62	-1,89				
Образец	ПА 187 Текс, <i>d</i> =4,0 мм											
Длина	0	,12	0,16		0,20		0,24					
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У				
1	0,00	0,17	0,00	0,19	0,00	0,18	0,00	0,18				
2	0,23	0,13	0,30	0,09	0,26	0,05	0,31	0,06				
3	0,47	0,08	0,47	-0,04	0,42	-0,28	0,52	-0,44				
4	0,70	0,01	0,68	-0,24	0,49	-0,80	0,59	-0,73				
5	0,81	-0,02	0,80	-0,36	0,51	-1,06	0,66	-1,14				
6	0,95	-0,06	1,04	-0,60	0,53	-1,32	0,73	-1,58				
7	1,18	-0,12	1,22	-0,78	0,57	-1,71	0,82	-2,14				
8	1,20	-0,20	1,38	-0,94	0,60	-1,98	0,87	-2,42				
Таблица П.Б.21 –	Координаты	синтетических	нитей и	веревок	из полипропил	ена,						
--------------------------	------------	---------------	---------	---------	---------------	------						
на штыре <i>D</i> =2,0 м	Μ											

	Штырь <i>D</i> =2,0 мм									
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М				
Длина, м	C),12	(),16	0	,20	0),24		
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У		
1	0,00	1,73	0,00	1,15	0,00	1,57	0,00	0,76		
2	2,19	0,11	0,94	-0,12	0,34	-0,13	0,20	-0,10		
3	3,31	-0,56	1,44	-0,72	0,46	-0,34	0,25	-0,19		
4	4,46	-1,52	1,77	-1,43	0,60	-0,70	0,31	-0,39		
5	5,60	-2,70	1,94	-1,92	0,67	-1,05	0,34	-0,48		
6	6,11	-3,23	2,23	-2,89	0,73	-1,40	0,38	-0,67		
7	7,93	-5,34	2,41	-3,88	0,81	-2,11	0,44	-0,96		
8	8,98	-6,67	2,54	-4,85	0,90	-2,82	0,52	-1,54		
Образец		ПП 187 Текс, <i>d</i> =3,1 мм								
Длина	C),12	(),16	0	,20	0,24			
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У		
1	0,00	0,86	0,00	1,14	0,00	1,35	0,00	0,10		
2	0,04	0,01	16,41	-3,11	0,20	-0,15	0,19	-0,06		
3	0,07	0,00	19,33	-5,64	0,25	-0,23	0,25	-0,14		
4	0,11	-0,02	22,16	-8,02	0,28	-0,30	0,29	-0,28		
5	0,13	-0,03	34,22	-20,53	0,30	-0,34	0,32	-0,49		
6	0,15	-0,04	40,25	-27,77	0,32	-0,38	0,39	-0,70		
7	0,18	-0,05	50,18	-39,22	0,36	-0,45	0,40	-0,98		
8	0,20	-0,06	58,96	-49,63	0,39	-0,53	0,43	-1,25		
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 м	М				
Длина	C),12	(),16	0,	,20	0),24		
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	у		
1	0,00	0,47	0,00	0,47	0,00	1,56	0,00	1,49		
2	0,97	-0,06	0,97	-0,06	0,39	-0,02	0,49	-0,15		
3	1,22	-0,12	1,22	-0,12	0,65	-0,28	0,69	-0,40		
4	1,47	-0,16	1,47	-0,18	0,85	-0,54	0,80	-0,56		
5	1,71	-0,25	1,71	-0,25	1,08	-0,95	0,91	-0,73		
6	1,95	-0,31	1,95	-0,31	1,23	-1,34	1,07	-1,01		
7	2,44	-0,48	2,44	-0,48	1,31	-1,62	1,10	-1,08		
8	3,35	-0,56	2,93	-0,66	1,34	-1,89	1,33	-1,42		

Таблица	п.Б.22 -	– Координаты	синтетических	нитей и	веревок	из полипропи	лена,
на штыр	e D=4,0	MM					

Штырь D=4,0 мм									
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М			
Длина, м	C),12	(),16	0	,20	C),24	
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	у	
1	0,00	0,13	0,00	0,07	0,00	0,08	0,00	0,05	
2	0,46	0,03	0,25	-0,01	0,26	-0,04	0,24	-0,18	
3	0,68	-0,09	0,44	-0,25	0,42	-0,28	0,35	-0,48	
4	0,90	-0,21	0,56	-0,49	0,54	-0,69	0,43	-0,86	
5	1,26	-0,44	0,66	-0,74	0,63	-1,24	0,47	-1,05	
6	1,56	-0,65	0,75	-0,98	0,67	-1,52	0,52	-1,34	
7	1,79	-0,80	0,84	-1,23	0,71	-1,79	0,54	-1,54	
8	2,24	-1,10	0,93	-1,50	0,76	-2,21	0,64	-1,71	
Образец		ПП 187 Текс, <i>d</i> =3,1 мм							
Длина	C),12	(),16	0	,20	C),24	
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У	
1	0,00	0,12	0,00	0,13	0,00	0,07	0,00	0,06	
2	0,39	0,06	0,42	0,04	0,33	-0,12	0,29	-0,10	
3	0,56	-0,01	0,82	-0,19	0,44	-0,29	0,44	-0,40	
4	0,74	-0,10	1,22	-0,53	0,57	-0,51	0,49	-0,69	
5	1,09	-0,35	1,61	-0,90	0,65	-0,67	0,52	-1,19	
6	1,27	-0,50	1,74	-1,02	0,81	-1,00	0,60	-1,36	
7	1,54	-0,71	2,02	-1,30	0,93	-1,23	0,62	-1,66	
8	1,81	-0,96	2,33	-1,62	1,20	-1,74	0,66	-1,81	
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 м	М			
Длина	C),12	(),16	0,	,20	0),24	
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У	
1	0,00	0,17	0,00	0,07	0,00	0,13	0,00	0,09	
2	0,42	0,14	0,15	0,05	0,37	0,03	0,36	-0,19	
3	0,79	0,10	0,29	0,00	0,68	-0,18	0,55	-0,59	
4	1,15	0,01	0,43	-0,06	0,93	-0,42	0,75	-0,86	
5	1,34	-0,04	0,57	-0,13	1,14	-0,64	0,80	-0,96	
6	1,52	-0,08	0,64	-0,16	1,35	-0,89	0,84	-1,06	
7	1,79	-0,14	0,74	-0,21	1,51	-1,04	0,93	-1,23	
8	2,05	-0,25	0,98	-0,34	1,74	-1,27	1,10	-1,85	

