

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

На правах рукописи



НАСЕНКОВ ПАВЕЛ ВЛАДИМИРОВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ И ОТНОСИТЕЛЬНОГО
УДЛИНЕНИЯ РЫБОЛОВНЫХ КРУЧЕНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

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 2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЫБОЛОВНЫХ НИТЕВИДНЫХ ИЗДЕЛИЙ	10
1.1 Орудия промышленного рыболовства - инженерные сооружения, состоящие из рыболовных нитевидных изделий	10
1.2 Обзор научных исследований по определению разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных крученых материалов	12
1.3 Коэффициент запаса прочности нитевидных материалов	19
1.4 Постановка задачи исследования	20
Выводы по главе 1	20
ГЛАВА 2. ОБЗОР МЕТОДОВ И МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗРЫВНОГО УСИЛИЯ И ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ РЫБОЛОВНЫХ КРУЧЕНЫХ МАТЕРИАЛОВ	22
2.1 Описание характеристик разрывных машин	22
2.2 Обзор методик определения разрывного усилия и относительного удлинения нитевидно-веревочных изделий	28
Выводы по главе 2	30
ГЛАВА 3. ОБЗОР КРУЧЕНЫХ РЫБОЛОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КОНСТРУКЦИЯХ ОРУДИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО РЫБОЛОВСТВА	31
3.1 Общие сведения о нитевидных рыболовных материалах	31
3.2 Классификация по виду сырья	35
3.2.1 Полиамидные волокна	35
3.2.2 Полиэфирные волокна	37
3.2.3 Полиолефиновые волокна	39
3.2.4 Поливинилспиртовые волокна	40
3.2.5 Поливинилхлоридные волокна	41
3.2.6 Полиформальдегидные волокна	43

3.3 Классификация по окончательному соединению структурных частей.....	44
3.4 Классификация по исходному сырью	45
3.5 Классификация по типу используемых текстильных нитей	45
3.6 Классификация по методу отделки	47
3.7 Классификация по направлению крутки	47
Выводы по главе 3	48
ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРЫВНОГО УСИЛИЯ И ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ РЫБОЛОВНЫХ НИТЕВИДНЫХ КРУЧЕНЫХ МАТЕРИАЛОВ	49
4.1 Выбор оборудования для экспериментальных исследований.....	49
4.2 Оценка точности.....	51
4.3 Выбор образцов нитевидных материалов.....	51
4.4 Экспериментальные исследования.....	54
4.4.1. Экспериментальные исследования разрывного усилия и относительного удлинения рыболовных крученных материалов с различной скоростью разрыва и длиной исследуемых образцов	54
4.4.2 Определение коэффициента Пуассона нитевидных рыболовных материалов	59
Выводы по главе 4.....	65
ГЛАВА 5. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	66
Выводы по главе 5.....	78
ГЛАВА 6. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ И ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ	79
6.1 Разработка математических моделей расчета разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученных материалов	79
6.2 Алгоритм определения разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученных материалов	97
Выводы по главе 6.....	99

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	102
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	103
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Определение фактического диаметра образцов.....	113
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Графические зависимости с детальным процессом испытания	115
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Акты внедрения полученных результатов.....	152

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования состоит в исследовании физико-механических свойств рыболовных нитевидных крученых материалов, которые задаются проектировщиком при моделировании и проектировании орудий промышленного рыболовства. Разрывная нагрузка является важной и основной характеристикой рыболовных материалов с точки зрения прочности и безаварийности орудий рыболовства. Относительное удлинение крученых рыболовных материалов влияет на форму орудия рыболовства. Отсутствие явных зависимостей разрывной нагрузки и относительного удлинения не дает проектировщику моделировать орудие рыболовства в процессе их эксплуатации. Анализ исследований, направленных на изучение разрывной нагрузки и относительного удлинения, показал, что в большинстве работ применяется справочная информация от производителя, при условии получения данных по стандартным методикам, что не обеспечивает полную картину изменения физико-механических свойств.

Цели и задачи

Целью исследования является исследование разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов.

В соответствии с целью исследования в работе поставлены следующие задачи:

- разработать комплексную методику определения разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов;
- провести испытания рыболовных нитевидных крученых материалов на современном разрывном оборудовании;
- провести статистическую обработку проведенных исследований;
- разработать математические модели для расчета разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов;
- разработать алгоритм расчета разрывной нагрузки и относительного удлинения.

Личное участие автора. В 2017 - 2024 гг. автором сформулированы цели и задачи исследования, разработана методика определения разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов при различной их длине, как в сухом, так и мокром виде, проведены экспериментальные исследования на высокоточном и современном оборудовании, обработаны и проанализированы полученные экспериментальные данные, подготовлены соответствующие научные материалы для научно-технических конференций и публикации в научных трудах и журналах. Разработаны зависимости расчета разрывной нагрузки и относительного удлинения. Разработан алгоритм определения разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных материалов.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность результатов исследования подтверждается обоснованной схемой исследования, значительным объемом экспериментальных данных, статистической обработкой и воспроизводимостью экспериментальных данных.

В процессе обработки результатов экспериментальных исследований использовалось программное обеспечение разрывной машины Shimadzu Autograph AGS-X10. Выполнение обработки статистических данных и математическое моделирование выполнялось с использованием ПО MathCad.

Основные результаты и положения диссертации ежегодно докладывались на расширенных заседаниях кафедры промышленного рыболовства, а также представлялись на международных и национальных конференциях, как в очной форме, так и заочной.

Исследования проводились в рамках госбюджетных НИР кафедры 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 моделей процессов эксплуатации донного и разноглубинного траловых комплексов» и РНФ 25-21-00008 «Физическое, математическое и компьютерное моделирование сетных инженерных конструкций с учетом внешних факторов воздействия».

Научная новизна работы.

В работе впервые:

- предложены и реализованы новые методы многофункционального управления режимами проведения экспериментов, получения и обработки данных, позволяющих строить диаграммы разрывной нагрузки и относительного удлинения, на основе которых, по специальным методикам определяется комплекс физико-механических свойств нитевидных материалов;
- разработана методика определения разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных крученых материалов с разной длиной образцов, в сухом и мокром виде;
- разработаны математические модели разрывной нагрузки и относительного удлинения;
- разработан алгоритм определения разрывной нагрузки и относительного удлинения.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость работы состоит в выявлении новых взаимосвязей разрывной нагрузки и относительного удлинения от материала.

Практическая значимость работы состоит в возможности использования зависимости определения разрывной нагрузки и относительного удлинения на этапе проектирования рыболовных нитевидных крученых материалов.

Методология и методы исследования.

Для достижения поставленной цели применялись:

- методы проведения экспериментов на разрывных машинах;

- экспериментальные исследования натуральных рыболовных нитевидных крученых материалов;
- современные системы и методы математической обработки данных.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработка комплексной методики определения разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов;
2. Результаты экспериментальных исследований рыболовных нитевидных крученых материалов с использованием разработанной методики;
3. Вывод математических зависимостей разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов;
4. Разработка алгоритма расчета разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов.

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 26 печатных работ, в том числе 7 - в изданиях из перечня Российских рецензируемых научных журналов ВАК Минобрнауки России и 1 монография в соавторстве.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка используемой литературы и приложений. Общий объем работы составляет: 153 страницы машинописного текста, 44 рисунка, 20 таблиц, 3 приложения. Список использованных источников состоит из 82 наименований, из которых 7 принадлежат иностранным авторам.

Благодарности.

Автор выражает глубокую благодарность и искреннюю признательность 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 к.т.н., доценту кафедры промышленного рыболовства Суконнову А.В., доценту кафедры промышленного рыболовства Суконновой Т.Е., к.т.н., профессору кафедры промышленного рыболовства Долину Г.М. и д.т.н., профессору кафедры промышленного рыболовства Розенштейну М.М. за помощь в подготовке диссертации на различных ее этапах, за профессиональные советы и консультации. Благодарность д.т.н., профессору кафедры техносферной безопасности и природообустройства Наумову В.А. за помощь в части математической обработки экспериментальных данных и ценные замечания по диссертационной работе.

Также большая благодарность ФГБОУ ВО "Дальрыбвтуз", а именно заведующей кафедрой "Промышленное рыболовство" д.т.н., доценту Лисиенко Светлане Владимировне, за поддержку и предоставление разрывных машин в целях проведения большой серии испытаний.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЫБОЛОВНЫХ НИТЕВИДНЫХ ИЗДЕЛИЙ

1.1 Орудия промышленного рыболовства - инженерные сооружения, состоящие из рыболовных нитевидных изделий

Орудия промышленного рыболовства, такие как донные и разноглубинные тралы, кошельковые невода, донные невода (снюрревод), ловушки и прочие орудия, относятся к сложным инженерным сооружениям, которые состоят из рыболовных нитевидных материалов, в том числе из различных канатных и нитевидно-веревочных изделий (НВИ) (Рисунок 1).

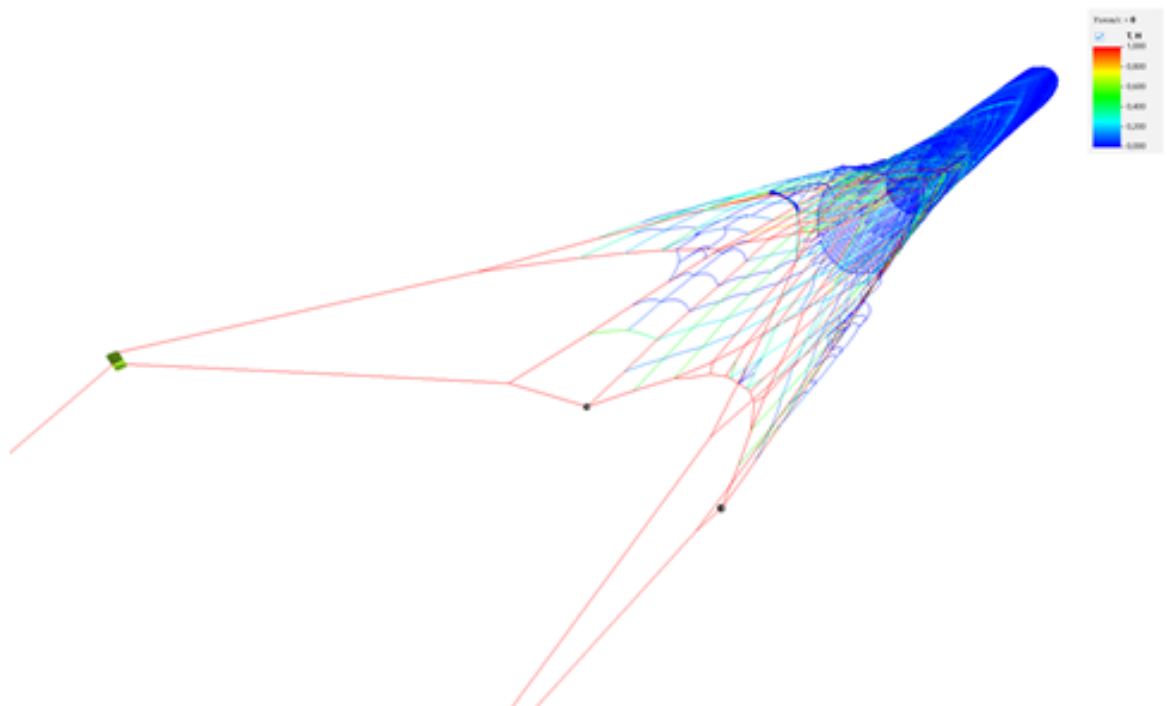


Рисунок 1 – Орудия промышленного рыболовства (разноглубинный трал)

Изготовление или постройку орудия промышленного рыболовства можно сравнить с постройкой жилого многоквартирного дома. Это сложные инженерные сооружения, состоящие из огромного множества различных канатных элементов, являющихся каркасом орудия лова и множества веревочных и ниточных элементов состоящих из сетных пластин. [1]

Орудия промышленного рыболовства являются формоизменяемыми конструкциями при эксплуатации, за счет перераспределения нагрузок в канатно-сетных частях, что связано с перераспределением сил натяжения в нитках, веревках и канатах, которые в свою очередь испытывают максимальные нагрузки в орудиях рыболовства, вплоть до разрыва, а также подвержены растяжению и удлинению, что приводит к асимметричности форм различных частей орудий рыболовства [2, 3].

В настоящее время для орудий рыболовства используются современные нитевидные материалы, состоящие из синтетических волокон. Их наработка осуществляется на предприятиях в различных странах мира, в том числе и в России. В нашей стране подобных относительно крупных предприятий насчитывается не больше 5. Однако материалом для наработки волокон служит зарубежное сырье, выпускаемое в большей степени в странах Азии.

Использование высококачественного сырья является первостепенной задачей при производстве рыболовных нитевидных материалов, т.к. данные материалы должны выдерживать требуемые нагрузки на промысле (Рисунок 2) [4,5].

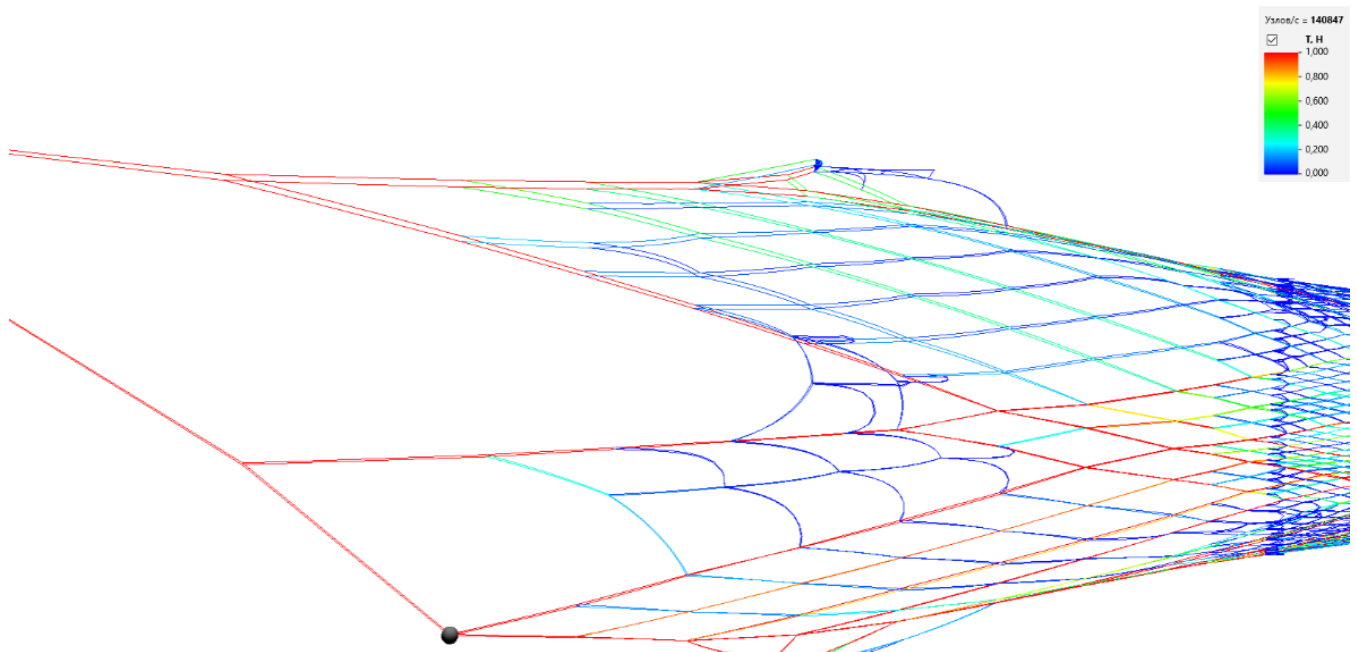


Рисунок 2 – Перераспределение нагрузок в канатных связях разноглубинного трала

Исследование на определение физико-механических свойств новых наработанных рыболовных нитевидных материалов, используемых для постройки орудий промышленного рыболовства, необходимо для правильного применения в том или ином элементе орудия лова, что в дальнейшем будет влиять на уловистость орудия лова [6, 7].

Нормативные документы, определяющие методики проведения исследований на основные физико-механические свойства, такие как разрывная нагрузка и относительное удлинение, создавались во второй половине XX века, когда использование в орудиях рыболовства синтетических материалов только начинало свое развитие. Как известно, свойства натуральных и синтетических материалов очень сильно отличаются.

1.2 Обзор научных исследований по определению разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных крученых материалов

В настоящее время разрывную нагрузку и относительное удлинение можно определить несколькими способами:

- при помощи справочной литературы, однако, данная информация будет лишь об известном и изученном материале;
- при помощи специализированного разрывного оборудования.

В начале XVIII века в нашей стране было осуществлено ряд мер по развитию полотняного и канатного производства из натуральных волокон, и соответственно начинаются исследования по определению свойств данных материалов. Основоположником исследований нитевидных материалов для постройки орудий лова, как и вообще науки о промышленном рыболовстве, был Ф.И. Баранов в начале XX века [8, 9].

В середине прошлого столетия своё развитие начинают научные исследования на определение прочностных характеристик нитевидных материалов.

В 1947 году к.т.н. Житковым Д.Г. [10] были описаны исследования волокнистых материалов на крепость, в своей работе он провел исследования канатов из пеньки, манилы, сизаля, а также хлопчатобумажные. Целью этих испытаний было, во-первых, помочь производственникам в правильном выборе размера каната и величины отношения определения влияния исходных материалов (пенька, хлопок, манила и сизаль) на крепость и срок службы канатов. В ходе исследования были определены материалы с лучшими и худшими показателями прочности.

Исследования Засосовым А.В. из "Калининградрыбвтуза", Студенецким С.А. и Бекаревич В.Л. "Балтрыбтреста" в 1961 году были проведены сравнительные прочностные испытания хлопчатобумажных и пеньковых канатов [11]. Данные испытания проводились в целях исследования целесообразности использования данных канатов для подбор дрейфтерных сетей и подтвердили целесообразность применения хлопчатобумажных канатов.

В 1967 году М.Н. Пахнов, из Московского текстильного института, провел испытания капроновых канатов на растяжение при одно- и многократном нагружении [12]. В результате исследования определен предел прочности при растяжении канатов и их составных элементов, установлено изменение упругости каната при многократном нагружении. Коэффициент прочности отдельных элементов каната понижается с увеличением диаметра каната. Прочность каната составляет 50-60 % от прочности всех волокон и 65-70 % от прочности всех каболок. Относительное удлинение повышается с увеличением сечения элементов и числа переходов при изготовлении каната. Относительное удлинение впервые нагружаемого каната составляет 45-50 %. При повторном нагружении остается постоянным и не превышает 8-10 % при нагрузке, близкой к разрывной.

В 1972 году Мамцевым Е.Н. и Пахновым М.Н. из Московского текстильного института, были проведены исследования по прочности канатов и механических свойств капроновых нитей [13]. В данной статье рассматривается влияние исходных нитей на прочность канатов и веревок.

Также в это время Крамской Л.М. и Кулагин В.Д. из Калининградского высшего инженерного морского училища проводят исследовательскую работу по физико-механическим свойствам сетных материалов [14]. Данная статья была посвящена перемещению ячеек сетного полотна, вызванным их формоизменением и растяжением нитей.

В дальнейшем также были некоторые исследования физико-механических свойств нитевидных рыболовных изделий, однако все они являются недостаточно достоверными, в силу изменения технологий изготовления данных изделий, а также развития химической промышленности, на смену природным растительным волокнам пришли синтетические.

Характеристики современных рыболовных материалов имеют обсуждение во многих научных статьях, так например в статье Евсеевой С.С. [15] была предпринята попытка сравнения прочностных характеристик различных синтетических канатов без учета их конструкций. При этом определение прочности нитевидных рыболовных материалов возможно различными способами, что описано в научной статье Лобанова Д.С. и Темерова М.С. [16]. Немаловажным вопросом является не только материал для изготовления конструкций орудий рыболовства, но и методы его исследования. Так в статьях Степашина А.А. [17] и Наумова В.А. [18], были рассмотрены результаты испытаний прочности нитей и относительного удлинения, однако, за основы был принят материал, не относящийся к изготовлению орудий рыболовства. Также к анализу методических вопросов механических испытаний нитей относится ряд научных публикаций [19-21].

В современное время изучение прочности материалов имеет большое значение не только для рыбодобывающей отрасли. Развитие новых технологий, а также химических производств, влечет создание не только новых синтетических материалов, но комбинированных, многослойных композитных материалов с использованием нетканых и плетеных изделий.

Так, к примеру, учеными из Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова проводятся исследования ударопрочных многослойных композиционных материалов с использованием нетканых полотен и плетеных изделий [22]. Производство нетканых полотен с каждым годом получает все большее развитие. Принципиально новые технологии, широкие возможности вовлечения в производство различных сырьевых ресурсов, в том числе непригодных для переработки по классическим текстильным технологиям, комбинирование материалов и технологий позволяет создавать нетканые материалы с новыми свойствами и использовать их в областях, где ранее текстиль вообще не применялся, в том числе и в элементах конструкций орудий промышленного рыболовства. При выборе материалов для соответствующих изделий следует не только руководствоваться характеристикой отдельных их свойств, но и использовать комплексную оценку, которая позволяет более точно определить поведение материала в эксплуатации, что немало важно для таких сложных инженерных конструкций как орудия промышленного рыболовства.

Прежде всего, необходимо установить, каким воздействиям материал будет подвергаться в условиях эксплуатации и какими свойствами он должен обладать, чтобы удовлетворять предъявленным к нему в связи с этим требованиям.

Как известно, орудия промышленного рыболовства эксплуатируются в различных жестких погодных условиях. На элементы их конструкций существенное влияние оказывают большие температурные колебания, от высоких плюсовых температур до критически низких. Также элементы подвергаются большой влажности с соленостью и воздействию ультрафиолетовых лучей.

Разработку аналитического метода, позволяющего провести оптимизационный расчет физико-механических характеристик нетканых полотен, целесообразно проводить, представляя рассматриваемый материал как вязкоупругую высокопористую сплошную среду, имеющую капиллярно-пористое строение и волокнистую структуру.

В работе Тюменева Ю.Я., Шустова Ю.С., Курденковой А.В., Назаровой Ю.В., Галимулин А.Х. «Использование теории подобия для прогнозирования прочностных характеристик нетканых материалов технического назначения» [23] изучены термоскрепленные нетканые полотна. Образцы были выработаны из полипропиленовых волокон и отличались поверхностной плотностью. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 15902.3-79 «Полотна нетканые. Методы определения прочности» [24] на разрывной машине маятникового типа РТ-250. Для прогнозирования прочностных характеристик нетканых материалов технического назначения использованы теоремы теории подобия.

Применение композиционных материалов может быть экономически выгодным, не только в строительстве, промышленности, жилищно-бытовом секторе, но и промышленном рыболовстве. В настоящее время проводятся исследования по созданию новых видов композитов, основанных на рациональном выборе исходных компонентов и технологии их совмещения. Требуемые свойства композиционных материалов достигаются за счет использования в качестве армирующих элементов тканей, синтетических сеток, нетканых полотен из полиэфира, полипропилена, полиамида. В любых областях промышленности одной из основных задач является снижение себестоимости производства без потери качества изделий. В связи с этим, весьма перспективным направлением является разработка и создание композитов на основе нетканых полотен [25].

Актуальность научных исследований прочностных характеристик рыболовных нитевидных материалов в зарубежных странах в основном проявляется при разработках новых синтетических материалов, что происходит в совместной работе с фирмами по производству данных материалов. Зачастую подобные работы имеют закрытый характер, чтобы полученные данные не имели открытого доступа. Однако стоит отметить немалый вклад в исследовании рыболовных материалов главы института рыболовных технологий (г. Гамбург) Г. Класта. В 1982 году под его руководством была опубликована книга «Сетные

материалы для рыболовных снастей» [26], в которой была собрана основная информация для производителей орудий рыболовства и рыболовов-практиков, в частности представлена информация по определению прочности канатов и их удлинения.

В разработке новых современных нитевидных материалов заняты многие страны мира, так например, в Испании занимаются разработкой биоразлагаемых канатов для аквакультуры [27]. В настоящее время канаты, используемые в морской аквакультуре, производят из неперерабатываемых материалов. Новые разрабатываемые биоразлагаемые канаты будут пригодны как для вторичной переработки, так и сами смогут разложиться в воде по истечении срока использования. Это поможет снизить количество загрязнений мирового океана пластиком.

Вопросы прочности и относительного удлинения рыболовных материалов отмечены в научные исследования ученых из КНР Jiangao Shi, Wenwen Yu, Wenzhu Zhong, Yongli Liu, Lei Wang, Xiaoxue Chen, Wen Lu и Jieming Zhai из Китайской академии рыбохозяйственных наук [28]. В своих исследованиях они изучают структуру полиэтилена высокой прочности и механические свойства крученных канатов из данного материала. Изменяя структуру каната и сравнивая используемые в рыболовстве смешанные канаты из полипропилена (ПП) с полиэтиленом (ПЭ), китайские ученые пришли к выводу, что канаты из полиэтилена высокой прочности являются более прочными (увеличенная прочность на 166 - 310 %), уменьшается относительное удлинение на 87 - 89 % и кроме того, канаты из данного материала менее затратные при производстве.

Коллектив ученых из Омана и США рассматривали исследования рыболовных материалов, в частности нитей из ПА, на определение разрывной прочности и удлинения. В своем исследовании [29] они изучали влияние солнечного излучения на физико-механические свойства ниток изготовленных из ПА. В ходе исследования применялись как обработанные образцы ниток, так и необработанные.

Прочностью и усилением нитевидных канатов занимается доктор технических наук Pengzhu Wang технического центра «Bridon International» из КНР. В своих исследованиях, в частности прочности канатов [30] использует внедрение нано-частиц в структуры волокон.

Российские производители также занимаются созданием новых нитевидных материалов. Крупнейшим производителем ООО «Петроканат» была представлена новинка – полиэфирный шнур «Тайфун» с сердечников из полипропилена. Комбинирование двух материалов придает шнуру идеальный баланс и нейтральную плавучесть [31]. Высокая износоустойчивость достигается за счет оплетки из кручёных нитей.

Шнур выпускается в четырёх различных диаметрах — 6, 8, 10 и 12 миллиметров, что позволяет использовать его для оснащения самых разных орудий лова. «Тайфун» обладает высокой прочностью на разрыв: в зависимости от диаметра разрывная нагрузка составляет от 750 до 2200 кг/с. Этот показатель означает, какой вес может выдержать шнур при статической нагрузке.

Другая важная характеристика новинки — низкая растяжимость. Этот показатель значительно влияет на потребительские свойства. Шнуры с низкой растяжимостью как раз лучше использовать при оснащении орудий лова. Из-за того, что сердечник шнура выполнен из полипропилена, он обладает хорошей плавучестью. Материал оплетки - полиэфир даёт высокую степень защиты от ультрафиолетового излучения, стоек к агрессивным средам, не намокает и не впитывает воду, а соответственно не даёт усадки.

Благодаря локализации производства компании «Петроканат» в России, помимо высоких качественных характеристик, шнур обладает и конкурентоспособной ценой.

1.3 Коэффициент запаса прочности нитевидных материалов

Коэффициент запаса прочности является важнейшим показателем для оценки механических свойств нитевидных рыболовных материалов. Этот коэффициент характеризует запас прочности материала при его удлинении и представляет собой отношение предела прочности материала к рабочей нагрузке, которая может быть приложена к материалу в течение его эксплуатации.

В настоящее время особенно актуальна проблема обеспечения безопасности и надежности конструкций канатных орудий промышленного рыболовства. Современные разноглубинные тралы позволяют вылавливать от нескольких десятков до 150-200 тонн гидробионтов. Поэтому запас прочности имеет важное значение для обеспечения безопасности и надежности таких конструкций. Если коэффициент запаса прочности слишком низок, конструкция орудия лова может разрушиться при приложении рабочей нагрузки, что может привести не только к потере лова и самого орудия, но и к авариям и несчастным случаям на судне. С другой стороны, если коэффициент запаса прочности слишком высок, материал для изготовления орудия может быть чрезмерно дорогостоящим и неэффективным. Для этого необходимо верно учитывать коэффициент запаса прочности для материала, который позволяет оценить запас прочности при удлинении и предотвратить его разрушение при приложении рабочей нагрузки.

Для расчета коэффициента запаса прочности используются различные методы, включая метод статистического анализа, метод линейного анализа и метод нелинейного анализа. Метод статистического анализа предполагает анализ результатов испытаний на растяжение для определения среднего значения предела прочности материала и стандартного отклонения. Метод линейного анализа предполагает анализ зависимости предела прочности материала от рабочей нагрузки. Метод нелинейного анализа предполагает анализ зависимости предела прочности материала от рабочей нагрузки с учетом нелинейных эффектов.

При расчете коэффициента запаса прочности необходимо учитывать различные факторы, включая тип материала, конструкцию орудия, условия эксплуатации и динамические нагрузки. Условия эксплуатации, такие как температура, влажность и нагрузка, а также динамические нагрузки, такие как вибрация и удар могут влиять на механические свойства материала [32, 33].

1.4 Постановка задачи исследования

С учетом вышеуказанного, в данной работе ставятся следующие задачи:

- разработать комплексную методику определения разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов;
- провести испытания рыболовных нитевидных крученых материалов на современном разрывном оборудовании;
- провести статистическую обработку проведенных исследований;
- разработать математические модели для расчета разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов;
- разработать алгоритм расчета разрывной нагрузки и относительного удлинения.

Выводы по главе 1

В связи с тем, что в настоящее время разрывную нагрузку и относительное удлинение можно определить по справочным данным (справочной литературе), а также на основании экспериментов, используя разрывные машины, то нужно понимать, что в ряде случаев разрывные машины не позволяют определить разрывную нагрузку и относительное удлинение при больших размеров (относительно большом диаметре) или длине более 2 метров, которые не соответствуют диапазону рабочего участка разрывных машин.

В этой связи возникает задача создать современную комплексную методику определения разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных

нитевидных крученых материалов на основании экспериментальных исследований. Важной задачей на современном этапе является создание рыболовных материалов для орудий промышленного рыболовства, с учетом верно заданного запаса прочности. К примеру, в рыболовном трале в канатной связи, канаты достигают длины 200 метров, определить их относительное удлинение и разрывную нагрузку сложно на разрывной машине, потому что такого рабочего участка разрывные машины не имеют. Это подталкивает к созданию такой комплексной методики, которая обеспечит определение соответствующих характеристик с учетом экспериментальных исследований. Необходимо создать базу данных и разработать алгоритм, позволяющий дополнять базу данных, которая сможет рассчитывать разрывную нагрузку и относительное удлинение в больших диапазонах характеристик, удовлетворяющих размерам, присущим орудиям промышленного рыболовства в канатных связях.

ГЛАВА 2. ОБЗОР МЕТОДОВ И МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗРЫВНОГО УСИЛИЯ И ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ РЫБОЛОВНЫХ КРУЧЕНЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1 Описание характеристик разрывных машин

Вопрос о механизмах для испытаний нитевидных рыболовных материалов в настоящее время является одним из важнейших при исследовании этих самых материалов [34]. В первую очередь это обусловлено производством новых современных синтетических материалов, таких, как полиамид, полиэфир, полиэтилен и других синтетических материалов, предназначенных для создания ниток, веревок, шнуров и канатов, применяемых для постройки орудий лова. Испытания нитевидных материалов проводят, прежде всего, чтобы оценить их качество, определить их характеристики, как механические, так и эксплуатационные. Эти испытания без использования разрывных машин становятся невозможными, потому что использование непроверенного материала в работе, непосредственно уже в созданном орудии лова на промысле, может повлечь огромные проблемы, как материального плана, так и связанные с безопасностью членов экипажа.

Испытания нитевидных материалов при помощи разрывных машин проводятся, в основном, на разрыв и удлинение с целью контроля качества продукции в процессе производства, а также с целью научного исследования, для входного контроля продукции и прочего.

Определение разрывной нагрузки и относительного удлинения нитевидных материалов возможно несколькими способами:

- с помощью справочных данных (ГОСТ, ОСТ, ТУ);
- с помощью разрывных машин.

Использование справочных данных возможно только на уже известный, наработанный материал, который прошел исследования на определение физико-механических свойств (ФМС). Как известно, рыболовные нитевидные материалы

могут изменять свои ФМС при неправильном хранении, а также в процессе непосредственного их использовании [35].

Применение разрывных машин является эффективным инструментом для исследований на определение разрывной нагрузки и относительного удлинения нитевидных материалов. Существует 2 вида разрывных машин:

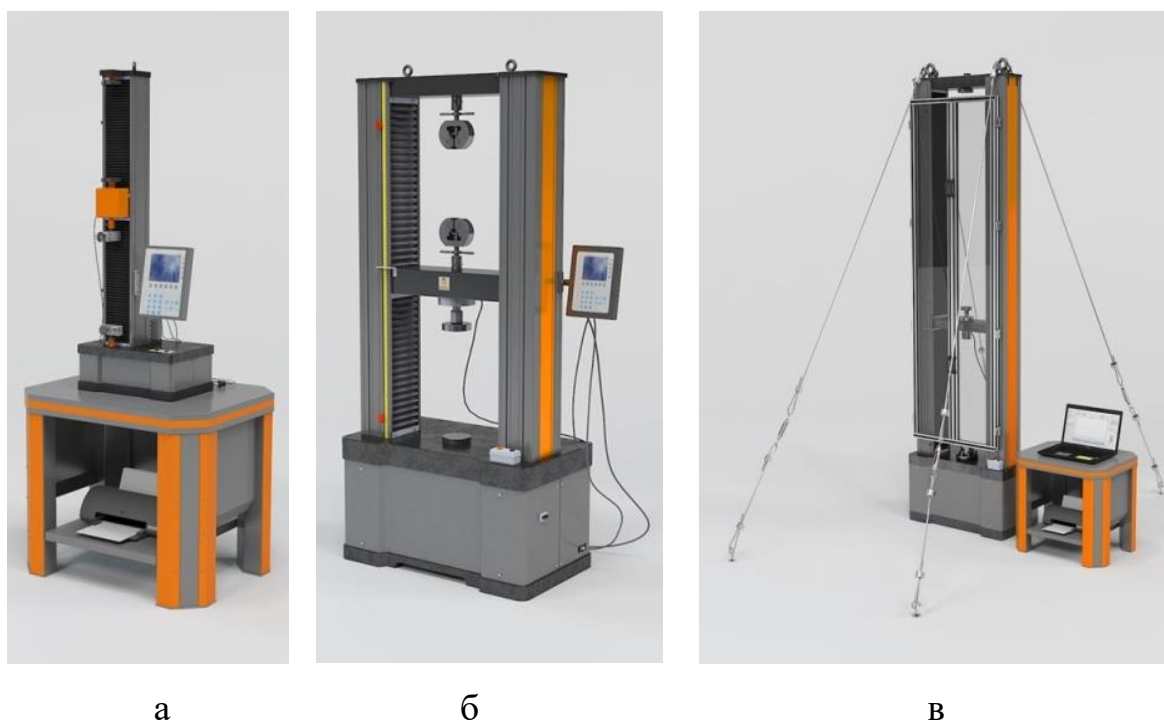
- гидравлические (Рисунок 3);
- электромеханические (Рисунок 4).

Оптимальными для испытаний рыболовных нитевидных материалов, являются электромеханические разрывные машины. Это обусловлено относительной компактностью и простотой их использования, при этом они могут иметь достаточно большой рабочий участок, что очень важно для данного типа материала, который может иметь удлинение более 50 % от исходной длины.

Разрывные машины могут быть горизонтального или вертикального типа, характеризующиеся подходящей мощностью и длиной рабочего участка.



Рисунок 3 – Гидравлическая разрывная машина



а

б

в

Рисунок 4 – Разрывные электромеханические машины

В гидравлических машинах нагрузка достигается посредством сервопривода, в электромеханических – резьбовой передачи. Особых преимуществ у одних по отношению к другим нет. В гидравлической машине удастся снять большее усилие при меньшем размере машины и энергопотреблении, что компенсируется более сложным техническим обслуживанием – контролем состояния масляных шлангов и регулярной заменой масла. Их применение в основном востребовано при испытании металлов или иных твердых материалов, имеющих небольшое удлинение, что вызвано большим применяемым усилием и относительно малым рабочим участком хода траверсы разрывной машины. Установка подобных машин требует подготовленной площадки, такой, как склад или ангар, так как они могут иметь большой вес.

Электромеханические машины просты в обслуживании, но при прочих равных условиях – менее мощные. Однако они легко применимы для испытаний нитевидных материалов, применяемых для постройки орудий лова, потому что могут иметь большой ход рабочего участка движения траверсы, что позволяет

определять удлинение данных материалов, которое достигает более 50 % от исходной длины, а также достаточно их усилия, которое необходимо для разрыва ниток, веревок, шнуров и канатов. Данные машины имеют относительно небольшой вес, что позволяет осуществлять их установку в лабораториях и кабинетах без специального места для этого.

Производство разрывных машин налажено во многих странах мира, однако принцип их работы остается одним и тем же, только могут изменяться комплектации, оснащение и программное обеспечение, что позволяет изготавливать оборудование различной ценовой категории.

Среди зарубежных фирм по производству универсальных разрывных машин можно отметить фирму из Японии «Shimadzu» [36], которая занимается производством большого спектра испытательного оборудования. Универсальные разрывные машины производства КНР «TIME High Technology Ltd» [37], фирма основанная в 1984 году является одной из первых высокотехнологических производств КНР, направленная на производство испытательного оборудования в области исследований и разработок.

В Российской Федерации существует множество фирм и компаний, занимающихся как непосредственным производством, так и ремонтом и модификацией разрывных машин. Приведем технические характеристики нескольких видов разрывных машин, выпускаемых российскими производителями и применяемых для испытаний текстильных нитевидных материалов. Примером могут послужить испытательные разрывные машины РЭМ производства компании «Метротест» [38], которая производит и поставляет современное инновационное оборудование для определения физико-механических свойств материалов. За десять лет успешной деятельности компания зарекомендовала себя как надежный поставщик и ответственный производитель. Машины испытательные универсальные РЭМ производятся в соответствии с ГОСТ 28840-90 [39] и предназначены для проведения испытаний на растяжение, сжатие и изгиб образцов. Разрывные электромеханические

машины РЭМ представлены в одноколонном исполнении с испытательными нагрузками от 0,008 до 5 кН (Рисунок 4, а) и двухколонном исполнении с испытательными нагрузками от 0,4 до 600 кН (Рисунок 4, б), а также в удлиненном исполнении с испытательными нагрузками от 50 до 600 кН (Рисунок 4, в).

Модификации машин РЭМ компании «Метротест» отличаются диапазонами нагрузок, погрешностью измерения, размерами рабочих зон, габаритными размерами и степенью автоматизации (Таблица 1). Стоимость оборудования достигает нескольких миллионов рублей.

Таблица 1 – Параметры разрывных электромеханических машин РЭМ

Параметры	Одноколонные	Двухколонные	Удлиненные
Предельная нагрузка	100 - 5000 Н	10 – 500 кН	50 – 600 кН
Погрешность измерения усилия нагружение	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$
Точность поддержания скорости перемещения траверсы	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$
Максимальная высота рабочего пространства	640 мм	1000 – 1150 мм	1250 – 1861 мм
Скорость перемещения траверсы	0,05 – 500 мм/мин	0,05 – 500 мм/мин	0,05 – 500 мм/мин
Масса, не более	130 кг	210 – 3400 кг	420 – 4600 кг

В основной комплект поставки машины входят: модуль силозадающий электромеханический, пульт управления, тензодатчик, техническая документация, заключение о первичной поверке и свидетельство о присвоении Знака качества испытательного оборудования. Необходимость поставки приспособлений для проведения испытаний на растяжение, сжатие, изгиб определяется техническим заданием заказчика. Дополнительно машины могут быть укомплектованы специальными захватами и приспособлениями для изгиба, нестандартными столами сжатия, системами температурных испытаний, расширяющими функциональные возможности машин.

Машины разрывные РЭМ зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений России № 57528-14, Республики Казахстан № KZ.02.03.06422-2015/57528-14 и Республики Беларусь № РБ 03-03-5681-15, имеют необходимые сертификаты и свидетельства, а также удостоены грамот и дипломов.

Как видно из приведенных примеров разрывных машин, существует множество их модификаций, которые имеют как свои достоинства, так и недостатки при работе с нитевидными рыболовными материалами, также заказчик сам может выбирать необходимые комплектации. Для испытания нитевидных материалов при исследовании на разрыв лучше других подходят двухстоечные машины. У них достаточно большой диапазон предельной нагрузки (от 0,5 до 500 кН), что позволяет испытывать на разрыв нитевидные материалы большей толщины. Машины данного типа также имеют большую высоту рабочего пространства, которая может достигать 600 мм.

Шкала нагрузок разрывной машины должна подбираться так, чтобы средняя разрывная нагрузка испытываемого материала находилась в пределах от 20 до 80 % максимального значения шкалы. Максимальная ошибка показаний нагрузки в любой точке рабочего диапазона должна быть не более ± 1 %. Разрывная машина должна иметь устройство для создания различных скоростей движения траверсы, чтобы произвести испытание материала за определенный промежуток времени.

Однако нитевидные материалы имеют свойство удлиняться, и рабочее пространство может «закончиться» еще до того, как порвется материал. Еще одним минусом является то, что они достаточно громоздки и тяжеловесны. Установка разрывных машин на небольших сетевязальных фабриках или лабораториях экономически невыгодна из-за высокой стоимости, которая не может быть оправдана частым применением на практике, так как нитевидные материалы большого диаметра составляют лишь малую часть от общего выпуска канатно-веревочных изделий.

2.2 Обзор методик определения разрывного усилия и относительного удлинения нитевидно-веревочных изделий

В настоящее время испытания НВИ находятся на этапе интенсивного развития конструкций орудий промышленного рыболовства. Это связано не только с разработкой новых конструкций орудий промышленного рыболовства, но и с созданием новых материалов для НВИ, физико-механических характеристик которых нет в ГОСТах, так как практически все фабрики по изготовлению НВИ перешли на ТУ, которое отличается на каждом предприятии в меру своих способов и механизмов по изготовлению НВИ. Поэтому каждое новое НВИ должно проходить ряд исследований на разрывных машинах в целях определения физико-механических характеристик для дальнейшего внедрения его в конструкцию орудия промышленного рыболовства.

Исследования НВИ на разрывных машинах становятся эффективным инструментом в решении многообразных проблем деформации и разрушения, прогноза надежности и ресурса НВИ, работающих в условиях износа, усталости, динамических и ударных нагрузок, в условиях низких температур и хрупкого разрушения широкого круга материалов, используемых при конструировании орудий промышленного рыболовства.

В XX столетии массовые испытания НВИ на разрывных машинах ограничивались, как правило, измерениями разрывной нагрузки. Если сравнить такое испытание с испытанием на растяжение, то разрывная нагрузка фиксирует лишь одну точку на диаграмме с координатой деформации. Характер диаграммы растяжения остается неизвестным.

Все известные на сегодняшний день методы и технические средства оценки состояния исследуемых НВИ не соответствуют современным требованиям. Для решения этих проблем требуется использовать программно-аппаратные средства разрывных машин, позволяющих в широком диапазоне нагрузок, свойств НВИ и времени воздействия на исследуемый материал проводить исследования.

Существуют несколько методик определения разрывного усилия и относительного удлинения НВИ, выбор методики обуславливается целью испытаний. Они проводятся при приложении как статической, так и динамической нагрузок. Статическая нагрузка прилагается к исследуемому образцу постепенно, равномерно, за определенный промежуток времени или с определенной скоростью (эти параметры должны быть оговорены заранее в методике по определению разрывной нагрузки и согласованы с потребителем и изготовителем). Динамическая же нагрузка прилагается к образцу одномоментно, в условиях ее применения испытание проводится в результате так называемого «рывка».

Разрывную нагрузку и удлинение при разрыве нитевидных материалов определяют при помощи разрывных машин. К материалам прилагается с определенной скоростью статическая нагрузка до полного разрушения образца. Расстояние между зажимами в разрывной машине должно быть не менее 250 мм. Зажимы должны быть определенной формы, которая исключает деформацию образца при закреплении его в зажимных устройствах. Их форма и скорость опускания нижнего зажима (или время до разрыва) должны регламентироваться нормативно-технической документацией на конкретный вид материала или документацией на методы испытаний.

Результат проведенного испытания не учитывается, если образец скользил в зажимах или порвался в непосредственной близости от них. За результат испытаний принимается среднее арифметическое не менее 10 первичных измерений.

При создании материалов на производстве, методики по определению их физико-механических свойств описываются в ТУ, который присваивается каждому материалу, в том числе и нитевидному для изготовления НВИ. При этом существуют стандартные методики на определение разрывного усилия и относительного удлинения, такие как ГОСТ 25552-82 «Изделия крученые и плетеные. Методы испытаний» [40], однако данный стандарт не имеет

распространения на рыболовные нитки. В ГОСТ 6611.2-73 «Нитки текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве» [41] указаны методы определения разрывной нагрузки и удлинения с применением разрывных машин маятникового типа, при этом, когда удлинение образца больше 40 %, то его длина должна быть 200-250 мм, также в данном ГОСТ прописаны испытания нитей в мокром виде.

Вопросами нормативной документацией занимались Ломакина Л.М. [35], Войниканис-Мирский В.Н. [42], Зайцева А.П. [43], Линде В.В. [44], но с изменением структуры строения нитевидных материалов, в связи с разработкой новых синтетических материалов, стало невозможно применение разработанных методик.

Выводы по главе 2

Для исследований на определение разрывной нагрузки и относительного удлинения НВИ необходимо использовать современные разрывные машины с использованием вспомогательных инструментов в виде программного обеспечения, что позволяет технически задавать различные методы испытания, т.к. в настоящее время не имеется актуальных нормативных документов (ГОСТ), в которых прописывается методика проведения исследований современных НВИ. При этом каждое производство НВИ самостоятельно принимает решение о технических условиях каждого материала.

Исследования НВИ на разрывных машинах становятся эффективным инструментом в решении многообразных проблем деформации и разрушения, прогноза надежности и ресурса НВИ, работающих в условиях износа, усталости, динамических и ударных нагрузок, в условиях низких температур и хрупкого разрушения широкого круга материалов, используемых при конструировании орудий промышленного рыболовства.

ГЛАВА 3. ОБЗОР КРУЧЕНЫХ РЫБОЛОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В КОНСТРУКЦИЯХ ОРУДИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО РЫБОЛОВСТВА

3.1 Общие сведения о нитевидных рыболовных материалах

Для изготовления орудий лова промышленного рыболовства главным образом используются рыболовные изделия из следующих нитевидных материалов: нитки, веревки, шнуры, канаты, сетные полотна (Рисунок 5).

