

Исследование процессов износа капроновых ниток, как комплекса взаимосвязанных эксплуатационных параметров

DOI

Канд. техн. наук, доцент

Е.В. Осипов,

Д.А. Пилипчук – кафедра

«Промышленное рыболовство»,

Дальневосточный

государственный технический

рыбохозяйственный

университет (ФГБОУ

ВО «Дальрыбвтуз»)

@ oev@mail.ru;

pilipchukda@mail.ru

Ключевые слова:

капрон, нитки, истирание ниток, потеря прочности в узлах

Keywords:

nylon, strength, strength abrasion, loss of strength in knots

A STUDY OF NYLON THREADS WEAR AS A COMPLEX OF INTERCONNECTED OPERATING PARAMETERS

E. Osipov, PhD, Associate Professor, D. Pilipchuk – Far Eastern State Technical Fisheries University, oev@mail.ru; pilipchukda@mail.ru

The paper presents the results of a study of nylon strength from different manufacturers for abrasion, rupture in clew and whisker knot. Based on the physics of the process, a formula for calculating the loss of strength in knots is obtained. It is shown, that both in calculations and practice it is necessary to take into account the characteristics of the strength with wear up to 50% inclusive.

Капрон, как материал, в отечественном рыболовстве используется с начала 50-х годов прошлого столетия и характеристики его исследованы [1]. Известно, чем больше по диаметру первичная нить, тем изделие из капрона лучше противостоит истиранию [1], исходя из этого были разработаны канаты из капроновых монопнитей (ТУ 15-11-335-85), однако практика показала, что удобство работы с такими канатами на промысле затруднительно, вследствие их жесткости. Исследования работы композиционных хребтин с монопнитями [4] показало их длительную прочность при сложном нагружении, однако в соединениях секций гашами происходила потеря прочности за счёт излома монопнитей, решением этой проблемы стало использование на концах секций вставок хребтин

без монопнитей. В работе [1] показано, что увеличение крутки снижает прочностные характеристики ниток, но в другом разделе приводятся данные, что с увеличением крутки время истирания увеличивается. Нитки и канат в рыболовстве работают при сложных нагружениях, поэтому рассмотрение одного из параметров в отрыве от других вредно. Все это показывает, что отсутствует комплексная, структурированная информация о работе капроновых изделий в существующих производственных рыболовных процессах, что определяет актуальность и направленность данной работы.

В работе исследования проводились с ниткой 187×9 текс двух производителей (произв.1 – ООО «Морское снабжение», п. Девятый вал, про-

изв. 2 – ООО «Фабрика орудий лова», п. Подъяпольск) и первичные нити двух производителей (произв. 1 – ООО «Курскхимволокно», произв. 2 – ПАО «КуйбышевАзот»). Нитки подвергались истиранию, разрыву, разрыву в выбленочных и шкотовых узлах [3]. В таблице 1 приведены данные исследуемых ниток. Как можно заметить, существует отличие современных ниток от ТУ 15-08-31-89 в массе, структуре и в разрывных нагрузках.

На рисунке 1 показаны диаграммы разрыва первичных нитей разных производителей. Как можно заметить, нити (волокно) произв.1 (187 текс – 120,497±4,998 Н) и (175 текс – 115,604±4,59 Н) значительно лучше, чем нити (волокно) произв. 2 (187 текс – 97,524±5,835 Н).

Суммарный расчёт нитки 187×9 текс с разными первичными нитями показал, что произв. 2 первичных нитей изготавливает их по ГОСТу, и нитки соответствуют ТУ 15-08-31-89 (Σ98,9 кгс), а произв.1 первичных нитей изготавливает нити более высокого качества (Σ108,1 кгс) и именно из них изготовлены две исследуемые нитки (табл. 1).

Исследование на истирание проводилось по методике: брали по 5 экземпляров ниток каждого производителя и определяли количество циклов до полного истирания: произв. 1 – 68,2±2,96 цикл; произв. 2 – 71,4±4,48 цикл, это показывает, что устойчивость к истиранию вырастает с увеличением окончательной крутки и согласуется с работой [1]. Затем рассчитывалось количество циклов для нитки каждого производителя при 25%, 50%, 75% истирания, диаграммы показаны на рисунке 2.

Для комплексного учета истирания и разрывной нагрузки приведём данные (рис. 2) к безраз-

В работе представлены результаты исследования капроновых ниток разных производителей на истирание, разрыв в шкотовом и выбленочном узлах. На основе физики процесса получена формула расчёта потери прочности ниток в узлах. Показано, что в расчётах и на практике необходимо учитывать характеристики ниток при истирании до 50% включительно. В рамках ТУ на производство ниток и делей рекомендуется выпускать и использовать нитки с минимальными значениями первичной и вторичной крутки.