Таблица П.Б.23 –Координаты	синтетических	нитей и	веревок	из полипропиле	на,
на штыре <i>D</i> =6,0 мм					

	Штырь $D=6,0$ мм								
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М			
Длина, м	0),12	(),16	0	,20	C	,24	
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	у	
1	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,09	
2	0,29	0,02	0,27	0,02	0,26	-0,04	0,29	-0,02	
3	0,43	-0,06	0,43	-0,12	0,46	-0,40	0,42	-0,14	
4	0,72	-0,25	0,64	-0,45	0,56	-0,76	0,65	-0,43	
5	0,86	-0,36	0,73	-0,72	0,60	-1,01	0,78	-0,63	
6	1,01	-0,46	0,78	-0,69	0,63	-1,26	0,87	-0,77	
7	1,18	-0,58	0,89	-1,28	0,67	-1,62	1,05	-1,22	
8	1,41	-0,77	0,98	-1,70	0,69	-2,03	1,11	-1,51	
Образец		ПП 187 Текс, <i>d</i> =3,1 мм							
Длина	0),12	0,16 0,20				0,24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У	
1	0,00	0,12	0,00	0,12	0,00	0,13	0,00	0,14	
2	0,29	0,09	0,29	0,04	0,33	0,03	0,34	0,05	
3	0,59	0,04	0,58	-0,12	0,50	-0,11	0,58	-0,11	
4	0,73	0,01	0,85	-0,30	0,74	-0,38	0,85	-0,41	
5	0,88	-0,03	1,13	-0,56	0,94	-0,71	1,06	-0,77	
6	1,17	-0,10	1,29	-0,70	1,09	-1,05	1,22	-1,13	
7	1,46	-0,16	1,54	-0,94	1,27	-1,54	1,36	-1,49	
8	1,76	-0,23	1,74	-1,17	1,44	-2,01	1,47	-1,85	
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 м	М			
Длина	0),12	(),16	0,	,20	C	,24	
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У	
1	-	-	0,00	0,14	0,00	0,13	0,00	0,12	
2	-	-	0,31	0,08	0,28	0,07	0,26	0,04	
3	-	-	0,47	0,04	0,56	-0,05	0,55	-0,22	
4	-	-	0,79	-0,04	0,93	-0,26	0,87	-0,83	
5	-	-	1,10	-0,12	1,25	-0,51	0,97	-1,36	
6	-	-	1,26	-0,16	1,55	-0,74	1,01	-1,77	
7	-	-	1,61	-0,26	1,83	-0,96	1,07	-2,17	
8	-	-	1,90	-0,32	2,28	-1,37	1,15	-2,50	

Таблица П.Б.24	– Координаты	синтетических	нитей и	веревок	из полипропиле	Ha,
на штыре <i>D</i> =8,0) мм					

	Штырь <i>D</i> =8,0 мм									
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 м	М				
Длина, м	0),12	(),16	0	,20	C	,24		
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	у		
1	0,00	0,15	0,00	0,17	0,00	0,16	0,00	0,15		
2	0,30	0,09	0,34	0,05	0,27	0,03	0,26	0,04		
3	0,43	0,02	0,53	-0,19	0,46	-0,32	0,41	-0,19		
4	0,64	-0,15	0,73	-0,53	0,56	-0,62	0,60	-0,62		
5	0,80	-0,29	0,85	-0,88	0,62	-0,93	0,71	-1,07		
6	0,96	-0,43	0,97	-1,16	0,68	-1,24	0,81	-1,52		
7	1,12	-0,58	1,06	-1,40	0,74	-1,55	0,88	-1,97		
8	1,35	-0,80	1,23	-1,93	0,78	-1,91	0,96	-2,42		
Образец		ПП 187 Текс, <i>d</i> =3,1 мм								
Длина	C),12	0,16 0,20			0,24				
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	У		
1	0,00	0,16	0,00	0,14	0,00	0,13	0,00	0,17		
2	0,31	0,14	0,28	0,10	0,25	0,06	0,36	0,07		
3	0,45	0,13	0,54	0,01	0,48	-0,11	0,70	-0,23		
4	0,74	0,08	0,67	-0,05	0,64	-0,30	0,94	-0,65		
5	1,03	0,02	0,93	-0,19	0,82	-0,62	1,08	-1,15		
6	1,18	-0,02	1,20	-0,35	0,96	-0,99	1,13	-1,64		
7	1,47	-0,07	1,46	-0,52	1,06	-1,36	1,21	-2,28		
8	1,76	-0,15	1,82	-0,76	1,21	-1,83	1,24	-2,61		
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =4,0 м	М				
Длина	0),12	(),16	0,	,20	C	,24		
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	у		
1	-	-	0,00	0,15	0,00	0,18	0,00	0,17		
2	-	-	0,25	0,12	0,29	0,13	0,37	0,05		
3	-	-	0,48	0,07	0,58	-0,08	0,63	-0,29		
4	-	-	0,60	0,04	0,79	-0,31	0,81	-0,71		
5	-	-	0,84	-0,03	1,06	-0,75	0,87	-0,98		
6	-	-	1,07	-0,10	1,22	-1,05	0,94	-1,39		
7	-	-	1,32	-0,18	1,45	-1,49	1,00	-1,81		
8	-	-	1,64	-0,31	1,65	-1,86	1,11	-2,22		

Таблица П.Б.25 – Координаты с	синтетических	нитей и веревс	к из полипропилена,
на штыре <i>D</i> =10,0 мм			