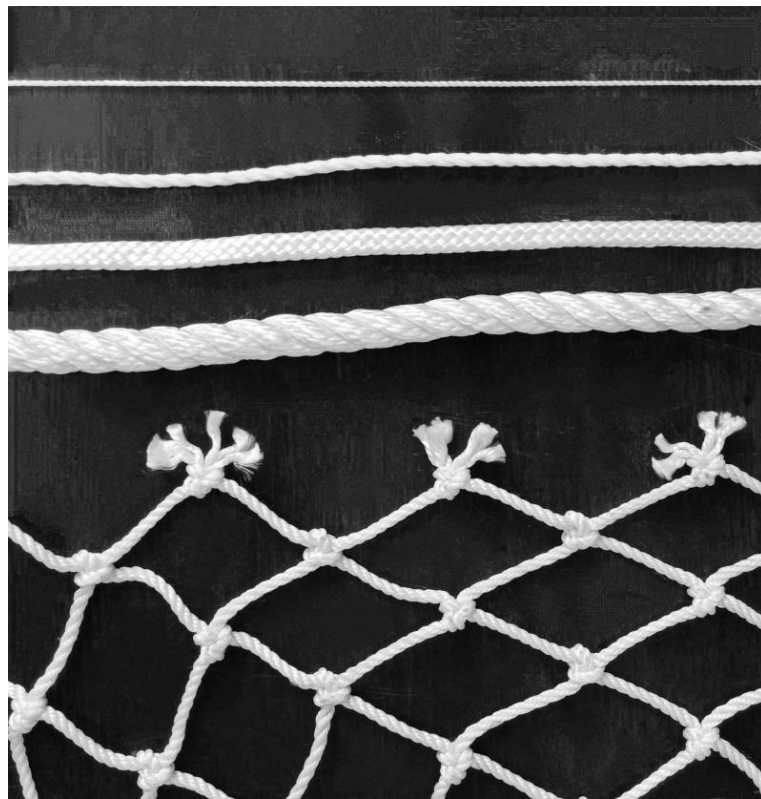


Рисунок 5 – Рыболовные изделия

Физико-механические характеристики перечисленных изделий в первую очередь определяются качеством волокна, применяющегося для производства данных материалов. Текстильные волокна, из которых создаются рыболовные орудия, могут быть натурального или химического происхождения (Рисунок 6).

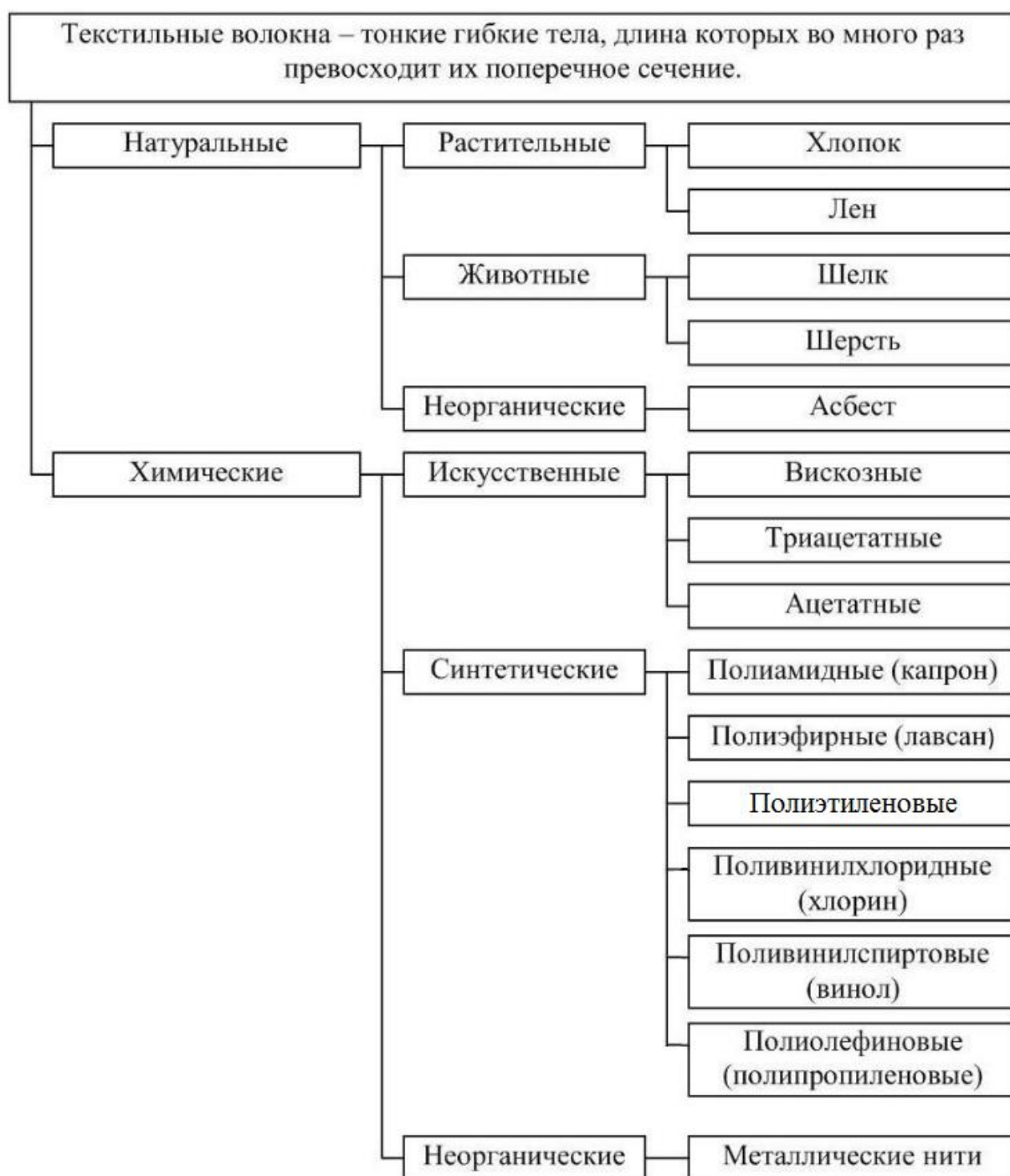


Рисунок 6 – Текстильные волокна

Натуральные рыболовные нитевидные материалы состоят из природных простых высокомолекулярных соединений (полимеров). Формирование

структуры природных волокон происходит в процессе их роста одновременно с биосинтезом полимера, при этом достигается определенный комплекс свойств.

По происхождению выделяются три группы натуральных волокнистых материалов: растительные, животные и минеральные. Рыболовные изделия, изготовленные из хлопчатника, льна, конопли и т.д., то есть имеющие растительное происхождение, добываются из стеблей (лубяные), листьев, семенных коробочек и прочих частей растений. Волокнистыми материалами животного происхождения являются шерсть и волос животных, шелковичное волокно и др. Из минеральных волокнистых материалов используется, в основном асбест.

Волокна, полученные химическим путем, представляют собой продукт переработки природных высокомолекулярных соединений и синтетических полимеров.

Свойства химических материалов зависят от способа получения, вытягивания, температурного воздействия, отделки.

Химические волокна представлены двумя главными группами:

- искусственные: получаемые из природных полимеров (белков, целлюлозы и т.д.);
- синтетические: для производства которых используют полимеры полученных путем синтеза из природных низкомолекулярных соединений (этилена, бензола, пропилена и т.д.), сырьем для которых являются отходы, получаемые при нефте- и газопереработке.

В сетеснастной промышленности, обеспечивающей рыбодобывающую отрасль рыболовными материалами из текстильных нитей, до второй половины прошлого столетия главным образом использовались растительные волокна (лен, хлопок, пенька, джут и т.д.). С середины XX века их сменили рыболовные изделия, получаемые химическим путем.

Эксплуатация орудий лова, состоящих из текстильных волокон, проходит, как правило, как в сухом, так и в мокром виде и они могут иметь определенный набор характеристик.

Качество рыболовных текстильных нитевидных материалов зависит от ряда свойств, приведенных ниже [35, 42]:

Линейная плотность – отношение массы изделия к его длине. Единица измерения линейной плотности – Текс (г/км) [45]. Вес рыболовного орудия зависит от величины линейной плотности. Если имеет место снижение значения линейной плотности изделий, то уменьшается общий вес орудия лова, как следствие, сокращается количество плава, нужного, чтобы поддерживать в воде орудие лова, и сила его гидродинамического сопротивления, благодаря чему создается возможность повысить скорость буксировки орудия лова, не изменяя мощности судна.

Прочность характеризуется разрывной нагрузкой. Разрывная нагрузка является максимальной нагрузкой (усилием), которую способен выдержать нитевидный текстильный материал прежде, чем произойдет его разрыв. Единицы измерения – ньютоны (Н), килограммы-силы (кгс).

Удлинение – это увеличение длины материала за период воздействия на него нагрузки, которое выявляется в момент разрыва либо при достижении заданной нагрузки. Измеряется в миллиметрах. Удлинение характеризует величину деформации (изменение геометрических размеров) материала при нагрузках. Незначительное изменение длины рыболовных нитевидных материалов ведет к недостаточной стойкости к динамическим и переменным нагрузкам, при сильном удлинении происходит изменение первоначальной формы изделия.

Относительное удлинение помогает выявить процент, который имеет абсолютное удлинение относительно изначальной длины. Измеряется в процентах.

Водопоглощение – это возможность впитывания влаги материалом, когда он полностью погружен в воду. Единица измерения – процент. Если величина

водопоглощения сетеснастных материалов высокая, то работоспособность орудия лова уменьшается, так как диаметр нитевидных материалов растет, что ведет к увеличению веса орудия лова. Естественно, это препятствует процессу лова, увеличивает время сушки орудия.

При создании орудий лова, оснастки, изготовления такелажа промысловых судов, ремонтных работ используются рыболовные текстильные нитевидные изделия разных видов.

По диаметру рыболовные текстильные нитевидные изделия разделяются на:

- нитки – крученное изделие, неограниченной длины, диаметром до 3 мм включительно, в котором нити ориентированы относительно его продольной оси;
- веревки – крученые изделия, диаметром свыше 3,0 мм до 8,0 мм включительно;
- канаты – крученые или плетеные материалы, имеющие диаметр более 8,0 мм;
- шнуры – обладают пустой полостью, оплетенной нитями, или полостью, наполненной каким-либо нитевидным изделием («сердечником»), диаметр шнуров не ограничен.

3.2 Классификация по виду сырья

3.2.1 Полиамидные волокна

Полиамидные волокна (Рисунок 7) занимают ведущее место в производстве технических текстильных изделий, как в России, так и во многих зарубежных странах. Объясняется это комплексом положительных физических и механических свойств этих волокон.



Рисунок 7 – полиамидные волокна

Полиамидные нити обладают высокой прочностью и эластичностью, высокой стойкостью к истиранию и многократным деформациям. Плотность полиамидных волокон (1140 кг/м^3) ниже, чем у остальных типов волокон, кроме, полиолефиновых. При использовании полиамидных волокон для изготовления канатов и сетей. Относительно невысокая их плотность является серьезным преимуществом. Однако в ряде случаев для обеспечения быстрого погружения орудий лова, например неводов, сетеснастные материалы из полиамидных нитей подвергаются осмолке или используют нити из волокон с более высокой плотностью (полиэфирные и поливинилиденхлоридные) в целях уменьшения загрузки. В ряде случаев с этой целью используют канаты с металлическими сердечниками, например свинцовые.

Полиамидные волокна, как и большинство других синтетических волокон, устойчивы к действию микроорганизмов, однако вопросы биологического воздействия на эти материалы в связи с развитием мари - и аквакультуры требуют дополнительных исследований. Отмечено, что потеря прочности при эксплуатации полиамидного волокна, наряду с действием других факторов износа, вызывается также биологическими причинами.

Вместе с тем полиамидные волокна обладают рядом недостатков, которые должны быть учтены и в необходимой степени устранены при изготовлении сетеснастных материалов.

Серьезным недостатком полиамидных волокон является недостаточная устойчивость к деформации.

Умеренная гидрофильность полиамидных нитей обуславливает снижение их прочности в мокром состоянии на 10-15 %. в то время как гидрофобные полиолефиновые и полиэфирные нити в этих условиях порочность не теряют.

Полиамидные нити теряют примерно 25 % прочности в узле, и, хотя эта величина сопоставима с потерей прочности в узле, например, полиолефиновых нитей, целесообразно при изготовлении сетей избегать образования узлов.

Серьезные трудности при изготовлении и эксплуатации орудий лова создает гладкая поверхность полиамидных нитей, что является причиной нестабильности узлов в узловых сетях.

Полиамидные волокна подвержены разрушению при воздействии УФ-излучения и погодных факторов. Например, за три летних месяца в результате влияния погодных условий полиамид теряет 30-50 % первоначальной прочности [46, 47].

3.2.2 Полиэфирные волокна

Устойчивость полиэфирного волокна (Рисунок 8) к деформации в несколько раз превышает этот показатель полиамидных нитей. Соответственно у изделий из полиэфирного волокна лучше сохраняются размеры и форма, что во многих случаях положительно сказывается при эксплуатации орудий лова. Однако часто малые удлинения нитей затрудняют перераспределение напряжений в элементах конструкций орудий лова, что приводит к их разрушению и повышению аварийности. Это наблюдается, например, при эксплуатации крупногабаритных тралов из полиэфирных изделий, поэтому полиэфирные нитки следует использовать лишь в стационарных орудиях



Рисунок 8 – полиэфирные волокна

Однако, обладая рядом ценных свойств, полиэфирные нити не лишены недостатков. Так, по износостойкости полиэфирные нити и изделия из них уступают полиамидным. Недостатком полиэфирных нитей и изделий из них является также значительно большая, чем у полиамидных и полиолефиновых нитей, потеря прочности в узлах. Это ограничивает возможности применения полиэфирных нитей для изготовления сетных узловых полотен.

Для изготовления изделий технического назначения полиэфирные нити находят широкое применение благодаря ряду ценных свойств, характерных для них:

- обладают более высокой светостойкостью и устойчивостью в условиях воздействия погодных факторов по сравнению с полиамидными, а также более высокой термостойкостью и стойкостью к низким температурам (могут эксплуатироваться при температурах от -70° до $+75^{\circ}$ C);

- по прочности приближаются к полиамидным: благодаря высокой гидрофобности прочностные показатели этих волокон практически не изменяются в воде;

- значительно меньше деформируются при нагружении по сравнению с полиамидными [46, 47].

3.2.3 Полиолефиновые волокна

Большой интерес для производства сетеснастных материалов представляют полиолефиновые волокна, которые делятся на полипропиленовые волокна из изотактического полипропилена и полиэтиленовые из полипропилена низкого давления (ПНД). Волокна из полиэтилена высокого давления (ПВД) имеют значительно меньшие: прочность, устойчивость к деформации, температуру размягчения по сравнению с волокном из ПНД, и в промышленном рыболовстве почти не применяются.

Полипропиленовые и полиэтиленовые нити обладают высокими физическими и механическими свойствами: значительной прочностью, большой устойчивостью к деформации, низким удлинением, малой плотностью (99-920 кг/м³ для полипропиленового и 940-960 кг/м³ для волокна из ПНД), стойкостью к воздействию микроорганизмов, кислот, щелочей. Прочностные свойства практически не изменяются в воде благодаря высокой гидрофобности (волокна в воде не набухают).

Полиолефиновые нити меньше, чем полиамидные и полиэфирные теряют прочность в узле и обеспечивают его стабильность.

Полиэтиленовые волокна обладают высокой устойчивостью к действию низких температур: волокно становится хрупким лишь при температуре около минус 100° С. Более низкую морозостойкость имеют полипропиленовые волокна. Однако опыт использования сетеснастных материалов из полипропиленовых нитей показывает, что нецелесообразно применять их при температурах ниже минус 20° С. Это особенно относится к материалам из монопнитей. Недостатком волокон является также низкая светостойкость, что требует принятия специальных мер для обеспечения возможности эксплуатации изделий из полипропилена в условиях инсоляции.

Низкая плотность полиолефиновых волокон обеспечивает получение сетеснастных материалов, обладающих плавучестью, что представляет значительный интерес для промышленного рыболовства и обуславливает

широкое применение этих нитей за рубежом для изготовления канатов и сетеполотен, чему способствует также их относительно низкая стоимость по сравнению с другими текстильными волокнами и высокие физико-механические свойства.

В промышленном рыболовстве полиолефиновые волокна используются как в виде моноплетей и комплексных нитей, так и в виде пленочных нитей [46, 47].

3.2.4 Поливинилспиртовые волокна

Поливинилспиртовые (ПВС) волокна (Рисунок 9) в виде высокопрочных технических нитей находят в промышленном рыболовстве ряда зарубежных стран широкое применение, что обусловлено ценным комплексом эксплуатационных свойств и относительно низкой стоимостью (примерно в 2 раза меньше полиамида).



Рисунок 9 – поливинилспиртовые волокна

Прочность этих нитей достаточно высока и может при необходимости быть повышена пластификационной вытяжкой.

Устойчивость к деформации поливинилспиртовых нитей выше, чем у полиамидных, а эластичность ниже. Плотность поливинилспиртовых волокон 1260-1320 кг/м³. По износоустойчивости поливинилспиртовые волокна превосходят полиэфирные и несколько уступают полиамидным. Светостойкость их выше, чем полиолефиновых и даже полиэфирных волокон. Поливинилспиртовые волокна устойчивы к воздействию микроорганизмов и плесени.

К преимуществам поливинилспиртовых волокон относятся также достаточные фрикционные свойства, обеспечивающие удобства работы с кручеными изделиями. Часто их используют в смеси с полиолефиновыми и полиэфирными волокнами для повышения коэффициента трения канатов или других крученых изделий.

Поливинилспиртовые волокна хорошо окрашиваются.

Существенным недостатком сетематериалов из поливинилспиртовых нитей является значительная потеря прочности в узле и при намокании в воде [46, 47].

3.2.5 Поливинилхлоридные волокна

Волокна поливинилхлоридные (ПВХ) (Рисунок 10) отличаются химической стойкостью, очень хорошими тепло- и электроизоляционными свойствами, высокой светостойкостью, гидрофобны, не горючи, имеют низкую стоимость. Плотность около 1400 кг/м³. Однако, поливинилхлоридные волокна имеют невысокую прочность (в 2-3 раза ниже, чем у полиамидных волокон), значительную потерю прочности в узле, плохую износоустойчивость. Для изготовления сетеснастных материалов их используют в сочетании с полиамидными волокнами.



Рисунок 10 – поливинилхлоридные волокна

Поливинилхлоридные волокна следует отличать от волокон из перхлорвинила, представляющего собой продукт хлорирования поливинилхлоридных волокон. Эти волокна имеют низкую свето- и погодоустойчивость.

Несколько более широкое применение в промышленном рыболовстве находят поливинилиденхлоридные волокна (из сополимеров винилхлорида с винилиденхлоридом). По сравнению с поливинилхлоридными волокнами они имеют более высокую износоустойчивость и несколько более термостойки. Отличительной особенностью поливинилиденхлоридных волокон является плотность ($1680-1750 \text{ кг/м}^3$), что обуславливает их применение преимущественно для обеспечения быстрого погружения, например, кошельковых неводов, уменьшения загрузки и для обеспечения необходимой формы орудий лова.

Обычно выпускаются поливинилиденхлоридные мононити. В производстве тонких сетей эти нити вследствие жесткости и низкой прочности не используются [46, 47].

3.2.6 Полиформальдегидные волокна

Полиформальдегидное (ПФ) волокно вызывает интерес благодаря доступности его сырья, в частности, природного газа. Характеристики полиформальдегидных волокон могут значительно варьироваться в зависимости от условий их производства, таких как вытягивание, а также от молекулярной массы полимера. Эти волокна демонстрируют высокую прочность, которая может составлять от 50 до 100 Н/Текс при удлинении от 8 до 16 %, в зависимости от параметров вытягивания. ПФ волокно отличается высокой гидрофобностью и практически не теряет свою прочность в водной среде, хотя длина нити может изменяться.

Плотность полиформальдегидного волокна составляет от 1380 до 1420 кг/м³. Оно в два раза более устойчиво к деформации по сравнению с полиамидными волокнами. Кроме того, полиформальдегидные волокна обладают хорошей светостойкостью, лишь немного уступая полиакрилонитрильным аналогам. Для повышения светостойкости можно добавлять специальные стабилизаторы.

Однако у полиформальдегидных волокон есть и недостатки, такие как низкие эластичные свойства, что важно учитывать при необходимости поддержания формы и размеров рыболовных орудий, а также относительно невысокая теплостойкость.

Промышленные испытания сетей из полиформальдегидных нитей показали положительные результаты. Например, при использовании тралов из полиформальдегидных волокон нагрузка на главный двигатель снижается на 10-15 % по сравнению с тралами из полиамидного волокна, что позволяет увеличить скорость траления или размеры самого трала. Также отмечается хорошая износостойкость полиформальдегидных волокон и сохранение формы ячеек, что способствует увеличению срока службы трала по сравнению с полиамидными сетями [46].

3.3 Классификация по окончательному соединению структурных частей

По окончательному соединению структурных частей нитевидные рыболовные материалы разделяются:

- крученые изделия (нитки, канаты, веревки) – в крученых изделиях соединение структурных составляющих (прядей, нитей, каболок) получено скручиванием (Рисунок 11);



Рисунок 11 – крученые изделия

- плетеные (шнуры, канаты) – в плетеных материалах соединение структурных частей получено плетением (оплетение полости либо находящегося в полости сердечника – шнур; сквозное оплетение – канат) (Рисунок 12).



Рисунок 12 – плетеный канат

3.4 Классификация по исходному сырью

По исходному сырью при изготовлении нитевидные рыболовные материалы разделяются:

- натуральные – получаются из натуральных растительных волокон (пенька, манила, сизаль, хлопок, джут, лен);
- синтетические (химические) – добываются из синтетических полимеров (полиамидные, полиэфирные, полиолефиновые и т. д.);
- смешанные (комбинированные) – натурально-химические.

3.5 Классификация по типу используемых текстильных нитей

По типу используемых текстильных нитей разделяются следующим образом:

- из моноволокна (Рисунок 13);
- из пленочных нитей (Рисунок 14);
- из комплексных нитей (Рисунок 15).



Рисунок 13 – Моноволокно



Рисунок 14 – Пленочная нить



Рисунок 15 – Комплексная нить

3.6 Классификация по методу отделки

По методу отделки рыболовные нитевидные материалы разделяются на:

- неотделанные (суровые);
- отделанные (крашенные, пропитанные, термообработанные).

3.7 Классификация по направлению крутки

По направлению крутки рыболовные нитевидные материалы разделяются:

- крутки Z – правой (Рисунок 16, а);
- крутки S – левой (Рисунок 16, б).

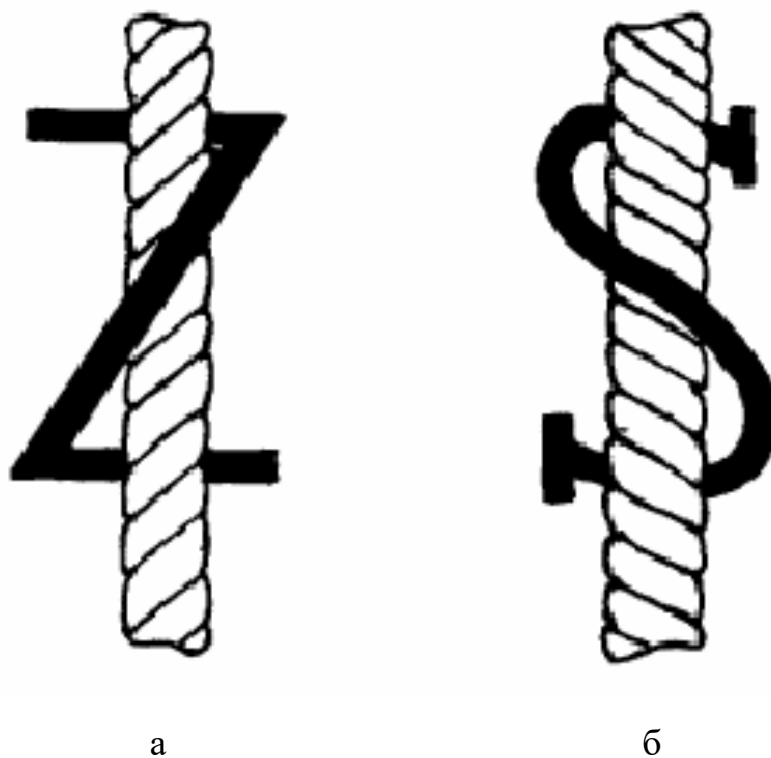


Рисунок 16 – Направление крутки

Выводы по главе 3

Разделение НВИ на различные классификации позволяет с большей точностью подбирать материал для конкретного орудия лова и его конкретного элемента с целью получения максимальных рабочих характеристик, влияющих на работоспособность и как итог получения большого и качественного улова.

ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРЫВНОГО УСИЛИЯ И ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ РЫБОЛОВНЫХ НИТЕВИДНЫХ КРУЧЕНЫХ МАТЕРИАЛОВ

4.1 Выбор оборудования для экспериментальных исследований

Для проведения исследования выбранных рыболовных материалов необходимо достаточно современное оборудование в виде разрывных машин для проведения испытаний на определение разрывной нагрузки и относительного удлинения. Необходимо, чтобы данные разрывные машины были с программным обеспечением, которое требуется для сложных графических зависимостей с разными составляющими. Данное условие обосновано поставленными задачами [48, 49]. Поиск необходимых разрывных машин в Калининградской области показал полное отсутствие данной техники. Ведущее предприятие области по изготовлению орудий промышленного рыболовства ООО "Фишеринг-Сервис", которое не только занимается проектированием и постройкой орудий лова, но и наработкой собственных образцов канатных и веревочно-нитевидных материалов, также заявило об отсутствии разрывных машин. Кроме того, был изучен рынок по продаже и изготовлению строп и иных грузо-удерживающих изделий, для проверки на прочность которых, также необходимы разрывные машины. Однако и в данном случае, представители подобных фирм заявляли об отсутствии подобного оборудования. Также было обращение в ФГАОУ ВО "БФУ им. И. Канта" в лаборатории Инженерно-технического института. Данные лаборатории имеют большое количество оборудования по исследованию материалов на прочность. Однако имеющееся оборудование не подходит для проведения исследований нитевидных материалов, что вызвано большим удлинением в процессе нагружения.

Помимо поиска оборудования в пределах Калининградской области, был осуществлен его поиск в регионах Северо-Западного федерального округа. Так

было найдено требуемое оборудование в Орловской области и Ленинградской. Предприятия на которых находились данные разрывные машины были согласны на использование оборудования в научно-исследовательских целях, но только на материальной основе. Стоимость проведения требуемых испытаний оказалась очень высокой и было принято решение отказаться от подобных типов услуг.

Требуемое оборудование находилось на Дальнем Востоке в городе Владивосток. ФГБОУ ВО "Дальрыбвтуз" располагал парой современных японских разрывных машин с программным обеспечением. Данное оборудование находилось в лаборатории "Рыболовных материалов" кафедры "Промышленного рыболовства". Руководство университета и кафедры любезно согласилось предоставить данные машины на безвозмездной основе.

Экспериментальные исследования на определение разрывной нагрузки и относительного удлинения были проведены в лаборатории рыболовных материалов ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз». Испытания проводились на универсальных разрывных машинах Shimadzu Autograph AGS-X10 настольного типа с программным обеспечением (Рисунок 17), которые имеют возможность проведения стандартных испытаний по контролю качества, механических испытаний, как для общего назначения, так и для проведения научно-исследовательских работ. Данные машины позволили провести серии испытаний выбранного материала по стандартным методикам определения прочностных характеристик, но с различными длинами образцов и различными скоростями разрыва, в сухом и мокром виде [50-58].

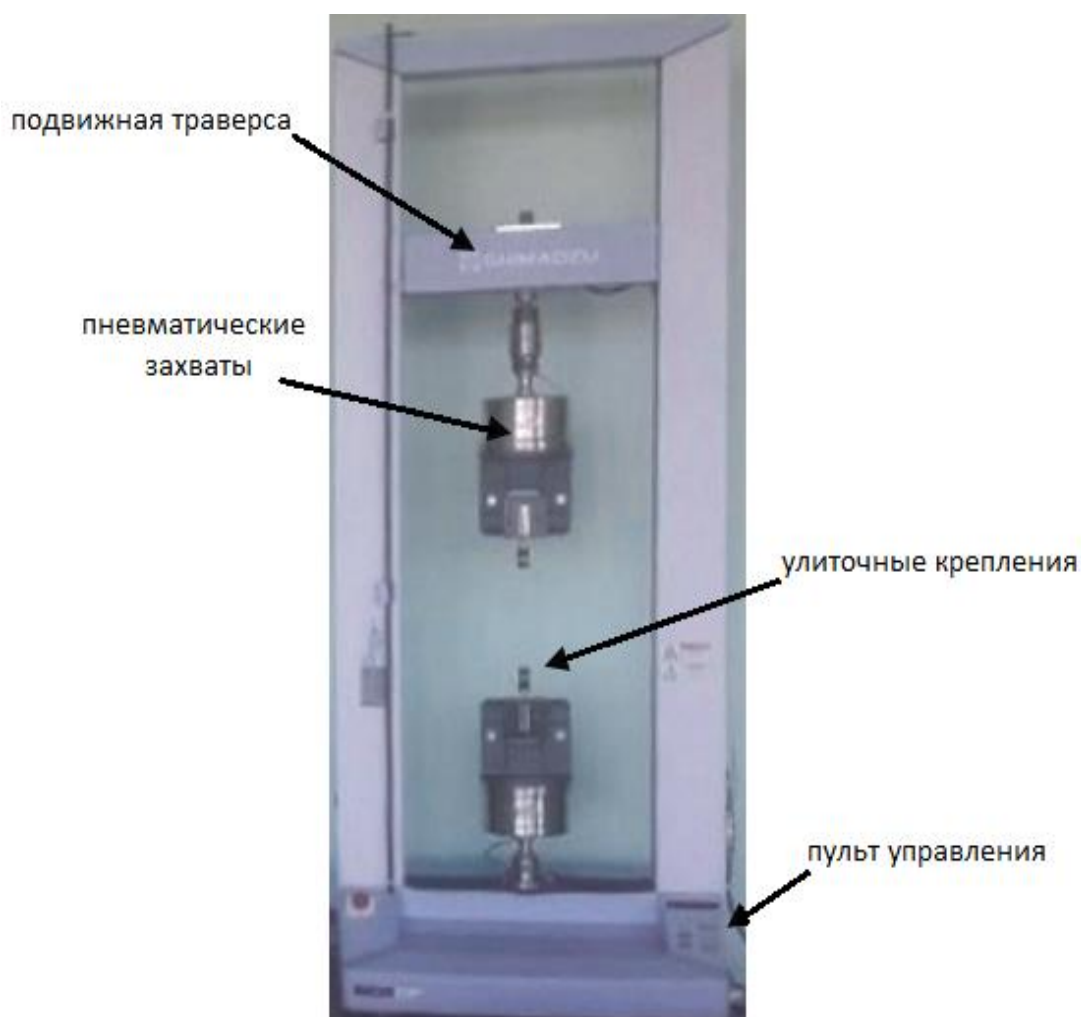


Рисунок 17 – Разрывная машина Shimadzu Autograph AGS-X10

4.2 Оценка точности

Оценка точности проводимых испытаний соответствует точности измерения усилия разрывной машины при высокоточном типе в пределах $\pm 0,5\%$ от значения силы номинальной мощности нагрузки (согласно паспортным данным разрывной машины Shimadzu Autograph AGS-X10). Калибровка усилия проводилась перед каждым испытанием в автоматическом режиме.

4.3 Выбор образцов нитевидных материалов

Для проведения исследований были выбраны следующие образцы материалов (Рисунок 18):

- полиамид (ПА 187 Текс) диаметрами (d): 1,1; 2,0; 3,1 мм;
- полипропилен (ПП 187 Текс) диаметрами (d): 1,1; 2,0; 3,1; 4,0 мм;
- полиэфир (ПЭФ 93,5 Текс) диаметрами (d): 1,1; 2,0; 3,1; 4,0 мм.



ПА



ПП



ПЭФ

Рисунок 18 – Образцы материалов

Выбор данных материалов обусловлен частым их использованием при постройке сетной и канатно-сетной части современных орудий промышленного рыболовства. Образцы ПА использовались диаметрами 1,1; 2,0; 3,1 мм, по причине ограниченности рабочего участка разрывной машины, который оказался меньше относительного удлинение данного материала.

Отбор и подготовка материала проводились по стандартной методике согласно ГОСТ 6611.2-73 [41]. Были определены фактические диаметры образцов при помощи измерительного микроскопа с ценой деления 0,1 мм.

С целью подтверждения достоверности, полученных в результате определения фактического диаметра образцов, были проведены следующие операции:

- Определено среднее арифметическое значение величин:

$$\bar{M}_{\text{изм}} = \frac{\sum M_{\text{изм}}}{n}, \quad (1)$$

где:

$\sum M_{\text{изм}}$ - сумма результатов одиночных испытаний;

n - общее число испытаний.

- Определена оценка среднего квадратичного отклонения результата измерения по формуле:

$$S_{\overline{M}_{\text{изм}}} = \sqrt{\frac{\sum (M_{\text{изм}} - \overline{M}_{\text{изм}})^2}{n(n-1)}}, \quad (2)$$

где:

$M_{\text{изм}}$ - результат одиночной пробы.

- Рассчитана случайная погрешность:

$$\Delta_{\overline{M}} = t_{\alpha, n} S_{\overline{M}_{\text{изм}}} \quad (3)$$

где:

$t_{\alpha, n}$ - коэффициент Стьюдента - количество проведенных измерений n и учитывает доверительную вероятность $\alpha = 0,95$ (для технических измерений $t_{\alpha, n}$ - 2,26).

- Определена суммарная погрешность измерения с учетом случайной погрешности и инструментальной погрешности $\Delta_{\text{ин}} = 0,005$:

$$\Delta_{\overline{M}_{\text{изм}}} = \sqrt{\Delta_{\overline{M}}^2 + \left(\frac{2}{3} \Delta_{\text{ин}}\right)^2} \quad (4)$$

Множитель $2/3$ позволяет учитывать разные доверительные вероятности.

- Определена относительная погрешность по формуле:

$$\Delta = \frac{\Delta_{\overline{M}_{\text{изм}}}}{\overline{M}_{\text{изм}}} 100\% \quad (5)$$

Значения экспериментальных данных по определению фактического диаметра образцов представлены в Приложении А.

4.4 Экспериментальные исследования

4.4.1. Экспериментальные исследования разрывного усилия и относительного удлинения рыболовных крученых материалов с различной скоростью разрыва и длиной исследуемых образцов

Все образцы перед началом испытаний были выдержаны сутки в расправленном виде в помещении лаборатории, для разглаживания и принятия исходной структуры. Испытания для определения разрывной нагрузки и удлинения, как в сухом, так и в мокром виде, проводились в соответствии с ГОСТ 6611.2-73 [41] (Рисунок 19).



Рисунок 19 – Проведение испытаний

Испытания проводились при различных скоростях движения подвижной траверсы разрывной машины: 10 см/мин, 50 см/мин и 100 см/мин. Расстояние между улиточными креплениями, применяемыми для испытаний нитевидных материалов, составляло 100 мм, 175 мм и 250 мм, что соответственно и составляло длину испытываемого образца. Данный вид параметров необходим для более детального исследования поведения ФМС нитевидных материалов, используемых в сетных и канатно-сетных элементах конструкций орудий промышленного рыболовства.

Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты проведенных испытаний

d , мм	L , мм	V , см/мин	P , Н	$\mathcal{E}$, %	d , мм	L , мм	V , см/мин	P , Н	$\mathcal{E}$, %
ПП 187 Текс (в сухом виде)					ПП 187 Текс (в мокром виде)				
1,1	100	10	300,8	64,3	1,1	100	10	328,6	62,7
	100	50	309,6	65,9		100	50	341,4	62,4
	100	100	315,6	64,7		100	100	346,9	65,1
	175	10	302,2	46,6		175	10	330,8	49,8
	175	50	304,9	45,1		175	50	340,7	48,4
	175	100	312,5	45,9		175	100	345,5	47,7
	250	10	294,5	38		250	10	326,6	41,5
	250	50	305,4	39		250	50	338,5	41,2
2,0	250	100	307,6	38,6		250	100	343,3	40,3
	100	10	684,5	86,9	2,0	100	10	767	85,8
	100	50	716,2	79,1		100	50	785	83,3
	100	100	730,3	76,8		100	100	778,6	76,8
	175	10	696,8	61,1		175	10	769,2	62,3
	175	50	708,7	58,8		175	50	785,5	58,9
	175	100	724,3	58		175	100	790,4	55,8
	250	10	678,6	51,3		250	10	765,1	52,6
	250	50	694,8	48,8		250	50	789,3	48,5
3,1	250	100	717,2	47,7		250	100	804,7	48,8
	100	10	1339	82,4	3,1	100	10	1506,3	85,5
	100	50	1410,2	80,2		100	50	1530,1	77,5
	100	100	1447,1	77,1		100	100	1545,7	75,6
	175	10	1348,3	60,9		175	10	1515,9	61,7
	175	50	1411,6	56,9		175	50	1530,6	56,9
	175	100	1425,5	52,9		175	100	1548,7	54,4
	250	10	1313,4	50,6		250	10	1507,3	48,2
	250	50	1373,6	48,1		250	50	1549,2	46,1
4,0	250	100	1414,5	45,1		250	100	1522,5	44,6
	100	10	2367,1	97,2	4,0	100	10	2552,3	92,6
	100	50	2406,7	94,1		100	50	2581,2	93,1
	100	100	2507,7	94,1		100	100	2565,7	86,1
	175	10	2386,4	68,6		175	10	2566,1	67,2
	175	50	2457,9	66,0		175	50	2494,5	58,6
	175	100	2379,7	61,2		175	100	2486,2	58,1
	250	10	2384,1	54,8		250	10	2490,1	54,3
	250	50	2387,3	52,2		250	50	2506,6	50,3
4,0	250	100	2380,7	51,1		250	100	2406,5	46,9

Продолжение Таблицы 2									
d , мм	L , мм	V , см/мин	P , Н	$\mathcal{E}$, %	d , мм	L , мм	V , см/мин	P , Н	$\mathcal{E}$, %
ПЭФ 93,5 Текс (в сухом виде)					ПЭФ 93,5 Текс (в мокром виде)				
1,1	100	10	164,4	81,9	1,1	100	10	167,4	77,2
	100	50	160,7	77,9		100	50	172,3	79,9
	100	100	158,2	79,3		100	100	174,5	81,1
	175	10	162,3	55,6		175	10	167,9	58,8
	175	50	159,4	54,8		175	50	169,9	59,6
	175	100	158,9	56,5		175	100	171,7	58,7
	250	10	162,7	49,7		250	10	166,7	48,9
	250	50	162,1	51,3		250	50	170,9	50,2
	250	100	160,3	50,3		250	100	172,3	51,1
2,0	100	10	416,1	95,9	2,0	100	10	421,9	89,8
	100	50	399,5	86,7		100	50	434,8	94,0
	100	100	401,3	90,5		100	100	436,9	94,5
	175	10	410,2	66,6		175	10	422,4	66,0
	175	50	403,2	66,3		175	50	428,4	67,6
	175	100	399,1	66,7		175	100	442,8	67,9
	250	10	416,8	57,2		250	10	423,3	56,4
	250	50	395,3	54,2		250	50	434,2	56,8
	250	100	392,7	52,9		250	100	440,2	57,7
3,1	100	10	944,4	101,2	3,1	100	10	978,9	101,3
	100	50	947,2	107,9		100	50	989,2	99,2
	100	100	941,3	102,7		100	100	1009,9	103,7
	175	10	955,9	72,9		175	10	982,3	73,1
	175	50	939,3	78,5		175	50	983,7	72,2
	175	100	938,1	76,9		175	100	1003,8	73,5
	250	10	949,4	61,9		250	10	977,4	60,7
	250	50	939,3	62,9		250	50	998,2	62,1
	250	100	940,6	64,3		250	100	1000,2	60,3
4,0	100	10	1283,4	111,9	4,0	100	10	1318,6	106,1
	100	50	1298,9	117,4		100	50	1368,9	110,8
	100	100	1311,1	121,9		100	100	1372,6	111,5
	175	10	1296,2	79,5		175	10	1343,4	77,9
	175	50	1275,5	79,4		175	50	1341,4	75,9
	175	100	1318,8	84,7		175	100	1355,2	75,8
	250	10	1308,5	64,9		250	10	1322,4	63,3
	250	50	1284,8	66,1		250	50	1369,9	65,9
	250	100	1279,9	63,7		250	100	1361,2	62,1

Продолжение Таблицы 2									
d , мм	L , мм	V , см/мин	P , Н	$\mathcal{E}$, %	d , мм	L , мм	V , см/мин	P , Н	$\mathcal{E}$, %
ПА 187 Текс (в сухом виде)					ПА 187 Текс (в мокром виде)				
1,1	100	10	449,3	67,9	1,1	100	10	423,6	78,0
	100	50	435,4	72,3		100	50	422,2	76,5
	100	100	434,6	71,8		100	100	430,5	81,2
	175	10	446,5	49,3		175	10	422,7	51,7
	175	50	444,7	48,5		175	50	421,5	54,9
	175	100	450,1	49,1		175	100	422,4	55,4
	250	10	442,7	39,9		250	10	416,6	43,4
	250	50	425,8	40,5		250	50	419,2	45,0
	250	100	416,3	38,0		250	100	423,3	45,6
2,0	100	10	1366,5	103,8	2,0	100	10	1268,3	111,2
	100	50	1377,7	104,8		100	50	1281,7	121,2
	100	100	1388,6	105,8		100	100	1282,3	119,8
	175	10	1383,2	73,4		175	10	1252,9	81,1
	175	50	1379,0	79,1		175	50	1268,9	83,9
	175	100	1377,7	77,9		175	100	1286,2	86,9
	250	10	1380,4	60,6		250	10	1263,3	66,2
	250	50	1368,0	60,6		250	50	1279,2	68,4
	250	100	1378,3	58,4		250	100	1279,1	70,2
3,1	100	10	2614,6	87,7	3,1	100	10	2525,8	100,4
	100	50	2576,6	86,1		100	50	2520,2	100,9
	100	100	2655,8	90,3		100	100	2547,1	103,4
	175	10	2771,6	66,4		175	10	2502,8	68,9
	175	50	2648,3	64,4		175	50	2532,2	70,5
	175	100	2542,3	61,3		175	100	2517,4	70,8
	250	10	2620,1	47,7		250	10	2512,1	55,8
	250	50	2578,3	48,7		250	50	2549,2	58,1
	250	100	2556,2	48,2		250	100	2557,0	58,1

Примечание: d - диаметр образцов (мм); L - длина испытываемых образцов (мм); V - скорость движения траверсы (см/мин); P - разрывная нагрузка (Н); $\mathcal{E}$ - относительное удлинение образцов (%).

По каждому испытанию, при помощи компьютерного обеспечения разрывной машины, построены графические зависимости с детальным процессом испытания (Приложение Б), а также проведен расчет среднеквадратичного отклонения по каждой серии испытаний, который не превышал 10 %.

Предварительный анализ экспериментальных данных показал, что при увеличении длины образца от 100 до 250 мм, относительное удлинение уменьшается на 40-50 % у всех трех материалов. Разрывная прочность при увеличении длины образцов имеет изменение не более 10 %, что можно отнести к отклонению в пределах погрешности. При испытании материалов в сухом и мокром виде разрывная прочность также имеет отклонение не более 10 %, а относительное удлинение не более 5 %.

В таблице 3 представлена разница значений разрывной нагрузки отобранных образцов представленных фирмой изготовителем (ООО «Челябинский канатно-веревочный завод») [59] и полученных усредненных значений в ходе проведенных исследований.

Таблица 3 – Относительная погрешность значения разрывной нагрузки представленной фирмой изготовителем и усредненных значений экспериментальных исследований

d , мм	P_{ϕ} , Н	P , Н	δ , %
ПП 187 Текс			
1,1	196,1	305,9	64,1
2,0	372,6	705,7	52,8
3,1	813,9	1387,1	58,7
4,0	1961,3	2406,4	81,5
ПЭФ 93,5 Текс			
1,1	87,3	161	54,2
2,0	245,2	403,8	60,7
3,1	588,4	943,4	62,4
4,0	951,2	1295,2	73,4
ПА 187 Текс			
1,1	196,1	438,4	44,7
2,0	686,5	1377,7	49,8
3,1	1471	2618,2	56,2

Примечание: P_{ϕ} – значение разрывной нагрузки заданной производителем (Н); δ – разница значений (относительная погрешность) (%).

Разница значений разрывной нагрузки вызвана учетом запаса прочности.

4.4.2 Определение коэффициента Пуассона нитевидных рыболовных материалов

В изучении физико-механических свойств рыболовных нитевидных материалов, при изменении линейных размеров под влиянием различных нагрузок, важную роль можно отвести к коэффициенту Пуассона [60, 61].

Коэффициент Пуассона (μ) представляет из себя физическую характеристику материала упругого тела, равную отношению абсолютных значений относительной поперечной деформации элемента тела к его относительной продольной деформации (6).

$$\mu = - \frac{\Delta d}{d} \frac{l}{\Delta l}, \quad (6)$$

где Δd - поперечное сжатие, d - поперечный размер (диаметр) до деформации, l - длина до деформации, Δl - продольное удлинение.

$$\Delta d = d' - d, \quad (7)$$

где d' - диаметр после деформации.

$$\Delta l = l' - l, \quad (8)$$

где l' - длина после деформации.

При растяжении прямоугольного параллелепипеда в направлении оси y имеют место вдоль этой оси удлинение, а вдоль перпендикулярных осей x и z - сжатие, т. е. сужение его поперечного сечения. Для изотропного тела величина коэффициента Пуассона не меняется ни при замене растяжения сжатием, ни при перемене осей деформации. В анизотропных телах коэффициент Пуассона

зависит от направления осей, также он вместе с модулем упругости определяет все упругие свойства анизотропного тела.

Коэффициент Пуассона имеет зависимость от материала тела и является одной из важных постоянных, характеризующих его упругие свойства. Не обязательно выделять случай сжимающих сил, так как их можно рассматривать как растягивающие, но взятые с противоположным знаком [62].

Коэффициент Пуассона определяется экспериментальным путем и представляет собой безразмерный коэффициент пропорциональности, который характеризует свойства материала [63].

Значения коэффициента для анизотропных материалов могут иметь большие положительные и отрицательные значения [64]. Причем положительные значения могут выходить за рамки известных для изотропных материалов ограничений, которые возникают в силу положительной определенности упругой энергии деформируемого материала [65].

В таблице 4 представлены некоторые значения коэффициента Пуассона.

Таблица 4 – Некоторые значения коэффициента Пуассона для различных материалов.

Материал	Коэффициент Пуассона (μ)
Железо	0,29
Сталь	0,30
Бетон	0,16
Резина	0,50
Стекло	0,20

На примере анизотропных материалов, к которым относятся рыболовные нитевидные изделия, показан краткий анализ изменений коэффициента Пуассона с различной прилагаемой нагрузки на материал.

В лаборатории экспертизы рыболовных материалов, на кафедре промышленного рыболовства ФГБОУ ВО "Калининградский государственный технический университет", были проведены экспериментальные исследования по

определению коэффициента Пуассона таких рыболовных нитевидных материалов, как ПА разного диаметра:

- ПА 29 Текс, диаметром (d) - 0,39 мм, разрывная прочность (T_p) - 44,12 Н;
- ПА 70 Текс, диаметром (d) - 0,54 мм, разрывная прочность (T_p) - 93,16 Н;
- ПА 93,5 Текс, диаметром (d) - 0,78 мм, разрывная прочность (T_p) - 176,51 Н;
- ПА 187 Текс, диаметром (d) - 1,1 мм, разрывная прочность (T_p) - 392,31 Н;
- ПА 187 Текс, диаметром (d) - 2,1 мм, разрывная прочность (T_p) - 686,46 Н;

Выбор данных материалов был обусловлен активностью его использования при постройки орудий промышленного рыболовства, а также возможностью максимально полного исследования в рамках данной диссертации [66]. Отбор образцов проходил по стандартной методике [41]. Все образцы перед началом исследования были выдержаны 24 часа в расправленном виде в помещении лаборатории, с целью принятия исходной структуры.

