

Исследование влияния структуры и сырьевого состава шнуров на их разрывную нагрузку

Н. С. Зайцева^{1,2},
Д. Б. Рыклин²

¹ОАО «Лента», ²Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь

Аннотация. Ассортимент текстильной отрасли представлен не только тканями, неткаными материалами, специальной одеждой и обувью, но и текстильно-галантерейными изделиями, такими как ленты, тесьмы, шнуры и изделия из них. Современную одежду и обувь сложно представить без шнуров. А в условиях быстроразвивающегося технического прогресса задачи, которые ставит перед собой дизайнер при проектировании данной группы текстильной продукции, усложняются и персонализируются. Шнуры в ряде случаев представляют собой гибкие силовые элементы. Поэтому одним из важнейших показателей для выпуска шнуров обувных, бытовых, технических и прочих, характеризующих прочность шнуров, является их разрывная нагрузка.

Целью исследования является определение влияния структуры и сырьевого состава шнуров с одинаковыми заданными технологическими параметрами на их прочностные характеристики. Для проведения анализа группы шнуров были сформированы так, чтобы у них совпадали линейная плотность нити, состав сырья. Подбор плетеных и вязаных шнуров производился таким образом, чтобы линейная плотность шнура с заданными параметрами первой группы была максимально приближена к линейной плотности шнура из однотипного вида сырья второй группы.

Анализ данных эксперимента показал, что значения показателя прочности шнуров зависят не только от физико-механических показателей исходных нитей, используемых в шнуре, но и от масштабного фактора. Основными причинами снижения прочности шнура являются потеря прочности исходных компонентов в процессе переработки и сложное пространственное расположение нитей в шнуре, в результате чего их участки не параллельны оси шнура.

Полученные результаты имеют важное практическое значение для разработки шнуров из разных видов сырья с заданными параметрами и могут решать задачу по оптимизации производства текстильно-галантерейной промышленности в зависимости от целевых показателей прочности и массы изделия.

Ключевые слова: шнур плетеный и вязаный, разрывная нагрузка, масштабный фактор, коэффициент использования прочности нитей в шнуре.

Информация о статье: поступила 9 октября 2025 года.

Статья подготовлена по материалам доклада Международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2025)», которая состоялась 18–19 ноября 2025 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

Research of the influence of structure and raw material composition of cords on their breaking load

Natalia S. Zaitseva^{1,2},
Dzmitry B. Ryklin²

¹Lenta OJSC, ²Vitebsk State Technological University,
Republic of Belarus

Abstract. The textile industry's product range includes not only fabrics, nonwovens, special clothing and footwear, but also textile haberdashery products such as tapes, braids, cords, and other items made from them. It's hard to imagine modern clothing and footwear without cords. With rapidly advancing technology, the challenges of developing this group of textile products are becoming increasingly complex and require an individual approach.

In some cases, cords are flexible load-bearing elements. Therefore, their breaking load is one of the most important indicators for the production of shoe, household, technical and other cords as it characterizes their strength.

The aim of this study is to determine the influence of the structure and raw material composition of cords with identical

specified process parameters on their strength characteristics. For the analysis, groups of cords were formed so that they had the same linear density and raw material composition. The braided and knitted cords were selected so that the linear density of a cord with the specified parameters of the first group was as close as possible to the linear density of a cord made from the same type of raw material of the second group.

Analysis of the experimental data revealed that the cord strength values depend not only on the physical and mechanical properties of the original yarns used in the cord but also on the scale factor. The main causes of reduced cord strength are loss of strength of the original components during processing and the complex spatial arrangement of the yarns in the cord, resulting in sections not parallel to the cord axis.

These results have important practical implications for the development of cords from different types of raw materials with specified parameters and can solve the problem of optimizing production in the textile and haberdashery industry depending on the target strength and weight of the product.

Keywords: braided and knitted cord, breaking load, scale factor, load factor of yarns in the cord.

Article info: received October 9, 2025.

The article summarizes the research materials presented at the International Scientific and Technical Conference "International Conference on Textile and Apparel Innovation" (ICTAI-2025), held on November 18-19, 2025 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus).

Введение

В настоящее время во многих отраслях современной техники широко применяются плетеные изделия бытового и технического назначения. Плетение – один из древних способов получения изделий, при котором нити под натяжением подаются в общую рабочую зону с одновременным перемещением в пространстве паковок (Минасян и др., 2020).