	Штырь <i>D</i> =10,0 мм								
Образец				ПП 187 Текс	с, <i>d</i> =2,0 мі	М			
Длина, м	(),12	(),16	0,	,20	C	,24	
Координаты	x	У	x	у	x	У	x	у	
1	-	-	-	-	0,00	0,12	0,00	0,13	
2	-	-	-	-	0,20	0,02	0,19	0,03	
3	-	-	-	-	0,30	-0,20	0,34	-0,19	
4	-	-	-	-	0,34	-0,50	0,42	-0,38	
5	_	-	-	-	0,37	-0,85	0,47	-0,58	
6	-	-	-	-	0,39	-1,05	0,53	-0,87	
7	-	-	-	-	0,41	-1,31	0,61	-1,27	
8	-	-	-	-	0,44	-1,50	0,64	-1,49	
Образец		ПП 187 Текс, <i>d</i> =3,1 мм							
Длина	(),12	(),16	0,	,20	C	,24	
Координаты	x	у	x	у	x	У	x	у	
1	-	-	-	-	0,00	0,18	0,00	0,15	
2	-	-	-	-	0,35	0,04	0,27	0,03	
3	-	-	-	-	0,51	-0,12	0,36	-0,09	
4	-	-	-	-	0,69	-0,38	0,47	-0,31	
5	_	-	-	-	0,92	-0,89	0,60	-0,84	
6	-	-	-	-	0,96	-1,03	0,65	-1,16	
7	-	-	-	-	1,13	-1,55	0,72	-1,48	
8	-	-	-	-	1,24	-1,84	0,81	-1,79	
Образец				ПП 187 Текс	<i>с, d</i> =4,0 мі	М			
Длина	(),12	(),16	0,	,20	C	,24	
Координаты	x	у	x	У	x	У	x	У	
1	-	-	-	-	0,00	0,19	0,00	0,19	
2	-	-	-	-	0,39	0,08	0,35	0,04	
3	-	-	-	-	0,63	-0,14	0,50	-0,21	
4	-	-	-	-	0,76	-0,33	0,63	-0,55	
5	-	-	-	-	0,99	-0,77	0,76	-0,89	
6	-	-	-	-	1,07	-0,90	0,87	-1,24	
7	-	-	-	-	1,23	-1,21	1,02	-1,57	
8	-	-	-	-	1,46	-1,56	1,17	-2,00	

Таблица	П.Б.26 –	Координаты	синтетических	нитей	и веревок	ИЗ	полиэфира,	на
штыре D	=2,0 мм							

	Штырь D=2,0 мм									
Образец			Π	ЭФ 93,5 Тен	кс, <i>d</i> =2,0 м	ИM				
Длина, м	0	,12	(),16	0	,20	0	,24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	у		
1	0,00	0,17	0,00	0,21	0,00	0,13	0,00	0,16		
2	0,94	0,06	1,01	0,09	0,56	-0,03	0,77	-0,11		
3	1,36	-0,04	1,99	-0,18	1,09	-0,52	1,40	-0,79		
4	1,79	-0,19	2,95	-0,83	1,37	-1,18	1,83	-1,55		
5	2,63	-0,54	3,91	-1,78	1,69	-1,74	2,22	-2,31		
6	3,47	-0,95	4,40	-2,33	1,89	-2,58	2,58	-3,07		
7	3,90	-1,10	4,89	-2,84	2,13	-3,42	2,94	-3,83		
8	4,49	-1,39	5,86	-3,69	2,50	-4,40	3,36	-4,90		
Образец		ПЭФ 93,5 Текс, <i>d</i> =3,1 мм								
Длина	0	,12	(0,16 0,20			0,24			
Координаты	x	У	x	У	x	у	x	у		
1	0,00	0,60	0,00	0,78	0,00	0,34	0,00	0,96		
2	1,98	0,48	2,64	0,71	1,11	0,12	3,32	0,22		
3	3,91	-0,03	5,26	0,40	2,22	-0,37	6,70	-2,18		
4	4,88	-0,33	7,88	-0,24	3,32	-1,02	10,07	-6,37		
5	6,84	-1,06	10,50	-1,06	4,95	-2,32	12,51	-10,54		
6	7,81	-1,47	13,11	-2,23	6,05	-3,45	14,39	-14,02		
7	8,78	-1,95	15,76	-3,71	7,16	-5,14	15,23	-15,78		
8	10,13	-2,85	18,38	-5,34	7,62	-6,26	16,29	-18,29		
Образец			Π	ЭФ 93,5 Тен	c, d=4,0 N	ИM				
Длина	0	,12	(),16	0	,20	C	,24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	у		
1	0,00	0,64	0,00	0,88	0,00	0,20	0,00	0,21		
2	1,73	0,50	2,34	0,73	0,50	0,00	0,50	0,01		
3	3,51	0,01	4,81	0,21	1,10	-0,20	1,10	-0,60		
4	5,32	-0,61	7,28	-0,47	1,90	-0,59	1,91	-1,00		
5	6,20	-0,98	9,75	-1,34	2,79	-1,30	2,30	-1,50		
6	7,14	-1,35	12,29	-2,41	3,30	-1,60	3,01	-2,09		
7	8,02	-1,72	14,78	-3,38	3,90	-2,10	3,50	-2,70		
8	9,25	-2,42	17,29	-4,26	4,50	-2,60	4,00	-3,61		

Таблица П.Б.27 –	Координаты	синтетических	нитей і	и веревок	ИЗ	полиэфира,	на
штыре <i>D</i> =4,0 мм							

Штырь <i>D</i> =4,0 мм										
Образец			П	ЭФ 93,5 Тек	с, <i>d</i> =2,0 м	ſМ				
Длина, м	0	,12	(),16	0,20		0),24		
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У		
1	0,00	0,10	0,00	0,11	0,00	0,10	0,00	0,08		
2	0,33	0,06	0,33	0,06	0,27	0,05	0,21	0,01		
3	0,49	0,02	0,64	-0,02	0,54	-0,09	0,42	-0,17		
4	0,65	-0,01	0,96	-0,14	0,80	-0,27	0,57	-0,43		
5	0,97	-0,07	1,28	-0,29	1,22	-0,64	0,67	-0,76		
6	1,12	-0,12	1,60	-0,49	1,48	-0,92	0,71	-0,97		
7	1,38	-0,17	1,92	-0,69	1,68	-1,18	0,74	-1,19		
8	1,74	-0,24	2,16	-0,85	1,89	-1,55	0,79	-1,63		
Образец		ПЭФ 93,5 Текс, <i>d</i> =3,1 мм								
Длина	0	,12	(),16	0,20		0,24			
Координаты	x	У	x	у	x	у	x	У		
1	0,00	0,16	0,00	0,10	0,00	0,09	0,00	0,09		
2	0,40	0,13	0,34	0,02	0,22	0,05	0,22	0,05		
3	0,76	0,08	0,69	-0,14	0,51	-0,10	0,51	-0,10		
4	1,14	0,01	0,92	-0,29	0,78	-0,34	0,78	-0,34		
5	1,52	-0,06	1,16	-0,46	1,06	-0,66	1,06	-0,66		
6	1,89	-0,15	1,38	-0,62	1,32	-0,99	1,32	-0,99		
7	2,28	-0,30	1,63	-0,82	1,51	-1,24	1,51	-1,34		
8	2,79	-0,60	1,92	-1,12	1,68	-1,62	1,68	-1,72		
Образец			П	ЭФ 93,5 Тек	с, <i>d</i> =4,0 м	ſМ				
Длина	0	,12	(),16	0,	,20	0),24		
Координаты	x	У	x	V	x	У	x	у		
1	0,00	0,14	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00	0,09		
2	0,32	0,13	0,21	0,088	0,32	0,01	0,32	0,01		
3	0,62	0,08	0,42	0,06	0,63	-0,22	0,63	-0,22		
4	0,93	0,06	0,62	0,00	0,86	-0,43	0,86	-0,43		
5	1,39	-0,00	0,83	-0,07	1,10	-0,76	1,10	-0,76		
6	1,69	-0,07	1,15	-0,23	1,24	-1,09	1,24	-1,09		
7	1,94	-0,15	1,50	-0,41	1,29	-1,31	1,29	-1,31		
8	2,30	-0,30	1,93	-0,65	1,32	-1,78	1,60	-1,70		