Для данного исследования было использовано следующее оборудование:

- окулярный микроскоп, с ценой деления 0,01 мм, для определения диаметра;
- металлическая линейка 500 мм (ГОСТ 427-75);
- грузы массой (T) - 4,90 Н; 9,80 Н; 19,61 Н; 39,22 Н; 58,83 Н и 117,67 Н соответственно.

Перед началом исследований каждый отобранный образец проверялся на определение фактического диаметра. Диаметр каждого образца проверялся на окулярном микроскопе не менее 10 раз и было выведено среднеарифметическое значение.

На рисунке 20 представлен окулярный микроскоп с образцом, закрепленным с одной стороны и подвешенным грузом с другой.



Рисунок 20 – Окулярный микроскоп с закрепленным образцом

Образец с одного конца закреплялся в неподвижном зажиме окулярного микроскопа, проводился непосредственно под окуляром, через блок пропускался свободный конец образца с предварительно отмеченным участком длиной 100 мм для определения относительного удлинения, и подвешивался груз. Была проведена серия экспериментов с каждым используемым грузом.

Опыты проводились по 10 раз на каждый вес груза (T). В таблицах 5 - 9 представлены среднеарифметические значения полученных результатов.

Таблица 5 – Полученные значения ПА $d - 0,39$ мм

Груз, $T, Н$	Средний диаметр, $d', мм$	Относительное изменение диаметра, %	Относительное удлинение, %	Коэффициент Пуассона, μ	$T/Tr, P,$ $Н,$
4,90	0,382	2,06	3	0,66	0,111
9,80	0,370	5,13	7	0,72	0,222
19,61	0,334	14,36	11	1,27	0,444
29,41	0,323	17,18	13	1,31	0,666

Таблица 6 – Полученные значения ПА $d - 0,54$ мм

Груз, $T, Н$	Средний диаметр, $d', мм$	Относительное изменение диаметра, %	Относительное удлинение, %	Коэффициент Пуассона, μ	$T/Tr, P, Н$
9,80	0,503	6,86	2	3,40	0,105
19,61	0,468	13,34	4	3,32	0,210
36,22	0,439	18,71	9	2,07	0,420
58,83	0,411	23,89	12	1,98	0,631

Таблица 7 – Полученные значения ПА $d - 0,85$ мм

Груз, $T, Н$	Средний диаметр, $d', мм$	Относительное изменение диаметра, %	Относительное удлинение, %	Коэффициент Пуассона, μ	$T/Tr, P, Н$
4,90	0,724	7,18	1	7,10	0,027
19,61	0,642	17,69	6	2,93	0,111
58,83	0,614	21,28	11	1,92	0,333
117,67	0,588	24,61	14	1,75	0,666

Таблица 8 – Полученные значения ПА $d - 1,1$ мм

Груз, $T, Н$	Средний диаметр, $d', мм$	Относительное изменение диаметра, %	Относительное удлинение, %	Коэффициент Пуассона, μ	$T/Tr, P, Н$
19,61	1,078	2	1	2	0,049
39,22	1,013	7,91	4	1,97	0,099
58,83	0,993	9,73	5	1,94	0,149
117,67	0,954	13,28	7	1,88	0,299

Таблица 9 – Полученные значения ПА $d - 2,0$ мм

Груз, $T, Н$	Средний диаметр, $d', мм$	Относительное изменение диаметра, %	Относительное удлинение, %	Коэффициент Пуассона, μ	$T/Tr, P, Н$
39,22	1,919	8,62	2	4,30	0,057
58,83	1,884	10,29	4	2,55	0,085
117,67	1,855	11,67	10	1,16	0,171

На рисунке 21 изображена графическая зависимость коэффициента Пуассона ($\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$) от отношения разрывной прочности изделия к грузу (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5) всех 5 исследуемых образцов.

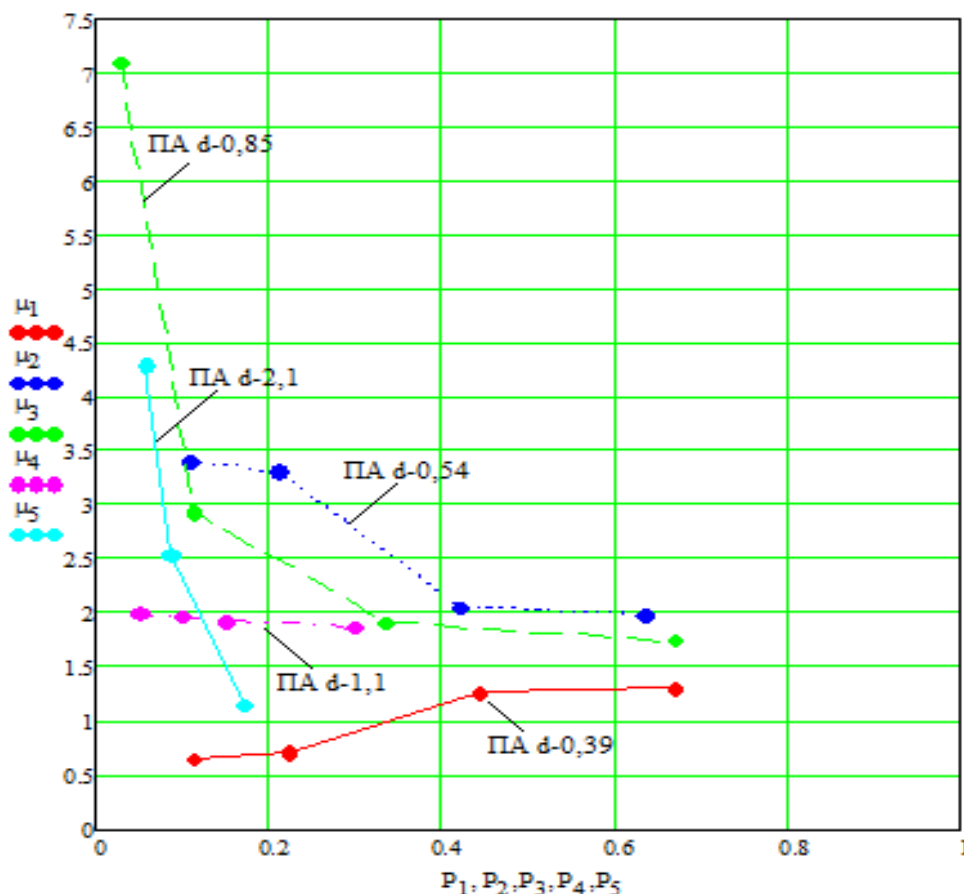


Рисунок 21– Графическая зависимость полученных результатов

На рисунке 21 видно, что зависимость коэффициента Пуассона от отношения разрывной прочности имеет динамические изменения, которые предположительно сводятся к одному примерному значению.

Данные исследования, позволяют нам с большой долей вероятности утверждать, что анизотропные материалы, такие как рыболовные нитевидные материалы, не имеют одного постоянно значения коэффициента Пуассона при различных моментах нагружения, но при достижении определенного процентного соотношения разрывной нагрузки материала к прилагаемой нагрузки, данный коэффициент получит равное значение в пределах минимального значения.

Выводы по главе 4

Проведенные исследования НВИ на определение разрывного усилия и относительного удлинения с использованием основных материалов, применяемых для постройки орудий промышленного рыболовства, а также использование в исследованиях образцов данных материалов с различными длинами, скоростями разрыва, как в сухом, так и мокром виде, позволили тщательно проследить влияние данных аспектов на поведение материала.

ГЛАВА 5. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты испытаний были статистически обработаны с применением модифицированных программ из учебного пособия по решению профессиональных задач в среде MathCad [67]. Для каждого материала с разными диаметрами, как в сухом, так и в мокром виде [68, 69], были рассчитаны матрицы парной корреляции (Таблицы 10 - 15).

Таблица 10 – Матрица парной корреляции результатов испытаний

ПП 187 Текс в сухом виде

№ пп	Фактор	1	2	3	4	5
		P	$\mathcal{E}$	d	L	V
1	P	1	0,414	0,979	–0,012	0,024
2	$\mathcal{E}$	0,414	1	0,414	–0,825	–0,109
3	d	0,979	0,414	1	0	0
4	L	–0,012	–0,825	0	1	0
5	V	–0,024	–0,109	0	0	1

Таблица 11 – Матрица парной корреляции результатов испытаний

ПП 187 Текс в мокром виде

№ пп	Фактор	1	2	3	4	5
		P	$\mathcal{E}$	d	L	V
1	P	1	0,336	0,985	–0,011	0,002
2	$\mathcal{E}$	0,336	1	0,34	–0,845	0,15
3	d	0,985	0,34	1	0	0
4	L	–0,011	–0,845	0	1	0
5	V	0,002	0,15	0	0	1

Таблица 12 – Матрица парной корреляции результатов испытаний

ПЭФ 93,5 Текс в сухом виде

№ пп	Фактор	1	2	3	4	5
		P	$\mathcal{E}$	d	L	V
1	P	1	0,493	0,994	–0,003	0,005
2	$\mathcal{E}$	0,493	1	0,492	–0,812	–0,019
3	d	0,994	0,492	1	0	0

Продолжение таблицы 12						
№ пп	Фактор	1	2	3	4	5
		P	$\mathcal{E}$	d	L	V
4	L	–0,003	–0,812	0	1	0
5	V	–0,005	–0,019	0	0	1

Таблица 13 – Матрица парной корреляции результатов испытаний

ПЭФ 93,5 Текс в мокром виде

№ пп	Фактор	1	2	3	4	5
		P	$\mathcal{E}$	d	L	V
1	P	1	0,411	0,995	–0,0007	0,018
2	$\mathcal{E}$	0,411	1	0,415	–0,86	0,035
3	d	0,995	0,415	1	0	0
4	L	–0,0007	–0,86	0	1	0
5	V	0,018	0,035	0	0	1

Таблица 14 – Матрица парной корреляции результатов испытаний

ПА 187 Текс в сухом виде

№ пп	Фактор	1	2	3	4	5
		P	$\mathcal{E}$	d	L	V
1	P	1	0,237	0,997	–0,007	–0,014
2	$\mathcal{E}$	0,237	1	0,239	–0,803	–0,006
3	d	0,997	0,239	1	0	0
4	L	–0,007	–0,803	0	1	0
5	V	–0,014	–0,006	0	0	1

Таблица 15 – Матрица парной корреляции результатов испытаний

ПА 187 Текс в мокром виде

№ пп	Фактор	1	2	3	4	5
		P	$\mathcal{E}$	d	L	V
1	P	1	0,267	0,998	–0,002	–0,008
2	$\mathcal{E}$	0,267	1	0,291	–0,783	0,070
3	d	0,998	0,291	1	0	0
4	L	–0,002	–0,783	0	1	0
5	V	–0,008	0,070	0	0	1

где:

 d - диаметр образцов (мм);

L - длина испытываемых образцов (мм);

V - скорость движения траверсы (см/мин);

P - разрывная нагрузка (Н);

$\mathcal{E}$ - относительное удлинение образцов (%).

Корреляция между величинами d , L , V отсутствует, так как это аргументы, которые задавались независимо друг от друга. $P = f(d, L, V)$ и $\mathcal{E} = f(d, L, V)$ являются случайными функциями. По таблицам 10-15 видно, что зависимость разрывной нагрузки от диаметра близка к линейной функциональной (корреляция положительная), так как коэффициент парной корреляции r_{13} немногим меньше единицы. Коэффициенты r_{14} и r_{13} близки к нулю. Значит, в исследованном диапазоне аргументов зависимость P от L и от V не обнаружена.

Относительное удлинение наиболее тесную стохастическую связь имеет с длиной образца (для $\text{ПП}r_{24} = -0,825$ и $-0,845$; $\text{ПЭФ}r_{24} = -0,812$ и $-0,86$; $\text{ПAr}_{24} = -0,803$ и $-0,783$) - корреляция отрицательная. Значительно слабее стохастическая связь $\mathcal{E}$ и d (для $\text{ПП}r_{23} = 0,414$ и $0,34$; $\text{ПЭФ}r_{23} = 0,492$ и $0,415$; $\text{ПAr}_{23} = 0,239$ и $0,291$) - корреляция положительная. В исследованном диапазоне аргументов стохастическая связь между разрывной нагрузкой в момент разрыва и скоростью, также как и относительным удлинением в момент разрыва и скоростью, не обнаружена.

В исследованном диапазоне аргументов разрывное усилие P зависит от одного аргумента - d . Найдем уравнение регрессии $P = \varphi(d)$. Уравнения степенной регрессии 1-го, 2-го и 3-го порядка имеют вид:

$$\varphi_1(d) = a_{10} + a_{11}d, \quad (10)$$

$$\varphi_2(d) = a_{20} + a_{21}d + a_{22}d^2, \quad (11)$$

$$\varphi_3(d) = a_{30} + a_{31}d + a_{32}d^2 + a_{33}d^3. \quad (12)$$

В качестве регрессионной зависимости использовалась показательная функция

$$\varphi_e(d) = A \cdot d^\gamma, \quad (13)$$

где a_{ij} , A , γ - эмпирические коэффициенты, которые определяются методом наименьших квадратов для заданных условий испытаний.

Формулы (10) - (13) справедливы для диапазонов физических параметров и величин, в которых проводились эксперименты. При этом коэффициенты a_{ij} , A , γ не указывают явно анизотропность материала, его вес и не характеризуют материал волокна. Таким образом, воспользоваться данными формулами возможно только для заданных условий испытаний, которые были выполнены.

На рисунках 22 - 27 результаты расчетов по формулам (10) - (13) сравниваются с экспериментальными данными. Видно, что линейная аппроксимация (10) хорошо согласуется с данными испытаний при $d > 1$ мм, как и в [70]. При $d \leq 1$ мм зависимостью (10) пользоваться нельзя, т.к. не выполняется фундаментальное требование: если диаметр стремится к нулю, то и разрывная нагрузка должна стремиться к нулю.

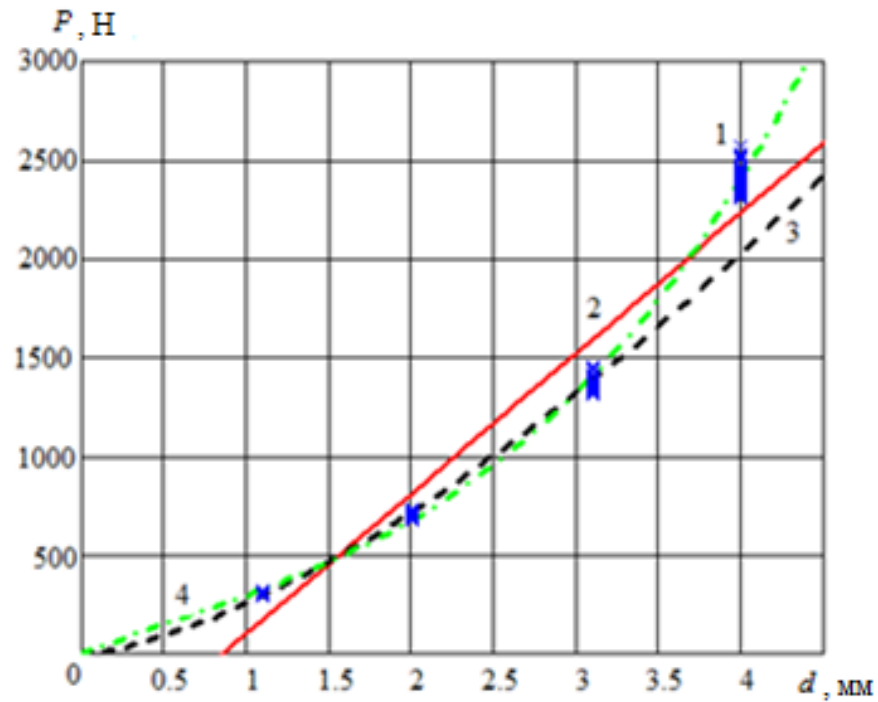


Рисунок 22 – Зависимость разрывного усилия от диаметра ПП 187 Текс в сухом виде: 1 – экспериментальные точки; 2 – результат расчета по формуле (10), 3 – результат расчета по формуле (13), 4 – результат расчета по формуле (12)

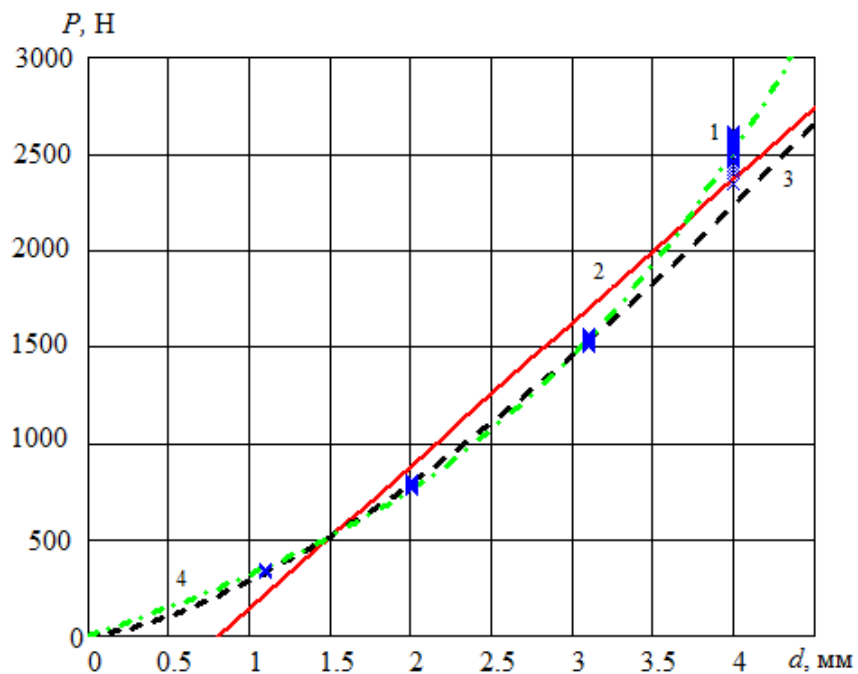


Рисунок 23 – Зависимость разрывного усилия от диаметра ПП 187 Текс в мокром виде: 1 – экспериментальные точки; 2 – результат расчета по формуле (10), 3 – результат расчета по формуле (13), 4 – результат расчета по формуле (12)

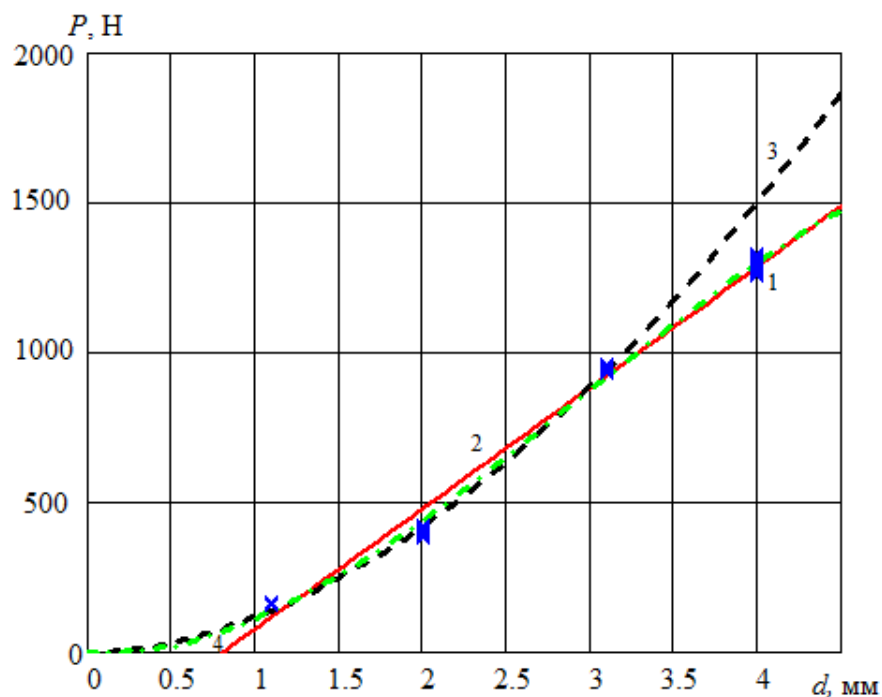


Рисунок 24 – Зависимость разрывного усилия от диаметра ПЭФ 93,5 Текс в сухом виде: 1 – экспериментальные точки; 2 – результат расчета по формуле (10), 3 – результат расчета по формуле (13), 4 – результат расчета по формуле (12)

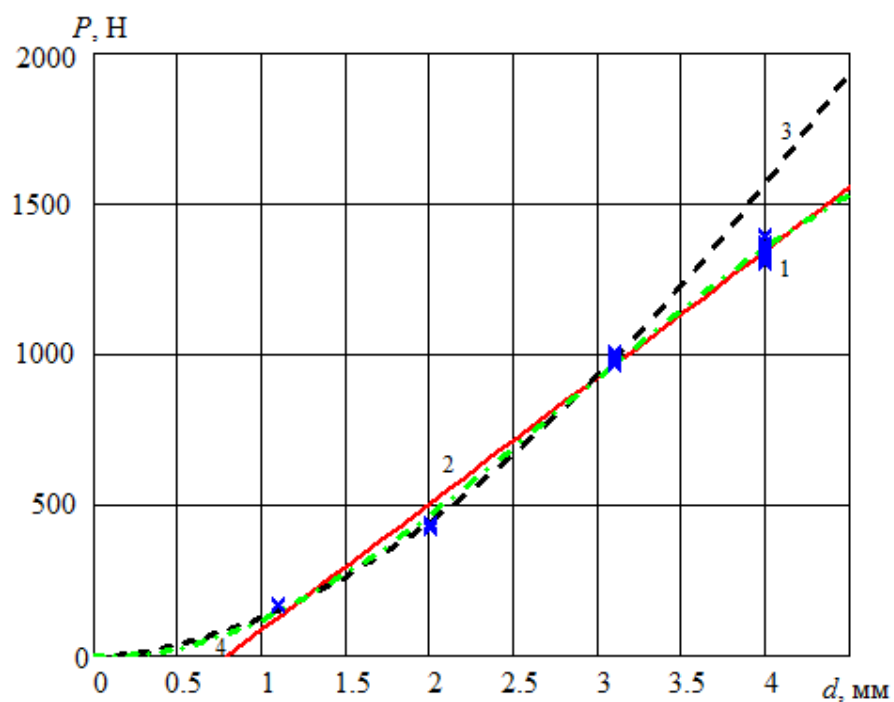


Рисунок 25 – Зависимость разрывного усилия от диаметра ПЭФ 93,5 Текс в мокром виде: 1 – экспериментальные точки; 2 – результат расчета по формуле (10), 3 – результат расчета по формуле (13), 4 – результат расчета по формуле (12)

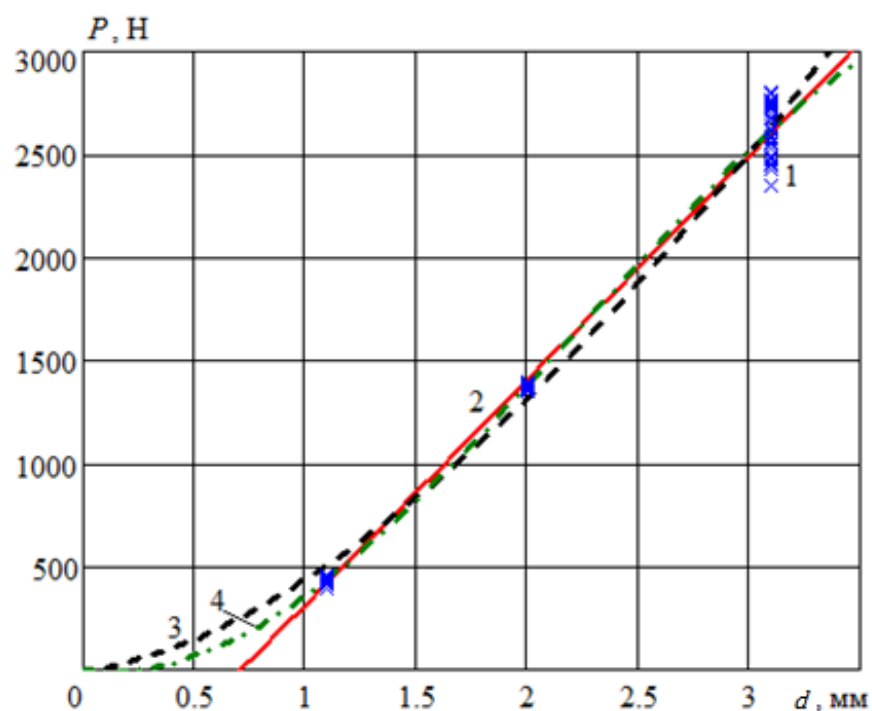


Рисунок 26 – Зависимость разрывного усилия от диаметра ПА 187 Текс в сухом виде: 1 – экспериментальные точки; 2 – результат расчета по формуле (10), 3 – результат расчета по формуле (13), 4 – результат расчета по формуле (12)

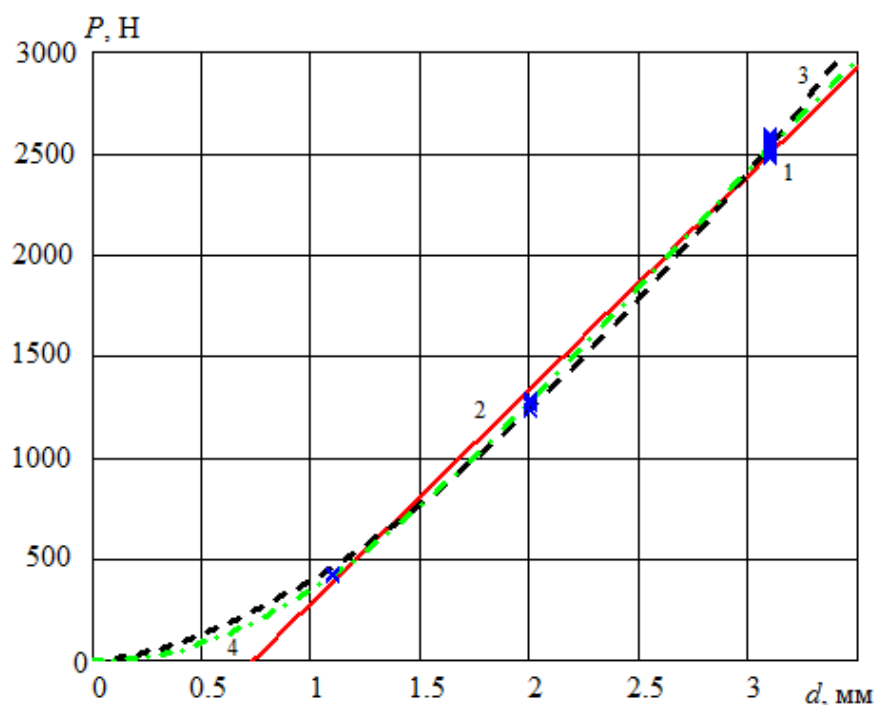


Рисунок 27 – Зависимость разрывного усилия от диаметра ПА 187 Текс в мокром виде: 1 – экспериментальные точки; 2 – результат расчета по формуле (10), 3 – результат расчета по формуле (13), 4 – результат расчета по формуле (12)

Рассчитанные значения индекса детерминации размещены в таблице 16. В исследованном диапазоне d самое большое значение R^2 у зависимости (12). Однако при увеличении диаметра более 3 мм в соответствии с физическим смыслом ведет себя зависимость (13), а (12) имеет точку перегиба. Поэтому в дальнейшем в качестве регрессионной зависимости будем использовать показательную функцию (13).

Таблица 16 – Значения индекса детерминации R^2 (разрывное усилие)

№ пп	Материал (условия)	Регрессионная зависимость			
		формула (10)	формула (11)	формула (12)	формула (13)
1	ПП 187 Текс (в сухом виде)	0,958	0,992	0,997	0,990
2	ПП 187 Текс (в мокром виде)	0,970	0,996	0,998	0,994
3	ПЭФ 93,5 Текс (в сухом виде)	0,989	0,989	0,996	0,992
4	ПЭФ 93,5 Текс (в мокром виде)	0,990	0,988	0,996	0,991
5	ПА 187 Текс (в сухом виде)	0,994	0,988	0,994	0,990
6	ПА 187 Текс (в мокром виде)	0,997	0,997	0,999	0,998

На рисунках 28 - 30 представлены графики регрессионных зависимостей (13) для сухих и мокрых образцов ПП, ПЭФ и ПА. По методике [18] построены границы доверительных интервалов случайной функции, на которых видно, что отличие линии 2 от 1 не столь значительно, чтобы выйти за границу доверительного интервала.

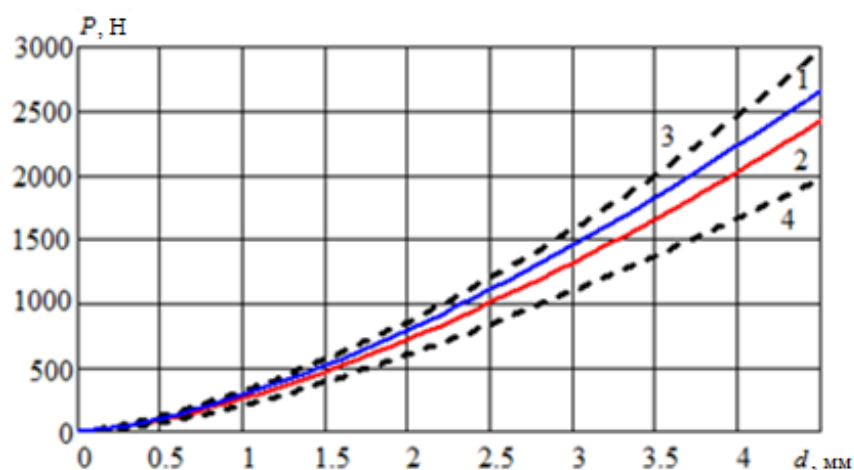


Рисунок 28 – Зависимость разрывного усилия от диаметра ПП 187 Текс:

1 – в сухом виде; 2 – в мокром виде; 3, 4 – границы доверительных интервалов случайной функции (13)

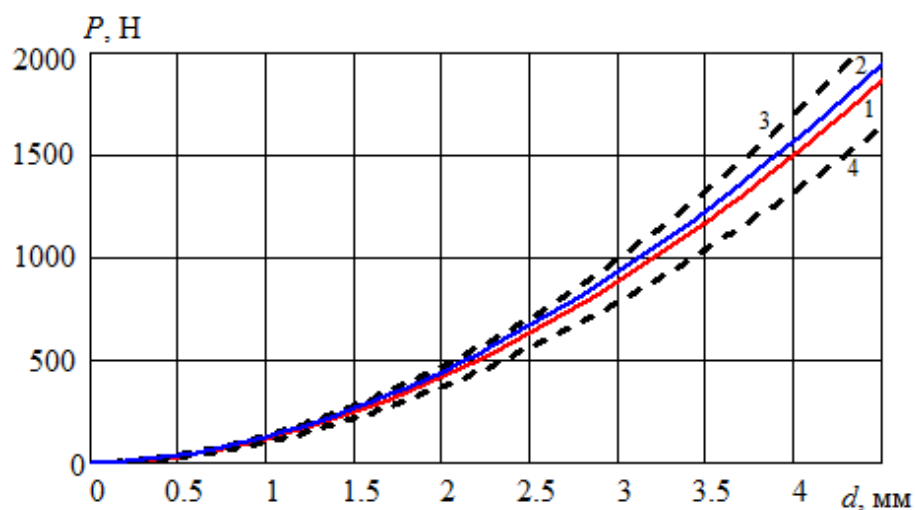


Рисунок 29 – Зависимость разрывного усилия от диаметра ПЭФ 93,5 Текс:

1 – в сухом виде; 2 – в мокром виде; 3, 4 – границы доверительных интервалов случайной функции (13)

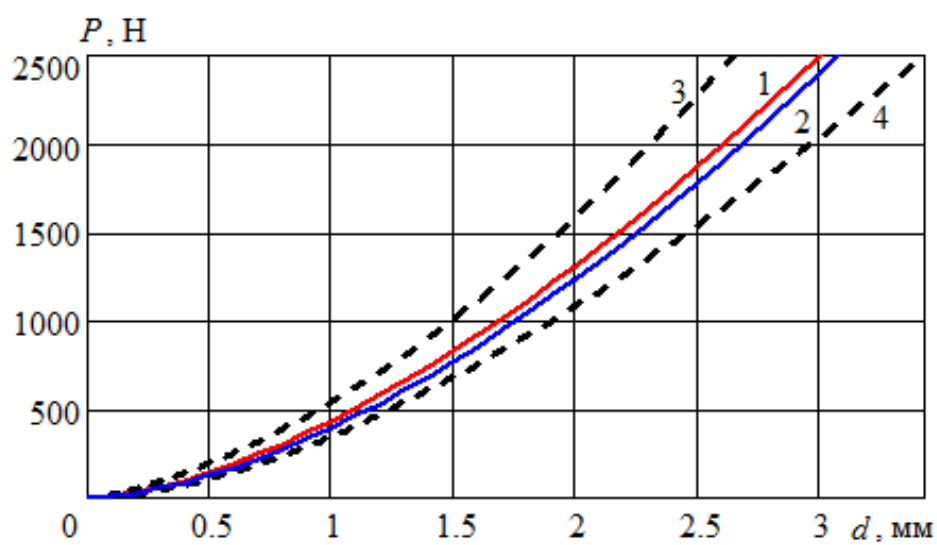


Рисунок 30 – Зависимость разрывного усилия от диаметра ПА 187 Текс:

1 – в сухом виде; 2 – в мокром виде; 3, 4 – границы доверительных интервалов случайной функции (13)

Найдены уравнения степенной регрессии k -го порядка $\varepsilon = f_k(L, d)$. В таблицу 17 внесены значения индекса детерминации. Достаточно использовать многочлен 2-го порядка.

Таблица 17 – Значения индекса детерминации R^2 (относительное удлинение)

№ пп	Материал (условия)	Порядок уравнения регрессии			
		формула (10)	формула (11)	формула (12)	формула (13)
1	ПП 187 Текс (в сухом виде)	0,852	0,915	0,959	0,961
2	ПП 187 Текс (в мокром виде)	0,830	0,907	0,942	0,945
3	ПЭФ 93,5 Текс (в сухом виде)	0,902	0,968	0,969	0,971
4	ПЭФ 93,5 Текс (в мокром виде)	0,913	0,981	0,984	0,985
5	ПА 187 Текс (в сухом виде)	0,702	0,963	0,971	0,971
6	ПА 187 Текс (в мокром виде)	0,698	0,978	0,986	0,986

На рисунках 31 - 36 видно, что с увеличением длины образцов, во всех случаях относительное удлинение падает, зависимость же относительного удлинения от диаметра - имеет возрастающий вид.

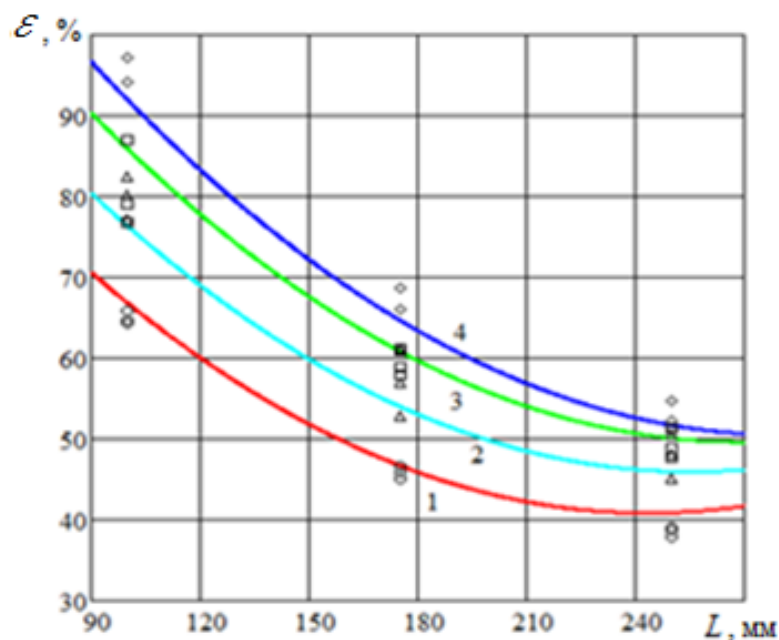


Рисунок 31 – Зависимость относительного удлинения ПП 187 Текс (в сухом виде) от L при различных d : 1 – $d = 1,1$ мм; 2 – $d = 2,0$ мм; 3 – $d = 3,1$ мм; 4 – $d = 4,0$ мм, точки – экспериментальные данные

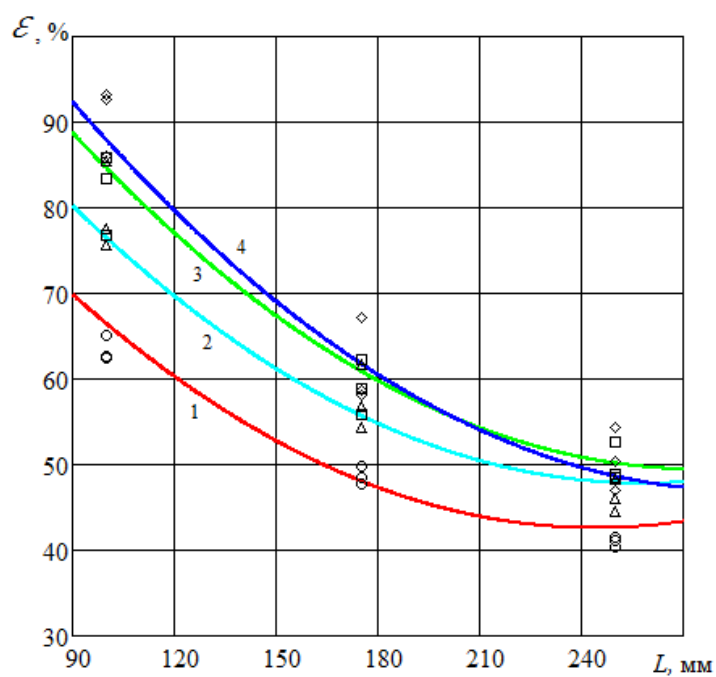


Рисунок 32 – Зависимость относительного удлинения ПП 187 Текс (в мокром виде) от L при различных d : 1 – $d = 1,1$ мм; 2 – $d = 2,0$ мм; 3 – $d = 3,1$ мм; 4 – $d = 4,0$ мм, точки – экспериментальные данные

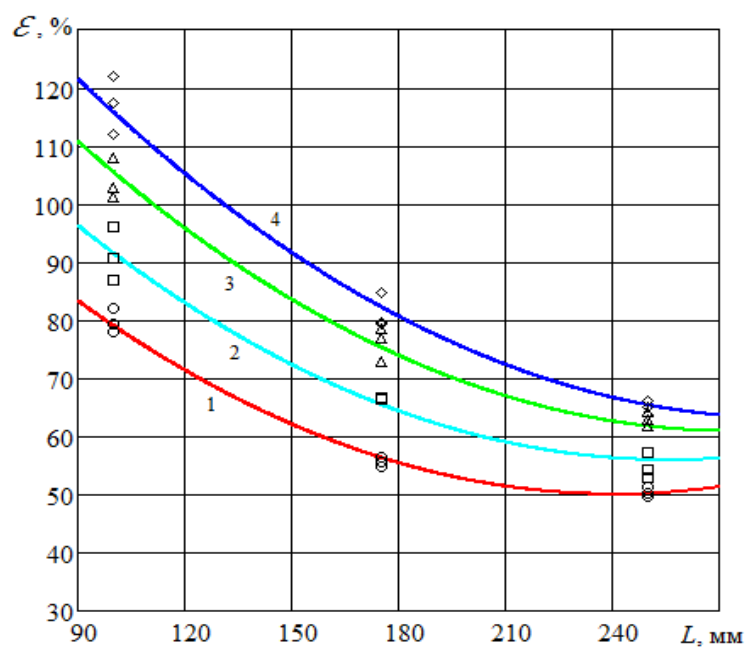


Рисунок 33 – Зависимость относительного удлинения ПЭФ 93,5 Текс (в сухом виде) от L при различных d : 1 – $d = 1,1$ мм; 2 – $d = 2,0$ мм; 3 – $d = 3,1$ мм; 4 – $d = 4,0$ мм, точки – экспериментальные данные

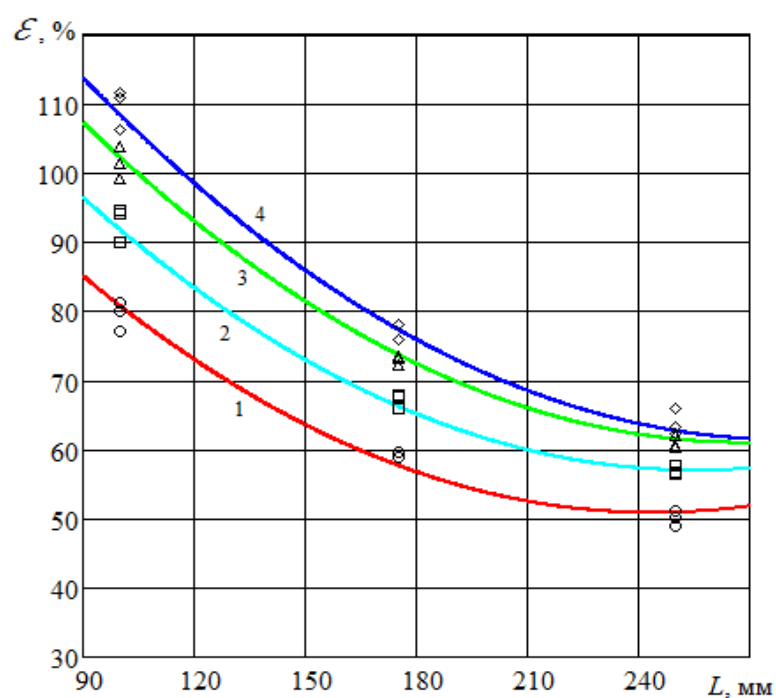


Рисунок 34 – Зависимость относительного удлинения ПЭФ 93,5 Текс (в мокром виде) от L при различных d : 1 – $d = 1,1$ мм; 2 – $d = 2,0$ мм; 3 – $d = 3,1$ мм; 4 – $d = 4,0$ мм, точки – экспериментальные данные

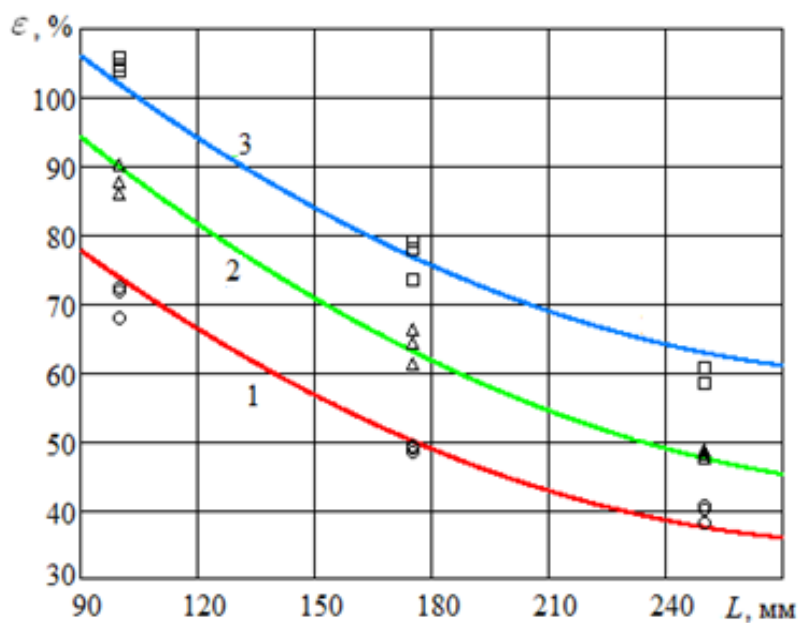


Рисунок 35 – Зависимость относительного удлинения ПА 187 Текс (в сухом виде) от L при различных d : 1 – $d = 1,1$ мм; 2 – $d = 2,0$ мм; 3 – $d = 3,1$ мм, точки – экспериментальные данные

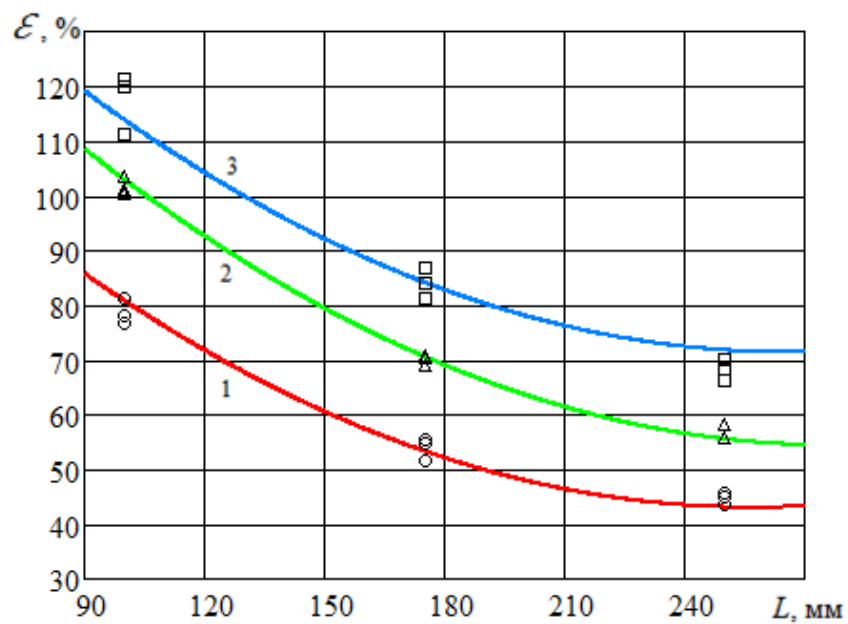


Рисунок 36 – Зависимость относительного удлинения ПА 187 Текс (в мокром виде) от L при различных d : 1 – $d = 1,1$ мм; 2 – $d = 2,0$ мм; 3 – $d = 3,1$ мм, точки – экспериментальные данные

Аппроксимирующая точность проведенных исследований составляет не менее 95 %.

Выводы по главе 5

Статистическая обработка исследуемых образцов позволила в полной мере проследить взаимозависимости, одних из самых важных физико-механических свойств, при различных факторах, влияющих на структуру данных материалов, работающих в сложных условиях, вызванных непосредственной эксплуатацией орудий промышленного рыболовства.

ГЛАВА 6. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ И ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ

6.1 Разработка математических моделей расчета разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов

Рыболовные нитевидные крученые материалы, из которых состоят сетные орудия промышленного рыболовства, в процессе эксплуатации испытывают большие нагрузки, которые воздействуют на каждый элемент, а каждый элемент в данном случае подвержен растяжению, удлинению, и в аварийных ситуациях, когда их прочность уменьшается, они рвутся. Данные изменения в конструкциях ведут к аварийным ситуациям, к потере промыслового времени, потере улова и к неоправданным экономическим затратам, что является проблемой для предприятий рыбохозяйственного комплекса РФ.