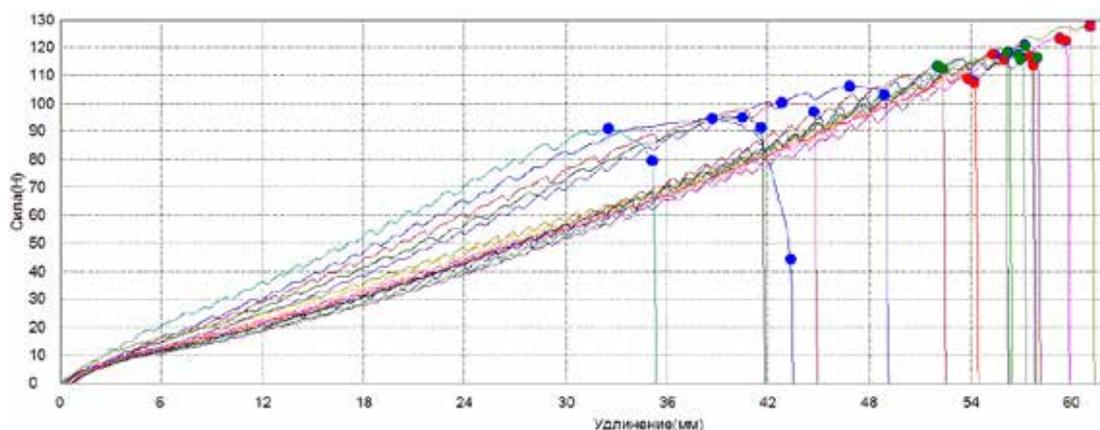
мерным величинами (рис. 3), где $T_{max} = 105,95$ Н (произв. 2). Как можно заметить, характер истирания двух ниток разных производителей различается (рис. 3). Поскольку толщина нитей волокна одинаковая, то причиной различия в истирании является разница в крутке обеих ниток, чем сильнее крутка (больше крутка – первичная), тем больше сила натяжения на крайних нитях [5], и при соприкосновении с абразивом они разрушаются быстрее, это наблюдается уже при 25% истирании и значительно заметно при 50% истирании, а при 75% истирании проявляется эффект повышенной массы нитки произв. 2 (за счет большей первичной и вторичной крутки (рис. 3).

В литературе [1] исследование разрыва нитей в шкотовом узле предлагается проводить при заводке в зажимы одной петлевой нитки и одной крестовой нитки, а полученную величину разрывной нагрузки удваивать. Однако, как показано в работе [2], существующие методики расчёта узловых соединений построены на известной формуле Эйлера в предположении, что нити в узле не изменяют форму поперечного сечения, однако, как показывает прак-

Таблица 1. Данные исследуемых ниток 187×9 текс / **Table 1.** Parameters of threads 187×9 tex studied

№	Производитель	Масса, гр	Предварительная крутка, кр/м	Окончательная крутка, кр/м	Разрывная, кгс
1	ТУ 15-08-31-89	1,950	240±20	130±20	99,0
2	произв. 1	1,877	197,2±0,9	101,55±4,25	105,80±0,87*
3	произв. 2	1,899	203,1±1,82	103,6±3,2	105,95±0,78*