Таблица П.Б.28 – Координаты	синтетических	нитей и	веревок	ИЗ	полиэфира,	на
штыре <i>D</i> =6,0 мм						

Штырь <i>D</i> =6,0 мм										
Образец			Γ	ІЭФ 93,5 Тен	кс, <i>d</i> =2,0 м	ИM				
Длина, м	(),12	(0,16	0	,20	0,24			
Координаты	x	у	x	У	x	У	x	У		
1	-	-	-	-	0,00	0,11	0,00	0,09		
2	-	-	-	-	0,23	0,08	0,20	0,03		
3	-	-	-	-	0,55	-0,07	0,34	-0,09		
4	-	-	-	-	0,74	-0,22	0,49	-0,36		
5	-	-	-	-	0,93	-0,48	0,55	-0,64		
6	_	-	_	-	1,12	-0,80	0,60	-0,92		
7	_	-	-	-	1,24	-1,01	0,65	-1,10		
8	_	-	_	-	1,40	-1,26	0,70	-1,41		
Образец			Γ	ІЭФ 93,5 Тен	c, d=3,1 N	ИM				
Длина	(),12	(0,16	0,20		0,24			
Координаты	x	У	x	У	x	у	x	У		
1	_	-	_	-	0,00	0,14	0,00	0,13		
2	-	-	-	-	0,38	0,11	0,34	0,09		
3	-	-	-	-	0,62	0,05	0,55	-0,01		
4	-	-	-	-	0,85	-0,02	0,75	-0,14		
5	-	-	-	-	1,09	-0,11	0,97	-0,32		
6	-	-	-	-	1,32	-0,22	1,14	-0,51		
7	-	-	-	-	1,68	-0,38	1,30	-0,72		
8	-	-	-	-	2,16	-0,62	1,62	-1,46		
Образец			Π	ІЭФ 93,5 Тен	c, d=4,0 N	ИМ				
Длина	(),12	(0,16	0	,20	C),24		
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	У		
1	-	-	-	-	0,00	0,14	0,00	0,11		
2	_	-	_	-	0,33	0,09	0,19	0,09		
3	-	-	-	-	0,57	-0,02	0,48	-0,08		
4	-	-	-	-	0,78	-0,17	0,66	-0,21		
5	-	-	-	-	1,00	-0,36	0,88	-0,38		
6	-	-	-	-	1,23	-0,57	1,08	-0,58		
7	-	-	-	-	1,48	-0,84	1,28	-0,99		
8	-	-	-	-	1,76	-1,22	1,38	-1,62		

Таблица П.Б.29 – Координаты	синтетических	нитей и	веревок	из полиэ	фира,	на
штыре <i>D</i> =8,0 мм						

Штырь <i>D</i> =8,0 мм										
Образец			Π	[ЭФ 93,5 Тек	кс, <i>d</i> =2,0 м	ИM				
Длина, м	(),12	(),16	0,	,20	0),24		
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У		
1	-	-	-	-	0,00	0,11	0,00	0,14		
2	-	-	-	-	0,21	0,03	0,28	0,09		
3	-	-	-	-	0,35	-0,13	0,58	-0,21		
4	-	-	-	-	0,52	-0,35	0,78	-0,57		
5	-	-	-	-	0,57	-0,58	0,98	-1,11		
6	-	-	_	-	0,64	-0,80	1,09	-1,65		
7	_	-	-	-	0,73	-1,14	1,16	-1,99		
8	-	-	-	-	1,03	-1,48	1,21	-2,18		
Образец			Π	ІЭФ 93,5 Тек	кс, <i>d</i> =3,1 м	ИM				
Длина	(),12	(),16	0,20		0,24			
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	У		
1	-	-	-	-	0,00	0,16	0,00	0,17		
2	-	-	-	-	0,46	0,05	0,27	0,09		
3	-	-	-	-	0,74	-0,10	0,57	-0,04		
4	-	-	-	-	1,03	-0,31	0,73	-0,17		
5	-	-	-	-	1,30	-0,53	1,03	-0,45		
6	-	-	-	-	1,63	-0,80	1,28	-0,76		
7	-	-	-	-	1,92	-1,06	1,46	-1,03		
8	-	-	-	-	2,19	-1,24	1,74	-1,92		
Образец			Π	ІЭФ 93,5 Тек	с, <i>d</i> =4,0 м	ИM				
Длина	(),12	(),16	0.	,20	0),24		
Координаты	x	у	x	у	x	у	x	у		
1	-	-	-	-	0,00	0,15	0,00	0,13		
2	-	-	-	-	0,42	0,11	0,33	0,04		
3	-	-	-	-	0,54	0,08	0,55	-0,13		
4	_	-	-	-	0,93	0,00	0,78	-0,33		
5	_	-	-	-	1,19	-0,06	0,96	-0,55		
6	_	-	-	-	1,46	-0,13	1,15	-0,82		
7	-	-	-	-	1,72	-0,21	1,39	-1,17		
8	-	-	_	_	2,11	-0,31	1,68	-1,56		

Таблица П.Б.30 – Координаты	синтетических	нитей и	веревок	из полиэфира,	на
штыре <i>D</i> =10,0 мм					