Для прогнозирования таких физико-механических свойств как относительное удлинение и разрывная нагрузка рыболовных кручёных материалов необходим математический аппарат. В нашем случае это математические модели, которые описывают относительное удлинение рыболовных кручёных материалов и разрывную нагрузку. Они необходимы для того, чтобы избежать аварийных ситуаций, предсказать какой требуется диаметр и материал для того или иного орудия промышленного рыболовства, для тех или иных условий эксплуатации, причём, запас прочности того или иного элемента можно будет задавать с учётом этих математических зависимостей. Таким образом, данные математические зависимости можно использовать не только для прогнозирования физико-механических свойств рыболовных кручёных материалов, но и использовать для моделирования орудий промышленного рыболовства в процессе их эксплуатации [71 - 77].

Для разработки математических моделей, необходимо обработать полученные экспериментальные данные (табл. 2) [78, 79] и ввести ряд расчетных данных, испытываемых образцов в сухом виде представленных в таблице 18 [80].

Таблица 18 – Расчетные данные

d , мм	d_B , мм	n , шт.	L , мм	F_0	S , 10 ⁻⁶ м ²	m , 10 ⁻³ кг	p , 10 ⁻³ Н	λ	σ , 10 ⁸ Н/м ² (Па)	a , 10 ⁴	α , 10 ⁻⁶	E , 10 ⁸ Н/м ² (Па)	ν , 10 ⁻³	χ , 10 ⁶ Н/м ² (Па)	k_λ	k_α , 10 ⁻⁴	k , 10 ⁴	c_1
ПП 187 Текс																		
1,1	0,013	737	100	0,113	0,95	0,05	0,49	90,1	3,16	7,3	1,6	4,92	7,07	3,48	5,9	7,82	9,26	90
			100						3,25		1,5	4,94	7,24	3,58				
			100						3,32		1,5	5,13	7,11	3,65				
			175						3,18		2,9	6,82	2,92	1,99				
			175			3,20	2,8	7,11	2,83		2,01							
			175			3,28	2,8	7,16	2,88		2,06							
			250			3,09	3,9	8,15	1,67		1,36							
			250			3,21	3,8	8,24	1,71		1,41							
			250			3,23	3,8	8,38	1,69		1,42							
			2,0			2214	100	0,093	3,14		0,17	1,66	50	2,17				
100		2,28		2,3	2,88		16,01			4,55								
100		2,32		2,2	3,03		15,03			4,64								
175		2,21		4,0	3,63		6,98			2,53								
175		2,25		4,0	3,83		6,72			2,57								
175		2,30		3,9	3,97		6,62			2,63								
250		2,16		5,7	4,21		4,10			1,72								
250		2,21		5,6	4,53		3,90			1,76								
250		2,28		5,4	4,78		3,81			1,82								
3,1		3715		100	0,065		7,54			0,32	3,13	32,25	1,77	5,7	2,3	2,15	25,54	
			100	1,86		2,2		2,33	24,86				5,79					
			100	1,91		2,1		2,48	23,9				5,94					
			175	1,78		3,9		2,93	10,79				3,16					
			175	1,87		3,8		3,28	10,08	3,31								
			175	1,88		3,7		3,57	9,37	3,34								
			250	1,74		5,8		3,43	6,27	2,15								
			250	1,82		5,5		3,78	5,96	2,25								
			250	1,87		5,4		4,15	5,59	2,32								
			4,0	7812		100		0,082	12,57	0,66	6,47	25	1,88		3,7	2,7	1,93	
100		1,91			2,6	2,03	37,64						7,66					
100		1,99			2,5	2,12	37,64						7,98					
175	1,89	4,5			2,76	15,68	4,34											
175	1,95	4,3			2,96	15,09	4,47											
175	1,89	4,5			3,09	13,99	4,32											
250	1,89	6,3			3,46	8,76	3,03											
250	1,90	6,3			3,63	8,35	3,04											
250	1,89	6,3			3,70	8,17	3,03											

Продолжение Таблицы 18

d , мм	d_b , мм	n , шт.	L , мм	F_0	S , 10^{-6} м ²	m , 10^{-3} кг	p , 10^{-3} Н	λ	σ , 10^8 Н/м ² (Па)	a , 10^4	α , 10^{-6}	E , 10^8 Н/м ² (Па)	ν , 10^{-3}	χ , 10^6 Н/м ² (Па)	k_λ	k_α , 10^{-4}	k , 10^4	c_1
ПЭФ 93,5 Текс																		
1,1		1402	100	0,057	0,95	0,06	0,59	90,9	1,73	8,5	3,5	2,11	9,01	1,90	7,2	14,92	8,5	
			100						1,69		3,6	2,17	8,56	1,86				
			100						1,66		3,7	2,09	8,72	1,83				
			175						1,70		6,6	3,07	3,49	1,07				
			175			0,11	1,08	159,1	1,67		6,7	3,06	3,44	1,05				
			175						1,67		6,7	2,95	3,55	1,05				
			250						1,71		9,6	3,44	2,18	7,53				
			250						1,70		9,6	3,32	2,25	7,50				
			250			0,16	1,57	227,3	1,68		9,7	3,53	2,21	7,42				
			250															
2,0		3510	100	0,043	3,14	0,15	1,47	50	1,32	8,6	3,5	1,38	19,18	2,64	6,2	17,35	6,4	
			100						1,27		3,6	1,46	17,34	2,54				
			100						1,28		3,6	1,41	18,10	2,55				
			175						1,30		6,6	1,96	7,61	1,49				
			175			0,28	2,74	87,5	1,28		6,7	1,93	7,57	1,46				
			175						1,27		6,8	1,90	7,62	1,45				
			250						1,32		8,4	2,31	4,57	1,06				
			250						1,26		8,9	2,32	4,33	1,01				
			250			0,36	3,53	125	1,25		8,9	2,36	4,23	1,00				
			250															
3,1	0,007	8580	100	0,044	7,54	0,36	3,29	32,2	1,25	6,6	3,4	1,23	31,37	3,87	5,7	19,63	6,5	150
			100						1,25		3,4	1,16	33,45	3,89				
			100						1,24		3,4	1,21	31,84	3,86				
			175						1,26		6,8	1,73	12,91	2,24				
			175			0,67	6,56	56,4	1,24		6,9	1,58	13,91	2,20				
			175						1,24		6,9	1,61	13,62	2,20				
			250						1,25		0,1	2,03	7,65	1,56				
			250						1,24		0,1	1,97	7,79	1,54				
			250			0,97	9,51	80,6	1,24		0,1	1,93	7,97	1,54				
			250						1,24									
4,0		13140	100	0,040	12,57	0,56	5,49	25	1,02	5,8	4,2	0,91	44,76	4,08	5,5	22,11	6,04	
			100						1,03		4,2	0,88	46,96	4,13				
			100						1,04		4,1	0,85	48,76	4,17				
			175						1,03		7,7	1,29	18,17	2,35				
			175			1,02	9,99	43,7	1,01		7,8	1,27	18,15	2,32				
			175						1,05		7,5	1,23	19,36	2,39				
			250						1,04		11,3	1,60	10,38	1,66				
			250						1,02		11,5	1,54	10,58	1,63				
			250			1,52	14,89	62,5	1,01		11,6	1,59	10,19	1,63				
			250															

Продолжение Таблицы 18

d , мм	d_B , мм	n , шт.	L , мм	F_0	S , 10^{-6} м ²	m , 10^{-3} кг	p , 10^{-3} Н	λ	σ , 10^8 Н/м ² (Па)	a , 10^4	α , 10^{-6}	E , 10^8 Н/м ² (Па)	ν , 10^{-3}	χ , 10^6 Н/м ² (Па)	k_λ	k_α , 10^{-4}	k , 10^4	c_1
ПА 187 Текс																		
1,1		678	100	0,068	0,95	0,05	0,49	90,9	4,72	13,2		1,0	6,96	7,46	5,20	6,4	7,36	14,2
			100						4,58			1,1	6,33	7,95	5,04			
			100						4,57			1,1	6,36	7,89	5,03			
			175						4,69			1,9	9,53	3,09	2,95			
			175			0,09	0,88	159,1	4,67			1,9	9,65	3,04	2,94			
			175						4,73			1,9	9,64	3,08	2,97			
			250						4,65			3,3	11,68	1,75	2,05			
			250			0,15	1,47	227,3	4,48			3,4	11,06	1,78	1,97			
			250						4,38			3,5	11,53	1,67	1,92			
			250						4,38			3,4	7,51	4,67	3,51			
2,0	0,011		100	0,064	3,14	0,21	2,06	50	4,35	9,3		1,5	4,19	20,76	8,69	7,9	11,82	13,3
			100						4,38			1,4	4,18	20,96	8,77			
			100						4,42			1,4	4,17	21,16	8,84			
			175						4,40			2,2	5,99	8,38	5,03			
			175			0,32	3,13	87,5	4,39			2,2	5,54	9,04	5,02			
			175						4,38			2,2	5,62	8,90	5,01			
			250						4,39			3,4	7,25	4,84	3,51			
			250						4,35			3,4	7,18	4,84	3,48			
			250			0,48	4,7	125	4,35			3,4	7,18	4,84	3,48			
			250						4,38			3,4	7,51	4,67	3,51			
3,1			100	0,048	7,54	0,47	4,61	32,2	3,46	8,7		1,7	3,95	27,19	10,74	4,6	11,15	10,1
			100						3,41			1,7	3,96	26,69	10,58			
			100						3,51			1,7	3,89	27,99	10,91			
			175						3,67			3,0	5,53	11,76	6,50			
			175			0,85	8,33	56,4	3,51			3,1	5,44	11,41	6,21			
			175						3,37			3,2	5,51	10,86	5,98			
			250						3,47			4,3	7,27	5,91	4,30			
			250						3,41			4,4	7,01	6,04	4,23			
			250			1,16	11,37	80,6	3,38			4,4	7,02	5,97	4,20			
			250						3,38			4,4	7,02	5,97	4,20			

где:

 d_B – диаметр волокна нити; n – количество волокон; F_0 – сплошность нити, характеризующая анизотропность материала:

$$F_0 = \frac{n \frac{\pi d_e^2}{4}}{\frac{\pi d^2}{4}}, \quad (14)$$

S – площадь сечения нити:

$$S = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (15)$$

m – масса нити;

p – вес нити:

$$p = mg, \quad (16)$$

λ – конструктивное удлинение:

$$\lambda = \frac{L}{d}, \quad (17)$$

σ – напряжение при разрыве:

$$\sigma = \frac{P_p}{S}, \quad (18)$$

a – параметр нити:

$$a = \frac{k_\lambda}{k_\alpha F_0}, \quad (19)$$

α – отношение веса нити к разрывной прочности в момент разрыва:

$$\alpha = \frac{p}{P_p} \quad (20)$$

E – модуль состояния нити в момент разрыва:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_p}, \quad (21)$$

ν – отношение относительного удлинения в момент разрыва к конструктивному удлинению нити:

$$\nu = \frac{\varepsilon_p}{\lambda}, \quad (22)$$

χ – отношение напряжения при разрыве к конструктивному удлинению нити:

$$\chi = \frac{\sigma}{\lambda}, \quad (23)$$

k – коэффициент:

$$k = c_1 F_0 \quad (24)$$

На основании данных таблицы 18 построены графики аппроксимирующих зависимостей $\mathcal{E} = f(\alpha)$ (Рисунок 37, 39, 41) и $\mathcal{E} = f(\lambda)$ (Рисунок 38, 40, 42) для всех материалов. Аппроксимация была проведена методом наименьших квадратов.

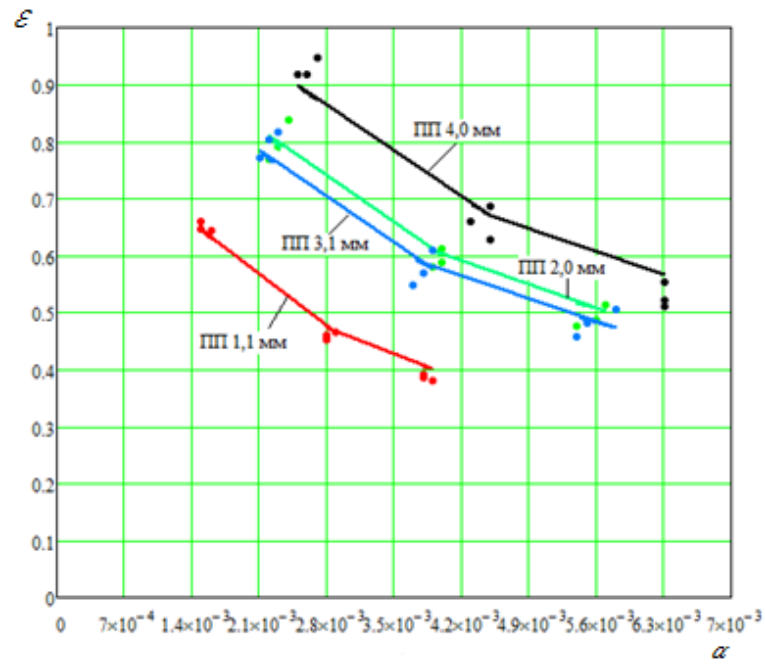


Рисунок 37 – График аппроксимирующей зависимости относительного удлинения от отношения веса нити к разрывной прочности (ПП)

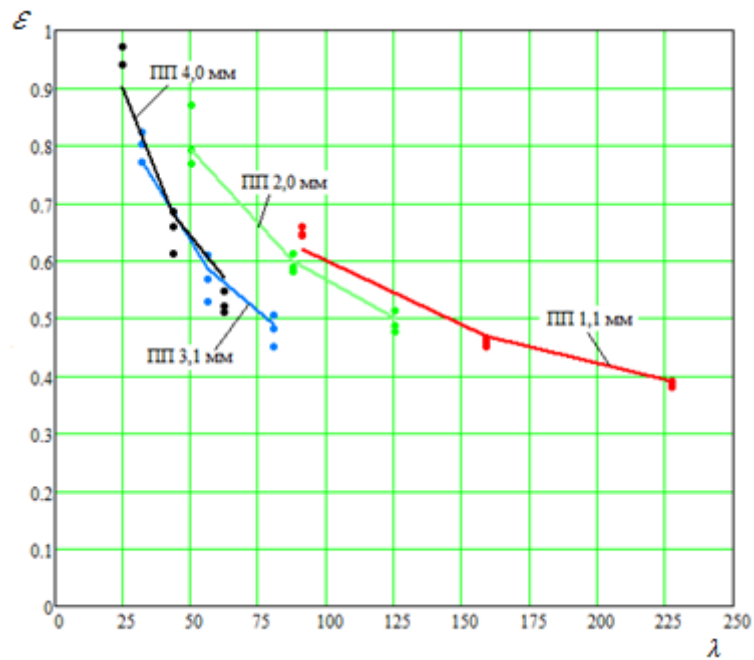


Рисунок 38 – График аппроксимирующей зависимости относительного удлинения от конструктивного удлинения (ПП)

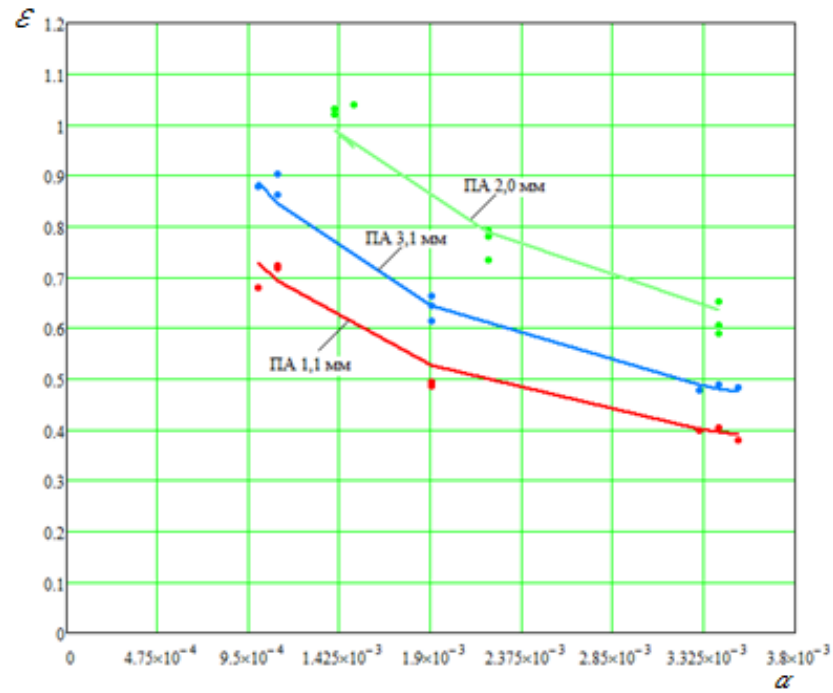


Рисунок 39 – График аппроксимирующей зависимости относительного удлинения от отношения веса нити к разрывной прочности (ПА)

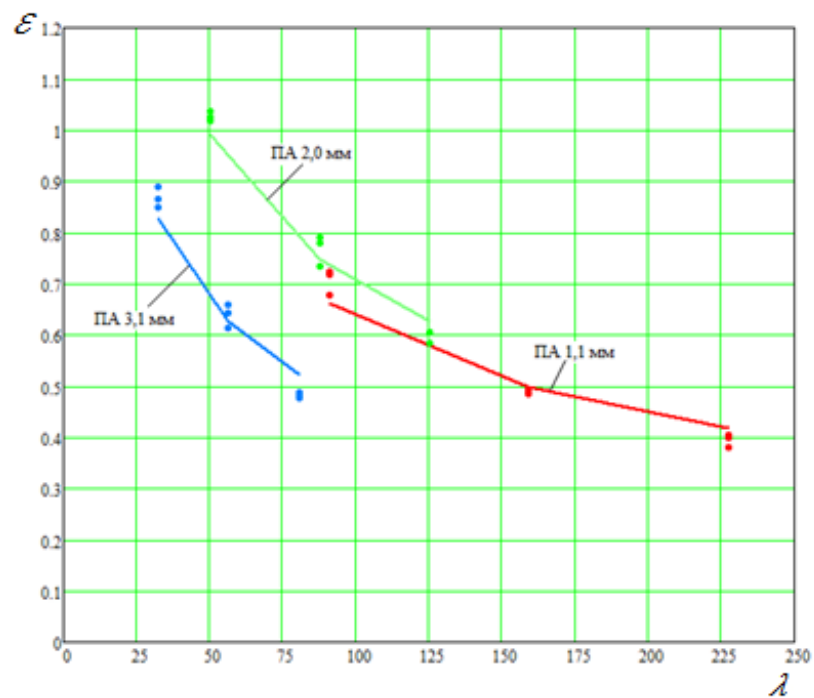


Рисунок 40 – График аппроксимирующей зависимости относительного удлинения от конструктивного удлинения (ПА)

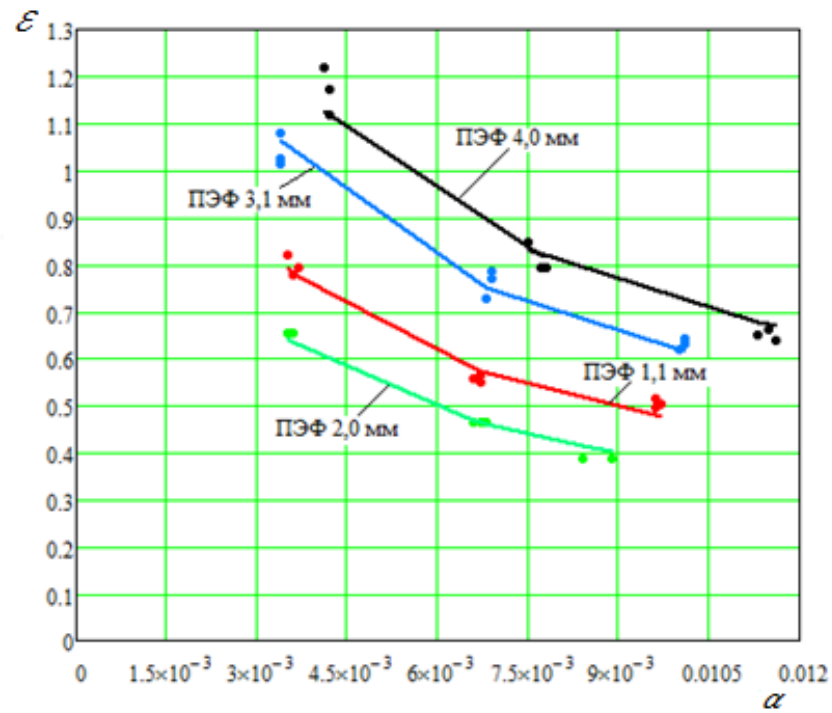


Рисунок 41 – График аппроксимирующей зависимости относительного удлинения от отношения веса нити к разрывной прочности (ПЭФ)

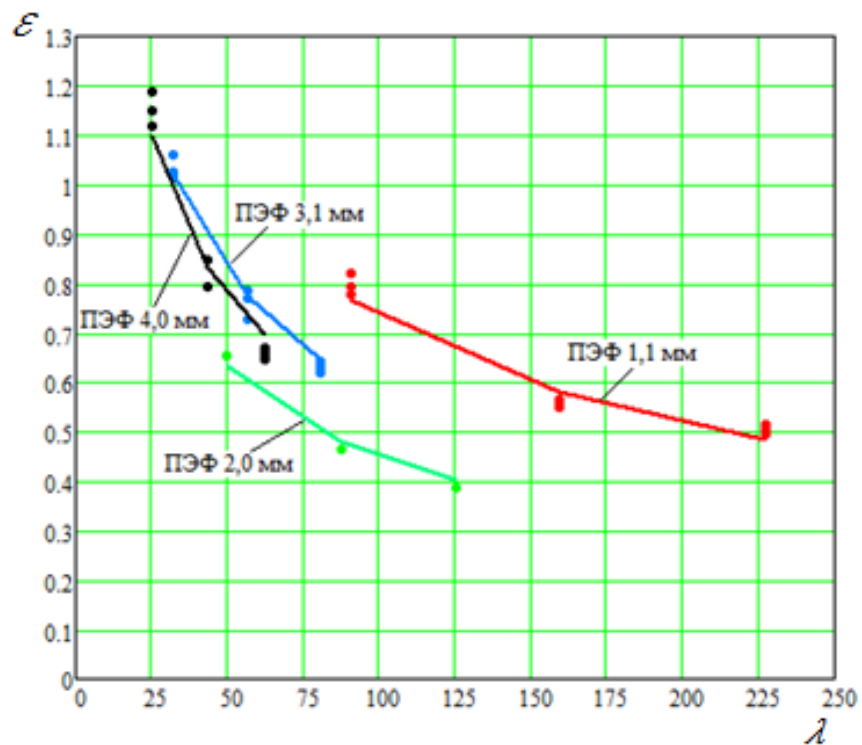


Рисунок 42 – График аппроксимирующей зависимости относительного удлинения от конструктивного удлинения (ПЭФ)

Ошибка аппроксимирующих зависимостей составляет не более 7 %.

Относительное удлинение можно представить расчетным значением (25) и (26):

$$\varepsilon = k_{\lambda} \left(\frac{L}{d} \right)^{-1/2} = k_{\lambda} \lambda^{-1/2}, \quad (25)$$

где k_{λ} - коэффициент зависящий от вида материала, диаметра и сплошности.

$$\varepsilon = k_{\alpha} \left(\frac{p}{P} \right)^{-1/2} = k_{\alpha} \alpha^{-1/2}, \quad (26)$$

где k_{α} - коэффициент зависящий от вида материала, диаметра и сплошности.

Приравняем (25) и (26):

$$k_{\lambda} \lambda^{-1/2} = k_{\alpha} \alpha^{-1/2}, \quad (27)$$

или:

$$\frac{k_{\lambda}}{k_{\alpha}} = \left(\frac{\alpha}{\lambda} \right)^{-\frac{1}{2}} = \left(\frac{pd}{PL} \right)^{-\frac{1}{2}}. \quad (28)$$

Умножим в скобках верхнюю и нижнюю части выражения на отношение $\pi d/4$, получим:

$$\frac{pd\left(\frac{\pi d}{4}\right)}{PL\left(\frac{\pi d}{4}\right)} = \frac{pS}{PL\left(\frac{\pi d}{4}\right)},$$

при условии, что напряжение $\sigma = P/S$, длина окружности нитки $l_{окр} = \pi d$ и площадь поверхности нитки $S_{нов} = Ll_{окр}$, получим:

$$\frac{pS}{PL\left(\frac{\pi d}{4}\right)} = \frac{4p}{\sigma L \pi d} = \frac{4p}{\sigma S_{нов}} = \frac{4\sigma_{нов}}{\sigma},$$

где $\sigma_{нов} = p/S_{нов}$ - напряжение поверхности нити.

Тогда выражение (28) представим в виде:

$$\frac{k_{\lambda}}{k_{\alpha}} = \left(\frac{4\sigma_{нов}}{\sigma} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,5 \sqrt{\frac{\sigma}{\sigma_{нов}}}, \quad (29)$$

Представим коэффициенты k_{λ} и k_{α} , зависящими от сплошности нитки F_0 :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{k_{\lambda}}{k_{\alpha}} = aF_0 \\ \frac{k_{\lambda}}{k_{\alpha}} = 0,5 \sqrt{\frac{\sigma}{\sigma_{нов}}} \end{array} \right. \quad (30)$$

Приравняем отношения k_{λ} и k_{α} :

$$aF_0 = 0,5 \sqrt{\frac{\sigma}{\sigma_{нов}}},$$

или:

$$a^2 F_0^2 = 0,25 \left(\frac{\sigma}{\sigma_{нов}} \right). \quad (31)$$

Из (31) получим:

$$\sigma = 4a^2 F_0^2 \sigma_{нов}. \quad (32)$$

Введем коэффициент α_1 :

$$\alpha_1 = 4a^2, \quad (33)$$

тогда выражение (32) представим в виде:

$$\sigma = \alpha_1 F_0^2 \sigma_{нов}. \quad (34)$$

Так как $\sigma = P/S$, то выражение (34) представим в виде:

$$P = \alpha_1 F_0^2 S \sigma_{нов} = \alpha_1 F_0^2 S \frac{p}{S_{нов}} = \alpha_1 F_0^2 p \frac{S}{S_{нов}}, \quad (35)$$

при условии, что отношение площадей:

$$\frac{S}{S_{нов}} = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{\pi d L} = \frac{1}{4\lambda}, \quad (36)$$

получим выражение (35) в виде:

$$P = a_1 F_0^2 p \frac{1}{4\lambda} = a^2 F_0^2 p \lambda^{-1}, \quad (37)$$

Обозначим величину p через выражение:

$$p = bL, \quad (38)$$

где b - коэффициент, зависящий от материала нити (вес одного метра нити) или характеристика материала волокна нити.

Тогда выражение (37) представим в виде:

$$P = a^2 F_0^2 bL \frac{d}{L} = a^2 F_0^2 bd, \quad (39)$$

или в виде:

$$P = \left(\frac{k_\lambda}{k_\alpha} \right)^2 bd \quad (40)$$

Относительное удлинение в момент разрыва можно выразить зависимостью (41) при условии введения коэффициента ξ :

$$\varepsilon = \xi c_1 F_0 \left(\frac{LP}{dS} \right)^{-1/2} = \xi k (\lambda \sigma)^{-1/2} \quad (41)$$

где:

$$\xi = 10^4 \left(\frac{H}{M^2} \right)^{1/2}.$$

Выражение (41) представим в виде:

$$\varepsilon = \frac{\xi c_1 F_0}{\lambda^{1/2}} \sigma^{-1/2} \quad (42)$$

где: c_1 – значения, полученные экспериментальными данными для ПП – 90; ПА – 210, ПЭФ – 150.

Представим, что в момент разрыва:

$$\varepsilon = E^{-1} \sigma. \quad (43)$$

Приравняем (42) и (43):

$$\frac{\xi c_1 F_0}{\lambda^{1/2}} \sigma^{-1/2} = E^{-1} \sigma,$$

или:

$$E = \frac{\lambda^{1/2} \sigma^{3/2}}{\xi c_1 F_0}. \quad (44)$$

Тогда:

$$E = \delta \sigma^{3/2}, \quad (45)$$

где:

$$\delta = \frac{\lambda^{1/2}}{\xi c_1 F_0} - \text{коэффициент.}$$

Если:

$$F_0 = \frac{S_{\epsilon}}{S},$$

где: S_{ϵ} – суммарная площадь сечения волокон,

то:

$$P = a^2 \left(\frac{S_{\epsilon}}{S} \right)^2 \frac{p}{\lambda}, \quad (46)$$

или:

$$\sigma = \frac{a^2 F_0^2 b d}{S}. \quad (47)$$

Относительное удлинение в момент разрыва можно представить следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{1}{\delta \sigma^{1/2}}. \quad (48)$$

Если рассмотреть, что при увеличении длины образца L , площадь сечения нитки постоянна $S = \text{const}$, вес нитки p увеличивается, то относительное

удлинение $\mathcal{E}$ уменьшается, а $c_1 = const$. Коэффициент a характеризует линейную плотность, коэффициент укрута, влажность и прочие свойства нити.

Расчет максимальной ошибки δ экспериментальных данных разрывной нагрузки и относительного удлинения от расчетных был проведен по формулам (49) и (50):

$$\delta_p = \frac{P_{\text{экс}} - P_{\text{рас}}}{P_{\text{рас}}} 100\% \quad (49)$$

где:

δ_p – максимальная ошибка разрывной нагрузки;

$P_{\text{экс}}$ – значение экспериментальной разрывной нагрузки (Н);

$P_{\text{рас}}$ – значение расчетной разрывной нагрузки (Н).

$$\delta_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_{\text{экс}} - \varepsilon_{\text{рас}}}{\varepsilon_{\text{рас}}} 100\% \quad (50)$$

где:

δ_{ε} – максимальная ошибка относительного удлинения;

$\varepsilon_{\text{экс}}$ – значение экспериментального относительного удлинения;

$\varepsilon_{\text{рас}}$ – значение расчетного относительного удлинения.

Выборка по расчету погрешностей представлена в таблице 19 (для P) и 20 (для $\mathcal{E}$).

Таблица 19 – Сравнительные данные разрывной прочности (P)

d , мм	L , мм	V , см/мин	$P_{\text{экс.}}$, Н	$P_{\text{рас.}}$, Н	δ_p , %
ПП 187 Текс					
1,1	100	10	300,8	306,8	1,99
1,1	250	10	293	294,5	0,51
2,0	100	10	684,5	705,3	3,04
2,0	175	10	708,7	689,5	2,71

Продолжение таблицы 19

d , мм	L , мм	V , см/мин	$P_{\text{экс.}}, \text{ Н}$	$P_{\text{рас.}}, \text{ Н}$	$\delta_p, \%$
3,1	100	10	1339	1336	0,22
3,1	250	10	1304	1313,4	0,72
4,0	175	10	2386,4	2362	1,02
4,0	250	10	2329	2330	2,36
ПЭФ 93,5 Текс					
1,1	100	10	164,4	151,1	8,09
1,1	250	10	162,7	160,9	1,11
2,0	100	10	416,1	375,4	9,78
3,1	100	10	944,4	859,9	8,94
3,1	175	10	955,9	979,8	2,50
4,0	100	10	1283,4	1359	5,89
4,0	175	10	1296,2	1413	9,01
ПА187 Текс					
1,1	100	10	449,3	407,6	9,28
1,1	175	10	446,5	418,2	6,34
2,0	175	10	1383,2	1498	8,29
3,1	175	10	2771,6	2512	9,36
3,1	250	10	2620,1	2400	8,40

Таблица 20 – Сравнительные данные относительного удлинения (ε)

d , мм	L , мм	V , см/мин	$\varepsilon_{\text{экс.}}$	$\varepsilon_{\text{рас.}}$	$\delta_\varepsilon, \%$
ПП 187 Текс					
1,1	175	10	0,47	0,47	0
1,1	250	10	0,38	0,39	2,63
2,0	100	10	0,86	0,79	2,30
2,0	250	10	0,51	0,50	1,96
3,1	100	10	0,82	0,74	9,75
3,1	250	10	0,50	0,47	6,00
4,0	100	10	0,97	0,88	9,27
4,0	250	10	0,55	0,56	1,81
ПЭФ93,5 Текс					
1,1	175	10	0,55	0,57	3,63
1,1	250	10	0,50	0,48	4,00
2,0	175	10	0,67	0,66	1,49
2,0	250	10	0,57	0,55	3,51
3,1	175	10	0,73	0,76	4,11
3,1	250	10	0,62	0,63	1,61
4,0	175	10	0,79	0,83	5,06
4,0	250	10	0,65	0,69	6,15
ПА187 Текс					
1,1	100	10	0,68	0,67	1,47
1,1	250	10	0,40	0,42	5,00
2,0	100	10	1,04	1,12	7,69
3,1	100	10	0,88	0,81	7,95
3,1	175	10	0,66	0,61	7,57

Предложенные математические зависимости (25 - 48) позволяют рассчитать относительное удлинение и разрывную нагрузку крученых рыболовных ниток и веревок, изготовленных из ПА, ПП и ПЭФ в пределе точности 90 %.

Математическое моделирование физико-механических характеристик крученых рыболовных материалов позволит при проектировании орудий промышленного рыболовства задавать, с учетом запаса прочности, проектные характеристики рыболовных изделий, которые изготовлены из ПА, ПП и ПЭФ, диаметрами от 1 до 4 мм.

На основании математического моделирования разработан алгоритм (Рисунок 43) вывода зависимости разрывной нагрузки с учетом относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов изготовлены из ПА, ПП и ПЭФ. Разработанный алгоритм справедлив при постоянных скоростях разрыва материала указанных в работе.

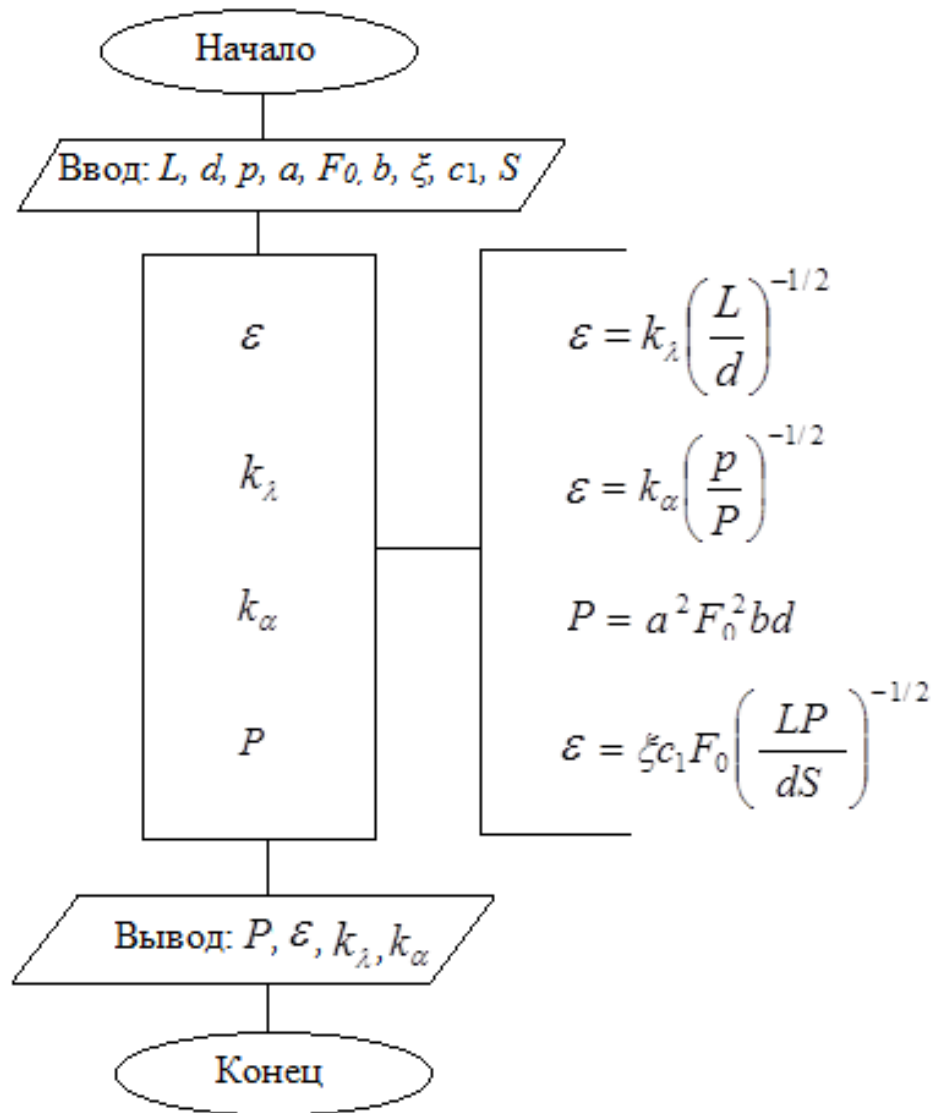


Рисунок 43 – Алгоритм расчета зависимости разрывной нагрузки с учетом относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов

6.2 Алгоритм определения разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов

Определение разрывного усилия и относительного удлинения рыболовных нитевидных крученых материалов возможно двумя методами – экспериментальным и расчетным. Проведенный эксперимент позволяет использовать либо планирование эксперимента [81], либо методику мультифизического моделирования [82]. Результатом данных работ становится создание базы данных полученных результатов. Базу экспериментальных данных

можно использовать в классическом виде через предсказательное моделирование, а алгоритм имитационного моделирования для определения разрывной нагрузки и относительного удлинения для аналогичного типа материала, но с разной длиной и диаметром.

Алгоритм расчета разрывной нагрузки и относительного удлинения представлен на рисунке 44.

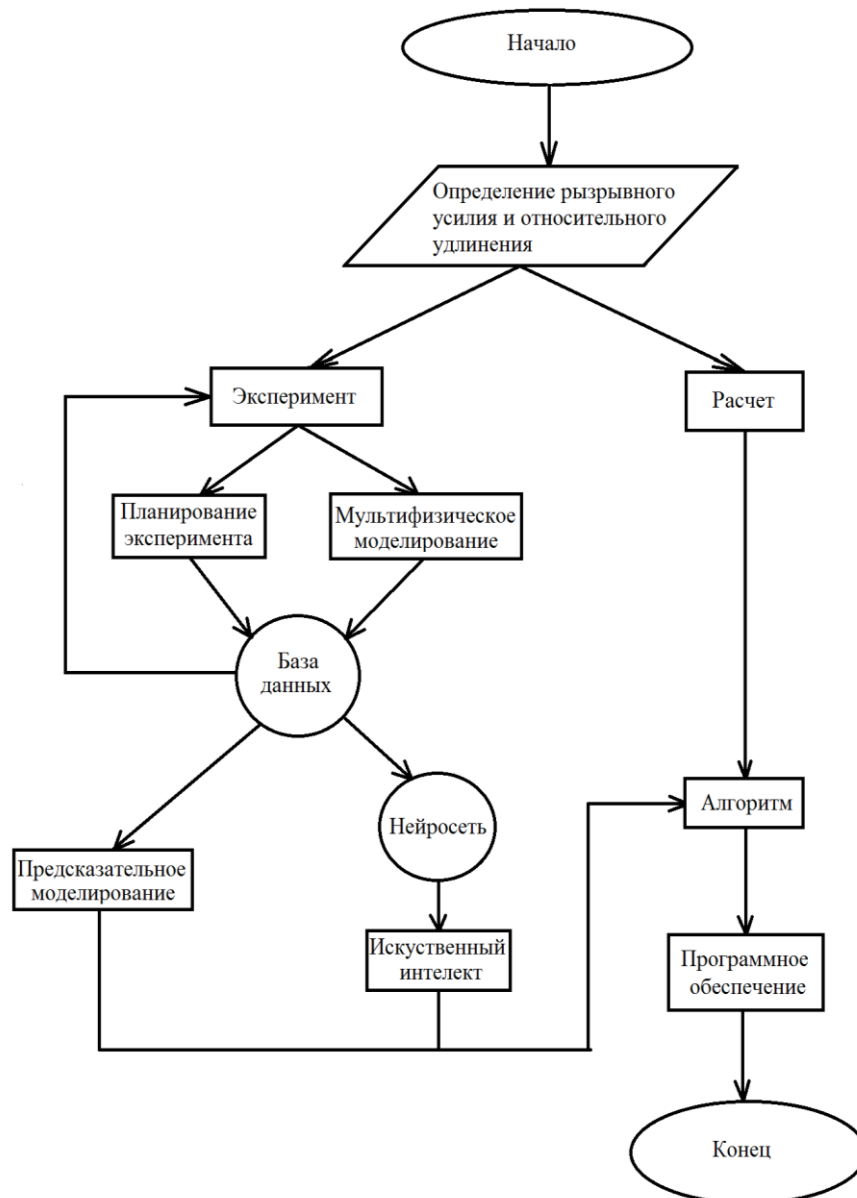


Рисунок 44 – Алгоритм определения разрывной нагрузки и относительного удлинения

Выводы по главе 6

Представленный алгоритм определения разрывной нагрузки и относительного удлинения дает возможность применения различных методов определения одних из самых важных физико-механических свойств рыболовных нитевидных крученых материалов, необходимых на этапах моделирования и проектирования как орудий рыболовства, так и рыболовных нитевидных крученых материалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью решения поставленных задач, были выполнены следующие этапы работ:

- разработана комплексная методика определения разрывной нагрузки и относительного удлинения, включающая в себя стандартную методику в соответствии с ГОСТ 6611.2-73 с дополнениями в виде различных длин образцов (100 мм, 175 мм и 250 мм) и скоростей подвижной траверсы разрывной машины (10 см/мин, 50 см/мин и 100 см/мин) для образцов изготовленными из ПА диаметрами 1,1; 2,0; 3,1 мм, ПП диаметрами 1,1; 2,0; 3,1 и 4,0 мм и ПЭФ диаметрами 1,1; 2,0; 3,1 и 4,0 мм;

- по разработанной комплексной методике проведены испытания отобранных образцов крученых ниток и веревок диаметрами от 1,1 до 4,0 мм, изготовленных из ПА, ПП и ПЭФ как в сухом, так и в мокром виде (Таблица 2). По каждой серии испытаний был проведен расчет среднеквадратичного отклонения, который не превышал 10 %. Испытания проводились на кафедре «Промышленное рыболовство» ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» с использованием разрывной машины Shimadzu Autograph AGS-X10 настольного типа с программным обеспечением. Все испытания была проведены в течение нескольких недель при средней температуре воздуха в лаборатории 20-22° С и относительной влажности 30-45 % (зимний период). Целесообразная точность проведенных экспериментов, составляет не менее 90 %;

- проведенные исследования нитевидных крученых материалов по изучению коэффициента Пуассона, подтвердили, что коэффициент Пуассона и сплошность материала характеризуют анизотропность рыболовных нитевидных крученых материалов;

- проведена статистическая обработка проведенных испытаний по 5 факторам (диаметр образцов, длина испытываемых образцов, скорость движения траверсы, разрывная нагрузка и относительное удлинение образцов). В исследованном диапазоне аргументов разрывное усилие зависит от одного

аргумента – диаметр образцов. Определены уравнения степенной регрессии 1-го, 2-го и 3-го порядков (10) - (12) зависимости разрывного усилия от диаметра. В качестве регрессионной зависимости использовалась показательная функция (13). Формулы (10) - (13) справедливы для диапазонов физических параметров и величин, в которых проводились эксперименты. При этом коэффициенты формул (10) - (13) не указывают явно анизотропность материала, его вес и не характеризуют материал волокна. Таким образом, воспользоваться данными формулами возможно только для заданных условий испытаний, которые были выполнены. Построены графические зависимости относительного удлинения от длин исследуемых образцов (Рисунок 31 - 36). Аппроксимирующая точность статистической обработки проведенных испытаний составила не менее 95 %.

- получены математические модели для расчета относительного удлинения (25), (26), (48) в диапазоне значений от 38 до 121,9 % и разрывной нагрузки (39), (46) в диапазоне значений от 158,2 до 2771,6 Н, для ПА диаметрами 1,1; 2,0; 3,1 мм, ПП диаметрами 1,1; 2,0; 3,1 и 4,0 мм и ПЭФ диаметрами 1,1; 2,0; 3,1 и 4,0 мм. Точность математических моделей для расчета относительного удлинения и разрывной нагрузки составляет не менее 90 %;

- разработан алгоритм определения разрывной нагрузки и относительного удлинения для отобранных рыболовных нитевидных крученых материалов (Рисунок 43), где c_1 значения, полученные экспериментальными данными для ПП - 90; ПА - 210, ПЭФ - 150. Данный алгоритм применим при проектировании орудий промышленного рыболовства, с возможностью учета не только разрывного усилия и относительного удлинения, но и запаса прочности материала.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Разработанная в работе комплексная методика по определению разрывной нагрузки и относительного удлинения, полученные математические модели и алгоритм, позволяют обоснованно выбирать рыболовные материалы для постройки орудий рыболовства, на стадии их проектирования орудия рыболовства, что даст возможность уменьшить затраты, как финансовые, так и временные, на проведение дополнительных экспериментальных исследований, а также позволит обоснованно учитывать коэффициент запаса прочности для данных материалов с целью увеличения работоспособности и долговечности орудия промышленного рыболовства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. Недоступ, А.А. Физическое моделирование гидродинамических процессов движения орудий рыболовства / А.А. Недоступ // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – Томск. – 2012. – № 3 (19). – С. 55–67.

3. Недоступ, А.А. Физическое моделирование орудий и процессов рыболовства: монография / А.А. Недоступ. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – 375 с.

4. Насенков, П.В. Постановка задачи экспериментальных исследований канатно-веревочных изделий / П.В. Насенков // Материалы I Национальной заочной научно-технической конференции «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Р.Ф.». – Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз, – 2017. – С. 239-243.

5. Постановка задачи исследования физико-механических свойств нитевидных и канатно-веревочных рыболовных материалов / А.А. Недоступ, П.В. Насенков, А.О. Ражев, А.А. Аникин, К.В. Коновалова [и др.] // Материалы национальной научно-технической конференции «Научно-практические вопросы регулирования рыболовства». – Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз, 2019. – С. 34-40.

6. Баранов, Ф.И. Техника промышленного рыболовства / Ф.И. Баранов. – Москва: Пищепромиздат, 1960. – 696 с.

7. Трещев, А.И. Интенсивность рыболовства / А.И. Трещев. – Москва: Легк. и пищ. пром-сть, 1983. – 236 с.