Шнуры – универсальные изделия, используемые в различных областях легкой и тяжелой промышленности, строительства, быта и связи, медицине, спорте, военном деле, сельском хозяйстве, пищевой промышленности и прочих отраслях (Зайцева, Рыклин, 2025). Современное развитие техники для производства шнуров (Min Chen et al., 2022) охватывает целый спектр технологических переходов: от дизайна будущего изделия до высококачественного и высокопроизводительного продукта в конце всего цикла производства.

Специальные эксплуатационные свойства текстильных материалов как правило задаются на первоначальном этапе проектирования изделий, так как на конечный результат будет влиять в первую очередь тип волокна, технология его производства, линейная плотность нити, крутка и прочие технические параметры нити.

Шнуры, как гибкие силовые элементы, являются критически важными компонентами в самых разных отраслях: авиационно-космическая и автомобильная промышленность, судостроение и такелаж, строительство и грузоподъемное оборудование, спорт и туризм,

медицина, бытовая техника и электроника, средства индивидуальной защиты, военное обмундирование и прочее. Их многократное использование вызывает потребность в проектировании изделий особых структур для придания шнурам устойчивости к разрыву и истиранию (Baszczuński, 2015).

Актуальность разработок обусловлена постоянным запросом на снижение массы, увеличение прочности, долговечности и надежности этих элементов при одновременном сохранении или снижении их стоимости (Манукян, 2012).

Шнуры технического назначения используется в строительной отрасли, при производстве спортивной одежды и инвентаря, автомобильных тросов и пр., где основным требованием к изделию является его прочность при многократном и длительном использовании. Достичь улучшенных разрывных показателей для шнуров технических помогают правильный подбор нитей, увеличение плотности плетения/вязания, использования в наполнении шнура дополнительных нитей, шнуров, проволоки и прочих материалов (Чарковский, Лобацкая, 2020).

С развитием производства спецодежды для работников опасных производств потребность в тонких, но сверхпрочных шнурах с крайне низким удлинением под нагрузкой только возрастает (Базунов, Родионов, 2013). Наибольшей устойчивостью к истиранию обладают текстильные изделия, которые состоят из нитей, имеющих высокую стойкость к многократным деформаци-

ям. Структура шнура так же влияет на износостойкость изделия: рельефные шнуры обладают меньшей устойчивостью к истиранию, чем шнуры, имеющие гладкую структуру.

Несмотря на широкую изученность существующие методики проектирования и производства шнуров не всегда позволяют комплексно и прогнозируемо получать изделия с заранее заданным набором свойств (например, сочетание высокой прочности, гибкости, стойкости к УФ-излучению и низкой массы), особенно когда требования к свойствам противоречивы (Ömer Firat et al., 2021).

В соответствии с ГОСТ 29231-91, ГОСТ 2297-90, ТУ ВУ 700002794.158-2001 одним из важнейших показателей для выпуска шнуров обувных, бытовых, технических и прочих, характеризующих прочность шнуров, является их разрывная нагрузка.

Для достижения высоких параметров прочности необходимо учитывать свойства исходных нитей, такие как: линейная плотность, удельная разрывная нагрузка, состав исходного волокна и способ его производства. Следствием плохого качества исходной нити или смешанной пряжи [Niles et al., 2017] может являться неровнота шнура по разрывной нагрузке и неравномерность структуры. Немаловажным фактором влияния на прочностные характеристики конечного продукта является процесс переработки исходных нитей, как на подготовительных этапах производства (например, перематывание), так и непосредственно при изготовлении шнура. Известно, что при повышении натяжения нитей в процессе их переработки их физико-механические показатели свойств могут существенно ухудшаться (Назарова, Трифонова, 2018).

Исследование новых технологий, структур и инновационных материалов в области производства шнуров с заданными свойствами из различных нитей и волокон является неотъемлемой частью процесса их проектирования для подбора оптимальных параметров производства данной группы текстильно-галантерейных изделий (Чарковский и др., 2018).

Целью данной работы являлся определение влияния структуры и сырьевого состава на разрывную нагрузку шнуров двух групп – плетеных и вязаных.

Методы и средства исследования

В качестве объектов исследования выбраны 12 образцов шнуров, выработанных на плетельных машинах типа ШПМ и вязальных машинах типа ШВМ-3.