	Штырь $D=10,0$ мм										
Образец			П	[ЭФ 93,5 Tek	кс, <i>d</i> =2,0 м	/M					
Длина, м	(),12	(),16	0,20		0,24				
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У			
1	-	-	-	-	0,00	0,17	0,00	0,17			
2	-	-	-	-	0,19	0,10	0,25	0,08			
3	-	-	-	-	0,41	-0,08	0,42	-0,10			
4	-	-	-	-	0,67	-0,41	0,53	-0,22			
5	-	-	-	-	0,81	-0,63	0,70	-0,56			
6	-	-	-	-	0,94	-0,85	0,82	-1,13			
7	-	-	-	-	1,09	-1,08	0,89	-1,40			
8	-	-	-	-	1,27	-1,34	0,98	-1,81			
Образец			П	[ЭФ 93,5 Tek	кс, <i>d</i> =3,1 м	/M					
Длина	(),12	(),16	0,20		0,24				
Координаты	x	У	x	У	x	У	x	У			
1	-	-	-	-	0,00	0,18	0,00	0,17			
2	-	-	-	-	0,43	0,07	0,36	0,09			
3	-	-	-	-	0,67	-0,06	0,60	-0,09			
4	-	-	-	-	0,91	-0,22	0,77	-0,26			
5	-	-	-	-	1,28	-0,47	1,06	-0,79			
6	-	-	-	-	1,57	-0,67	1,18	-1,13			
7	-	-	-	-	1,86	-0,87	1,25	-1,47			
8	-	-	-	-	2,08	-1,04	1,37	-1,90			
Образец			Π	[ЭФ 93,5 Tek	кс, <i>d</i> =4,0 м	4M					
Длина	(),12	(),16	0,	20	0	,24			
Координаты	x	У	x	У	x	у	x	У			
1	-	-	-	-	0,00	0,18	0,00	0,15			
2	-	-	-	-	0,40	0,15	0,38	0,07			
3	-	-	-	-	0,65	0,10	0,66	-0,4			
4	-	-	-	-	0,90	0,02	0,94	-0,17			
5	-	-	-	-	1,27	-0,13	1,13	-0,27			
6	-	-	-	-	1,65	-0,30	1,40	-0,43			
7	-	-	-	-	1,94	-0,43	1,64	-0,59			
8	-	-	-	-	2,19	-0,53	1,91	-0,80			

Приложение В

Экспериментальное значение изгибной жесткости

Таблица П.В.1 – Изгибная жесткость синтетических шнуров из полиамида и полипропилена на штырях *D*=2,0 и 4,0 мм

Ofnanau	Лпина м	Maggar	Штырь І	0=2,0 мм	Штырь <i>І</i>	О=4,0 мм
Образец	длина, м	Macca, 1	<i>В</i> ·10 ⁻⁴ , <i>Нм</i> ²	b·10 ⁻⁴ , Нм ²	$B \cdot 10^{-4}, Hm^2$	b·10 ⁻⁴ , Нм ²
ПА	0,12	0,21	3,10	3,00	1,40	1,30
11A 197 Torra	0,16	0,27	3,60	3,60	1,60	1,50
d=2.0 MM	0,20	0,34	5,40	5,30	3,40	3,30
u=2,0 MM	0,24	0,40	9,10	8,90	4,60	4,30
ПА	0,12	0,43	6,70	6,40	6,30	6,10
187 Текс, <i>d</i> =3,0 мм	0,16	0,57	11,40	11,10	6,70	6,30
	0,20	0,70	12,40	12,10	7,30	6,90
	0,24	0,86	23,80	23,20	12,10	11,50
ПА 187 Токо	0,12	0,84	14,30	14,20	10,80	10,50
	0,16	1,13	15,50	15,00	11,10	10,60
d=4.0 MM	0,20	1,37	20,00	19,20	17,80	17,00
<i>u</i> - - ,0 MM	0,24	1,67	36,11	35,00	26,50	25,30
пп	0,12	0,21	3,10	2,90	2,80	2,69
1111 187 Torra	0,16	0,28	3,40	4,70	4,10	3,80
d=2.0 MM	0,20	0,34	6,40	6,20	5,70	5,50
<i>a</i> 2,0 mm	0,24	0,41	9,50	9,30	9,50	9,10
пп	0,12	0,41	14,60	15,10	6,52	6,09
1111 187 Terro	0,16	0,55	16,20	15,80	14,14	13,43
d=3.0 MM	0,20	0,67	21,50	21,00	15,43	14,76
<i>a</i> 5,0 mm	0,24	0,83	34,50	33,80	25,85	24,92
пп	0,12	0,62	34,10	32,90	15,54	14,51
1111 187 Torra	0,16	0,83	36,50	35,60	27,60	26,20
d=4.0 MM	0,20	1,02	41,80	42,70	40,63	38,96
	0,24	1,26	49,30	48,30	48,54	46,81

05	Π	Maraa	Штырь І	D=6,0 мм	Штырь І	D=8,0 мм
Ооразец	Длина, м	Масса, г	<i>В</i> ·10 ⁻⁴ , <i>Н</i> м ²	b·10 ⁻⁴ , Нм ²	<i>B</i> ·10 ⁻⁴ , <i>Н</i> м ²	b·10 ⁻⁴ , Нм ²
ПА	0,12	0,21	1,10	1,00	0,79	0,67
11A 197 Torra	0,16	0,27	1,30	1,20	0,8	0,7
d=2.0 MM	0,20	0,34	1,90	1,70	1,55	1,38
<i>a</i> 2,0 mm	0,24	0,40	3,20	3,00	2,64	2,38
ПА	0,12	0,43	4,20	4,10	2,71	2,3
IIA 187 Torra	0,16	0,57	4,60	4,50	3,54	3,18
d=3.0 MM	0,20	0,70	4,90	4,70	3,95	3,58
<i>u 3</i> ,0 mm	0,24	0,86	8,40	7,80	8,29	7,62
ПА 187 Текс,	0,12	0,84	8,50	7,60	4,12	3,6
	0,16	1,13	8,70	8,90	6,27	5,63
	0,20	1,37	16,80	15,70	9,22	8,41
<i>u</i> - - ,0 MM	0,24	1,67	22,10	20,90	15,13	13,89
пп	0,12	0,21	3,20	2,80	1,20	1,11
1111 197 Torra	0,16	0,28	3,50	3,30	1,50	1,31
d=2.0 MM	0,20	0,34	4,30	4,10	3,50	3,20
u=2,0 MM	0,24	0,41	6,50	6,10	3,90	3,60
пп	0,12	0,41	6,42	5,80	2,41	2,11
1111 187 Terro	0,16	0,55	9,66	8,94	3,43	3,08
d=3.0 MM	0,20	0,67	14,71	13,81	5,60	5,11
<i>a</i> 5,0 mm	0,24	0,83	15,14	14,33	9,80	9,00
пп	0,12	0,62	8,41	7,60	3,90	3,40
1111 187 Torra	0,16	0,83	19,45	18,03	7,50	6,70
d=4.0 MM	0,20	1,02	25,76	24,23	9,40	8,60
	0,24	1,26	30,18	28,57	15,60	14,40