8. Баранов, Ф.И. Рыболовные материалы и постройка сетных рыболовных орудий / Ф.И. Баранов. – Москва, Ленинград: Коиз, 1936. – 69 с.
9. Баранов, Ф.И. Теория и расчет орудий рыболовства: учебник для ВТУЗов / Ф.И. Баранов. – Москва, Ленинград: Пищепромиздат, 1939. – 46 с.
10. Житков, Д.Г. Крепость канатов из волокнистых материалов / Д.Г. Житков // Рыбное хозяйство. – Москва. – 1947. – № 5. – С. 20-24.
11. Засосов, А.В. Испытания хлопчатобумажных и пеньковых канатов / А.В. Засосов, С.А. Студенецкий, В.Л. Бекаревич // Рыбное хозяйство. – 1967. – № 11. – С. 59–65.
12. Пахнов, М.Н. Прочность капроновых канатов / М.Н. Пахнов // Рыбное хозяйство. – 1969. – №5. – С. 44-46
13. Мамцев, Е.Н. Прочность канатов и механические свойства капроновых нитей / Е.Н. Мамцев, М.Н. Пахнов // Рыбное хозяйство. – 1972. – №9. – С. 58-60.
14. Крамской, Л.М. Физико-механические свойства сетных материалов / Л.М. Крамской, В.Д. Кулагин // Рыбное хозяйство. – 1972. – № 9. – С. 61-62.
15. Евсеева, С.С. Сравнительный анализ технических характеристик синтетических канатов / С.С. Евсеева // Вестник АГТУ. Промышленное рыболовство. – 2008. – № 3. – С. 90-92.
16. Лобанов, Д.С. Особенности квазистатических испытаний нитей и тканей / Д.С. Лобанов, М.С. Темеров // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2013. – № 2. – С. 96-109.
17. Опыт исследования механических свойств высокопрочного волокна на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена [Электронный ресурс] / А.А. Степашкин, А.В. Максимкин, Д.И. Чуков [и др.] // Современные проблемы науки и образования: электронный журнал. – 2013. – № 6. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10755> (дата обращения 23.10.2019).
18. Наумов, В.А. Анализ результатов испытания прочности трехрядных канатов из полимерных материалов / В.А. Наумов, Н.Р. Ахмедова, И.М. Ахмедов //

Известия Калининградского государственного технического университета. – 2015. – № 36. – С. 43-51.

19. Бородин, П.А. Эксплуатационные характеристики ниток из различных синтетических материалов в орудиях рыболовства и сооружениях аквакультуры / П.А. Бородин, Е.В. Осипов, Д.А. Пилипчук // Рыбное хозяйство. – 2022. – № 6. – С. 79-81.

20. Назарова, М.В. Исследования натяжения нитей в технологическом процессе перематывания с учетом их вязкоупругих параметров / М.В. Назарова // Современные проблемы науки и образования. – №5. – 2009. – С. 95-99.

21. Кузина, Т.А. Испытания текстильной нити на деформационное разрушение / Т.А. Кузина, С.В. Проталинский // Известия вузов Технология текстильной промышленности. – №4. – 2005. – С. 12-15.

22. Экспериментальные исследования ударопрочных многослойных композиционных материалов с использованием нетканых полотен и плетеных изделий / Ю.М. Трещалин, В.В. Хамматова, М.Ю. Трещалин [и др.] // Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19, № 23. – С. 76-78.

23. Использование теории подобия для прогнозирования прочностных характеристик нетканых материалов технического назначения / Ю.Я. Тюменев, Ю.С. Шустов, А.В. Курденкова, Ю.В. Назарова [и др.] // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. – 2008. – № 4. – С. 12-21.

24. ГОСТ 15902.3-79 Полотна нетканые. Методы определения прочности. – Москва: ИПК Издательство стандартов, – 1999. – 8 с.

25. Анализ экономической эффективности от применения композитов на нетканой основе для оборонно-промышленных и гражданских секторов экономики / Ю.М. Трещалин, В.В. Хамматова, М.Ю. Трещалин, А.М. Киселев// Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19, № 23. – С. 61-64.

26. Klust, G. Netting materials for fishing gear. – FAO, 1982. – 193 p.

27. Инновационные биоразлагаемые канаты для аквакультуры: Испанские ученые начали разработку нового экологически чистого материала. [Электронный

ресурс].

URL:

https://www.magazine.fish/news/akvakultura/v_ispanii_nachali_razrabotku_biorazlagayemykh_kanatov_dlya_akvakultury/ (дата обращения 12.03.2020).

28. Jiangao Shi, Wenwen Yu, Wenzhu Zhong, Yongli Liu, Lei Wang, Xiaoxue Chen, Wen Lu, Jieming Zhai A Study on the Tensile Mechanical Properties of HSPE Twisted Rope. Proceedings of the 2016 International Forum on Energy, Environment and Sustainable Development. Advances in Engineering Research. – 2016. – pp. 523-529.

29. H. Al-Oufi, E. McLean, A.S. Kumar, M. Claereboudt, M. Al-Habsi. The effects of solar radiation upon breaking strength and elongation of fishing nets. Fisheries Research. – V. 66. – N.1. – 2004. – pp. 115-119.

30. P. Wang Strength and strengthening of materials for rope applications. OIPEEC Conference – La Rochelle. – April 2017.

31. «Петроканат» представил шнур повышенной прочности для оснащения орудий лова. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.magazine.fish/news/promyslovoerybolovstvo/petrokanat_predstavil_shnur_povyshennoy_prochnosti_dlya_osnashcheniya_orudiy_lova/ (дата обращения 12.03.2020).

32. Перепелкин, К.Е. Химические волокна: развитие производства, методы получения, свойства, перспективы / К.Е. Перепелкин. – Санкт-Петербург: РИО СПбГУТД, – 2008. – 315 с.

33. Розенштейн, М.М. Механика орудий рыболовств / М.М. Розенштейн. – Калининград: Изд-во КГТУ, – 2000. – 362 с.

34. Насенков, П.В. Анализ разрывного оборудования для исследования рыболовных нитевидных материалов / П.В. Насенков // Материалы II Национальной заочной научно-технической конференции «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Р.Ф.». – Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз, – 2018. – С. 66-72.

35. Ломакина, Л.М. Технология постройки орудий лова / Л.М. Ломакина. – Москва: Лёг.ипищ. пром-сть, – 1984. – 207 с.
36. Shimadzu. [Электронный ресурс]. – URL:<https://www.shimadzu.ru/> (дата обращения 26.11.2018);
37. TIME High Technology Ltd. [Электронный ресурс]. – URL:<https://www.tgindt.com/> (дата обращения 26.11.2018);
38. Метротест. [Электронный ресурс]. – URL: <https://metrotest.ru/> (дата обращения 26.11.2018);
39. ГОСТ 28840-90 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1990, – 8 с.
40. ГОСТ 25552-82 Изделия крученые и плетеные. Методы испытаний. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 27 с.
41. ГОСТ 6611.2-73 Нитки текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 36 с.
42. Войниканис-Мирский, В.Н. Рыболовные материалы, сетные и такелажные работы / В.Н. Войниканис-Мирский. – Москва, 1985. – 183 с.
43. 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.
44. Линде, В.В. О некоторых физико-механических свойствах синтетических полиамидных волокон / В.В. Линде, А.А. Роговина // Текстильная промышленность, 1950. – №12. – С.23-25.
45. ГОСТ 10878-70 Материалы текстильные. Линейная плотность в единицах текс и основной ряд номинальных линейных плотностей. – Москва: Издательство стандартов, 1988. – 5 с.
46. Перепелкин, К.Е. Химические волокна: методы получения, свойства, применение / К.Е. Перепелкин. – Москва: Химия, 1985. – С. 208.

47. Осовская, И.И. Химические волокна Комплексное использование древесины: природные и химические волокна: учебное пособие. / И.И. Осовская. – СПбГУПТД ВШТЭ.СПб., – 2020. – 96 с.

48. К вопросу теоретического исследования характеристик нитевидно и канатно-веревочных рыболовных материалов / А.А. Недоступ, П.В. Насенков, А.О. Ражев, А.А. Аникин [и др.] // Материалы национальной научно-технической конференции «Научно-практические вопросы регулирования рыболовства». – Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз, – 2019. – С. 41-45.

49. Постановка динамической задачи исследования физико-механических свойств нитевидно-веревочных изделий / А.А. Недоступ, П.В. Насенков, А.О. Ражев, А.А. Аникин [и др.]. // X Национальная (всероссийская) научно-практическая конференция «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, – 2019. – С. 93-95.

50. Насенков, П.В. Испытание нитевидно-веревочных изделий в лаборатории рыболовных материалов "Дальрыбвтуза" / П.В. Насенков, А.А. Недоступ // Материалы VI Международного Балтийского морского форума 3-6 сентября 2018 года [Электронный ресурс]: в 6 т. – Т. 2: «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии», VI Международная научная конференция. – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – С. 396-399.

51. Насенков, П.В. Исследование физико-механических свойств нитевидно-веревочных изделий / П.В. Насенков // Материалы III научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, с международным участием, посвященной 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина. «Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире». – Москва: Изд-во ВНИРО, – 2018. – С. 115.

52. 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.

53. 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.

54. Обоснование правил подобия физико-механических свойств нитевиднo-веревочных изделий при динамической постановке задачи / А.А. Недоступ, П.В. Насенков, А.О. Ражев, А.А. Аникин [и др.] // X Национальная (всероссийская) научно-практическая конференция «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, – 2019. – С. 96-99.

55. Nedostup A., Nasenkov P., Razhev A., Konovalova K., Nikiforova M., Naumov V. The study of the elasticity of filamentous synthetic fishing materials // 14th International workshop - Methods for the Development and Evaluation of Maritime Technologies DEMAT 2019. V.11. 2019. Turkey. Izmir. – 2019. – P. 153-160.

56. Nedostup A., Nasenkov P., Razhev A., Naumov V. Research of physical and mechanical properties of thread-rope fishing materials // 14th International workshop - Methods for the Development and Evaluation of Maritime Technologies DEMAT 2019. V.11. 2019. Turkey. Izmir. – 2019. – P. 131-138.

57. К обоснованию правил подобия разрывной нагрузки рыболовных материалов / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков, К.В. Коновалова [и др.] // Материалы VII Международного Балтийского морского форума 7-12 октября 2019 года [Электронный ресурс]: в 6 т. – Т. 2: «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии», VII Международная научная конференция. – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», – 2019. – С. 281-284.

58. 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.

59. ООО «Челябинский канатно-веревочный завод». [Электронный ресурс]. – URL: http://shnury.ru/catalog/kronnie_ropes_rope_lay (дата обращения: 11.10.2019);

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

61. Насенков, П.В. Коэффициент Пуассона для рыболовных материалов / П.В. Насенков // Балтийский морской форум: материалы IX Международного Балтийского морского форума: в 6 т. – Калининград, 04-09 октября 2021 года. – Калининград: Обособленное структурное подразделение "Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Калининградский государственный технический университет", 2021. – Т. 2. – С. 358-363.

62. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: в 5 т. / Д.В. Сивухин. – Москва: Физматлит, – 2005. – Т.1. – 560 с.

63. Федосеев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Федосеев. – Москва: МГТУ, – 2003. – 592 с.

64. Гольдштейн, Р.В. Об отрицательности коэффициента Пуассона для анизотропных материалов / Р.В. Гольдштейн, В.А. Городцов, Д.С. Лисовенко // Доклады академии наук. Механика. – 2009. – Т. 429, № 5. – С. 614–616.

65. Ting, T.C.T. // Quart. J. Mech. Appl. Math. - 2005. -V. 58. №1. - P. 73-82;

66. Насенков, П.В. Экспериментальное исследование физико-механических свойств нитевидно-веревочных изделий / П.В. Насенков // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы V Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток, – 2018. – С. 144–147.

67. Наумов, В.А. Прикладная математика: учеб.пособие по решению профессиональных задач в среде MathCad / В.А. Наумов. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2014. – 144 с.

68. Насенков, П.В. Экспериментальные исследования разрывного усилия и относительного удлинения рыболовных веревочно-нитевидных изделий с различной скоростью разрыва и длиной исследуемых образцов / П.В. Насенков, А.А. Недоступ, В.А. Наумов // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2020. – № 58. – С. 35-48.

69. Недоступ, А.А. Механика канатно-веревочных и нитевидных изделий / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков, К.В. Коновалова // VIII международная конференция проблемы механики современных машин: Сборник статей конференции, оз. Байкал, 04-09 июля 2022 года. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, – 2022. – С. 521-527

70. Испытания прочности канатов из полимерных материалов / Н.Л. Великанов, В.А. Наумов, Л.В. Примак, И.М. Ахмедов // Механизация строительства. – 2017. – Т. 78, № 4. – С. 30–35.

71. Макаров, А.Г. Вариант прогнозирования процессов деформирования синтетических нитей / А.Г. Макаров, А.М. Сталевич // Химические волокна. – № 4. – 2001. – С. 67–69.

72. Определение деформационных характеристик синтетических нитей в условиях переменной температуры / А.В. Демидов, А.Г. Макаров, А.М. Сталевич // Химические волокна. – № 3. – 2006. – С. 58–61.

73. Демидов, А.В. Компьютерное исследование вязкоупругости полимерных материалов / А.В. Демидов, А.Г. Макаров, А.М. Сталевич // Химические волокна. – № 5. – 2006. – С. 38-43.

74. Демидов, А.В. Вариант прогнозирования деформационных процессов полимерных материалов / А.В. Демидов, А.Г. Макаров, А.М. Сталевич // Материаловедение. – № 8. – 2006. – С. 5-10.

75. Критерии надежности прогнозирования вязкоупругости полимерных материалов / А.Г. Макаров, С.В. Киселев, С.В. Рыбачук, В.С. Зурахов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2011. – Т. 11, № 1. – С. 56-60.

76. 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. С. 124-136.

77. Недоступ, А.А. Физическое подобие процесса разрыва рыболовных волокнистых материалов / А.А. Недоступ, П.В. Насенков, Ю.С. Пивоварова // Сборник статей по материалам I Международной научно-практической конференции «Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований». – Новосибирск: СибАК, 2022. – №4 (42). – С. 79-84.

78. Обоснование правил подоби́я разрывной нагрузки рыболовных крученых изделий / А.А. Недоступ, П.В. Насенков, А.О. Ражев, К.В. Коновалова [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2020. – № 1. – С. 38-45.

79. Недоступ, А.А. Анализ нагружений и формоизменений крученых рыболовных ниток и веревок / А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков // Материалы VI Международной научно-технической конференции "Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана". – Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз, 2020. – С. 127-130.

80. Недоступ, А.А. Экспериментальные исследования характеристик крученых рыболовных материалов / А.А. Недоступ, П.В. Насенков // Труды ВНИРО. – 2024. – Т. 198. – С. 123-129.

81. Долин, Г.М. Планирование экспериментов в промышленном рыболовстве: учеб.пособие / Г.М. Долин. – Калининград: КГТУ, 1996. – 119 с.

82. Недоступ, А.А. Создание правил мультифизического подоби́я тралового комплекса / А.А. Недоступ, А.О. Ражев // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 1-1(51). – С. 132-138.

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Определение фактического диаметра образцов

Таблица П.А. 1 – Диаметр образцов из ПА 187 Текс

ПА 187 Текс			
Номинальный диаметр, мм	1,1	2,0	3,1
Номер испытаний	Экспериментальный диаметр, мм		
1	1,0	2,0	3,0
2	1,2	2,1	3,1
3	1,1	1,9	3,2
4	1,1	2,0	3,1
5	1,0	2,1	3,2
6	1,2	2,0	3,2
7	1,1	2,0	3,2
8	1,1	2,1	3,2
9	1,2	2,1	3,1
10	1,1	2,0	3,0
Среднее арифметическое значение ($\overline{M}_{изм}$)	1,12	2,03	3,12
Среднее квадратическое отклонение ($S_{\overline{M}_{изм}}$)	0,020	0,021	0,025
Случайная погрешность ($\Delta_{\overline{M}}$)	0,045	0,048	0,056
Суммарная погрешность ($\Delta_{\overline{M}_{изм}}$)	0,045	0,048	0,056
Относительная погрешность (Δ), %	4,05	2,38	1,81

Таблица П.А. 2 – Диаметр образцов из ПП 187 Текс

ПП 187 Текс				
Номинальный диаметр, мм	1,1	2,0	3,1	4,0
Номер испытаний	Экспериментальный диаметр, мм			
1	1,1	2,0	3,1	4,1
2	1,0	2,1	3,0	4,0
3	1,1	2,1	3,2	4,0
4	1,0	2,0	3,1	4,
5	1,1	2,0	3,0	4,1
6	1,2	2,0	3,1	4,0
7	1,1	2,0	3,1	4,0
8	1,1	2,1	3,0	4,1
9	1,0	2,0	3,2	3,9
10	1,2	2,1	3,1	4,0
Среднее арифметическое значение ($\overline{M}_{изм}$)	1,09	2,04	3,09	4,02
Среднее квадратическое отклонение ($S_{\overline{M}_{изм}}$)	0,023	0,016	0,023	0,020
Случайная погрешность ($\Delta_{\overline{M}}$)	0,053	0,037	0,053	0,045
Суммарная погрешность ($\Delta_{\overline{M}_{изм}}$)	0,053	0,037	0,053	0,045
Относительная погрешность (Δ), %	4,85	1,82	1,71	1,13

Таблица П.А. 3 – Диаметр образцов из ПП 187 Текс

ПЭФ 93,5 Текс				
Номинальный диаметр, мм	1,1	2,0	3,1	4,0
Номер испытаний	Экспериментальный диаметр, мм			
1	1,1	2,0	3,1	3,9
2	1,1	2,1	3,1	4,0
3	1	2,1	3,0	4,0
4	1,1	2,0	3,1	4,0
5	1,1	2,0	3,0	4,1
6	1,2	1,9	3,1	4,1
7	1	2,0	3,1	4,0
8	1	2,1	3,0	4,0
9	1,1	1,9	3,1	4,1
10	1,1	2,0	3,1	4,1
Среднее арифметическое значение ($\bar{M}_{изм}$)	1,08	2,01	3,07	4,03
Среднее квадратическое отклонение ($S_{\bar{M}_{изм}}$)	0,020	0,023	0,015	0,021
Случайная погрешность ($\Delta_{\bar{M}}$)	0,045	0,053	0,035	0,048
Суммарная погрешность ($\Delta_{\bar{M}_{изм}}$)	0,045	0,053	0,035	0,048
Относительная погрешность (Δ), %	4,20	2,63	1,13	1,20

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Графические зависимости с детальным процессом
испытания**

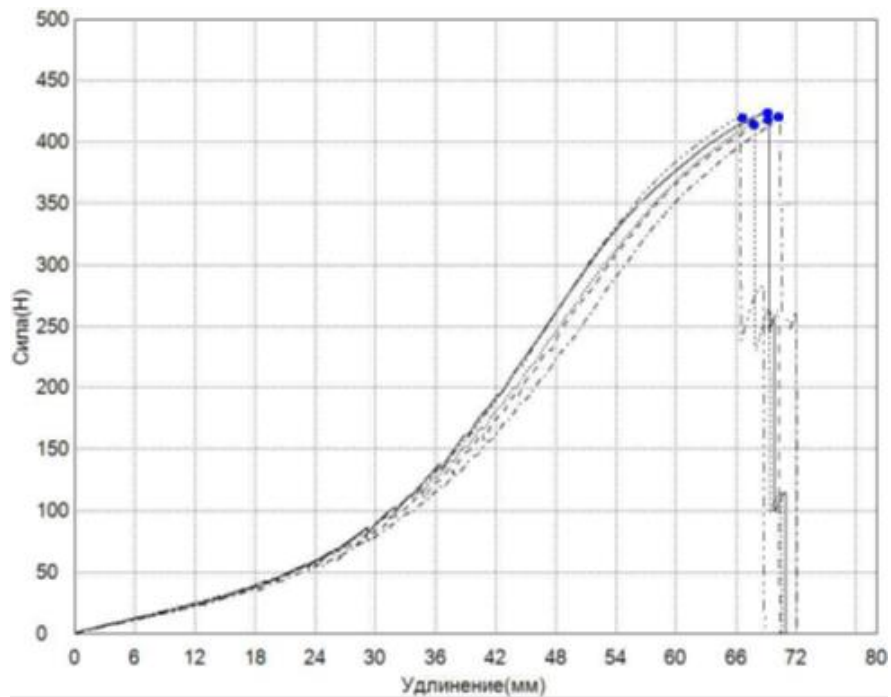


Рисунок П.Б. 1 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 1,1$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 10 см/мин

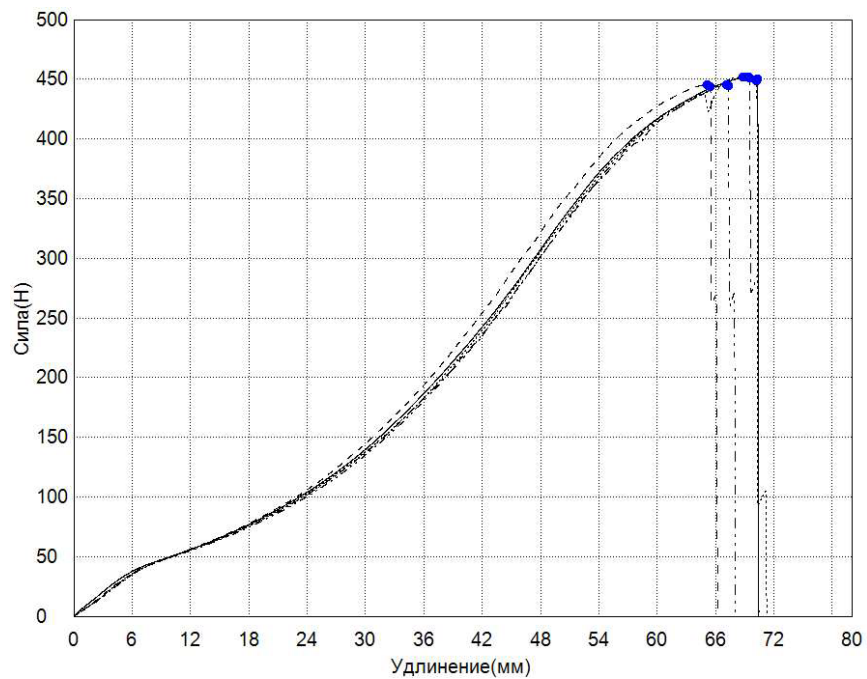


Рисунок П.Б. 2 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 1,1$ мм (в сухом виде), длина 100 мм, скорость 10 см/мин

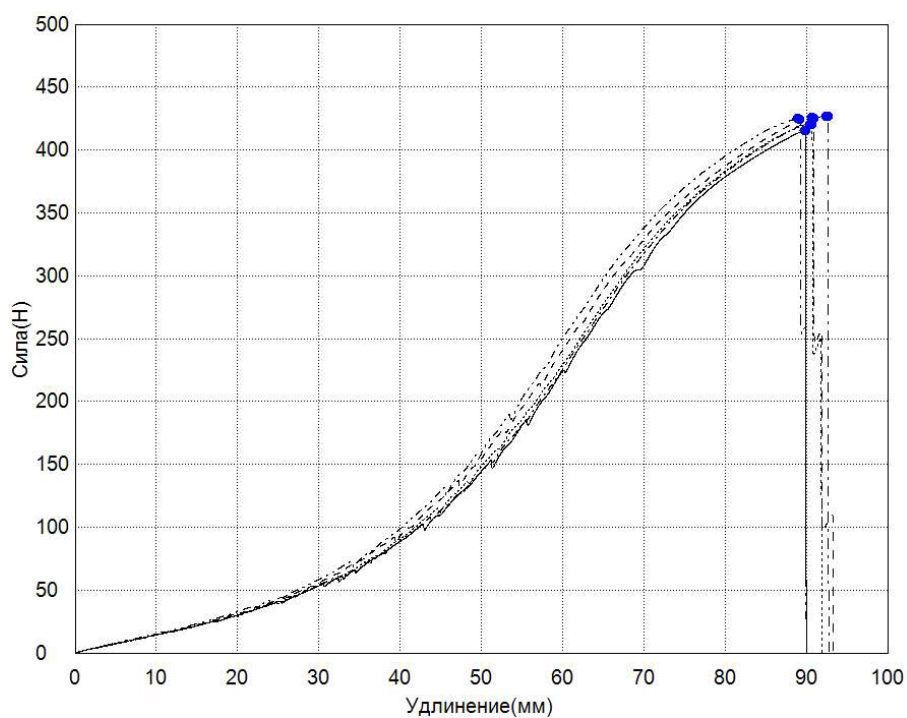


Рисунок П.Б. 3 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d = 1,1$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 10 см/мин

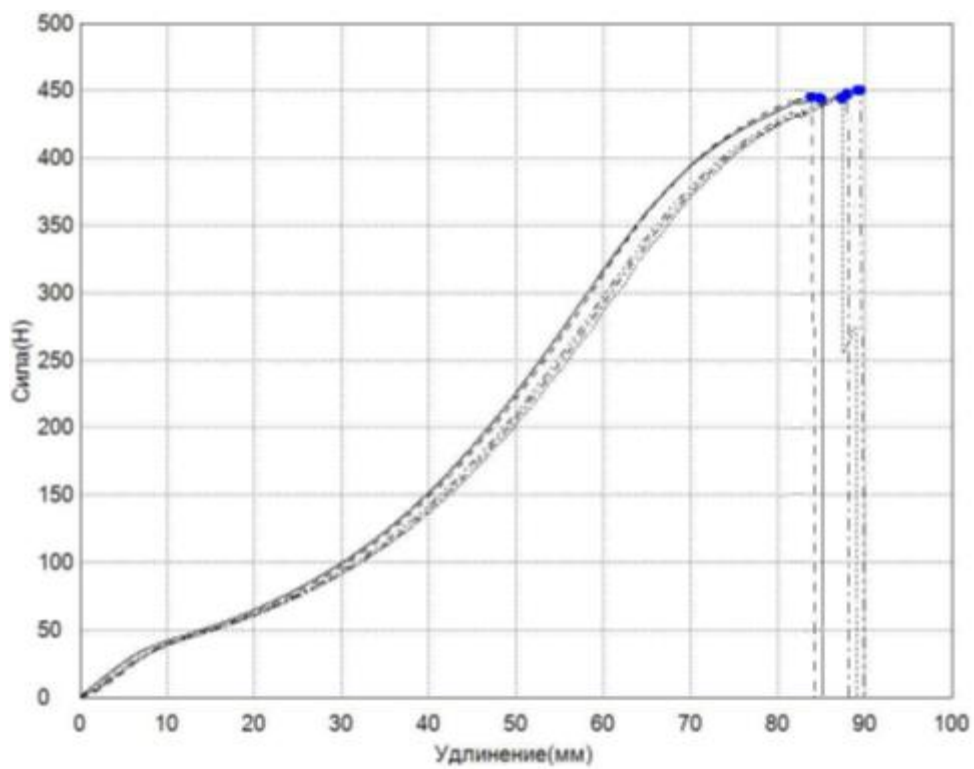


Рисунок П.Б. 4 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d = 1,1$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 10 см/мин

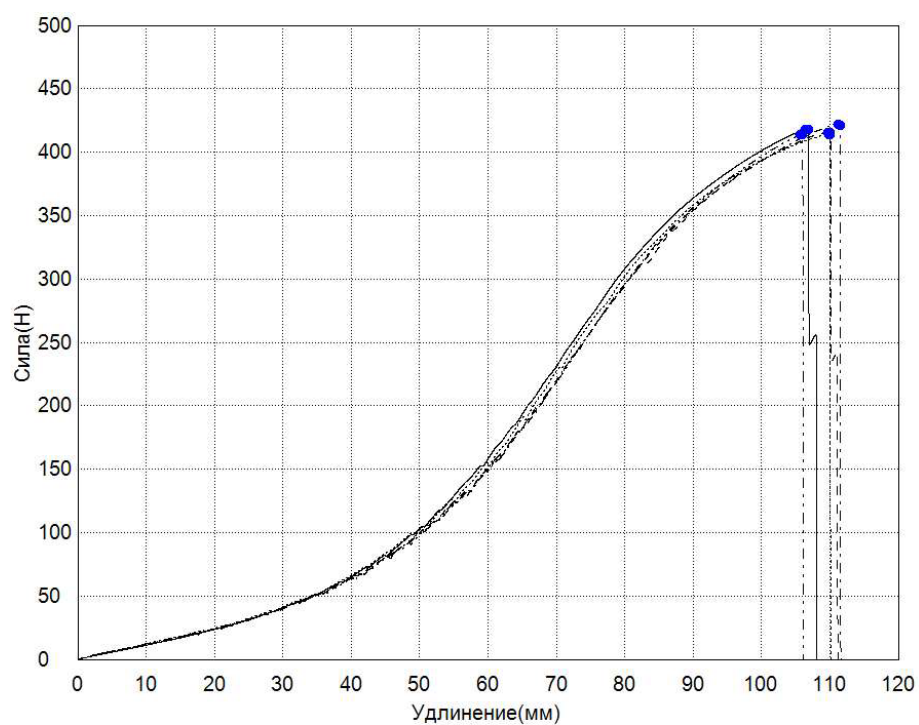


Рисунок П.Б. 5 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 1,1$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 10 см/мин

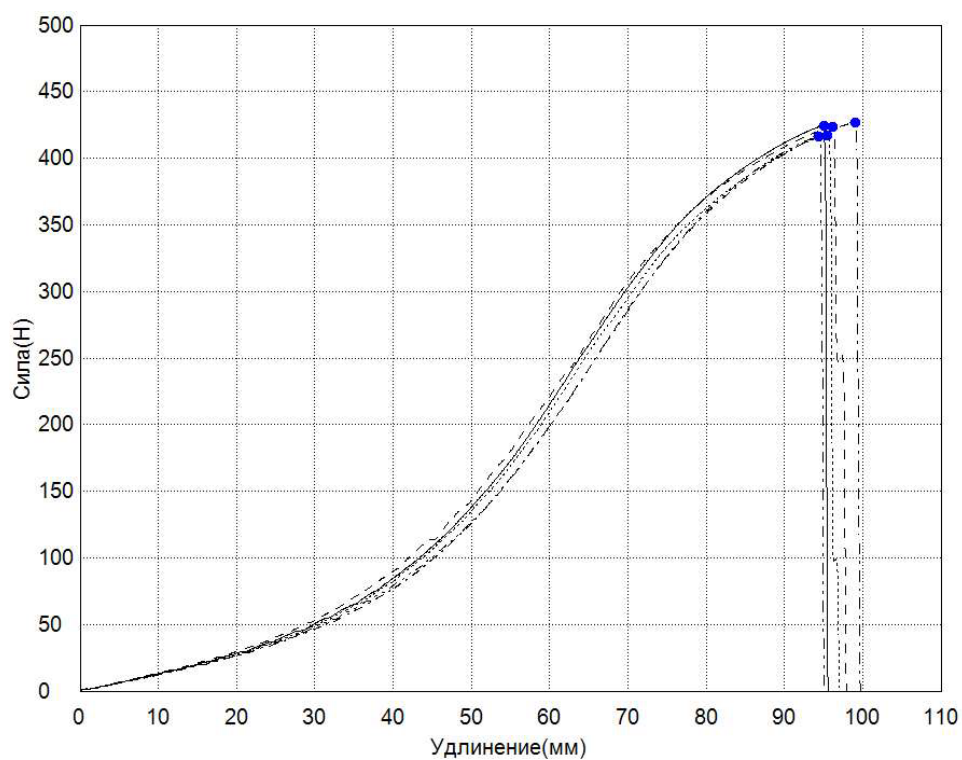


Рисунок П.Б. 6 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 1,1$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 50 см/мин

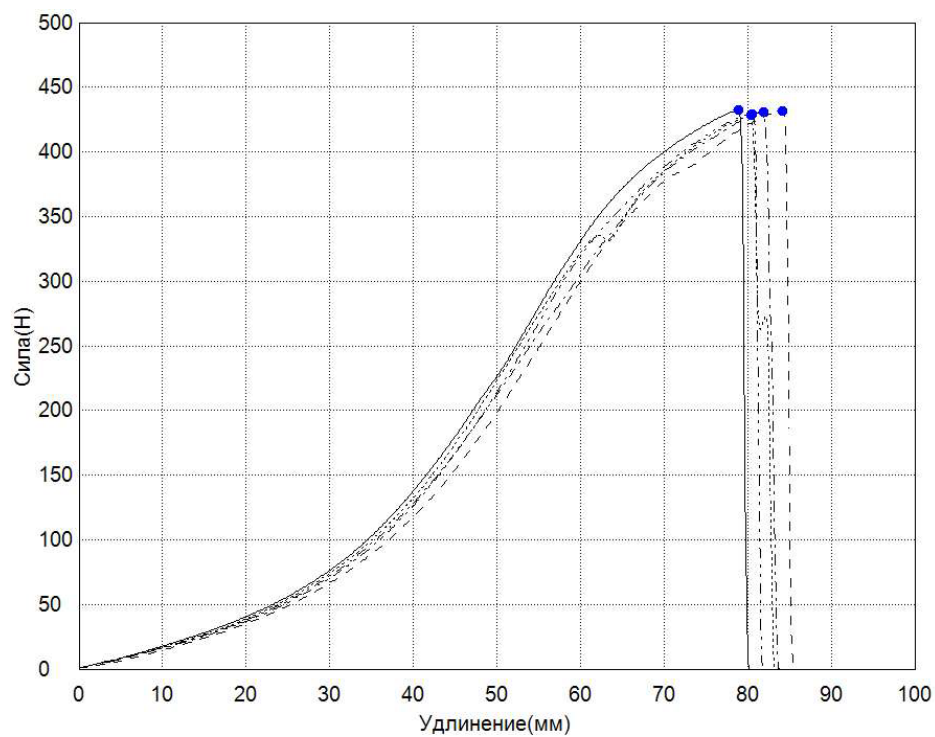


Рисунок П.Б. 7 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 1,1$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 100 см/мин

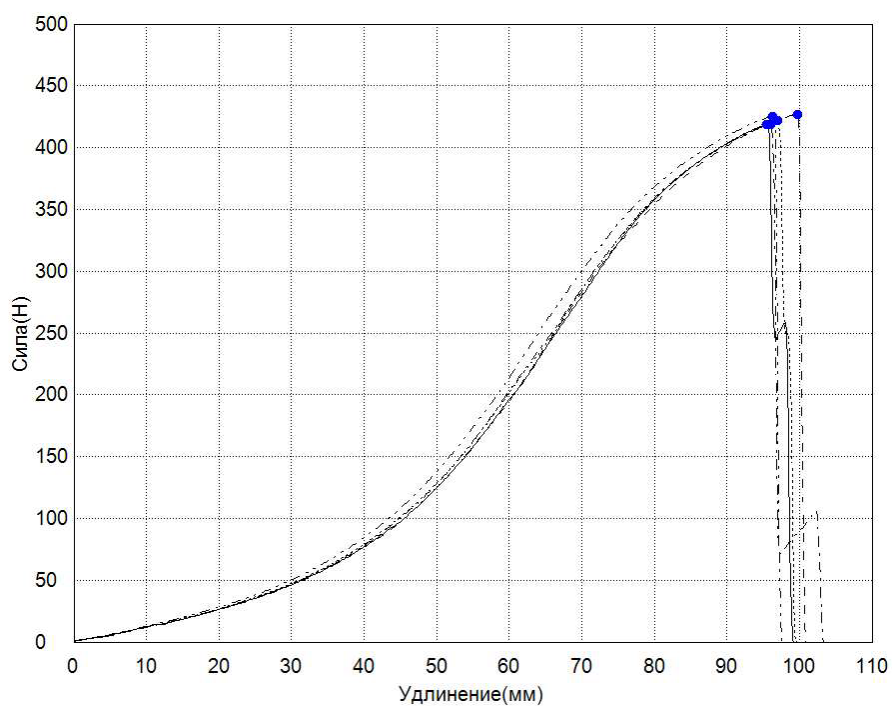


Рисунок П.Б. 8 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 1,1$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 100 см/мин

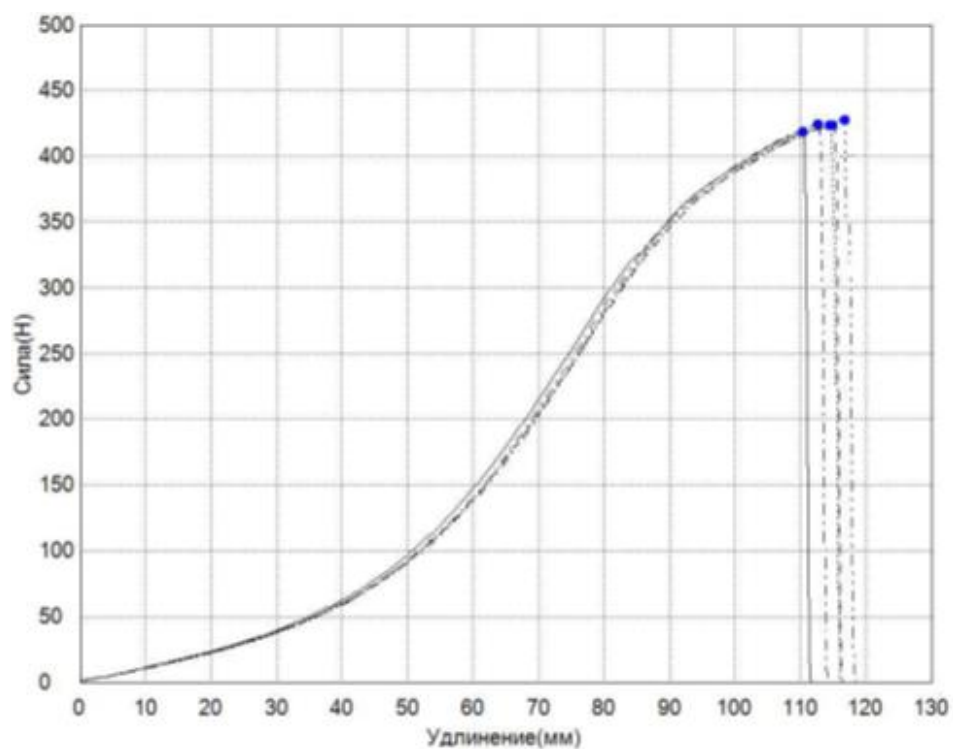


Рисунок П.Б. 9 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d = 1,1$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 100 см/мин

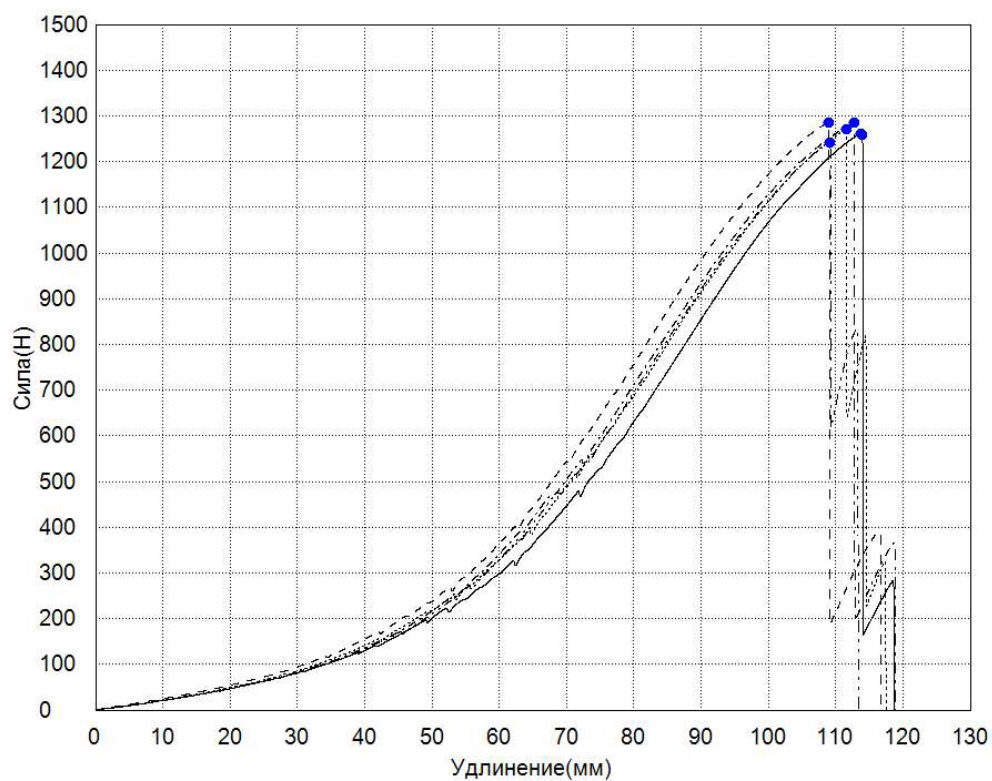


Рисунок П.Б. 10 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d = 2,0$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 10 см/мин

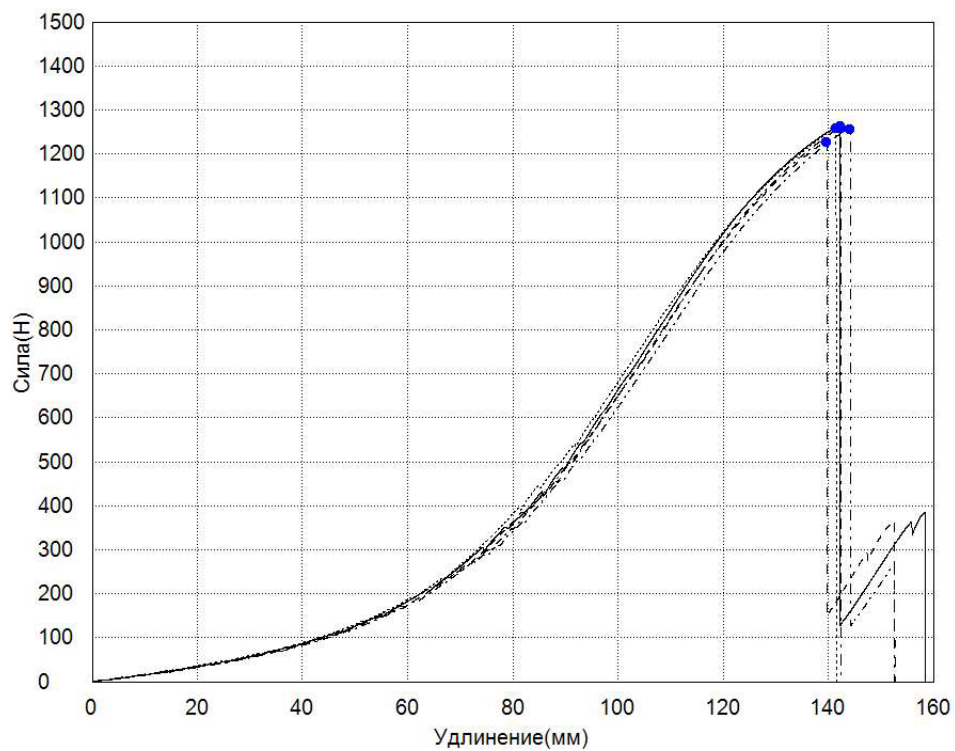


Рисунок П.Б. 11 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d = 2,0$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 10 см/мин

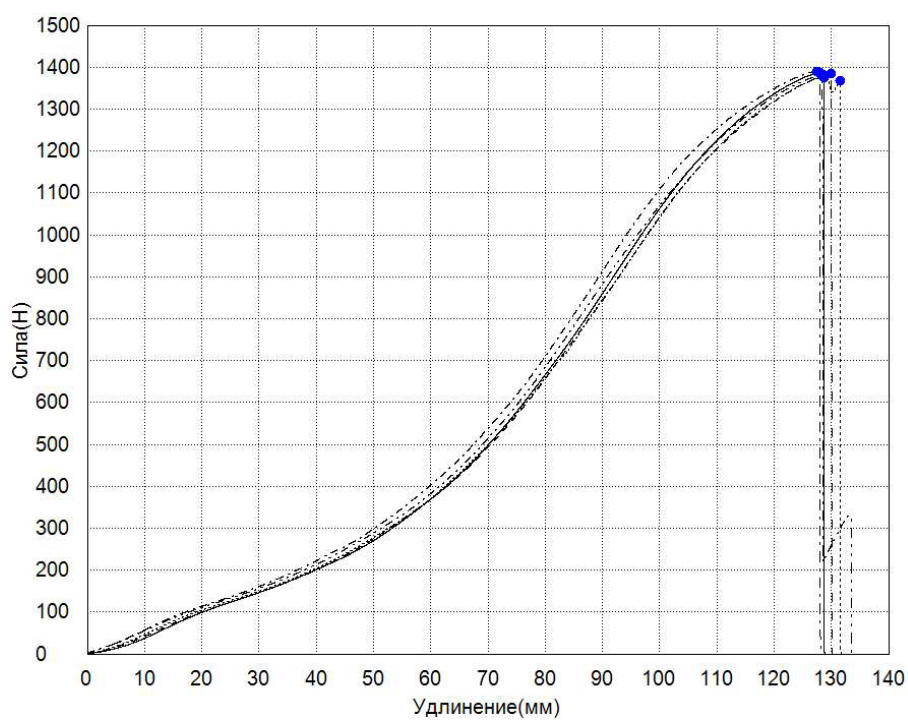


Рисунок П.Б. 12 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d = 2,0$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 10 см/мин

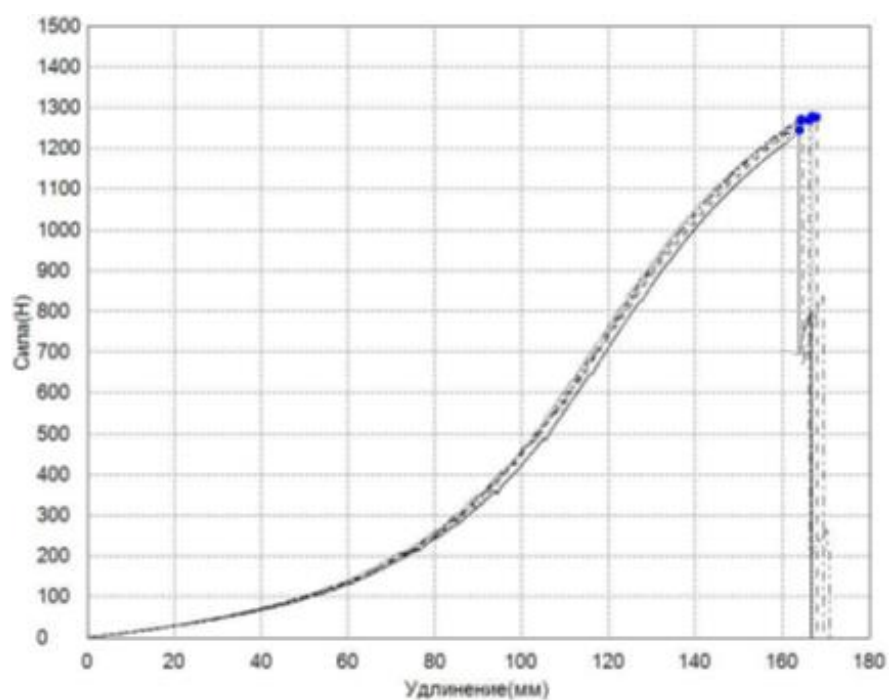


Рисунок П.Б. 13 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 2,0$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 10 см/мин