Для этого на ОАО «Лента» наработаны 2 группы обувных шнуров с заданными параметрами. Первая группа выполнена на плетельном оборудовании 40 класса однопрядным переплетением с количеством плетений – 4 на 1 сантиметр, использованием нитей линейных плотностей от 25 текс × 2 до 28 текс × 2. Вторая группа шнуров изготавливалась на вязальной машине с 12-игольным цилиндром из нитей линейных плотностей от 25 текс × 2 до 28 текс × 2, однократным переплетением и плотностью вязания 7 петель на 1 сантиметр для всех образцов второй группы.

Заправочные параметры производства шнуров представлены в таблице 1.

Фактическая линейная плотность нити определялась согласно ГОСТ 6611.1-73 путем взвешивания пасмы с погрешностью не более 0,5% от их общей массы.

Разрывную нагрузку нитей определяли методом разрыва одной нити согласно ГОСТ 6611.2-73. Для проведения испытания применялась разрывная машина маятникового типа, с постоянной скоростью возрастания нагрузки, с постоянной скоростью деформирования, обеспечивающие погрешность измерения разрывной нагрузки ±1%.

Для определения разрывной нагрузки согласно ГОСТ 16218.5-93 использовалась машина разрывная марка WDW-01 с постоянной скоростью деформирования. Все пробы шнуров перед испытанием выдерживались в свободном состоянии в климатических условиях по ГОСТ 10681-75 не менее 24 часов. Высота рабочего пространства составила 100 мм для вязаных изделий при испытании по направлению петельных столбиков и 200 мм для плетеных изделий при испытании по оплетке; заправка шнуров осуществлялась в плоские захваты так, чтобы проба подвергалась равномерному предварительному натяжению по всей ширине.

Для определения коэффициента уработки нити пробы вязаных шнуров длиной 100 см распускались в сторону, обратную вязанию, тем самым освобождая нити каждого петельного столбика вязаного шнура. Для плетеных шнуров использовался метод поочередного вытягивания нити оплетки плетеного шнура из подготовленной пробы длиной в 100 см. Значение коэффициента уработки нити определяли, как отношение фактической длины нити, извлеченной из пробы, к длине пробы.

Результаты исследований

Результаты испытаний опытных образцов шнуров представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Заправочные параметры производства шнуров
Table 1 – Production parameters for cords manufacturing

Номер образца	Наименование сырья	Номинальная линейная плотность нити, текс	Фактическая линейная плотность нити, текс	Удельная разрывная нагрузка нити, сН/текс	Количество нитей на 1 катушке, шт
Плетеные шнуры					
1	Нить полиэфирная	25×2	51,2	37,1	1
2	Нить полиэфирная	25×2	51,2	37,1	2
3	Пряжа хлопчатобумажная	25×2	51,7	17,1	2
4	Пряжа хлопчатобумажная	25×2	51,7	17,1	4
5	Пряжа льняная	28×2	56,3	26,4	2
6	Нить полипропиленовая	28×2	55,9	52,1	2
Вязаные шнуры					
7	Нить полиэфирная	25×2	51,2	37,1	1
8	Нить полиэфирная	25×2	51,2	37,1	2
9	Пряжа хлопчатобумажная	25×2	51,7	17,1	2
10	Пряжа хлопчатобумажная	25×2	51,7	17,1	4
11	Пряжа льняная	28×2	56,3	26,4	2
12	Пряжа (полиэфирное волокно – 40 %, вискоза – 40 %, лен – 20 %)	25×2	49,5	15	2

Как показали результаты исследования, шнур № 6 из нити полипропиленовой имеет самую высокую разрывную нагрузку в 1404 Н, что обусловлено самой высокой удельной разрывной нагрузкой нити в 45 сН/текс.

На примере образцов 1, 2, 7 и 8 из полиэфирной нити 25 текс × 2 заметно, что разрывная нагрузка шнура повышается с увеличением его линейной плотности при одинаковой технологии изготовления.

В случае использования разных технологий одинаковая линейная плотность шнура не гарантирует близкие значения их прочности. При этом плетеные шнуры характеризуются существенно большей прочностью. Так, значения разрывной нагрузки образцов 1 и 7, изготовленных из одного и того же вида сырья и имеющих одинаковую линейную плотность, отличаются приблизительно на 75 %, а для шнуров 2 и 8 разница снижается до 25 %.