Таблица П.В.2 – Изгибная жесткость синтетических шнуров из полиамида и полипропилена на штырях *D*=6,0 и 8,0 мм

Таблица П.В.3 – Изгибная жесткость синтетических шнуров из полиамида и полипропилена на штыре *D*=10,0 мм

05	Линио м	Maria	Штырь D	=10,0 мм
Ооразец	Длина, м	Масса, г	<i>B</i> ·10 ⁻⁴ , <i>H</i> м ²	b·10 ⁻⁴ , Нм ²
ПА	0,12	0,21	0,40	0,30
11A 197 Taxa	0,16	0,27	0,60	0,50
$\frac{187}{4-2}$ 0 ym	0,20	0,34	1,10	1,00
$u^{-2},0$ MM	0,24	0,40	2,20	1,90
ПА	0,12	0,43	1,50	1,30
IIA 187 Torra	0,16	0,57	1,70	1,80
d=3.0 MM	0,20	0,70	2,60	2,20
a=3,0 MM	0,24	0,86	4,80	4,30
ПА	0,12	0,84	2,50	2,70
11A 197 Taxa	0,16	1,13	4,00	3,50
d=4.0 MM	0,20	1,37	5,80	5,10
<i>a</i> – - ,0 mm	0,24	1,67	9,30	8,20
пп	0,12	0,21	0,70	0,60
1111 187 Torra	0,16	0,28	1,20	1,00
d=2.0 MM	0,20	0,34	1,80	1,60
<i>a</i> 2,0 mm	0,24	0,41	2,70	2,40
пп	0,12	0,41	1,70	1,50
1111 187 Torra	0,16	0,55	2,90	2,50
d=3.0 MM	0,20	0,67	4,80	4,30
a=3,0 MM	0,24	0,83	6,30	5,70
пп	0,12	0,62	1,70	1,80
1111 187 Torro	0,16	0,83	4,80	4,20
d=4.0 MM	0,20	1,02	6,60	5,90
<i>u</i> -+,0 mm	0,24	1,26	8,20	7,30

Ofmanay	Плино М	Масса г	Штырь <i>І</i>	О=2,0 мм	Штырь D=4,0 мм		
Образец	длина, м	Macca, I	$B \cdot 10^{-4}, Hm^2$	b·10 ⁻⁴ , Нм ²	$B \cdot 10^{-4}, Hm^2$	b·10 ⁻⁴ , Нм ²	
ПЭФ	0,12	0,20	4,75	4,60	4,60	4,40	
93,5 Текс, <i>d</i> =2,0 мм	0,16	0,26	8,98	8,75	4,70	4,50	
	0,20	0,33	12,02	11,74	7,30	7,00	
	0,24	0,40	12,82	12,53	8,00	7,60	
TOA	0,12	0,38	11,27	10,90	5,50	5,10	
119Ψ	0,16	0,52	21,00	20,60	11,20	10,60	
d=3.0 MM	0,20	0,62	17,00	16,60	13,20	12,60	
<i>a</i> 5,0 mm	0,24	0,77	30,03	29,73	17,60	16,90	
ПОФ	0,12	0,62	16,20	15,70	6,90	6,50	
119Ψ	0,16	0,82	14,90	14,50	9,70	9,20	
d=4.0 MM	0,20	1,04	18,90	18,40	13,00	12,30	
	0,24	1,26	33,10	32,30	22,00	21,00	

Таблица П.В.4 – Изгибная жесткость синтетических шнуров из полиэфира на штырях *D*=2,0 и 4,0 мм

Таблица П.В.5 – Изгибная жесткость синтетических шнуров из полиэфира на штырях *D*=6,0 и 8,0 мм

Ofnorau	Линно м	Масса, г	Штырь <i>D</i> =6,0 мм		Штырь D=8,0 мм	
Образец	длина, м		<i>В</i> ·10 ⁻⁴ , <i>Н</i> м ²	b·10 ⁻⁴ , Нм ²	$B \cdot 10^{-4}, Hm^2$	b·10 ⁻⁴ , Нм ²
ПОФ	0,12	0,20	4,20	3,80	1,49	1,29
113Ψ	0,16	0,26	6,50	6,00	4,19	3,79
95,5 Текс, <i>d</i> =2,0 мм	0,20	0,33	7,00	6,60	4,51	4,14
	0,24	0,40	12,50	11,80	4,40	4,06
ПЭФ 93,5 Текс, <i>d</i> =3,0 мм	0,12	0,38	4,38	3,96	1,40	1,20
	0,16	0,52	4,67	4,33	3,60	3,20
	0,20	0,62	8,80	8,23	5,90	5,40
	0,24	0,77	14,06	13,27	8,00	7,40
ПЭФ 93,5 Текс, <i>d</i> =4,0 мм	0,12	0,62	6,00	5,00	3,70	3,20
	0,16	0,82	7,00	6,00	4,50	4,10
	0,20	1,04	8,00	7,00	7,81	7,10
	0,24	1,26	14,00	13,60	11,20	10,20

Штырь *D*=10,0 мм Образец Масса, г Длина, м $B \cdot 10^{-4}, H M^2$ *b*·10⁻⁴, *H*м² 0,12 0,20 1,00 0,80 ΠЭΦ 0,16 0,26 1,40 1,30 93,5 Текс, 2,50 2,30 0,20 0,33 *d*=2,0 мм 0,24 0,40 2,70 2,40 0,12 0,38 1,30 1,10 ПЭФ 0,52 0,16 2,80 2,40 93,5 Текс, 0,20 0,62 3,40 3,00 *d*=3,0 мм 0,24 0,77 5,50 5,00 0,12 0,62 1,60 1,40 ПЭФ 0,16 0,82 2,20 1,90 93,5 Текс, 0,20 1,04 4,20 3,70 *d*=4,0 мм 7,70 0,24 1,26 6,90

Таблица П.В.6 – Изгибная жесткость синтетических шнуров из полиэфира на штыре *D*=10,0 мм

Таблица П.В.7 – Изгибная жесткость синтетических нитей и веревок из полиамида и полипропилена на штырях *D*=2,0 и 4,0 мм