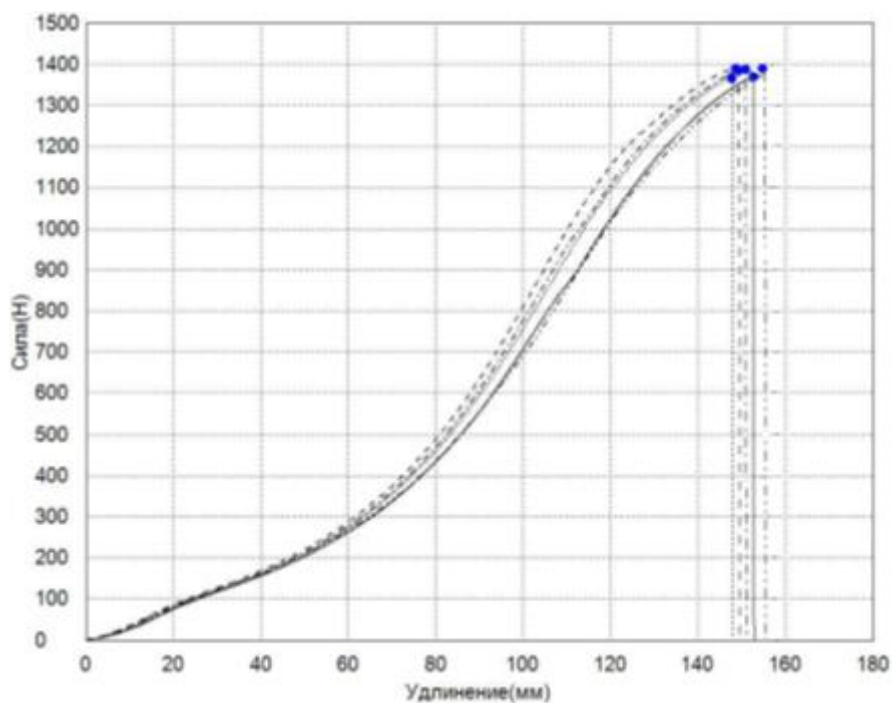


Рисунок П.Б. 14 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 2,0$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 10 см/мин

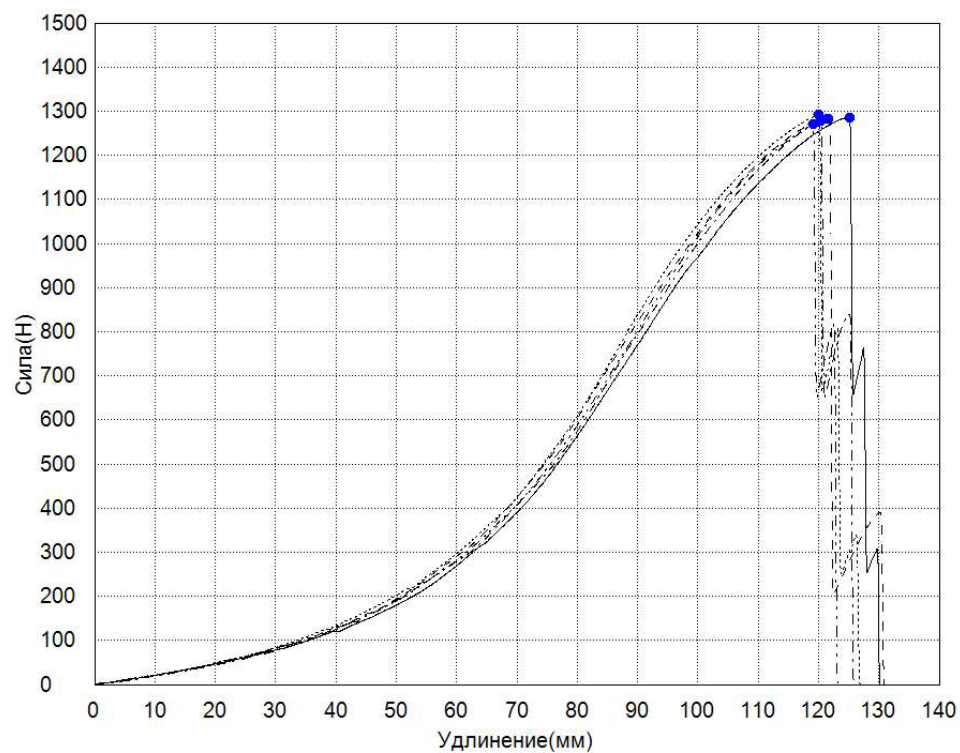


Рисунок П.Б. 15 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 2,0$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 50 см/мин

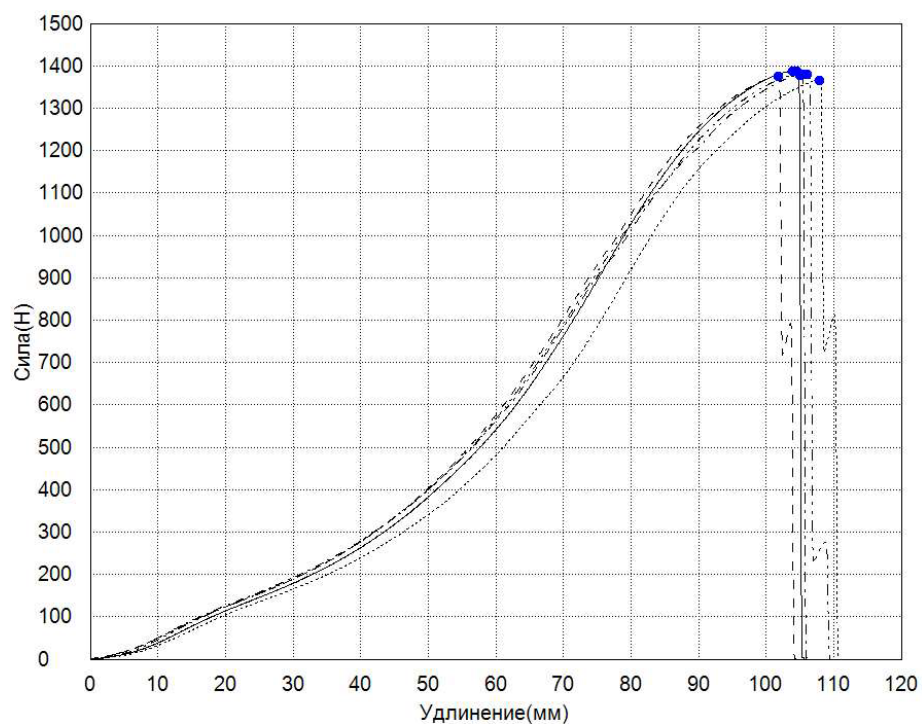


Рисунок П.Б. 16 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 2,0$ мм (в сухом виде), длина 100 мм, скорость 50 см/мин

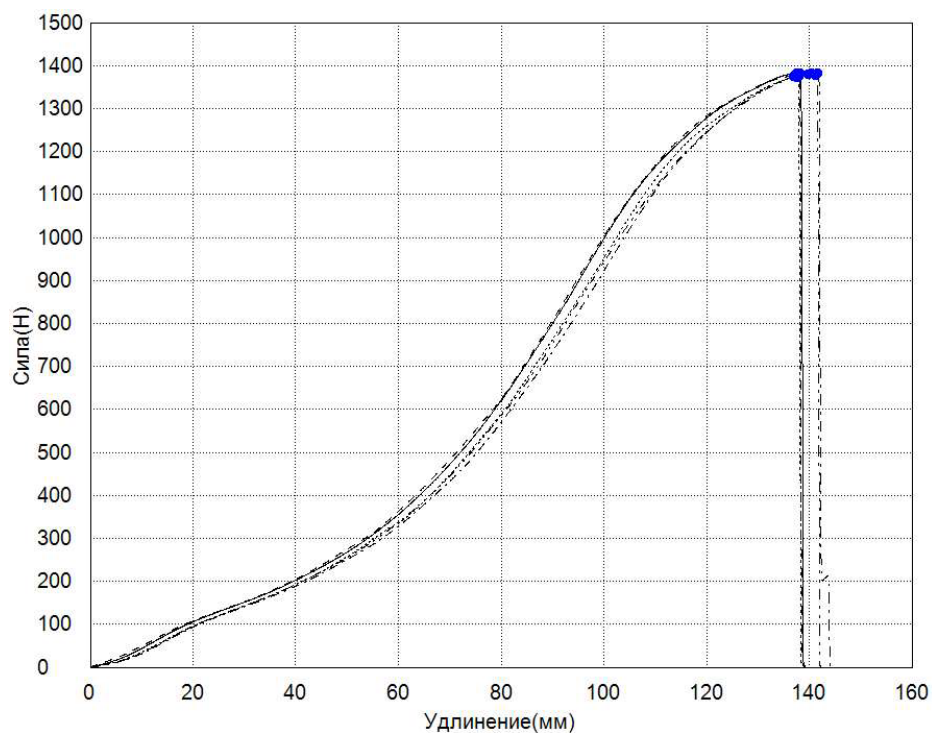


Рисунок П.Б. 17 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс

$d - 2,0$ мм (в сухом виде), длина 1750 мм, скорость 50 см/мин

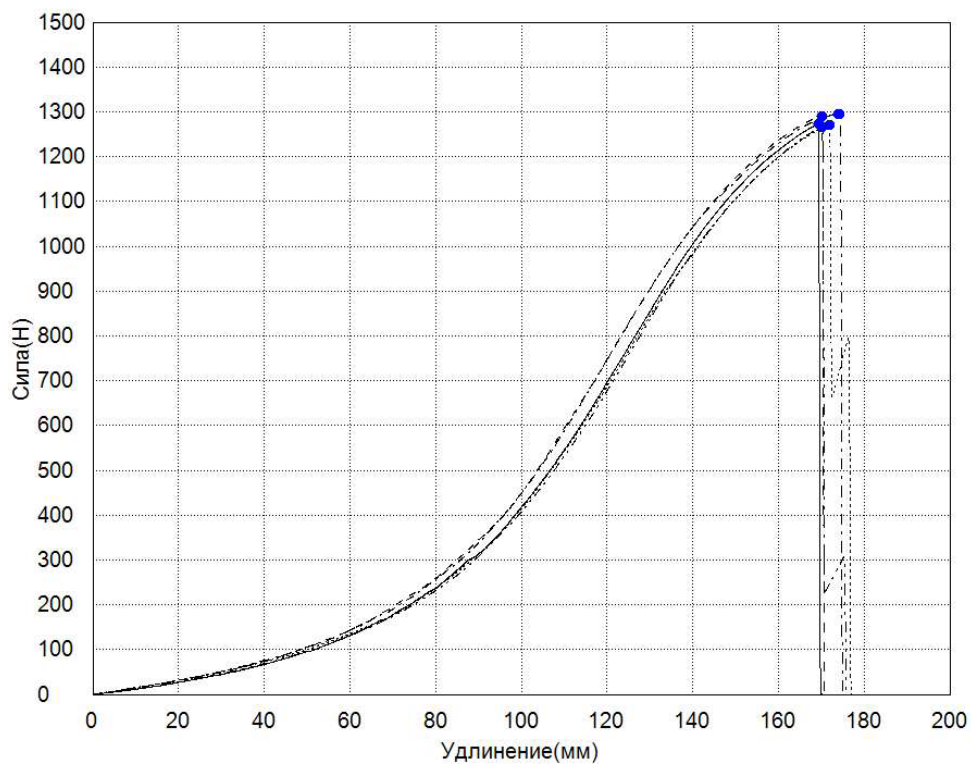


Рисунок П.Б. 18 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс

$d - 2,0$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 50 см/мин

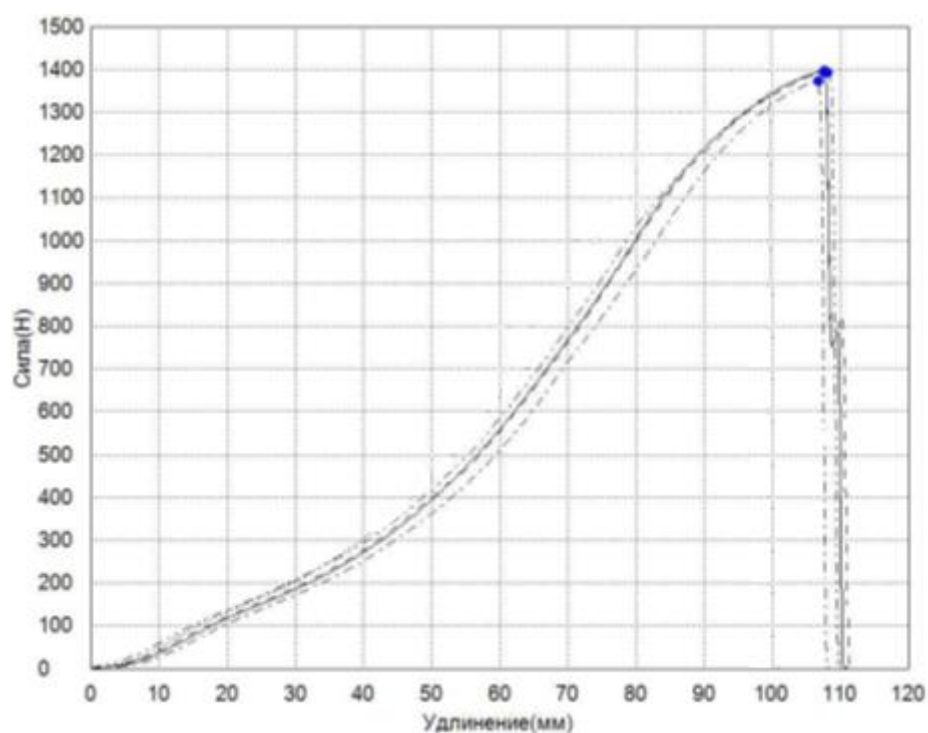


Рисунок П.Б. 19 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d = 2,0$ мм (в сухом виде), длина 100 мм, скорость 100 см/мин

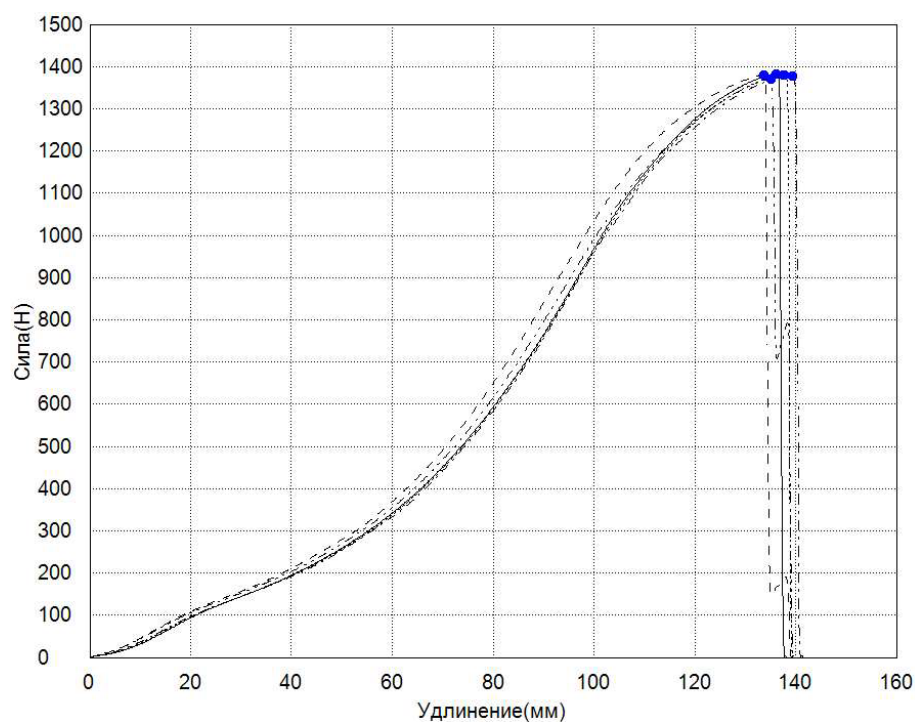


Рисунок П.Б. 20 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d = 2,0$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 100 см/мин

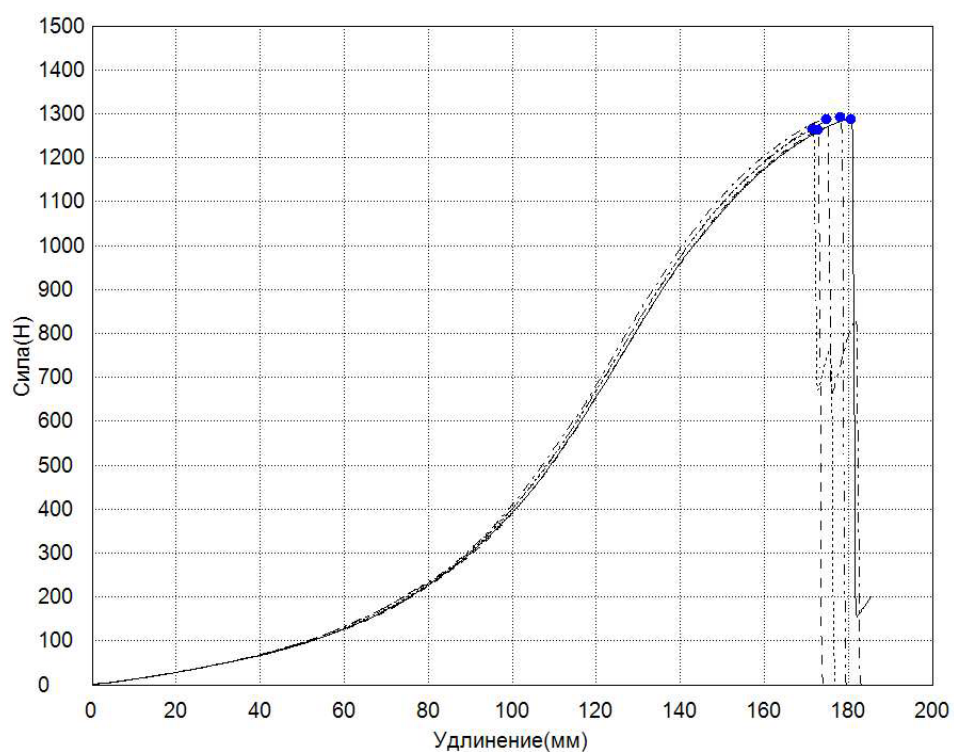


Рисунок П.Б. 21 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 2,0$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 100 см/мин

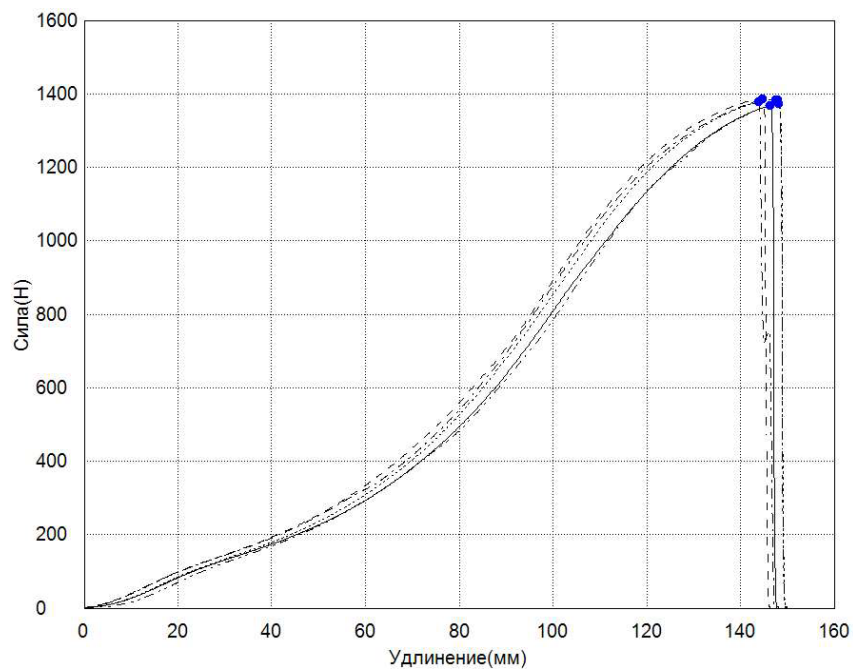


Рисунок П.Б. 22 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 2,0$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 100 см/мин

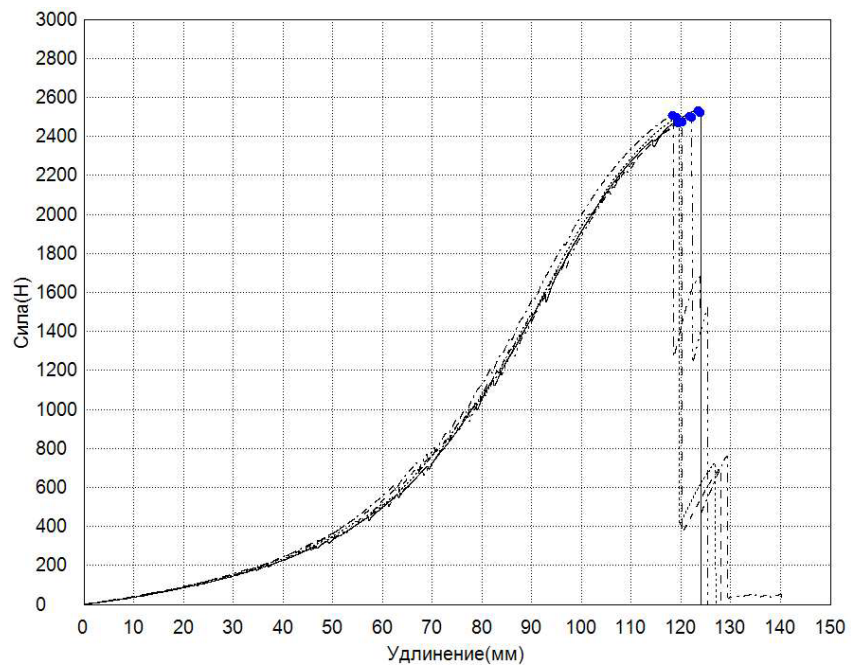


Рисунок П.Б. 23 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 3,1$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 10 см/мин

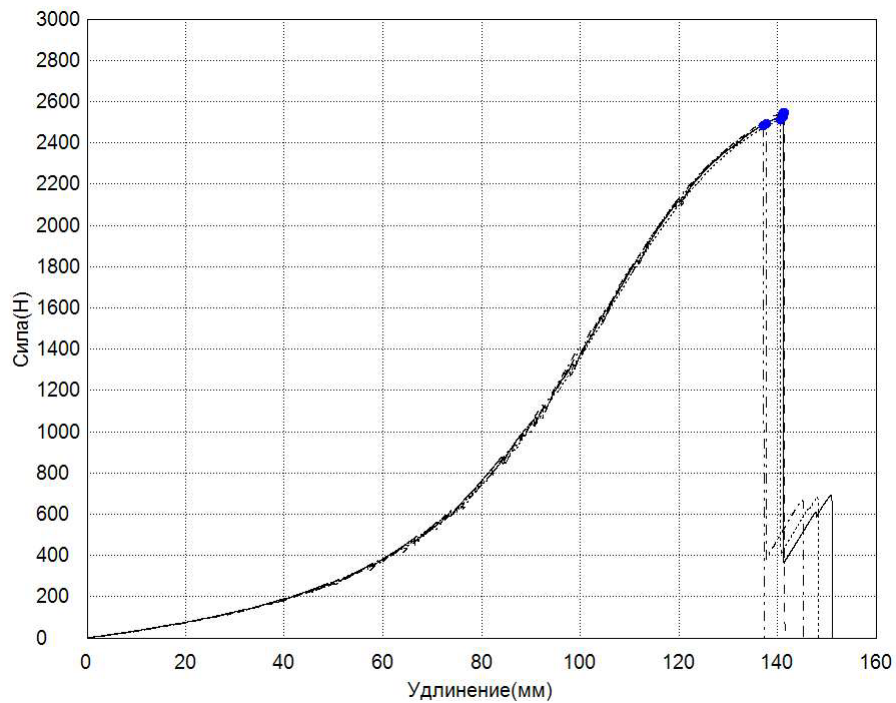


Рисунок П.Б. 24 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 3,1$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 10 см/мин

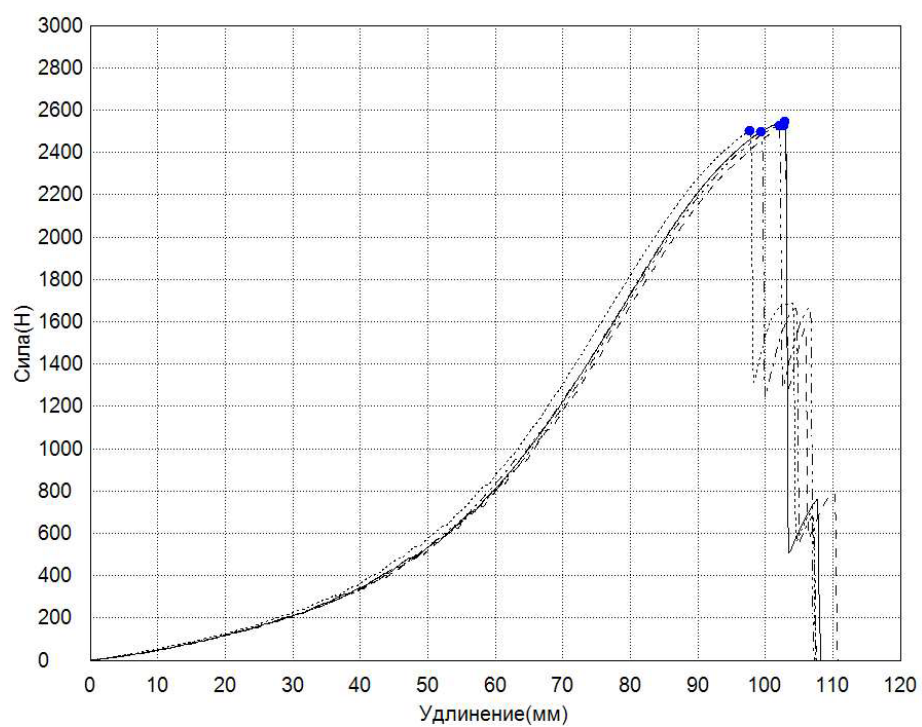


Рисунок П.Б. 25 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 3,1$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 50 см/мин

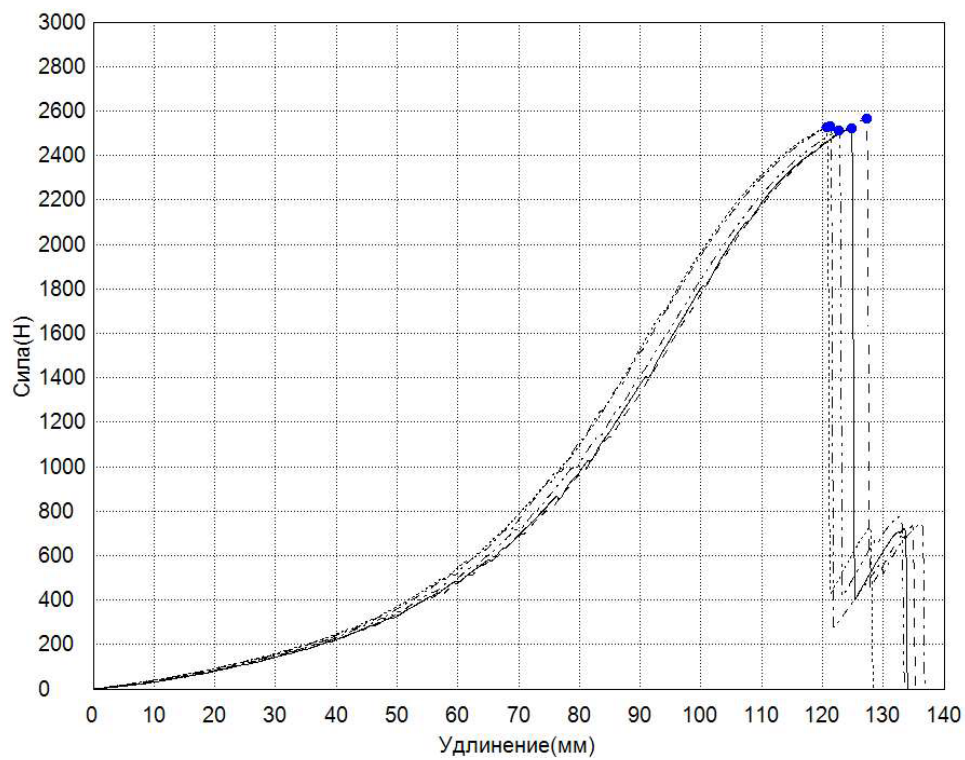


Рисунок П.Б. 26 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 3,1$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 50 см/мин

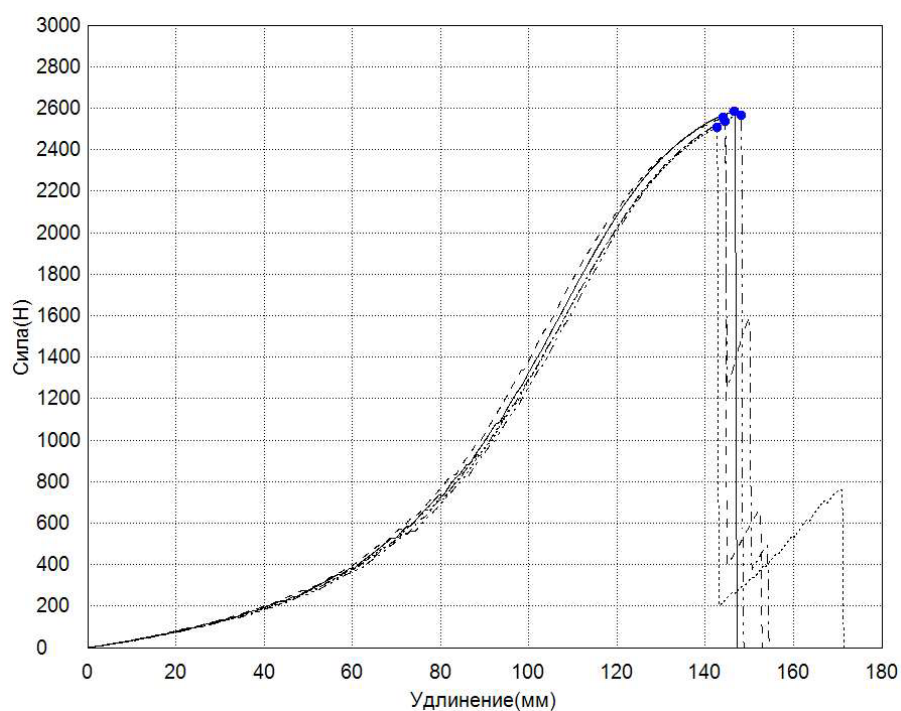


Рисунок П.Б. 27 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 3,1$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 50 см/мин

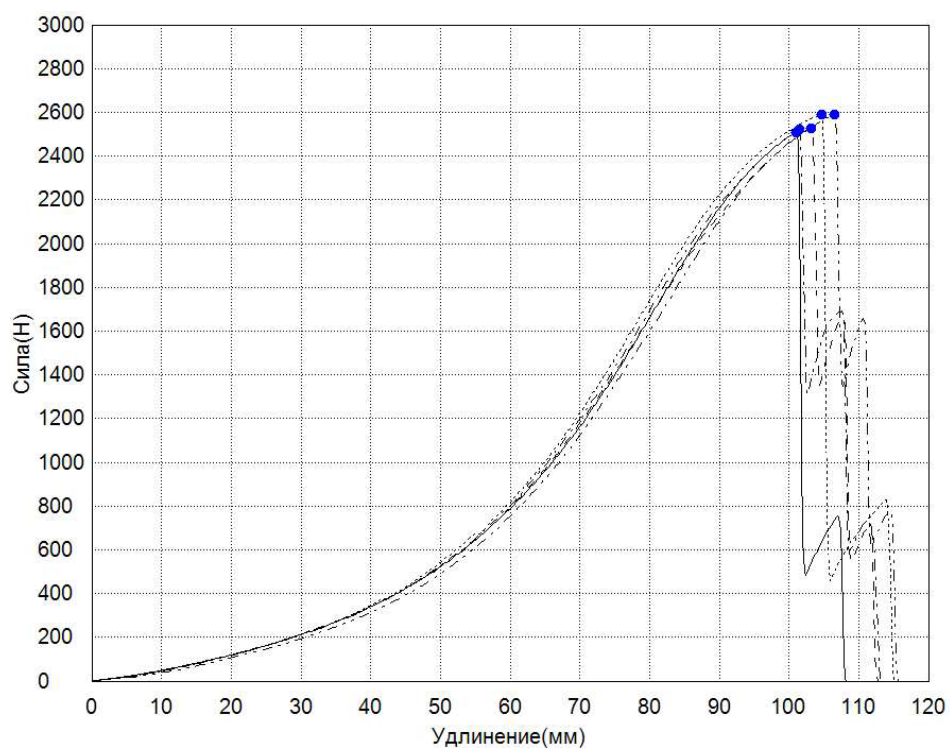


Рисунок П.Б. 28 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 3,1$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 100 см/мин

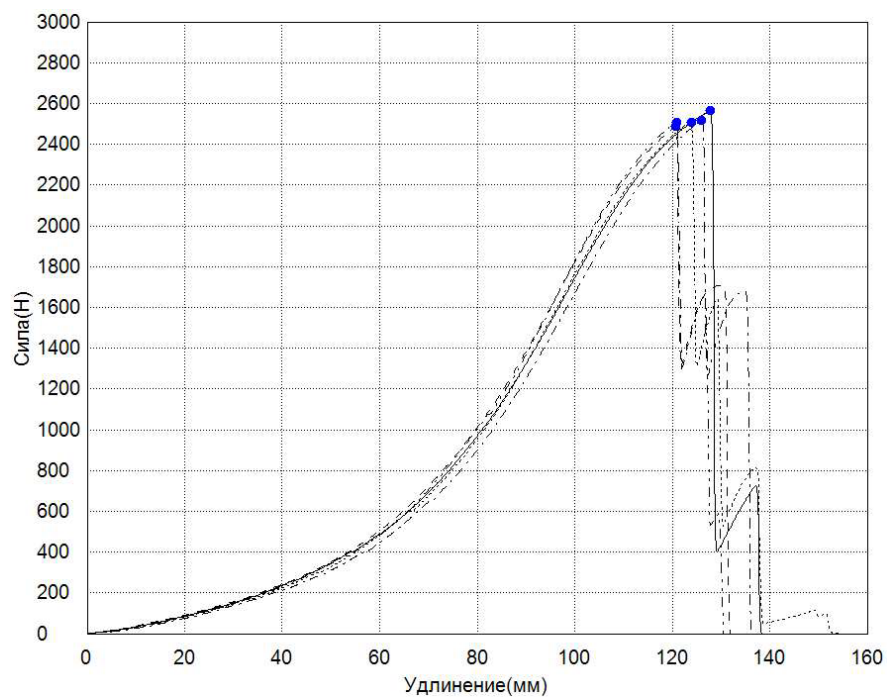


Рисунок П.Б. 29 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПА 187 Текс
 $d - 3,1$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 100 см/мин

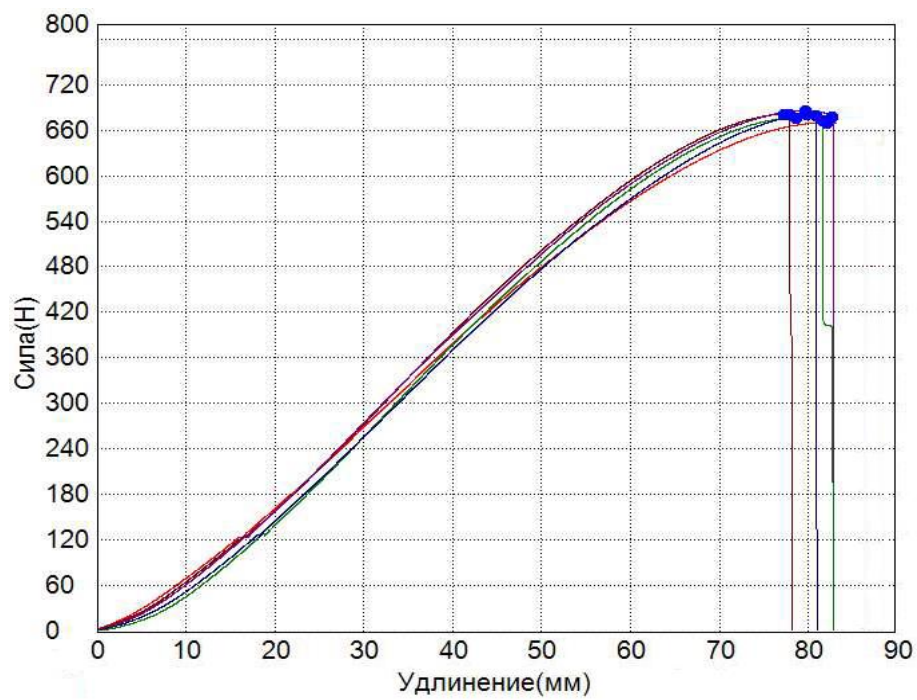


Рисунок П.Б. 30 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d - 2,0$ мм (в сухом виде), длина 100 мм, скорость 10 см/мин

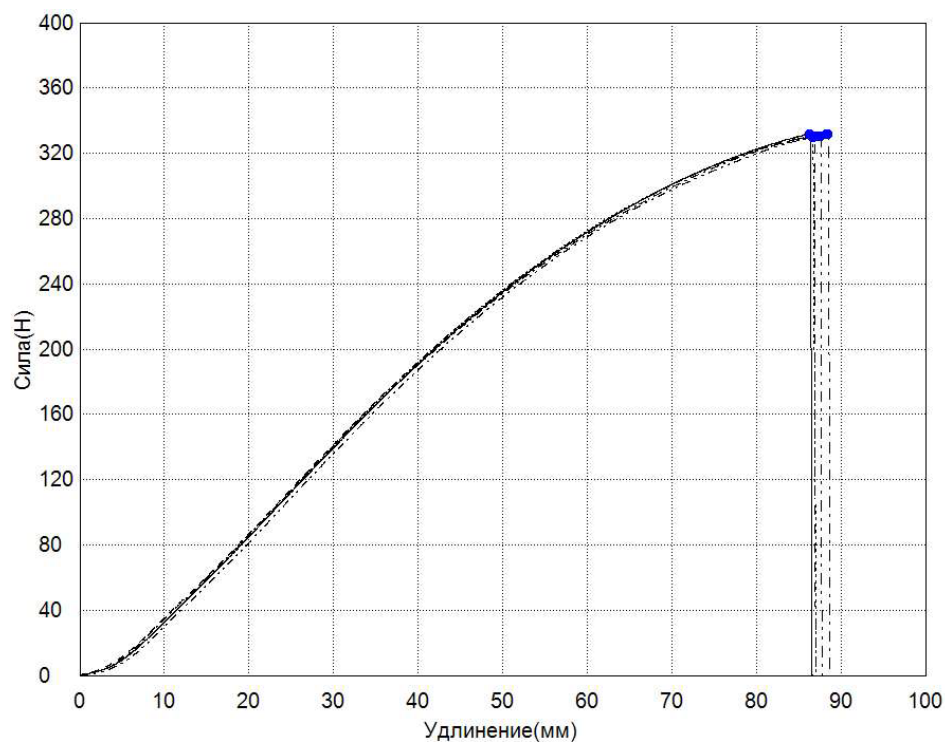


Рисунок П.Б. 31 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d = 1,1$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 10 см/мин

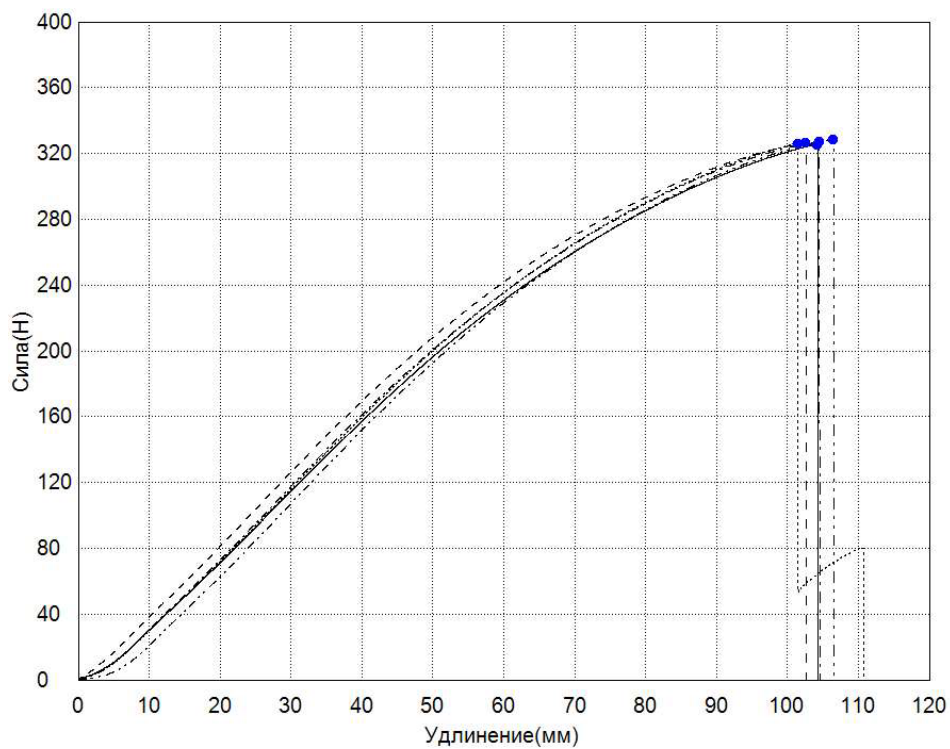


Рисунок П.Б. 32 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d = 1,1$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 10 см/мин

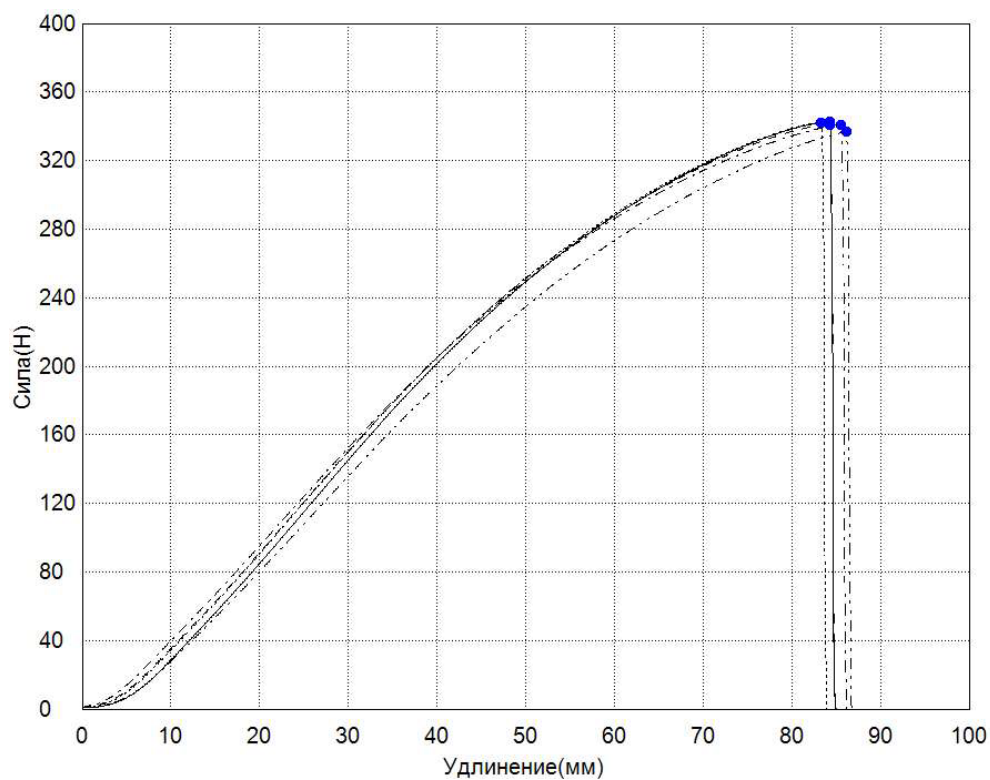


Рисунок П.Б. 33 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d - 1,1$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 50 см/мин

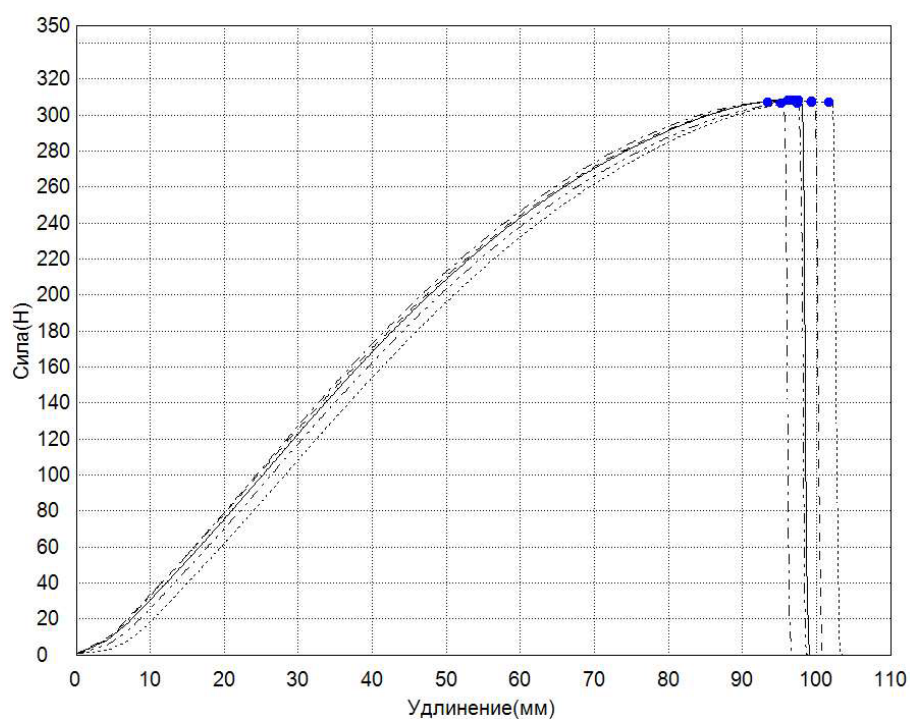


Рисунок П.Б. 34 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d - 1,1$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 100 см/мин

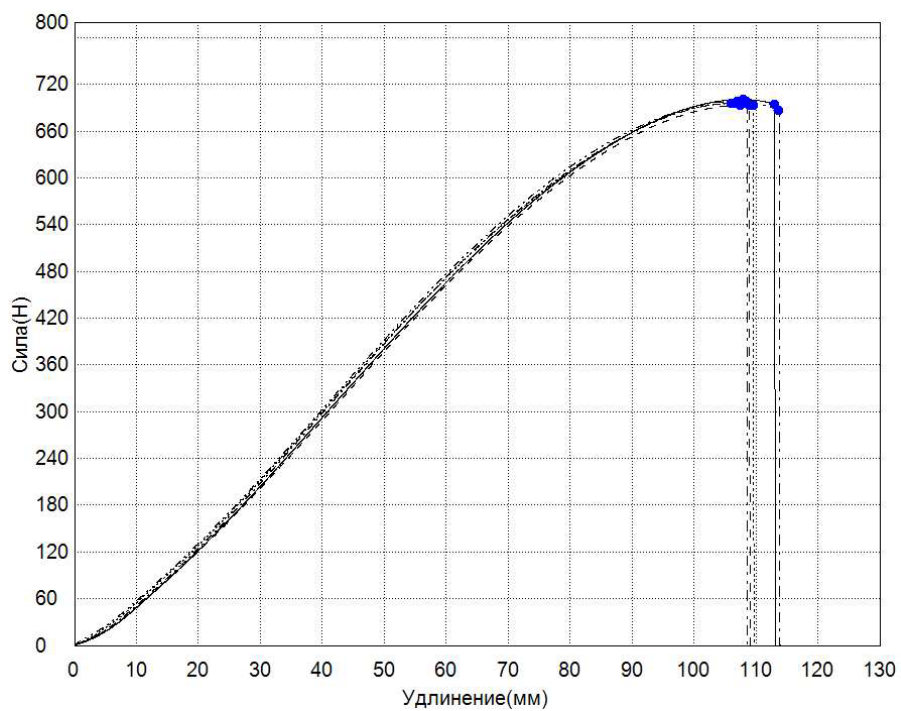


Рисунок П.Б. 35 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d = 2,0$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 10 см/мин