Аналогичная закономерность выявлена и для образцов 3, 4, 9 и 10 из хлопчатобумажной пряжи 25 текс × 2.

Очевидно и то, что с увеличением удельной разрывной нагрузки исходной пряжи повышается прочность шнуров близкой линейной плотности, изготовленных по одной технологии. Так шнур 11 из льняной пряжи имеет всего на 4 % меньшую линейную плотность по сравнению с шнуром 11 из смешанной пряжи. Но из-за превышения удельной разрывной нагрузки льняной пряжи на 76 % соответствующего показателя смешанной пряжи соотношение прочностей шнуров составляет 1,34.

Однако необходимо обратить внимание на то, что при сопоставлении значений разрывной нагрузки шнуров из пряжи и комплексных химических нитей данная закономерность не подтверждается. Например, сопоставляя данные о шнурах 2 и 5, можно отметить, что они характеризуются практически одинаковой линейной плотностью. При этом исходная комплексная полиэфирная нить была прочнее льняной пряжи на 40 %. Но шнуры из нее оказались на 18,5 % менее прочными по сравнению с льняными.

Таблица 2 – Результаты испытаний опытных образцов шнуров
Table 2 – Results of experimental cords samples testing

Номер образца	Наименование сырья	Коэффициент уработки нитей	Линейная плотность шнура, г/п.м, $T_{ш}$	Разрывная нагрузка шнура, Н, $R_{ш}$
Плетеные шнуры (зажимная длина – 20 см)				
1	Нить полиэфирная	1,3	2,6	377
2	Нить полиэфирная	1,35	5,4	657
3	Пряжа хлопчатобумажная	1,3	5,2	452
4	Пряжа хлопчатобумажная	1,35	11,5	911
5	Пряжа льняная	1,2	5,5	779
6	Нить полипропиленовая	1,25	4,8	1404
Вязаные шнуры (зажимная длина – 10 см)				
7	Нить полиэфирная	4,4	2,6	216
8	Нить полиэфирная	4,6	5,2	523
9	Пряжа хлопчатобумажная	5,1	6,2	309
10	Пряжа хлопчатобумажная	4,9	12,6	612
11	Пряжа льняная	4,6	6,7	524
12	Пряжа (полиэфирное волокно – 40 %, вискоза – 40 %, лен – 20 %)	5,2	7	391

Таким образом, полученные экспериментальные данные требуют более глубокого анализа с выявлением факторов, оказывающих влияние на разрывную нагрузку шнуров.

Анализ полученных результатов

Анализ влияния разрывной нагрузки исходных компонентов шнура и его структуры можно осуществить на основе коэффициента использования прочности нитей в шнуре, который по аналогии с пряжей (Рыклин, 2022), состоящей из штапельных волокон, рассчитывается по формуле

$$K_{и} = \frac{R_{ш}}{R_{н}}, \quad (1)$$

где $R_{н}$ – удельная разрывная нагрузка нити, сН/текс; $R_{ш}$ – удельная разрывная нагрузка шнура, сН/текс.

С учетом того, что разрывная нагрузка шнура $P_{ш}$ определяется в ньютонах, а его линейная плотность $T_{ш}$ – в килотексах (г/м) формула (1) приобретает следующий вид

$$K_{и} = \frac{P_{ш}}{10 \cdot T_{ш} \cdot R_{н}}. \quad (2)$$

Если для крученых изделий и канатов сквозного плетения существует методика по определению разрывной нагрузки с использованием значения коэффициента использования прочности для прядей или каболок, по которой значения коэффициента использования прочности более или менее легко определяются, то для шнуров такой путь не разработан (Сукконова, 2011).

Коэффициент использования прочности показывает во сколько раз разрывная нагрузка шнура меньше по сравнению со значением соответствующего показателя пучка исходных нитей той же линейной плотности.

Основными причинами снижения прочности шнура являются следующие:

1. Потеря прочности исходных компонентов в процессе переработки.
2. Сложное пространственное расположение нитей в шнуре, в результате чего их участки не параллельны оси шнура.

В последующих расчетах коэффициенты, влияющие на снижение разрывной нагрузки шнура по указанным причинам будут обозначаться, соответственно, K_1 и K_2 .