Ofreeser		Maggar	Штырь І	О=2,0 мм	Штырь D=4,0 мм	
Ооразец	длина, м	Macca, F	$B \cdot 10^{-4}, Hm^2$	b·10 ⁻⁴ , Нм ²	<i>B</i> ·10 ⁻⁴ , <i>Н</i> м ²	b·10 ⁻⁴ , Нм ²
ΠA	0,12	0,22	4,68	4,25	1,10	1,02
IIA 197 Torra	0,16	0,32	5,47	5,29	2,08	1,95
d=2.0 MM	0,20	0,41	8,12	7,86	2,72	2,51
<i>a</i> 2,0 mm	0,24	0,50	9,95	9,48	3,73	3,28
ΠΔ	0,12	0,50	4,51	4,35	1,86	1,73
IIA 187 Torra	0,16	0,60	5,34	5,15	2,11	1,92
d-3.1 MM	0,20	0,80	8,92	8,48	4,35	3,91
a=3,1 MM	0,24	0,90	18,18	17,47	9,68	9,07
ПА	0,12	0,70	5,72	5,50	3,93	3,66
11A 197 Tava	0,16	0,90	7,79	7,47	4,44	4,09
d=4.0 MM	0,20	1,10	9,77	9,24	8,98	8,20
<i>а</i> –4,0 мм	0,24	1,30	24,59	23,70	12,19	11,09
	0,12	0,24	1,56	1,49	1,14	1,06
1111 197 Torra	0,16	0,30	2,34	2,21	1,08	0,90
d=2.0 MM	0,20	0.35	5,63	5,18	1,31	1,14
<i>a</i> 2,0 mm	0,24	0,40	10,90	10,30	3,44	3,08
пп	0,12	0,34	1,59	1,53	1,04	0,96
1111 187 Torra	0,16	0,40	5,03	4,86	3,24	3,04
d-3.1 MM	0,20	0,60	8,83	8,44	5,70	5,27
a=3,1 MM	0,24	0,69	11,34	10,78	5,20	5,65
пп	0,12	0,60	5,35	5,09	5,29	4,94
1111 187 Torra	0,16	0,80	6,95	6,63	16,17	15,31
d=4.0 MM	0,20	1,00	15,88	15,15	15,33	14,53
<i>а</i> – 4 ,0 мм	0,24	1,20	22,85	21,95	15,28	14,50

Таблица П.В.8 – Изгибная жесткость синтетических нитей и веревок из полиамида и полипропилена на штырях *D*=6,0 и 8,0 мм

Ofreeser		Maaaa	Штырь <i>D</i> =6,0 мм		Штырь D=8,0 мм	
Образец	длина, м	Macca, I	<i>В</i> ·10 ⁻⁴ , <i>Н</i> м ²	b·10 ⁻⁴ , Нм ²	<i>B</i> ·10 ⁻⁴ , <i>H</i> м ²	b·10 ⁻⁴ , Нм ²
ПА	0,12	0,22	1,84	1,65	0,67	0,58
	0,16	0,32	1,60	1,95	0,68	0,59
d=2.0 MM	0,20	0,41	2,64	2,38	1,19	0,97
<i>a</i> 2,0 mm	0,24	0,50	3,73	3,28	2,43	1,89
ПА	0,12	0,50	1,59	1,43	1,50	1,57
IIA 187 Torra	0,16	0,60	1,93	1,72	1,83	1,50
d=3.1 MM	0,20	0,80	3.34	2,91	1,92	1,42
<i>a 5</i> ,1 mm	0,24	0,90	5,03	4,38	3,48	2,59
ΠΔ	0,12	0,70	3,24	2,90	1,44	1,25
IIA 197 Torra	0,16	0,90	3,09	3,51	2,38	2,03
d=4.0 MM	0,20	1,10	4,03	3,34	2,51	1,91
<i>а</i> –4,0 мм	0,24	1,30	8,40	7,41	5,79	4,84
	0,12	0,24	0,80	0,70	0,40	0,30
1111 197 Torra	0,16	0,30	0,60	0,50	0,60	0,50
d=2.0 MM	0,20	0.35	0,90	0,70	0,80	0,60
<i>a</i> 2,0 mm	0,24	0,40	3,50	3,20	1,90	1,60
пп	0,12	0,34	4,50	4,10	2,10	1,90
1111 187 Terro	0,16	0,40	2,20	2,00	2,50	2,20
d=3.1 MM	0,20	0,60	2,90	2,60	2,10	1,80
a 3,1 mm	0,24	0,69	5,80	5,30	2,90	2,40
пп	0,12	0,60	-	-	-	-
1111 187 Torra	0,16	0,80	7,51	6,95	9,50	8,60
d=4.0 MM	0,20	1,00	13,00	12,10	4,50	3,90
<i>а</i> –4,0 мм	0,24	1,20	7,00	6,10	5,70	4,80

Таблица П.В.9 – Изгибная жесткость синтетических нитей и веревок из полиамида и полипропилена на штыре *D*=10,0 мм

05	Плино м	Magaa	Штырь <i>D</i> =10,0 мм		
Ооразец	длина, м	Macca, r	<i>B</i> ·10 ⁻⁴ , <i>H</i> м ²	b·10 ⁻⁴ , Нм ²	
ΠA	0,12	0,22	1,07	0,88	
11A 197 Taxa	0,16	0,32	0,69	0,56	
d=2.0 MM	0,20	0,41	1,34	1,09	
$u^{-2},0$ MM	0,24	0,50	1,13	1,75	
ПА	0,12	0,50	1,47	1,23	
IIA 187 Torra	0,16	0,60	1,41	1,17	
d=3.1 MM	0,20	0,80	1,84	1,33	
<i>a 5</i> ,1 mm	0,24	0,90	3,02	2,23	
ΠA	0,12	0,70	2,91	2,45	
IIA 197 Torro	0,16	0,90	3,51	2,97	
187 Текс, <i>d</i> =4,0 мм	0,20	1,10	1,91	1,23	
<i>a</i> – 4 ,0 MM	0,24	1,30	5,14	4,14	
пп	0,12	0,24	-	-	
1111 187 Torra	0,16	0,30	-	-	
d=2.0 MM	0,20	0.35	0,52	0,32	
<i>a</i> 2,0 mm	0,24	0,40	1,62	1,27	
ПП	0,12	0,34	-	-	
1111 187 Torra	0,16	0,40	-	-	
d=3.1 MM	0,20	0,60	1,82	1,48	
a=3,1 MM	0,24	0,69	3,41	2,76	
	0,12	0,60	-	-	
ПП 187 Текс.	0,16	0,80	-	-	
<i>d</i> =4,0 мм	0,20	1,00	3,89	3,29	
	0,24	1,20	6,27	5,19	