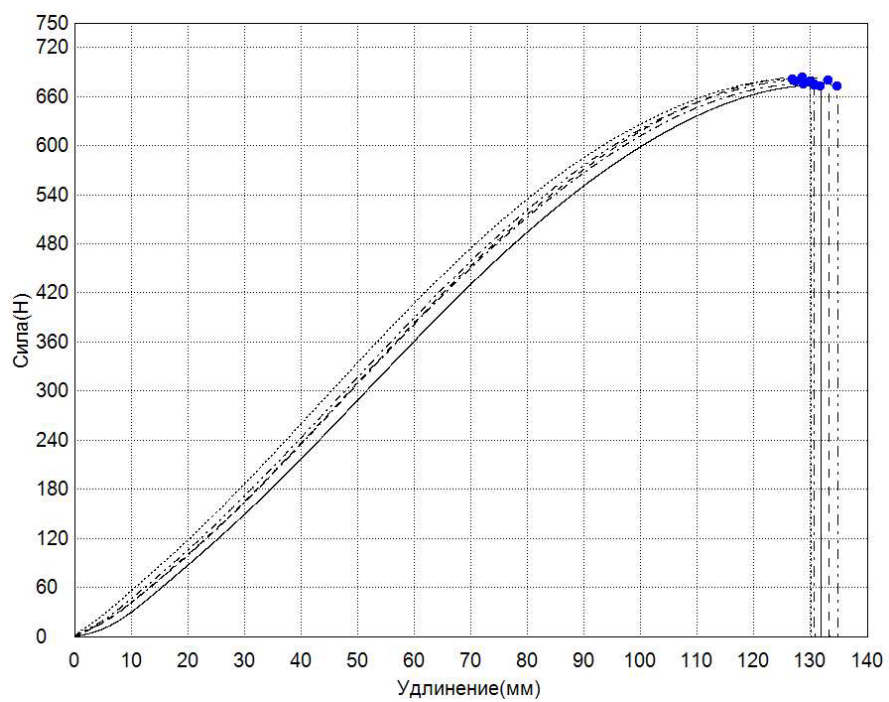


Рисунок П.Б. 36 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d = 2,0$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 10 см/мин

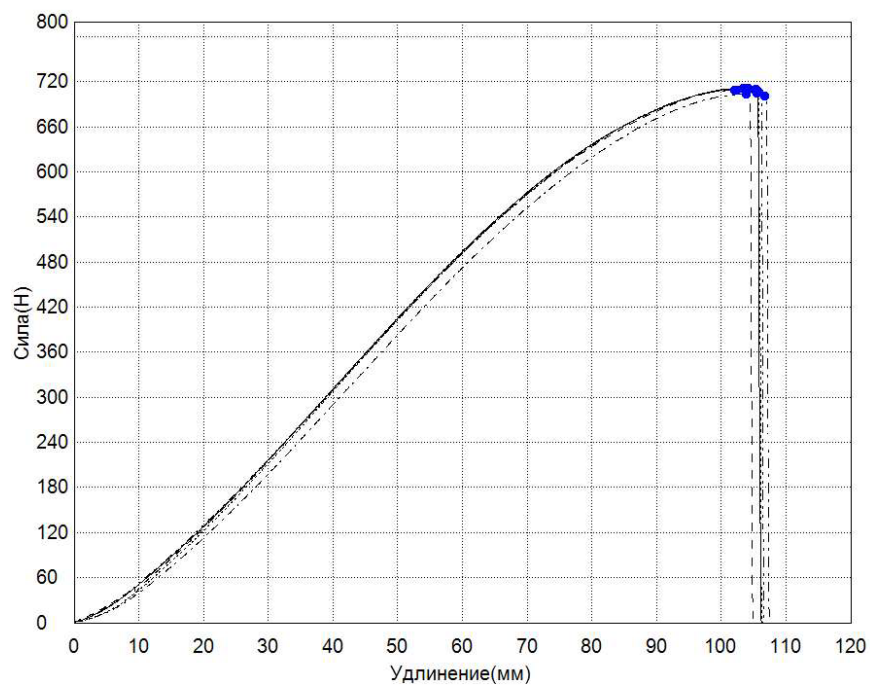


Рисунок П.Б. 37 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d = 2,0$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 50 см/мин

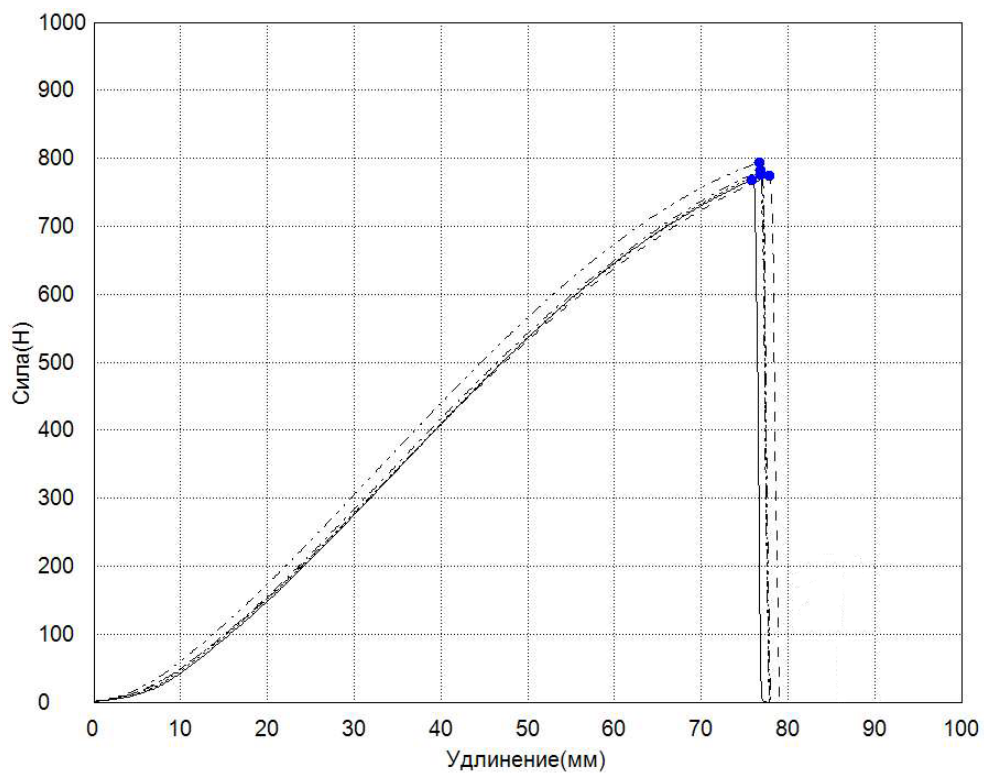


Рисунок П.Б. 38 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d = 3,1$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 50 см/мин

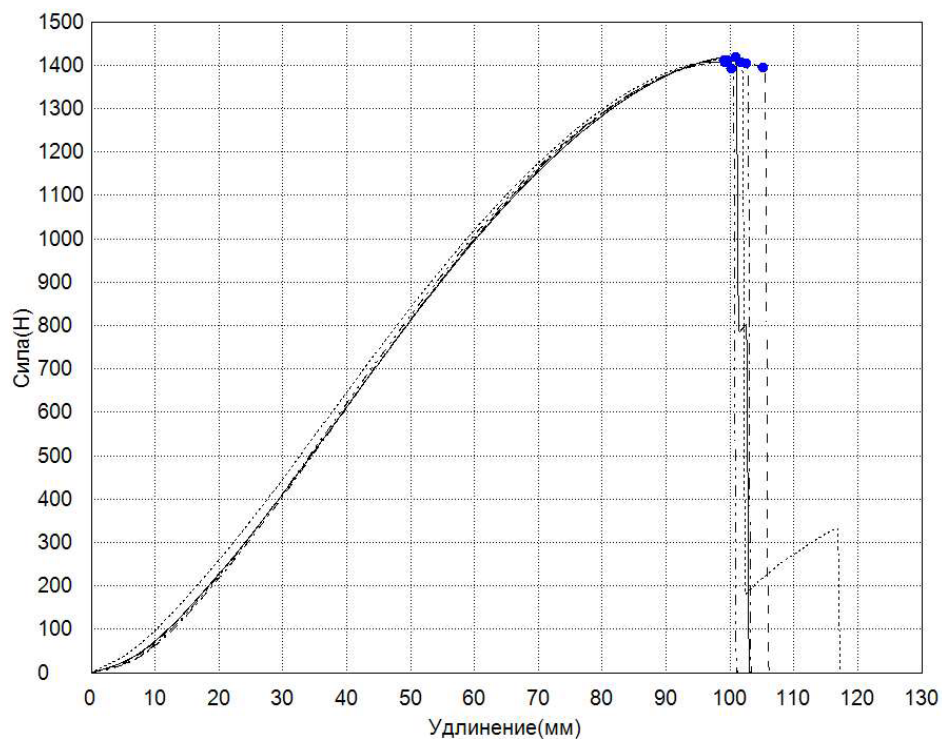


Рисунок П.Б. 39 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d - 3,1$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 50 см/мин

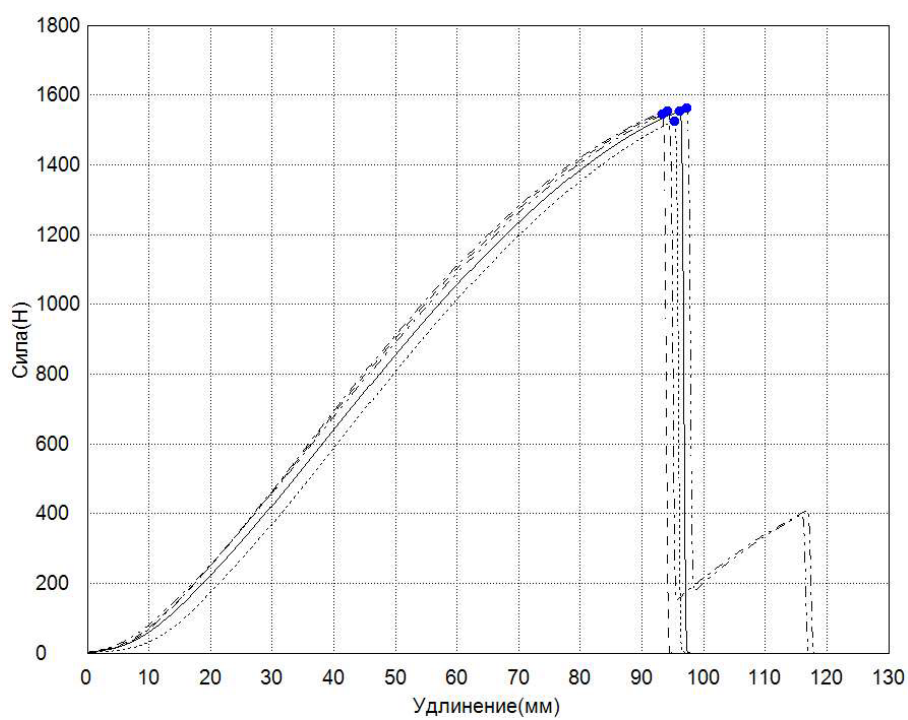


Рисунок П.Б. 40 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d - 3,1$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 100 см/мин

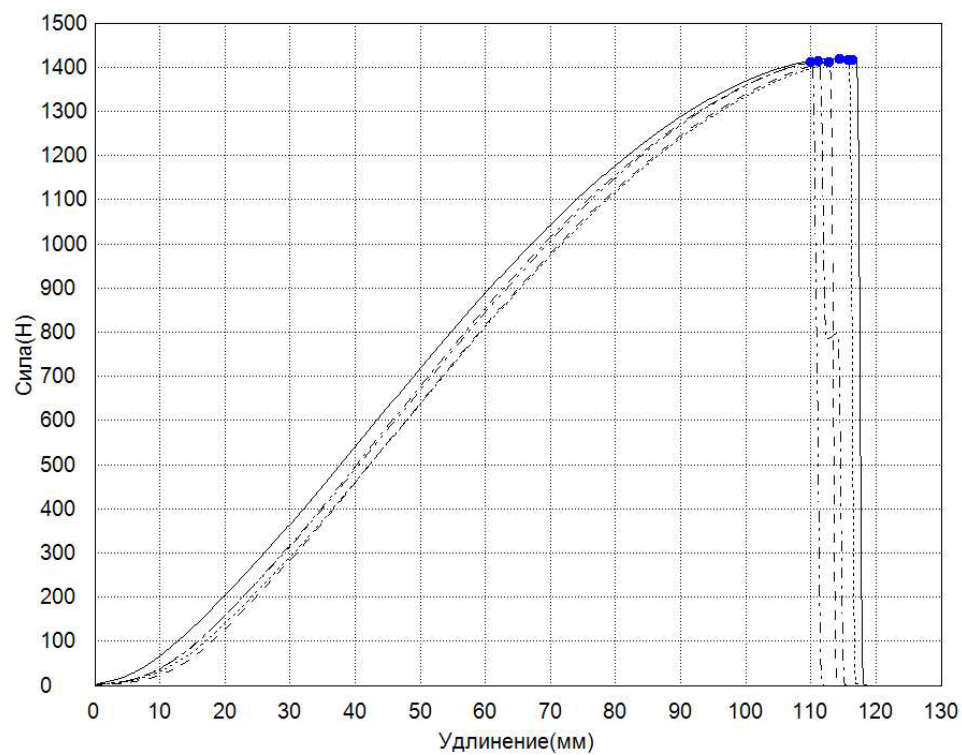


Рисунок П.Б. 41 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d - 3,1$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 100 см/мин

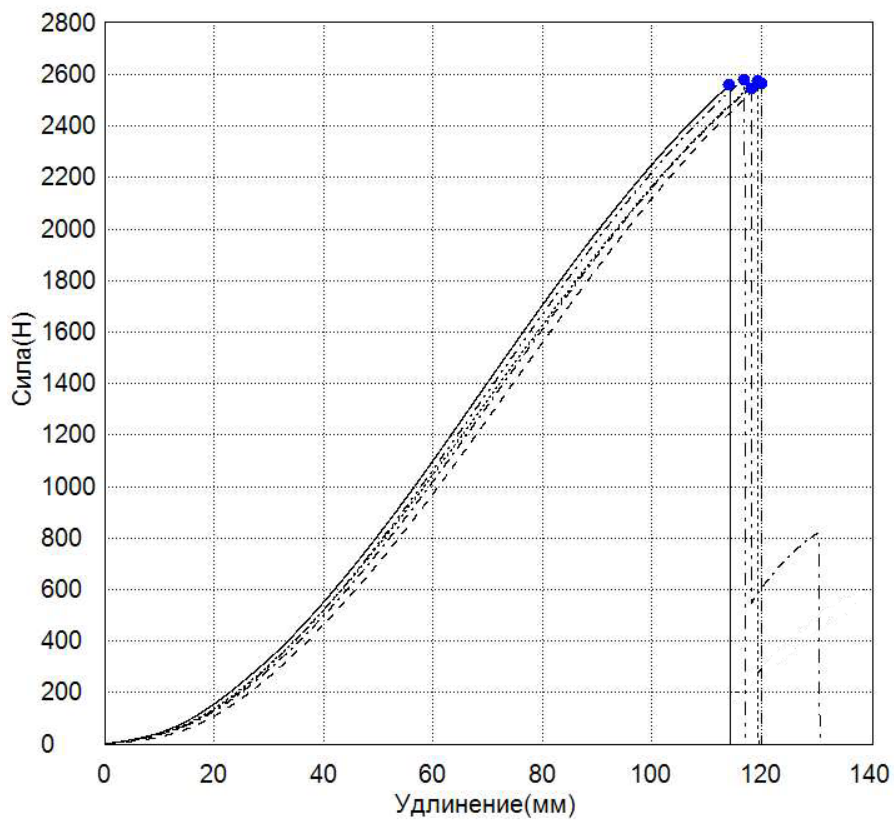


Рисунок П.Б. 42 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d - 4,0$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 10 см/мин

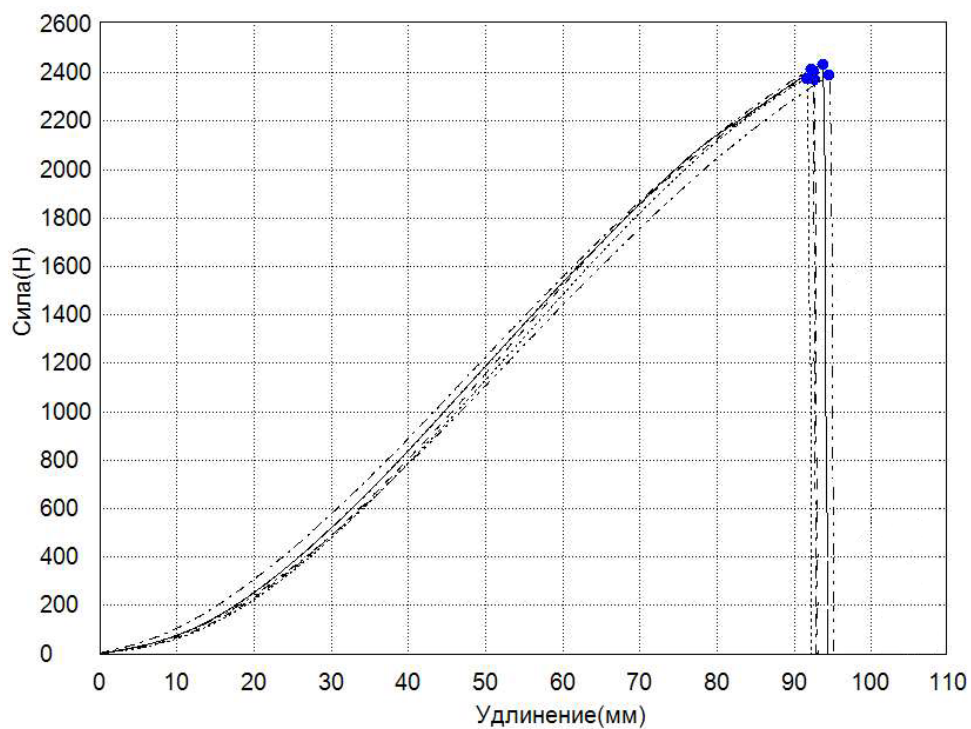


Рисунок П.Б. 43 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d - 4,0$ мм (в сухом виде), длина 100 мм, скорость 50 см/мин

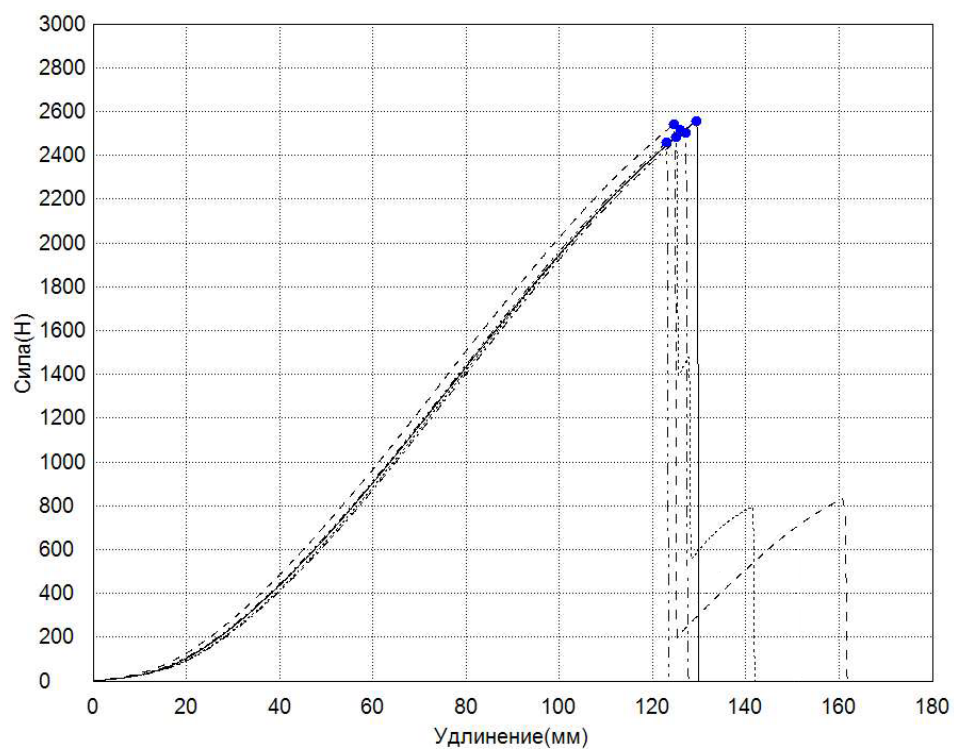


Рисунок П.Б. 44 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПП 187 Текс
 $d - 4,0$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 50 см/мин

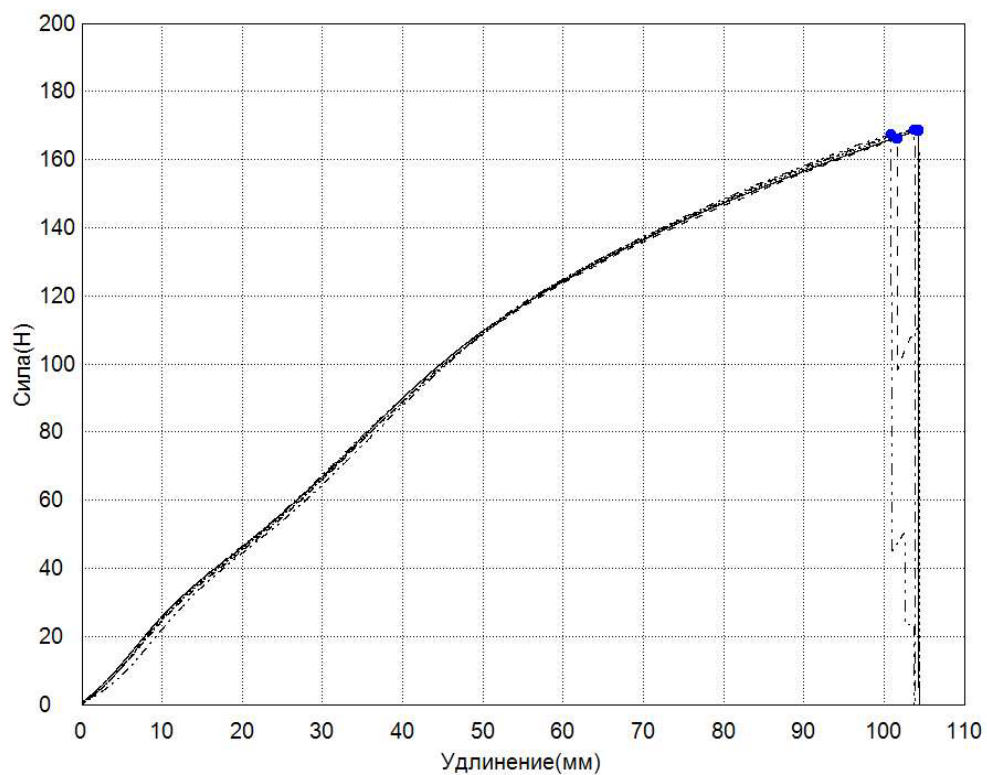


Рисунок П.Б. 45 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 1,1$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 10 см/мин

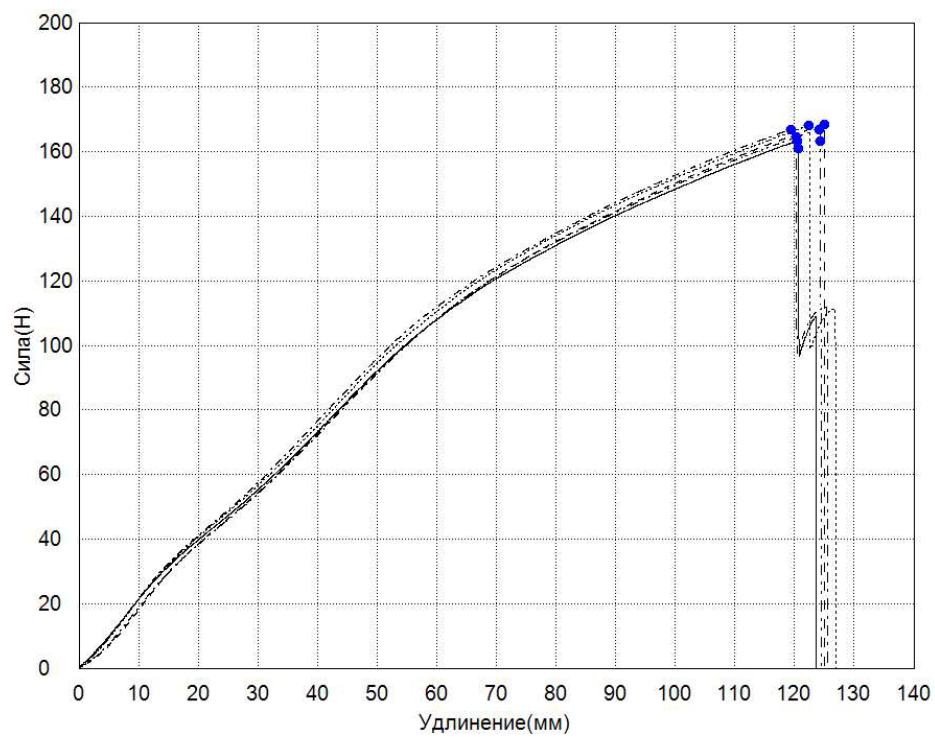


Рисунок П.Б. 46 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 1,1$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 10 см/мин

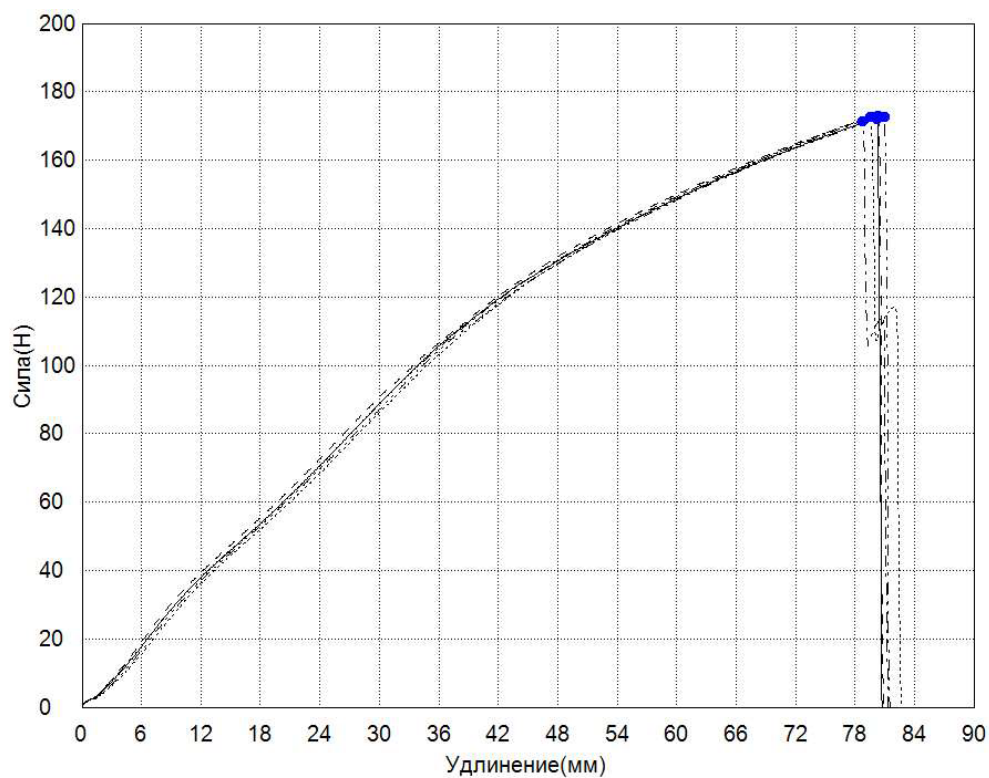


Рисунок П.Б. 47 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 1,1$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 50 см/мин

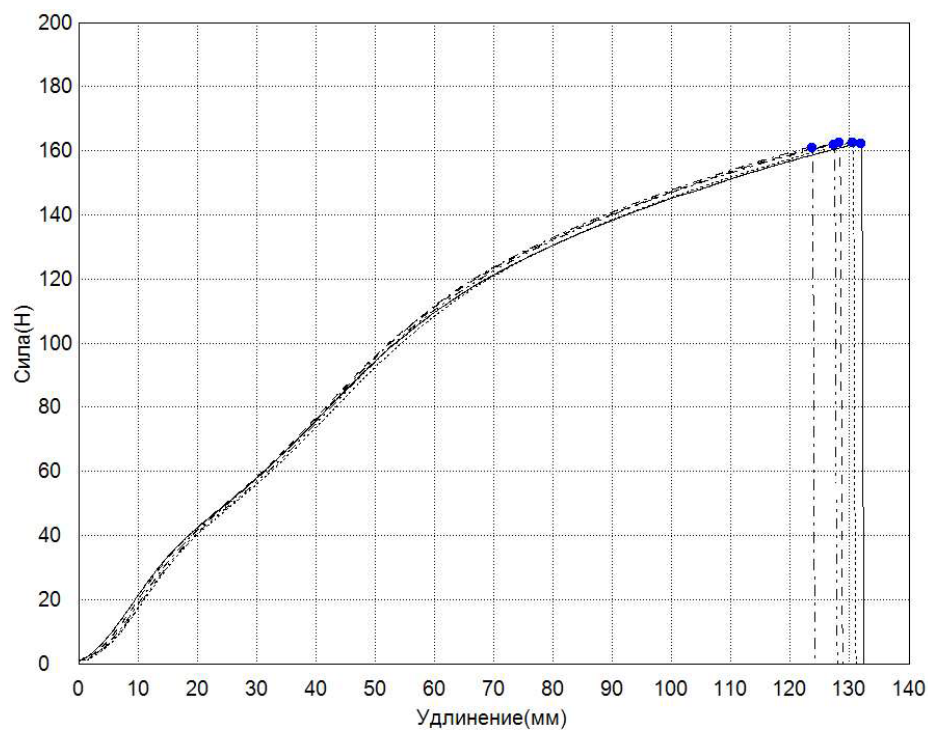


Рисунок П.Б. 48 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 1,1$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 50 см/мин

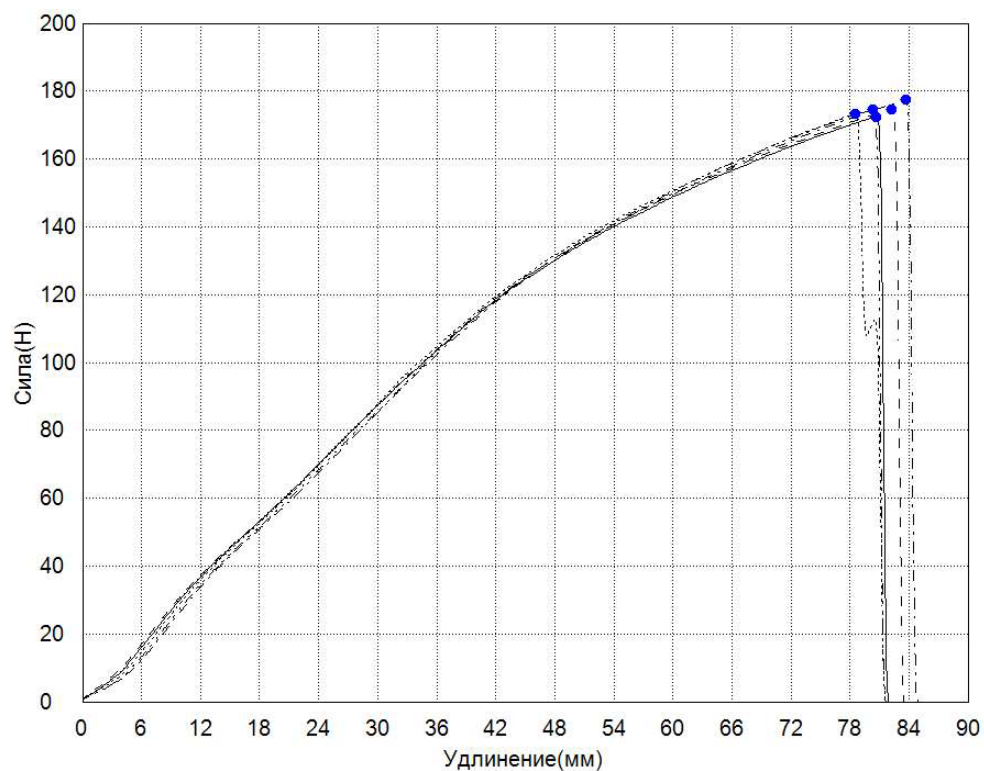


Рисунок П.Б. 49 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 1,1$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 100 см/мин

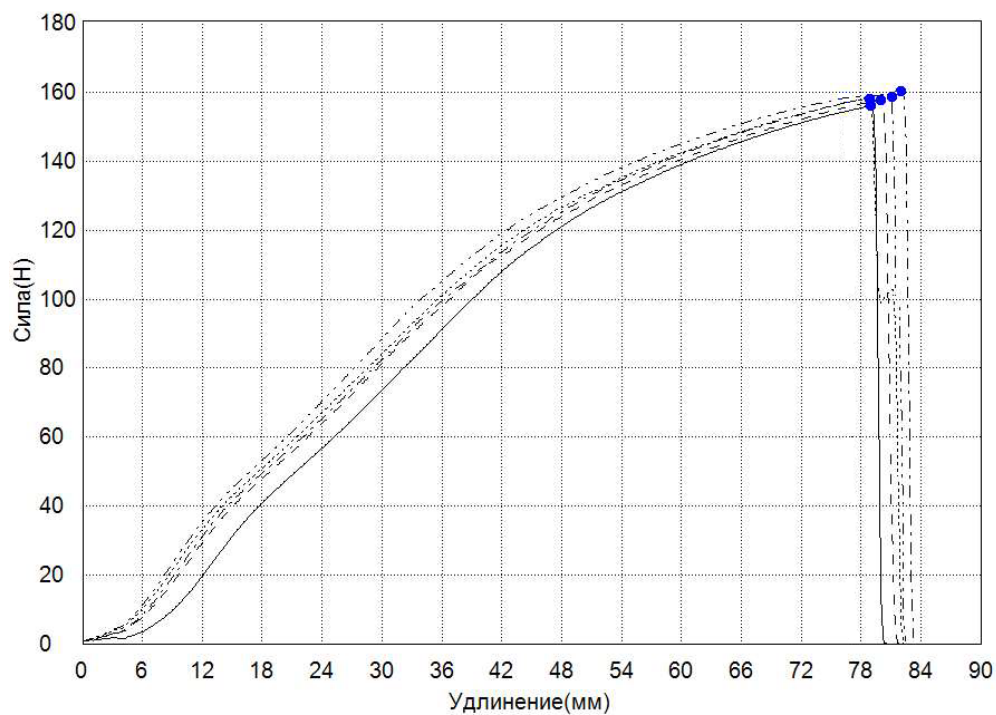


Рисунок П.Б. 50 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 1,1$ мм (в сухом виде), длина 100 мм, скорость 100 см/мин

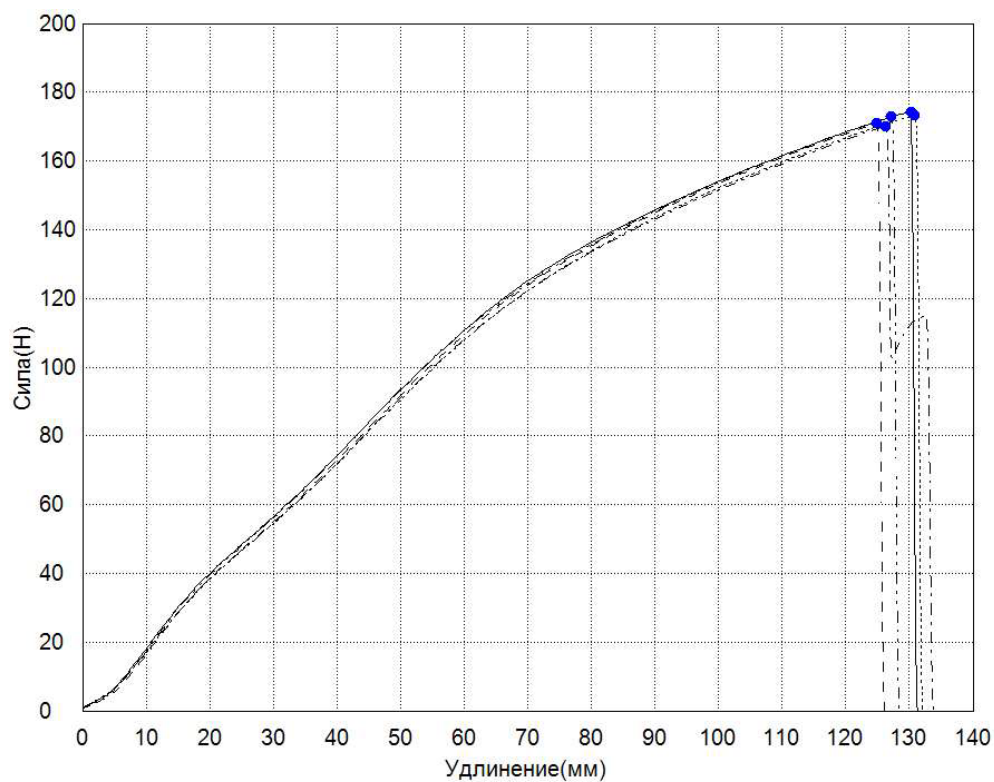


Рисунок П.Б. 51 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 1,1$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 100 см/мин

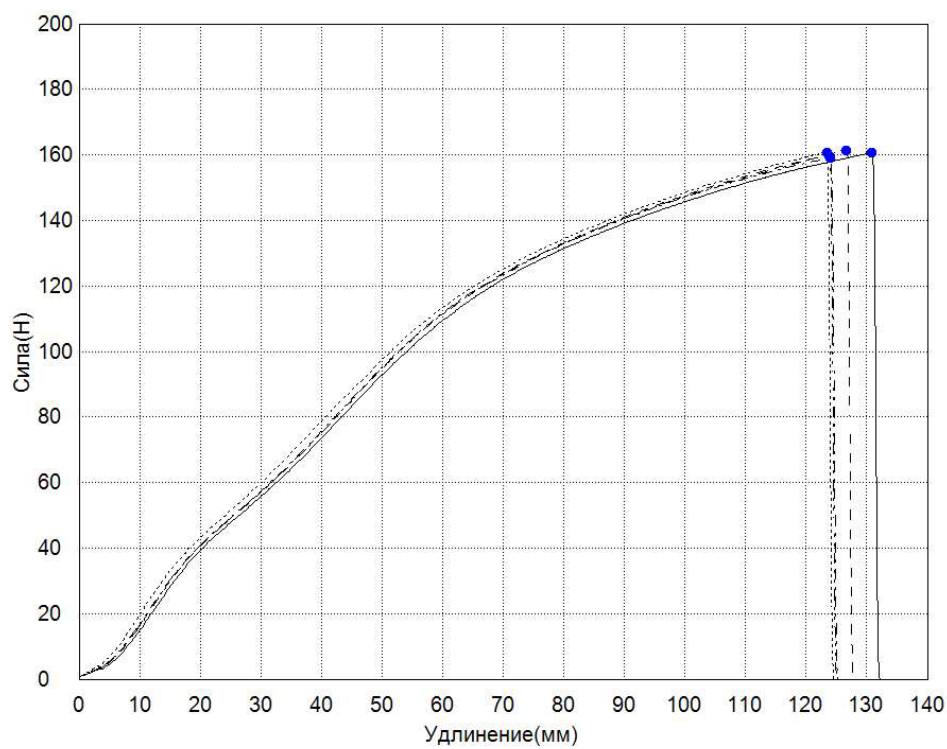


Рисунок П.Б. 52 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 1,1$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 100 см/мин

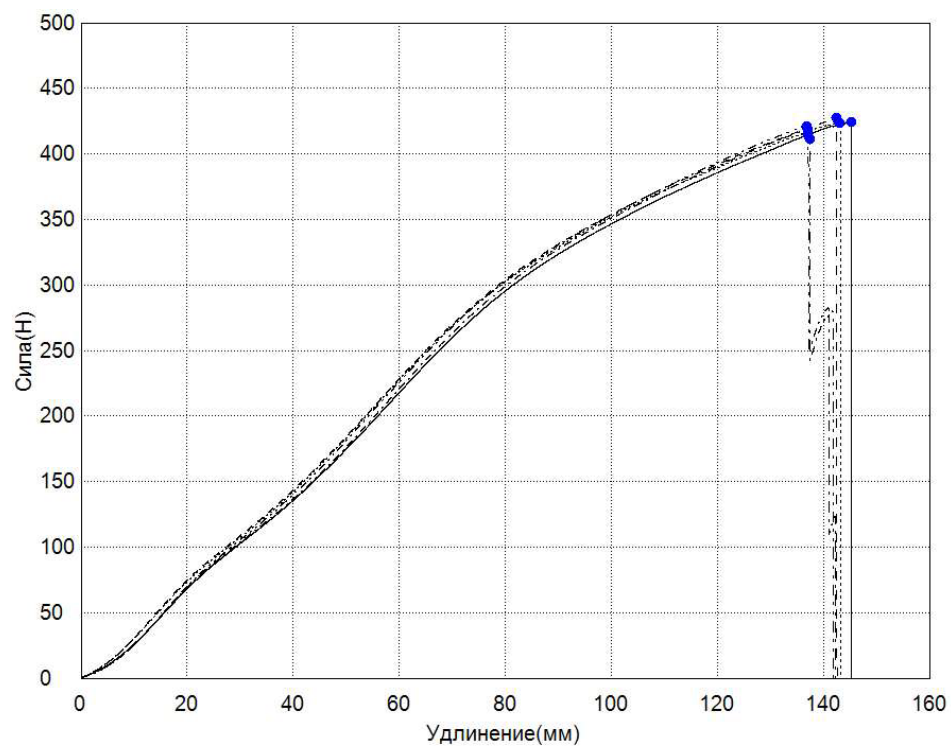


Рисунок П.Б. 53 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d = 2,0$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 10 см/мин

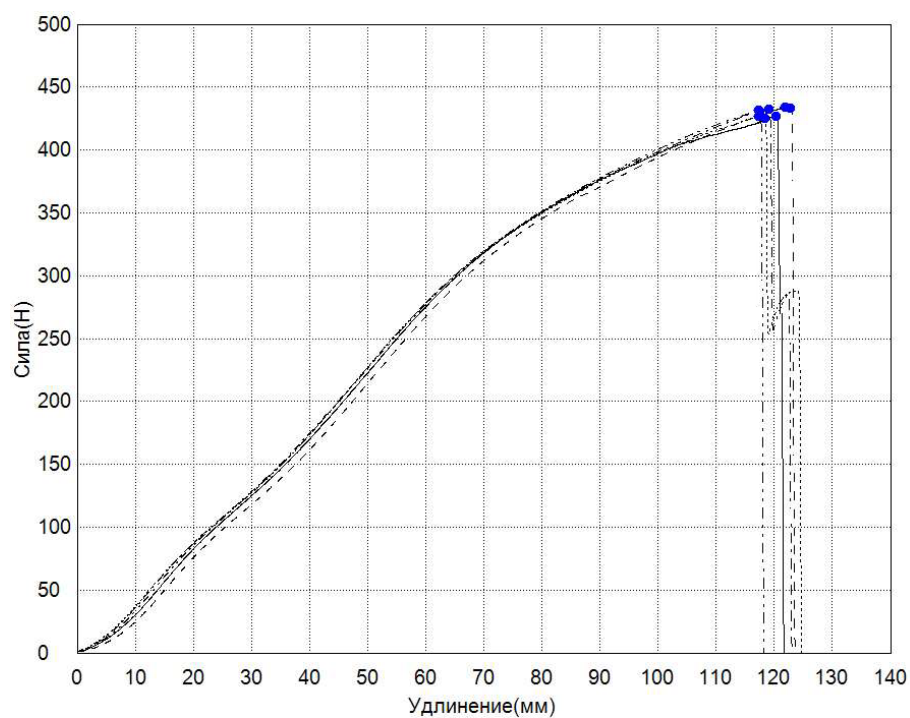


Рисунок П.Б. 54 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d = 2,0$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 50 см/мин

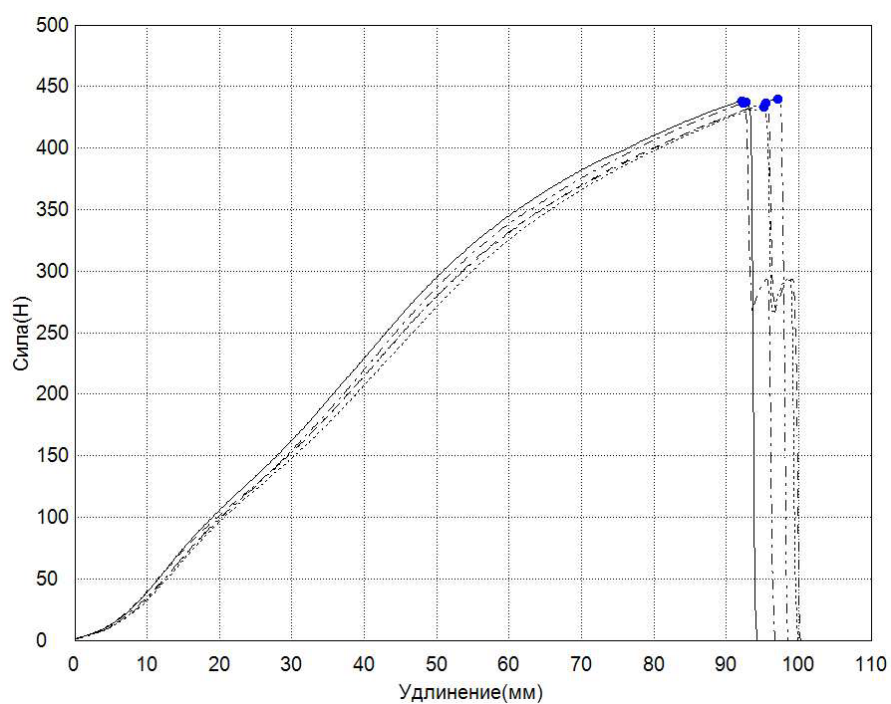


Рисунок П.Б. 55 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 2,0$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 10 см/мин