Кроме того, дополнительным фактором, оказывающим влияние на изменение разрывной нагрузки шнура является масштабный фактор, так как зажимная длина нити ($l_H = 50$ см) при ее испытаниях на растяжение отличается от длины участка нити в образце шнура.

Зажимная длина l_{III} , устанавливаемая при испытании шнуров, зависит от способа их получения. Согласно ГОСТ 16218.5-93 для тканых, плетеных, витых изделий при испытании по основе и оплетке зажимная длина $l_{III} = 20$ см, а для вязаных изделий при испытании по направлению петельных столбиков $l_{III} = 10$ см. Длина участка нити в образце шнура между зажимами составляет $l_{III} \cdot k_y$, где k_y – коэффициент уработки нитей.

Если величина $l_{III} \cdot k_y$ меньше 50 см, то с учетом масштабного фактора, как правило, разрывная нагрузка, определенная на таком участке, может быть несколько больше по сравнению со значением, полученным при испытаниях нитей по стандартным методикам [Кузнецов, 2009]. В связи с этим при анализе причин снижения разрывной нагрузки шнура по сравнению с разрывной нагрузкой нити целесообразно вводить коэффициент

$$k_M = \frac{P'_H}{P_{H(50)}}, \quad (3)$$

где $P_{H(50)}$ – разрывная нагрузка нити, определенная при стандартной зажимной длине, сН; P'_H – разрывная нагрузка нити, определенная для участка нити, соответствующего ее длине в образце шнура между зажимами [$l_{III} \cdot k_y$].

Таким образом, коэффициент использования прочности нитей в шнуре можно представить, как произведение коэффициентов, определяемых каждой из указанных причин:

$$K_{II} = K_1 \cdot K_2 \cdot k_M. \quad (4)$$

Для определения значений коэффициентов K_1 и k_M из образцов шнуров были извлечены отрезки исходных нитей, которые были подвергнуты испытаниям на разрывной машине.

Испытания нитей проводились при двух значениях зажимной длины:

– 50 см – соответствует зажимной длине при испытаниях исходных нитей;

– 10 и 20 см – соответствует зажимной длине при испытаниях плетеного и вязаного шнура, соответственно.

Значение коэффициента K_1 рассчитывалось, как отношение разрывных нагрузок образцов нитей, извле-

ченных из шнуров, и исходных нитей при стандартной зажимной длине l_H , равной 50 см.

Коэффициент k_M , учитывающий масштабный фактор, определялся на основе допущения о линейной зависимости разрывной нагрузки нити от зажимной длины на участке от l_{III} до l_H . В этом случае разрывная нагрузка нити на участке длиной $l_{III} \cdot k_y$ может быть рассчитана по формуле

$$P'_H = P_{H(50)} + (P_{H(l_H)} - P_{H(50)}) \frac{50 - l_{III} \cdot k_y}{50 - l_{III}}. \quad (5)$$

Тогда для плетеных шнуров формула (5) с учетом зажимной длины участка $l_{III} = 20$ см приобретает следующий вид

$$P'_H = P_{H(50)} + (P_{H(20)} - P_{H(50)}) \frac{50 - 20k_y}{30}. \quad (6)$$

Аналогично для нити, извлеченной из вязаного шнура, испытываемого при зажимной длине $l_{III} = 10$ см

$$P'_H = P_{H(50)} + (P_{H(10)} - P_{H(50)}) \frac{50 - 10k_y}{40}. \quad (7)$$

После расчетов значений коэффициентов K_{II} , K_1 и k_M можно рассчитать значение коэффициента K_2 , зависящего от пространственного расположения нити в шнуре

$$K_2 = \frac{K_{II}}{K_1 \cdot k_M}. \quad (8)$$

Результаты испытаний нитей после переработки представлены в таблице 3.

На основании данных таблиц 1–3 по формулам (1)–(8) проведены расчеты коэффициентов, характеризующих использование разрывной нагрузки нити в шнуре. Заключительные результаты расчетов представлены в таблице 4.

Результаты измерений и проведенные расчеты показали, что в процессе переработки разрывная нагрузка падает, как у комплексных химических нитей, так и у пряжи. Снижение разрывной нагрузки составляет от 18 до 40 %. Исключением явилась только полипропиленовая нить, прочность которой в процессе переработки на плетельном оборудовании не снизилась.