Ofmanau	Длина, м	Масса, г	Штырь <i>D</i> =2,0 мм		Штырь D=4,0 мм	
Ооразец			$B \cdot 10^{-4}, Hm^2$	b·10 ⁻⁴ , Нм ²	<i>В</i> ·10 ⁻⁴ , <i>Н</i> м ²	b·10 ⁻⁴ , Нм ²
ПОФ	0,12	0,19	2,40	2,30	2,50	2,33
113Ψ	0,16	0,25	3,20	3,00	2,.70	2,50
d=2.0 MM	0,20	0,33	4,04	3,86	3,10	2,90
<i>a</i> 2,0 mm	0,24	0,38	9,90	9,59	3,40	3,10
ПОФ	0,12	0,40	4,00	3,89	2,54	2,37
$\Pi \mathcal{J} \Psi$	0,16	0,53	9,69	9,43	4,90	4,60
$\frac{d}{3}$ 1 MM	0,20	0,67	12.80	12,50	6,64	6,28
a=5,1 MM	0,24	0,79	21,30	20,70	21,51	20,96
ПОФ	0,12	0,61	7,20	6,98	4,30	4,02
$\Pi \mathcal{J} \Psi$	0,16	0,80	30,00	29,30	10,00	9,50
95,5 Текс, <i>d</i> =4,0 мм	0,20	1,01	44,10	43,00	17,90	17,20
	0,24	1,23	59,10	57,76	23,90	23,10

Таблица П.В.10 – Изгибная жесткость синтетических нитей и веревок из полиэфира на штырях *D*=2,0 и 4,0 мм

Таблица П.В.11 – Изгибная жесткость синтетических нитей и веревок из полиэфира на штырях *D*=6,0 и 8,0 мм

Ofnanau	Ллино м	Масса, г	Штырь <i>D</i> =6,0 мм		Штырь D=8,0 мм	
Образец	длина, м		<i>В</i> ·10 ⁻⁴ , <i>Н</i> м ²	<i>b</i> ·10 ⁻⁴ , <i>Н</i> м ²	$B \cdot 10^{-4}, Hm^2$	b·10 ⁻⁴ , Нм ²
ПОФ	0,12	0,19	-	-	-	-
113Ψ	0,16	0,25	-	-	-	-
d=2.0 MM	0,20	0,33	1,73	1,59	1,65	1,40
<i>a</i> 2,0 MM	0,24	0,38	2,45	2,15	2,09	1,78
ПОФ	0,12	0,40	-	-	-	-
113Ψ	0,16	0,53	-	-	-	-
d-3.1 MM	0,20	0,67	2,91	2,11	7,39	6,7
a=5,1 MM	0,24	0,79	7,22	6,71	5,37	4,83
ПЭФ	0,12	0,61	-	-	-	-
113Ψ	0,16	0,80	-	-	-	-
d=4.0 MM	0,20	1,01	7,79	7,2	8,52	7,70
<i>u</i> -+,0 MM	0,24	1,23	9,90	9,14	10,70	10,10

Таблица П.В.12 – Изгибная жесткость синтетических нитей и веревок из полиэфира на штыре *D*=10,0 мм

Ofreesey	Ланна м	Maaaa E	Штырь <i>D</i> =10,0 мм		
Образец	длина, м	Macca, r	$B \cdot 10^{-4}$, Hm^2	b·10 ⁻⁴ , Нм ²	
ПОФ	0,12	0,19	-	-	
113Ψ	0,16	0,25	-	-	
d=2.0 MM	0,20	0,33	1,50	1,30	
<i>u</i> -2,0 MM	0,24	0,38	1,70	1,40	
ПЭФ 93,5 Текс, <i>d</i> =3,0 мм	0,12	0,40	-	-	
	0,16	0,53	-	-	
	0,20	0,67	7,30	6,50	
	0,24	0,79	8,30	7,10	
ПОФ	0,12	0,61	-	-	
11ЭФ 93,5 Текс, <i>d</i> =4,0 мм	0,16	0,80	-	-	
	0,20	1,01	11,40	10,30	
	0,24	1,23	18,70	17,00	

Приложение Г

Акт внедрения полученных результатов

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

> УТВЕРЖДАЮ РЕКТОР ФГБОУ ВО «КГТУ» Эти В.А. Волкогон 2024 г.

AKT

о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы «Механика ячеи дели траловых мешков» Коноваловой Карины Витальевны в учебный процесс

Результаты научно-исследовательской работы Коноваловой Карины Витальевны (научный руководитель: кандидат технических наук, доцент Недоступ А.А.) в виде разработанной методики определения изгибной жесткости синтетических рыболовных материалов, алгоритмов расчета формы ячеи и созданных программных продуктов внедрены в учебный процесс на кафедре промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» при подготовке бакалавров (35.03.09 Промышленное рыболовство) и магистров (35.04.08 Промышленное рыболовство) по дисциплинам:

- «Механика орудий рыболовства», преподаватель: ст. преподаватель Насенков П.В.;

- «Основы проектирования орудий рыболовства», преподаватель: кандидат технических наук, Недоступ А.А.;

- «Проектирование орудий рыболовства», преподаватель: кандидат технических наук, Соколова Е.В.;

- «Селективность орудий рыболовства», преподаватель: кандидат технических наук, Недоступ А.А.

Использование данных результатов научно-исследовательской деятельности в учебном процессе кафедры промышленного рыболовства, позволят повысить теоретический и практический уровень подготовки при реализации образовательных программ.

Заведующий кафедрой промышленного рыболовства

А.А. Недоступ

АО «РПК «Рыбфлот-Фор»

166

236039, г. Калининград ул. А.Суворова 57, каб. 401 А, (юридический адрес) ИНН 3908021441 КПП 390601001 ОГРН 1023901860630 ОКПО 44197831, ОКАТО 27401373000

Акт

о внедрении результатов научных исследований Коноваловой Карины Витальевны по исследованию механики ячеи дели траловых мешков

Данный акт подтверждает, что разработанная методика определения изгибной жесткости синтетических материалов, а также математическая модель формы ячеи T90, используются в деятельности АО «РПК «Рыбфлот-Фор» и имеют практическое значение при выборе рыболовных материалов на стадии проектирования конструкций орудий лова для промышленной добычи гидробионтов.

Специалист по орудиям лова АО «РПК «Рыбфлот-Фор»

Борзов С.А.

Приложение Д

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ





斑 搦 盗 密 磁 搊 崧 密 遊 拹 宓 密 搦 盗 密 密 濲 盗 密 崧 湖 拹 盗 蜜 盗 崧 崧 璨 溶溶溶 璐 崧 溶 璘 斑 盗 璨 南 嘉

168