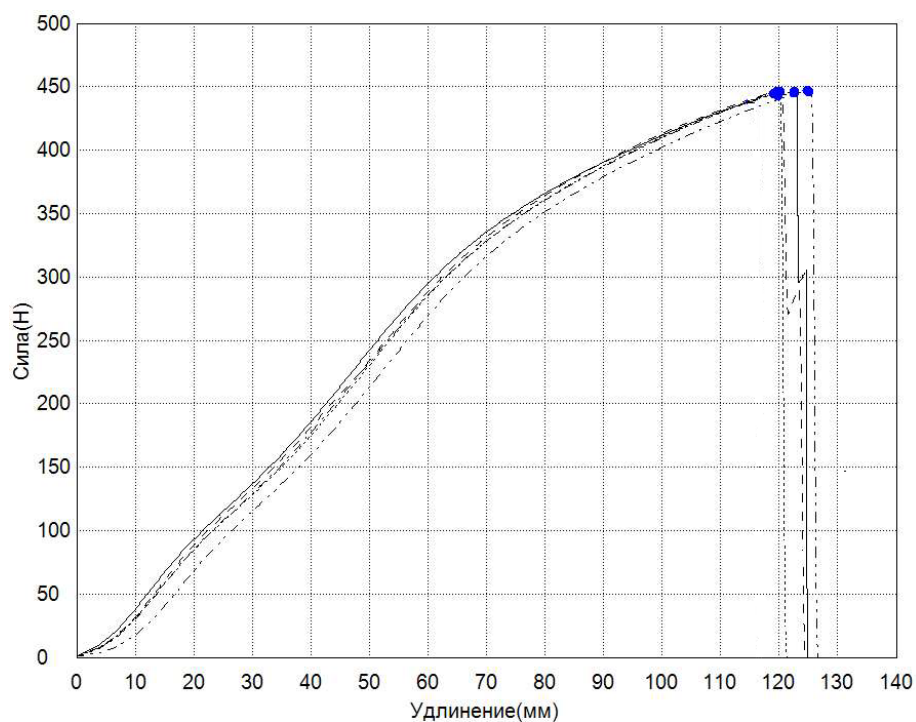


Рисунок П.Б. 56 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 2,0$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 100 см/мин

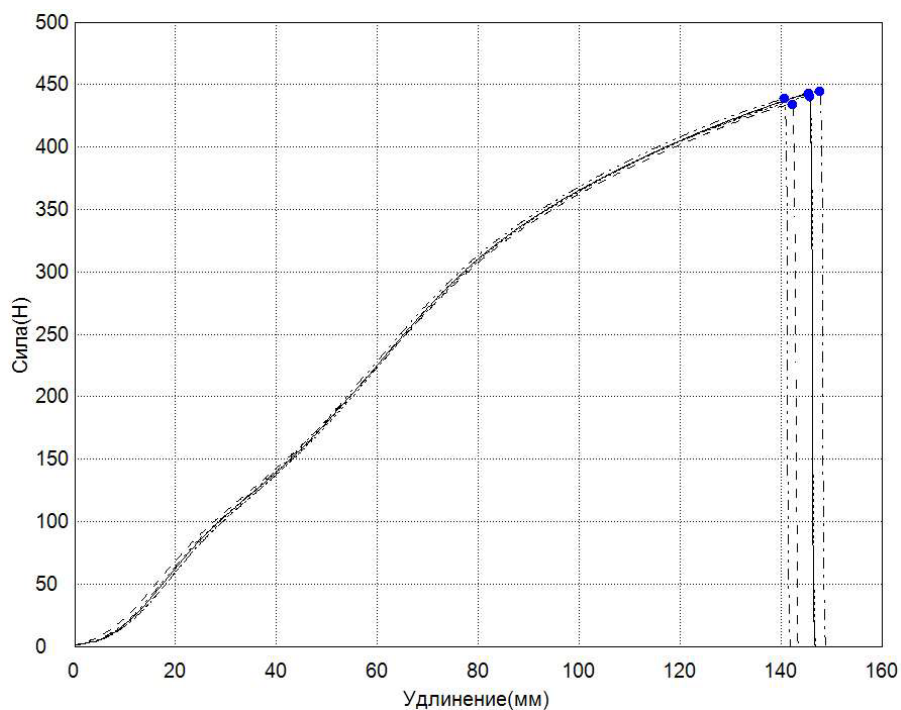


Рисунок П.Б. 57 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 2,0$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 100 см/мин

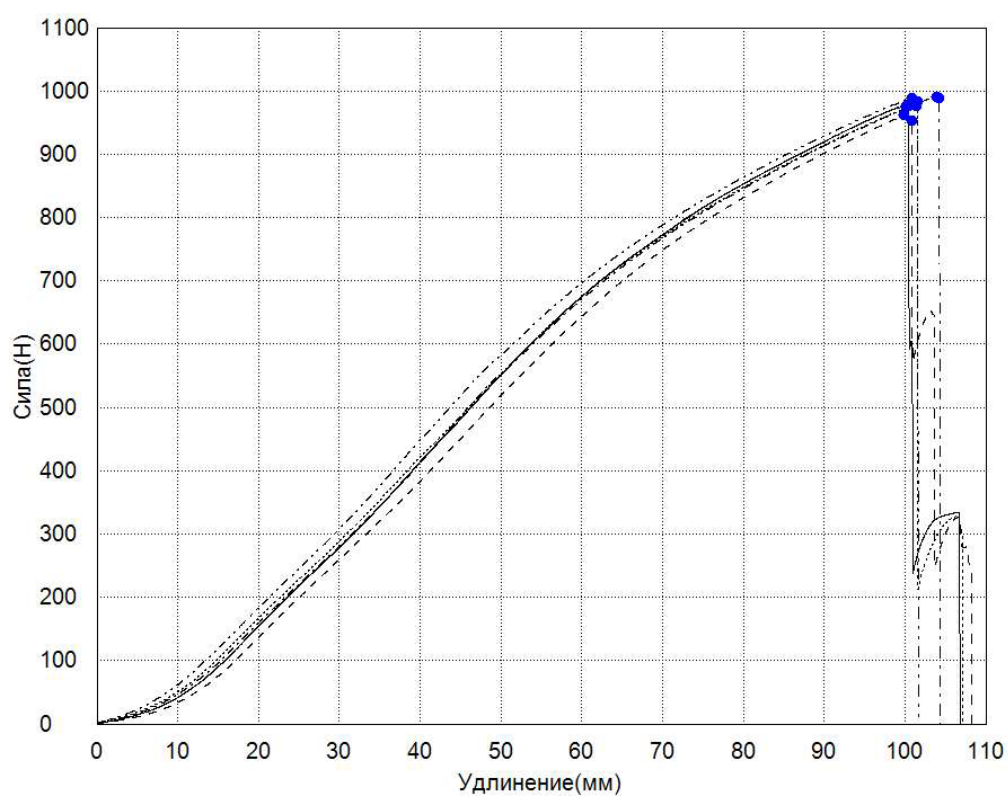


Рисунок П.Б. 58 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 3,1$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 10 см/мин

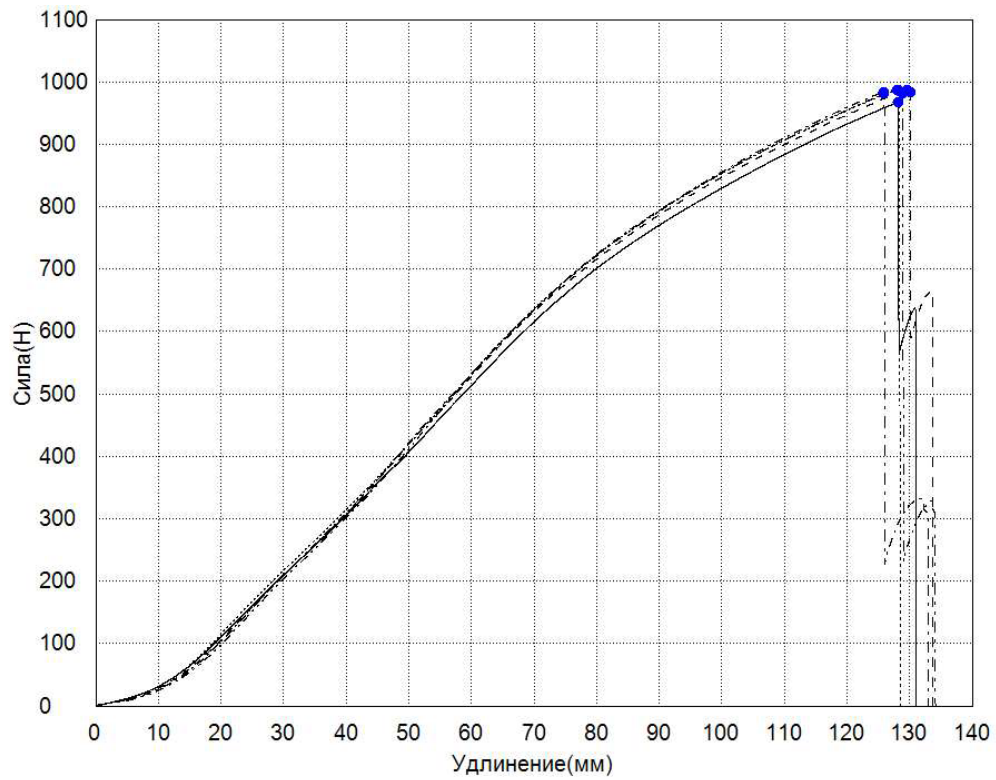


Рисунок П.Б. 59 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 3,1$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 10 см/мин

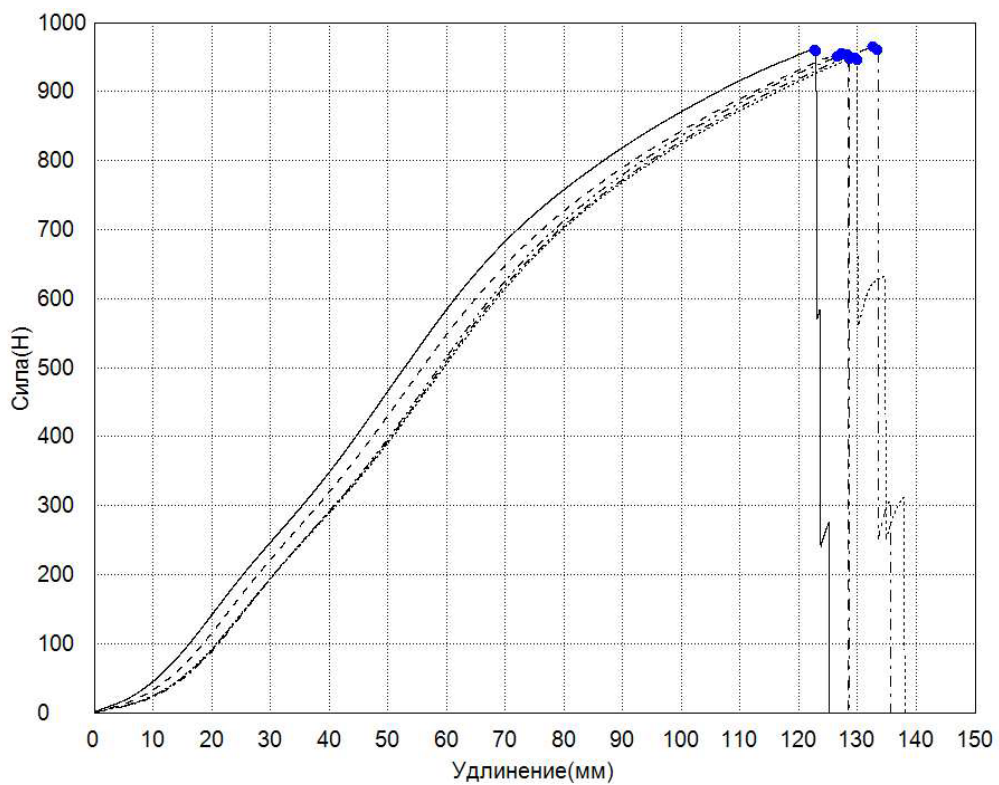


Рисунок П.Б. 60 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 3,1$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 10 см/мин

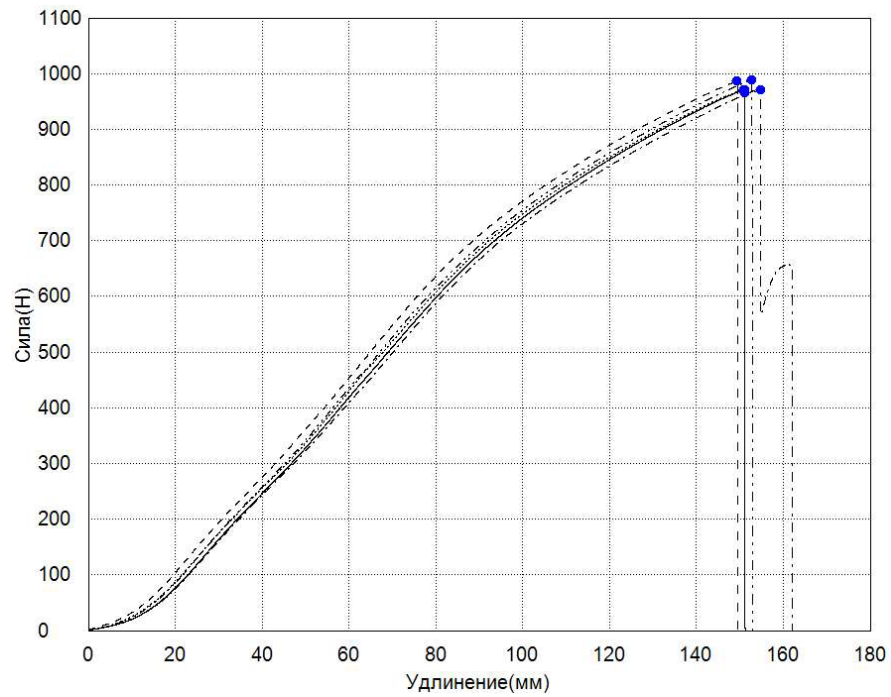


Рисунок П.Б. 61 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 3,1$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 10 см/мин

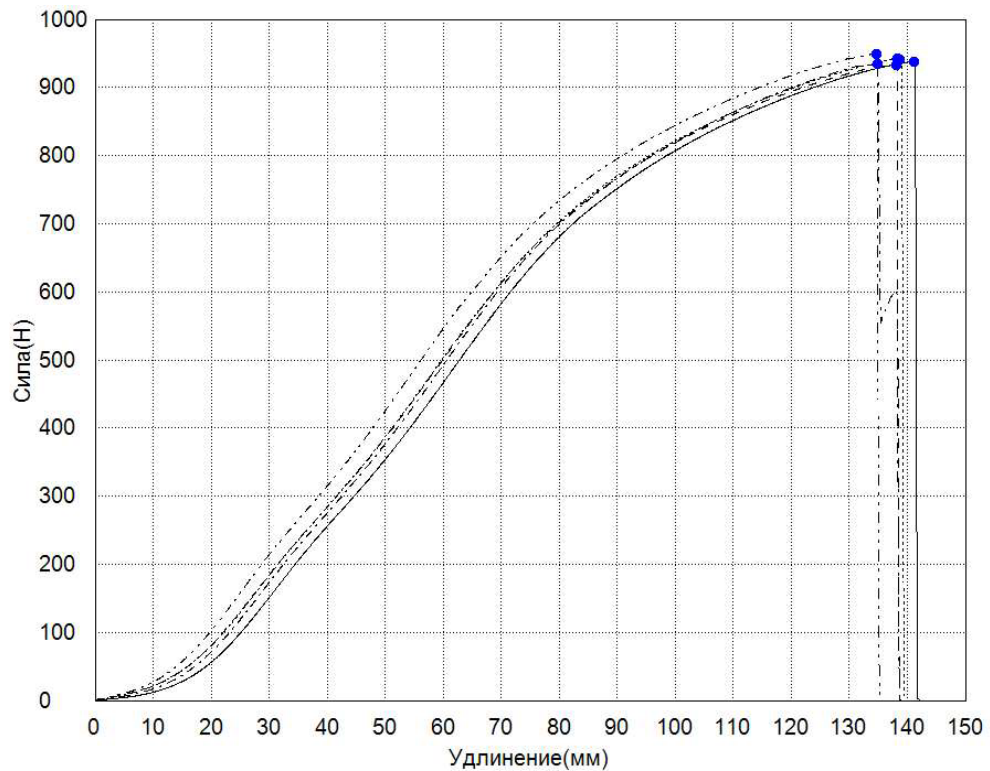


Рисунок П.Б. 62 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 3,1$ мм (в сухом виде), длина 150 мм, скорость 50 см/мин

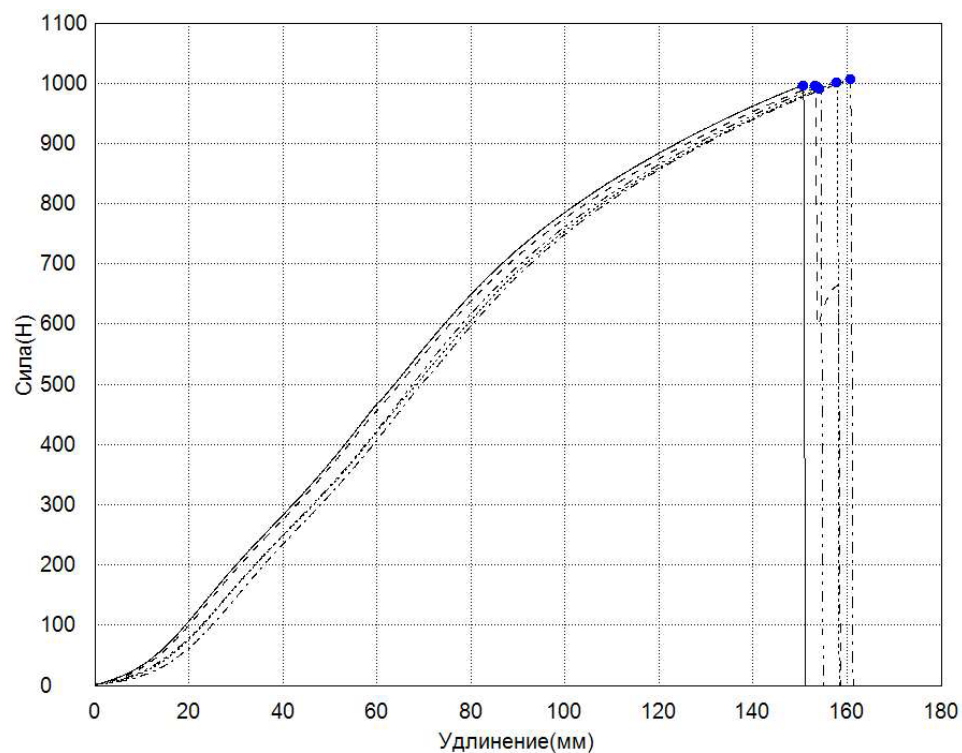


Рисунок П.Б. 63 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс $d = 3,1$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 50 см/мин

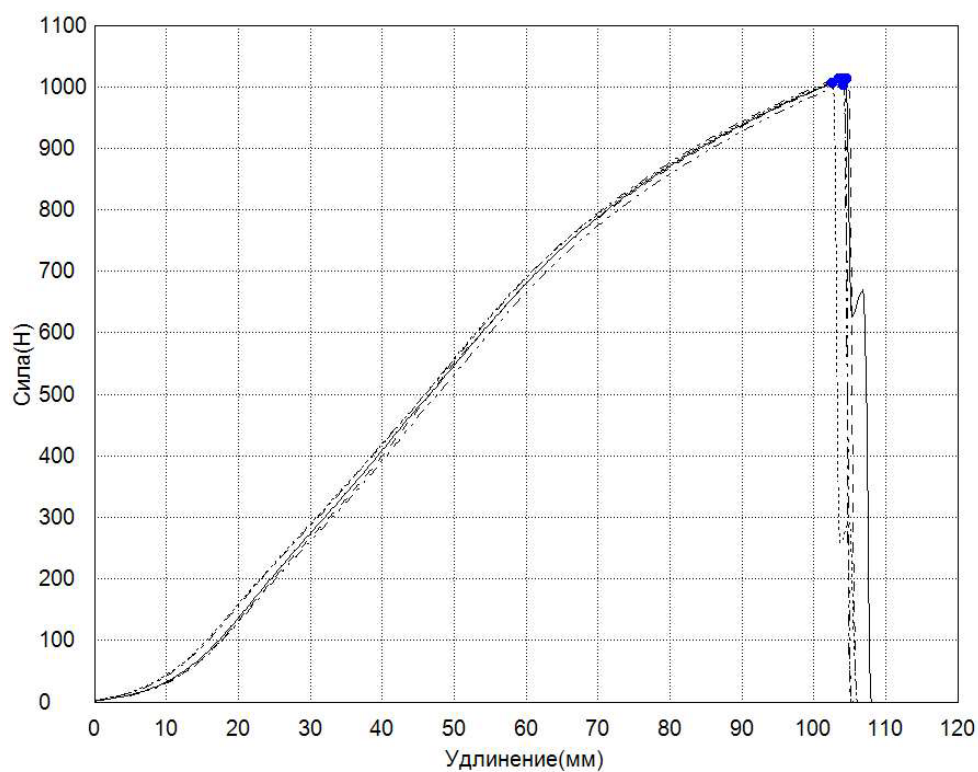


Рисунок П.Б. 64 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс $d = 3,1$ мм (в мокром виде), длина 100 мм, скорость 100 см/мин

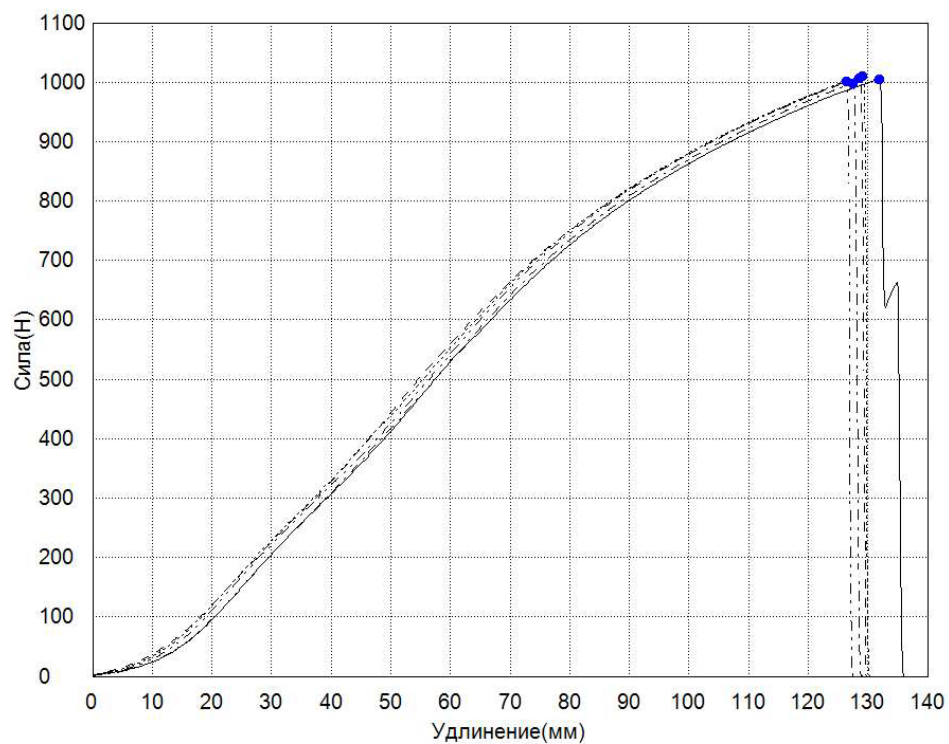


Рисунок П.Б. 65 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 3,1$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 100 см/мин

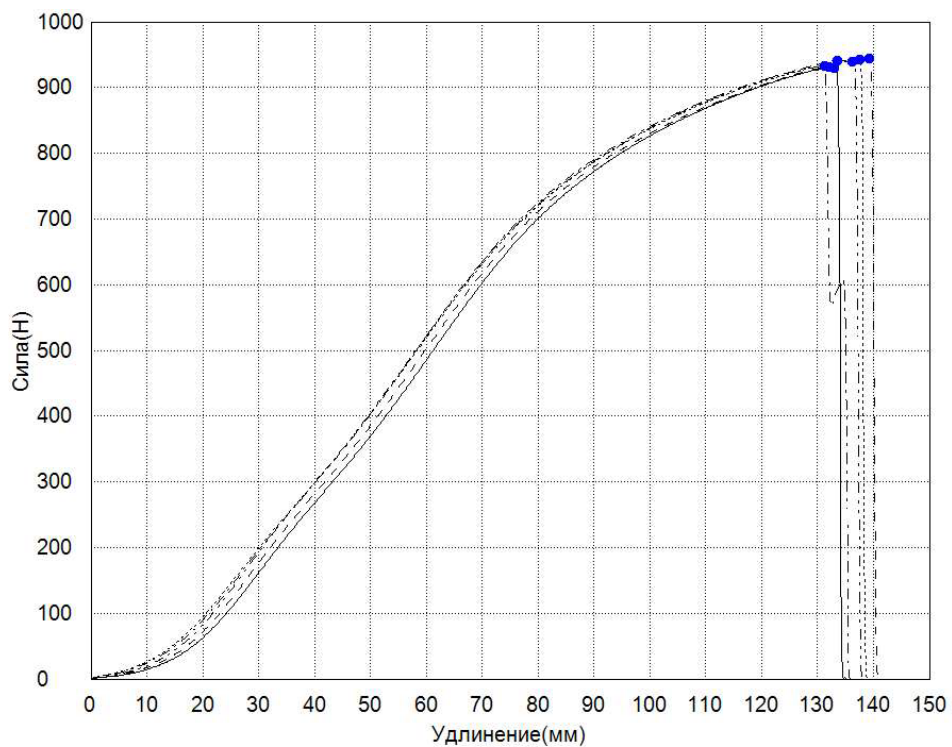


Рисунок П.Б. 66 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 3,1$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 100 см/мин

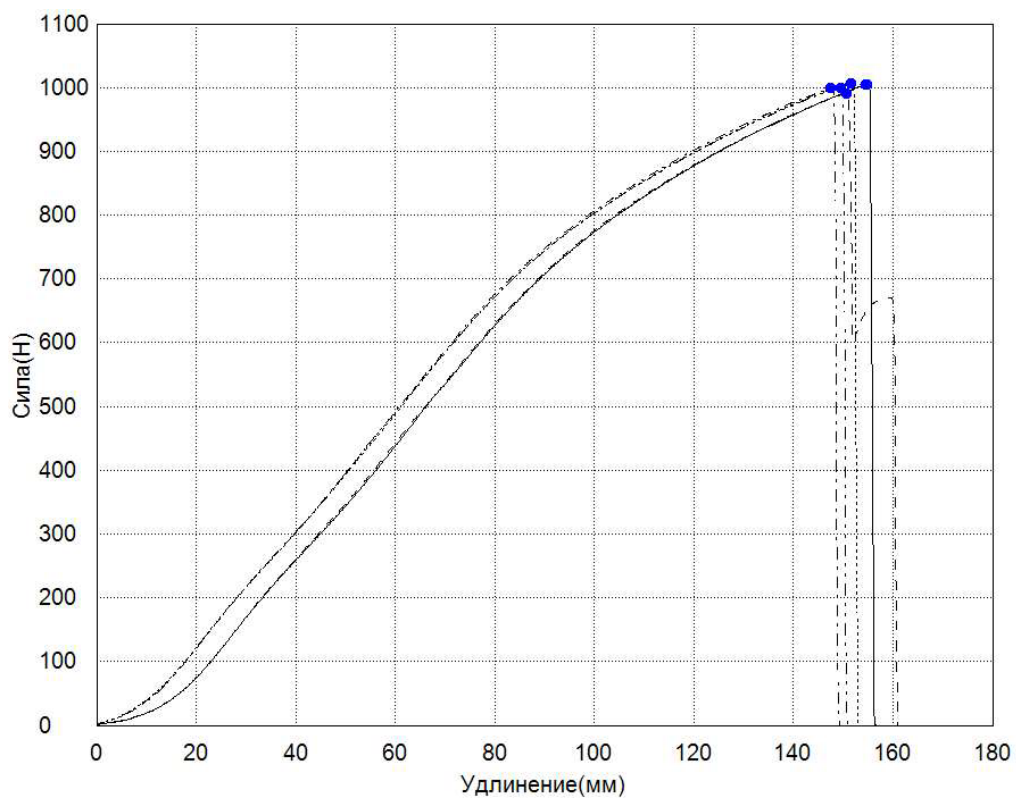


Рисунок П.Б. 67 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 3,1$ мм (в мокром виде), длина 250 мм, скорость 100 см/мин

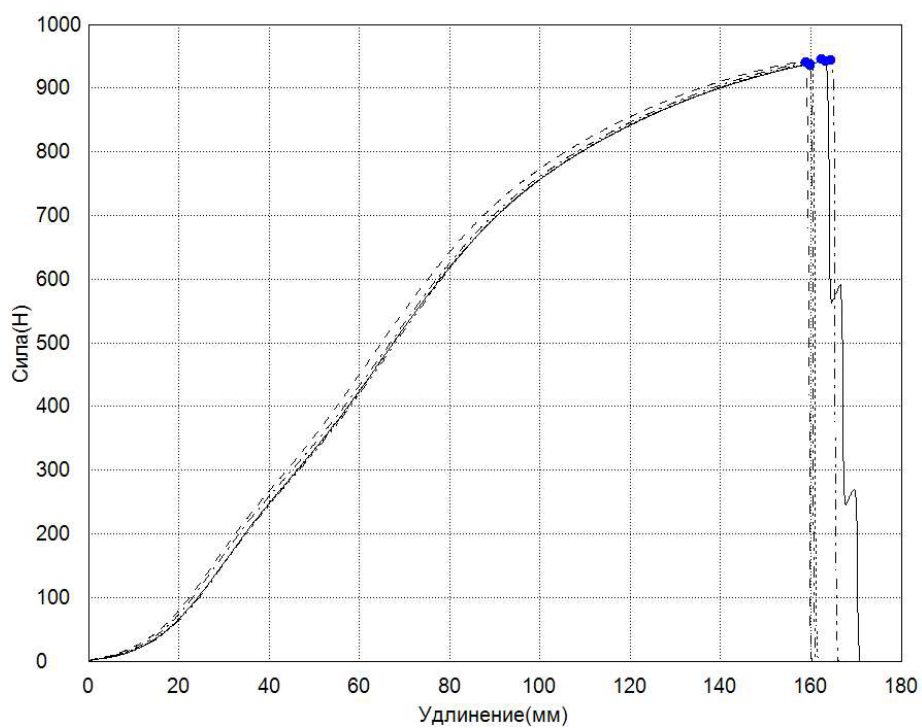


Рисунок П.Б. 68 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d - 3,1$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 100 см/мин

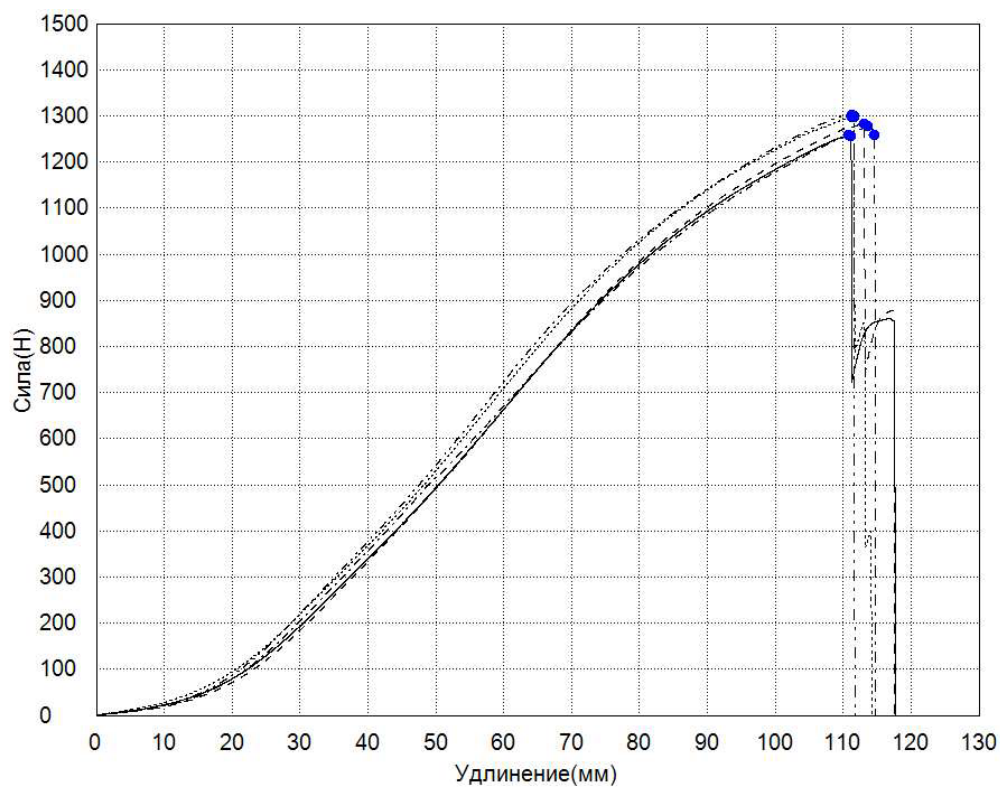


Рисунок П.Б. 69 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d = 4,0$ мм (в сухом виде), длина 100 мм, скорость 10 см/мин

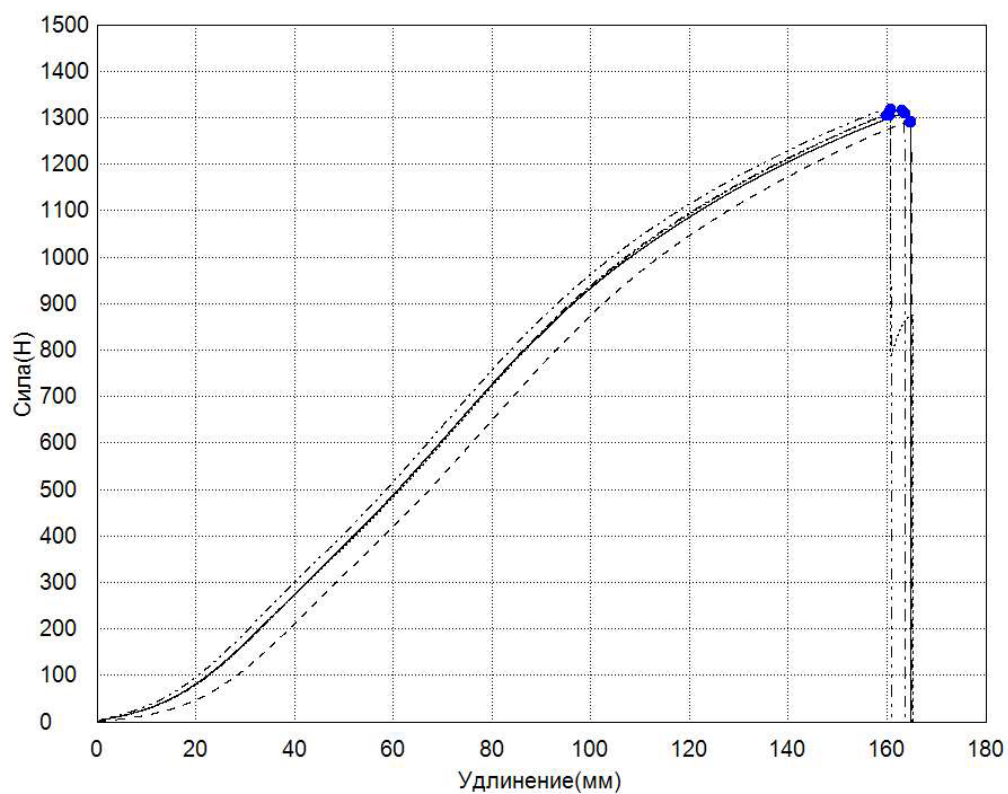


Рисунок П.Б. 70 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d = 4,0$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 10 см/мин

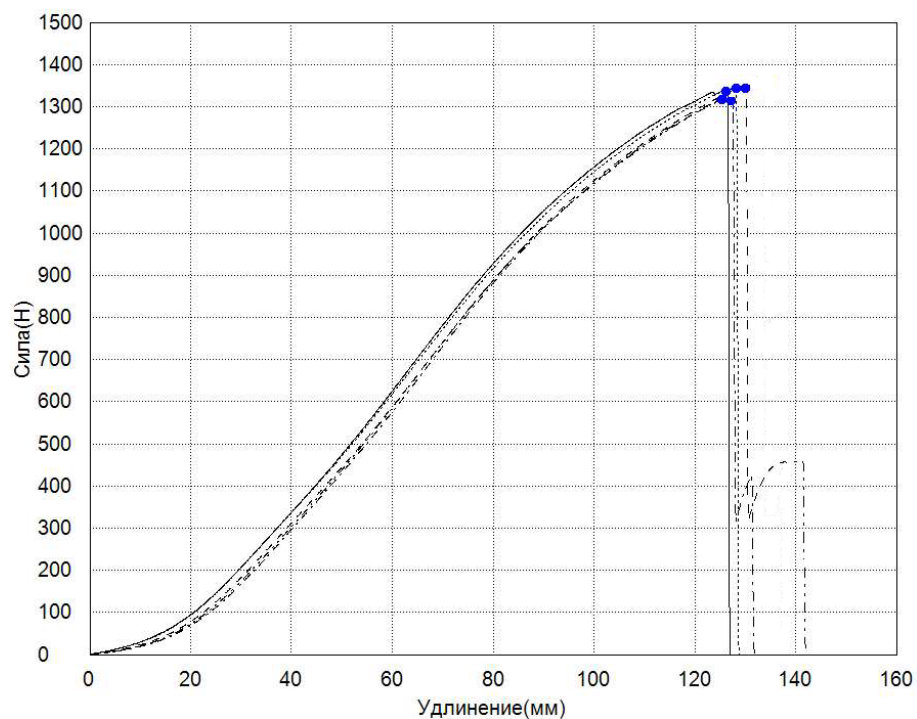


Рисунок П.Б. 71 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d = 4,0$ мм (в мокром виде), длина 175 мм, скорость 50 см/мин

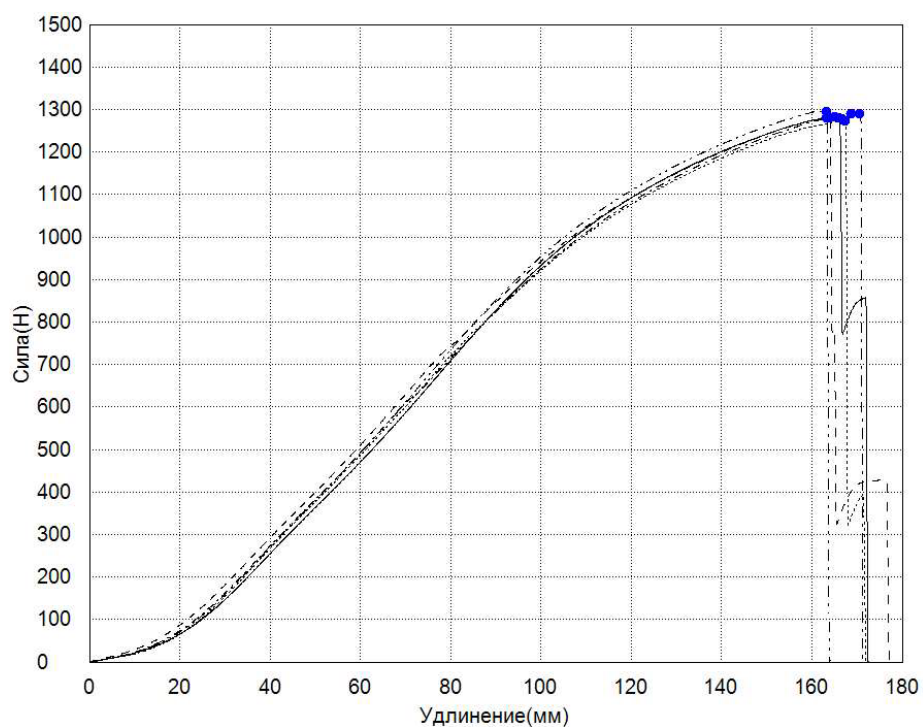


Рисунок П.Б. 72 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d = 4,0$ мм (в сухом виде), длина 250 мм, скорость 50 см/мин

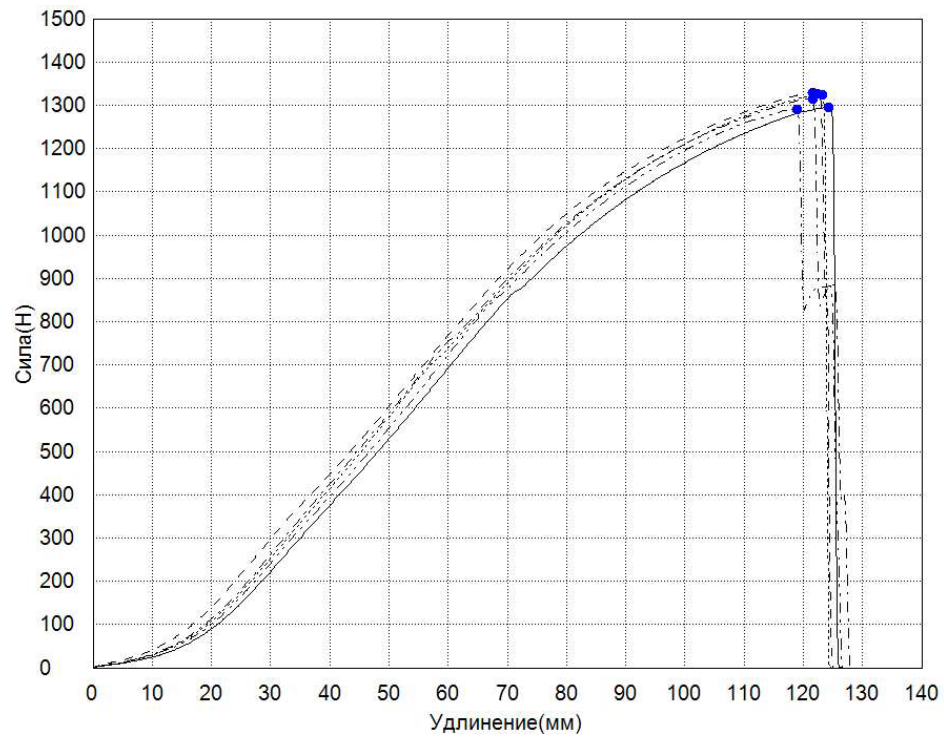


Рисунок П.Б. 73 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d = 4,0$ мм (в сухом виде), длина 100 мм, скорость 100 см/мин

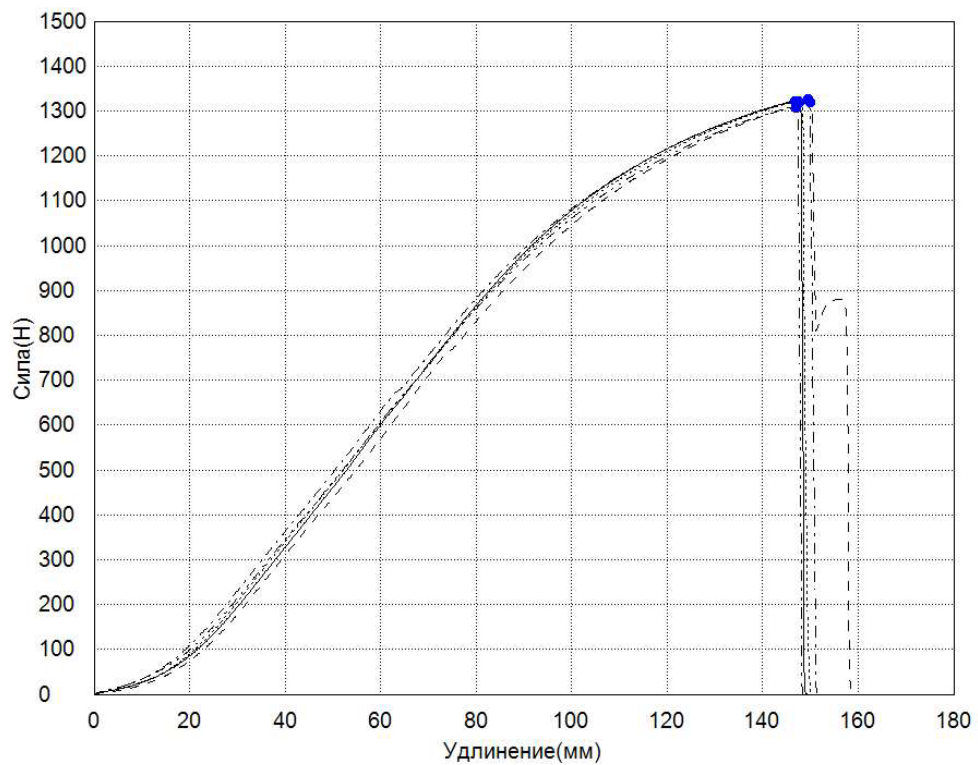
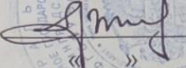


Рисунок П.Б. 74 - Зависимость разрывного усилия от удлинения ПЭФ 93,5 Текс
 $d = 4,0$ мм (в сухом виде), длина 175 мм, скорость 100 см/мин

ПРИЛОЖЕНИЕ В – Акты 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»
 В.А. Волкогон
2024 г.

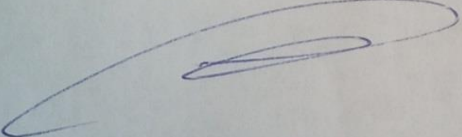
АКТ
о внедрении результатов
кандидатской диссертационной работы
«Исследование разрывной нагрузки и относительного удлинения
рыболовных крученных материалов»
Насенкова Павла Владимировича
в учебный процесс

Результаты научно-исследовательской работы Насенкова Павла Владимировича (научный руководитель: кандидат технических наук, доцент Недоступ А.А.) в виде разработанной методики 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:

- «Технология постройки орудий лова», преподаватель: кандидат технических наук, Львова Е.Е.;
- «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.;
- «Проблемы современных рыболовных материалов», преподаватель: кандидат технических наук, Львова Е.Е.

Использование данной методики в учебном процессе кафедры промышленного рыболовства, позволит повысить теоретический и практический уровень подготовки при реализации образовательных программ, а также на практическом уровне позволит прогнозировать оптимальный выбор нитевидного материала, для постройки орудия лова.

Заведующий кафедрой
промышленного рыболовства


А.А. Недоступ

Общество с ограниченной ответственностью

«КОНЦЕПТ ЛТД»

Юридический и почтовый адрес: 236004, г. Калининград обл., Днепропетровская 13,

e-mail: concept_ltd@mail.ru сайт: <http://www.concept-ltd.ru/>

тел/факс (4012) 65-68-11, (4012) 63-24-76

ИНН 3905008322, ОКОНХ 41200, ОКПО 16641238, КПП 390601001

р/счет 40702810377020000176, к/счет 30101810200000000704

в Филиал ОПЕРУ Банка ВТБ (ПАО) в Санкт-Петербурге

БИК 044030704

Акт

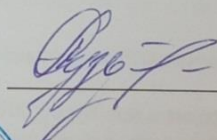
о внедрении результатов научных исследований

Насенкова Павла Владимировича

**по исследованию разрывной нагрузки и относительного удлинения
рыболовных крученых материалов**

Данный акт подтверждает, что разработанная методика определения разрывной нагрузки и относительного удлинения рыболовных крученых материалов с разной длиной образцов, в сухом и мокром виде, а также математические зависимости разрывной нагрузки и относительного удлинения используются в деятельности ООО «Концепт ЛТД» и имеют практическое значение при выборе рыболовных крученых материалов на стадии проектирования конструкций орудий лова для промышленной добычи гидробионтов.

Первый заместитель
генерального директора
ООО «Концепт ЛТД»



Кузьменков С.А.