Корреляционный анализ показал, что коэффициент K_2 имеет достаточно заметную отрицательную взаимосвязь с коэффициентом уработки. Коэффициент корреляции этих показателей составил $-0,75$. Однако можно отметить, что для комплексных нитей, переработанных

Таблица 3 – Результаты испытаний нитей после переработки
Table 3 – Results of yarns testing after their processing

Номер образца	Удельная разрывная нагрузка исходной нити, сН/текс, Rn(50)	Разрывная нагрузка нити после переработки, Н, Рn' (I ₃)	Удельная разрывная нагрузка нити после переработки, сН/текс, Rn'	Разрывная нагрузка нити после переработки, Н, Рn'(50)	Удельная разрывная нагрузка нити после переработки, сН/текс, Rn'(50)
Плетеные шнуры (зажимная длина при испытании шнуров – I ₃ = 20 см)					
1	37,1	16,6	33,2	15	30
2	37,1	16,8	33,6	15,6	31,2
3	17,1	6,7	13,4	5,7	11,4
4	17,1	6,8	13,6	6,4	12,8
5	26,4	11,6	20,7	11,2	20
6	52,1	26,9	53,8	26,7	53,4
Вязаные шнуры (зажимная длина при испытании шнуров – I ₃ = 10 см)					
7	37,1	15,4	30,8	14,4	28,8
8	37,1	15,7	31,4	15,1	30,2
9	17,1	6,9	13,8	6,8	13,6
10	17,1	6,8	13,6	6,6	13,2
11	26,4	13	23,2	13,1	23,4
12	23,9	8,2	16,4	7,2	14,4

на плетельном оборудовании, K_2 значения несколько ниже, чем для пряжи. Данный факт может быть объяснен некоторым упрочнением шнуров из пряжи за счет увеличением сил трения между нитями с учетом их более высокой ворсистости. Для вязаных шнуров различия в структуре используемых текстильных нитей проявились в существенно меньшей степени.

Коэффициент использования прочности нитей в шнуре составил для плетеных шнуров 0,33–0,56, а для вязаных – 0,22–0,3, что связано именно с большей уработкой нитей в процессе вязания, в результате чего нити в шнуре менее ориентированы вдоль его оси, так как существенной разницы в снижении разрывной нагрузки нитей при их переработки разными способами не выявлено.

Выводы

При проектировании шнуров с заданными свойствами для достижения высокого показателя разрывной нагрузки необходимо в первую очередь уделять внимание сырью, из которого планируется разработка изделия. Доказано, что удельная разрывная нагрузка нити и их количество в структуре шнура прямо пропорционально влияют на его разрывную нагрузку. При этом в процессе переработки разрывная нагрузка нитей, из которых производится шнур, несколько снижается.

Вязаные шнуры обладают более низкими показателями разрывной нагрузки, что предположительно связано с большим отклонением нитей в структуре шнуров от их оси, о чем свидетельствуют повышенные значения коэффициента уработки.

Таблица 4 – Результаты расчета коэффициентов, характеризующих использование разрывной нагрузки нити в шнурах разного состава и структуры

Table 4 – Results of calculation of coefficients quantitatively determining the load characteristics of yarns in the cords of different compositions and structures

Номер образца	Наименование сырья	K_{II}	K_I	K_2	k_{II}
Плетеные шнуры					
1	Нить полиэфирная	0,39	0,81	0,45	1,09
2	Нить полиэфирная	0,33	0,84	0,37	1,06
3	Пряжа хлопчатобумажная	0,51	0,67	0,67	1,14
4	Пряжа хлопчатобумажная	0,46	0,75	0,59	1,05
5	Пряжа льняная	0,54	0,76	0,69	1,03
6	Нить полипропиленовая	0,56	1,03	0,54	1,01
Вязаные шнуры					
7	Нить полиэфирная	0,22	0,78	0,29	1,01
8	Нить полиэфирная	0,27	0,81	0,33	1
9	Пряжа хлопчатобумажная	0,29	0,8	0,37	1
10	Пряжа хлопчатобумажная	0,28	0,77	0,37	1
11	Пряжа льняная	0,29	0,89	0,34	1
12	Пряжа (полиэфирное волокно – 40 %, вискоза – 40 %, лен – 20 %)	0,23	0,6	0,39	0,99

Полученные результаты позволяют ориентировочно прогнозировать разрывную нагрузку шнуров, получаемых разными способами из исследованных видов исходного сырья, а предложенный подход может быть использован в процессе разработки новых видов шнуров для анализа причин изменения их прочности. Дальнейший подбор технологических требований, предъявляемых к разработке шнуров и параметров заправки изделия на машине будет влиять на эффективную работу оборудования, качество готового изделия и ценообразование.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Базунов, Д.А. и Родионов, В.А. (2013). Технология получения шнуроплетеных изделий с пониженной усадкой, *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 2 (344), С. 57–60.

Зайцева, Н. С. и Рыклин, Д. Б.(2025). Разработка и исследование светонакопительных шнуров, *Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2025): сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием*, Часть 2, С. 59–62.

Кузнецов, А.А. (2009). Исследование влияния масштабного фактора на характеристики прочности пряжи. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, 2009, № 1, С. 14–17.

Родионов В.А. и Манукян Э.А. (2012). Проектирование разрывной нагрузки шнуроплетеных изделий по методу подобия. *Дизайн и технологии*, № 25, 1. С. 91–97.

Минасян, Э.А., Папоян, А.Р., Манукян, Э.А. и Манасян, Н.К. (2020). Обзор технологии изготовления и методов оценки свойств плетеных изделий, *Вестник науки и образования*, № 18(96). Часть 1, С. 20–30.

Назарова, М.В. и Трифонова, Л.Б. (2018). Анализ физико-механических показателей хлопчатобумажной пряжи в различных процессах снования, *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, № 1, С. 31–35.

Рыклин, Д.Б. (2022). *Технология и оборудование для подготовки текстильных волокон к прядению*. Витебск: ВГТУ, Республика Беларусь.

Суконнова, Т.Е. (2011). Сравнительная оценка методов определения разрывной нагрузки плетеных шнуров, *Известия КГТУ*, № 20, С. 217–221.

Чарковский, А.В., Аничкин, В.В., Мисевич А.А. и Калтыженков, А.М. (2018). Разработка шнуров с использованием углеродных нитей, *Материалы и технологии*, № 2 (2) С. 61–64.

Чарковский, А.В. и Лобацкая, Е.М. (2020). Разработка и исследование вязаных шнуров из новых видов нитей, *Химические волокна*, № 2, С. 24–27.

Baszczyński, K. (2015). Effect of Repeated Loading on Textile Rope and Webbing Characteristics in Personal Equipment Protecting Against Falls from a Height. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 4(112), pp. 110–118.

Min Chen, Jingyu Ouyang, Aijia Jian, Jia Liu, Pan Li, Yixue Hao, Yuchen Gong, Jiayu Hu, Jing Zhou, Rui Wang, Jiayi Wang, Long Hu, Yuwei Wang, Ju Ouyang, Jing Zhang, Chong Hou, Lei Wei, Huamin Zhou, Dingyu Zhang and Guangming Tao (2022). Imperceptible, designable, and scalable braided electronic cord, *Nature Communications*, vol. 13, pp. 1–10.

Niles, S.N., Dias, W.P.P., Perera T.K.M., Vinoth, W. and Wijenayake, E.M.R. (2017). A Vision-Based Method For Analyzing Yarn Evenness, *International journal of scientific & technology*, vol. 6(2), pp. 254–256.

Ömer Firat, Elif Dicle and Alhayat Getu (2023). A mini-review on rope technologies in the marine, *Bursa 1st International Conference on Mathematic and Engineering*, pp. 21–33.

REFERENCES

Bazunov, D.A. and Rodionov, V.A. (2013). Technology of producing braided products with reduced shrinkage (Tehnologiya polucheniya shnuropletenyh izdelij s ponizhennoj usadkoj), *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, No. 2 (344), pp. 57–60 (In Russian).

Zaitseva, N.S. and Ryklin, D.B. (2025). Development and study of light-accumulating cords (Razrabotka i issledovanie svetonakopitel'nyh shnurov), *Innovacionnoe razvitie tekhniki i tekhnologij v promyshlennosti (INTEKS-2025): sbornik materialov Vserossijskoj nauchnoj konferencii molodyh issledovatelej s mezhdunarodnym uchastiem = Innovative development of engineering and technology in industry (INTEX-2025): collection of materials from the All-Russian scientific conference of young researchers with international participation*, Part 2, pp. 59–62 (In Russian).

Kuznetsov, A.A. (2009). Study of the influence of the scale factor on the strength characteristics of yarn (Issledovanie vliyaniya masshtabnogo faktora na harakteristiki prochnosti pryazhi), *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2009, No. 1, pp. 14–17 (In Russian).

Rodionov V.A. and Manukyan E.A. (2012). Design of breaking load of braided products using the similarity method (Proektirovanie razryvnoj nagruzki shnuropletenyh izdelij po metodu podobiya), *Dizajn i tekhnologii = Design and Technology*, No. 25, 1, pp. 91–97.

Minasyan, Z.A., Papoyan, A.R., Manukyan, E.A. and Manasyan, N.K. (2020). Review of Manufacturing Technology and Methods for Assessing the Properties of Braided Products (Obzor tekhnologii izgotovleniya i metodov ocenki svojstv pletenyh izdelij), *Vestnik nauki i obrazovaniya = Vestnik of Science and Education*, No. 18(96). Part 1, pp. 20–30 (In Russian).

Nazarova, M.V. and Trifonova, L.B. (2018). Analysis of the Physicomechanical Properties of Cotton Yarn in Various Warping Processes (Analiz fiziko-mekhanicheskikh pokazatelej hlochatobumazhnoj pryazhi v razlichnyh processah snovaniya), *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij = International Journal of Applied and Fundamental Research*. No. 1, pp. 31-35 (In Russian).

Ryklin, D.B. (2022). *Tekhnologiya i oborudovanie dlya podgotovki tekstil'nyh volokon k pryadeniyu* (Technology and Equipment for Preparing Textile Fibers for Spinning). Vitebsk: VSTU, Republic of Belarus (In Russian).

Sukonnova, T.E. (2011). Comparative Evaluation of Methods for Determining the Breaking Load of Braided Cords (Sravnitel'naya ocenka metodov opredeleniya razryvnoj nagruzki pletenyh shnurov), *Izvestiya KGTU = Izvestiya KSTU*, No. 20, pp. 217-221 (In Russian).

Charkovsky, A.V., Anichkin, V.V., Misevich, A.A. and Kaltyzhenkov, A.M. (2018). Development of Cords Using Carbon Fibers (Razrabotka shnurov s ispol'zovaniem uglerodnih nitej), *Materialy i tekhnologii = Materials and Technologies*, No. 2 (2), pp. 61-64 (In Russian).

Charkovsky, A.V. and Lobatskaya, E.M. (2020). Development and Study of Knitted Cords from New Types of Fibers (Razrabotka i issledovanie vyazanyh shnurov iz novyh vidov nitej), *Himicheskie volokna = Chemical Fibers*, No. 2, pp. 24-27 (In Russian).

Baszczyński, K. (2015). Effect of Repeated Loading on Textile Rope and Webbing Characteristics in Personal Equipment Protecting Against Falls from a Height. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 4(112), pp. 110-118.

Min Chen, Jingyu Ouyang, Aijia Jian, Jia Liu, Pan Li, Yixue Hao, Yuchen Gong, Jiayu Hu, Jing Zhou, Rui Wang, Jiayi Wang, Long Hu, Yuwei Wang, Ju Ouyang, Jing Zhang, Chong Hou, Lei Wei, Huamin Zhou, Dingyu Zhang and Guangming Tao (2022). Imperceptible, designable, and scalable braided electronic cord, *Nature Communications*, vol. 13, pp. 1-10.

Niles, S.N., Dias, W.P.P., Perera TKM, Vinoth, W. and Wijenayake, E.M.R. (2017). A Vision-Based Method For Analyzing Yarn Evenness, *International journal of scientific & technology*, vol. 6(2), pp. 254-256.

Ömer Firat, Elif Dicle and Alhayat Getu (2023). A mini-review on rope technologies in the marine, *Bursa 1st International Conference on Mathematic and Engineering*, pp. 21-33.

Информация об авторах

Information about the authors

Зайцева Наталья Станиславовна

Начальник технического отдела ОАО «Лента», аспирант (соискатель) кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: Natalia240987@mail.ru

Рыклин Дмитрий Борисович

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: Ryklin-db@mail.ru

Natalia S. Zaitseva

Head of the Technical Department of Lenta OJSC, Postgraduate Student (external) of the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: Natalia240987@mail.ru

Dzmitry B. Ryklin

Doctor of Science (in Engineering), Professor, Chair of the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: Ryklin-db@mail.ru