* диаграммы разрыва, рисунок 2

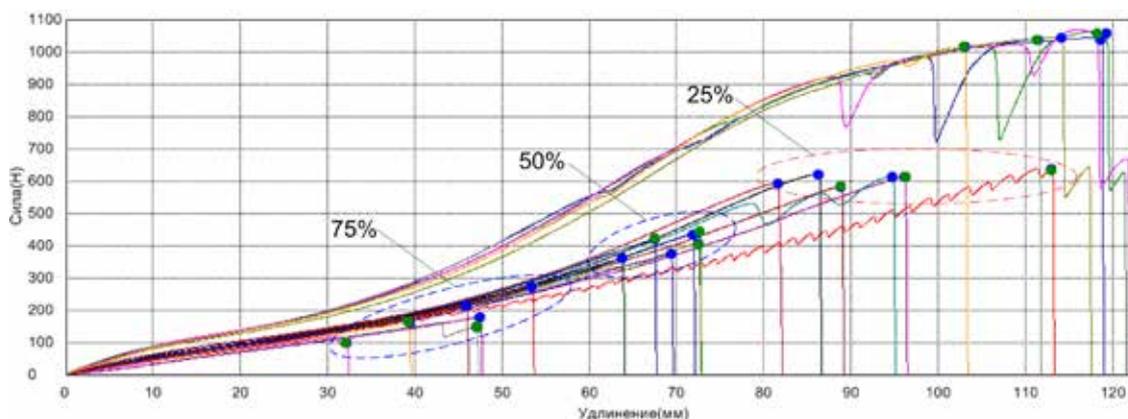


■ – 187 текс произв. 1; ■ – 175 текс произв. 1; ■ – 187 текс произв. 2

Рисунок 1. Диаграмма разрыва различных видов первичных нити

■ – 187 tex, manufacturer 1; ■ – 175 tex, manufacturer 1; ■ – 187 tex, manufacturer 2

Figure 1. Rupture diagram for different primary threads



□ – произв. 1; ○ – произв. 2

Рисунок 2. Диаграмма разрыва ниток при разном истирании

□ – manufacturer 1; ○ – manufacturer 2

Figure 2. Rupture diagram fir threads with different wear

тика, нити в узлах существенно деформируются и это сильно влияет на контактное давление в узле. Поэтому, когда одна нить из узла в существующей методике [1] подвержена натяжению, а другая – нет, то деформация нитей в узле не идентична процессу деформации в ячее при разрыве. Поэтому исследования разрыва нитей (рис. 4) в шкотовом узле проводились при заводке каждой пары нитей в противоположные зажимы, что соответствует ISO 1805:2006, а выбленочный узел вязался на шнур капроновый Ø8 мм и нитка из узла заводилась в зажим.

Значение разрывов в шкотовом узле: произв. 1 – $1231,9 \pm 54,6$ Н; произв. 2 – $1201,2 \pm 63,47$ Н; в выбленочном узле: произв. 1 – $830,75 \pm 12,85$ Н; произв. 2 – $849,53 \pm 4,98$ Н.

Для описания процесса разрыва в шкотовом узле обратимся к схеме (рис. 5а), откуда следует – чем нитка более жёсткая (имеет большее количество первичной и вторичной крутки), тем площади контакта меньше, и при одинаковом давлении с нитками меньшей крутки, жёсткие нитки разрушаются быстрее, что определяется по формуле

$$P = T/S, \quad (1)$$

где T – обжимающее нить усилие; S – площадь контакта нитки; P – давление на нитку.

Также контактное давление определяется по формуле Эйлера [2]:

$$\sigma_k = T/R, \quad (2)$$

где R – радиус нитки.

Из формул (1, 2) и известного явления, что в обычном узле ($S = 100\%$) потеря прочности от разрывной нагрузки T_p составляет $1/2$, следует

$$T_{об} = (1/2)T_p, \quad (3)$$

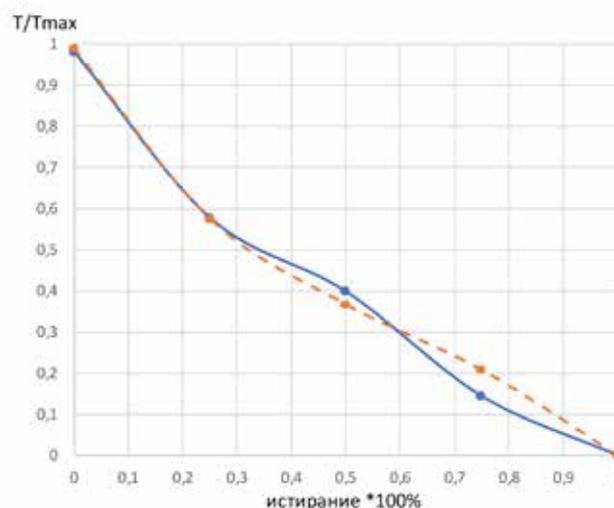
где $T_{об}$ – разрывное усилие нитки в обычном узле.

Исследование области контакта нитки в шкотовом узле после деформации показало, что его можно принять $S = 27/32$ (рис. 5а), тогда формула (3) примет вид

$$T_y = kT_p / 2S, \quad (4)$$

где T_y – разрывное усилие нитки в узле; k – коэффициент пропорциональности.

Для наиболее мягкой нитки произв. 1 ($k = 1$) $T_{шк} = T_p(16/27) = 105,8(16/27) = 62,69$ кгс, а по-



□ – произв. 1; □ – произв. 2

Рисунок 3. Диаграммы истирания ниток

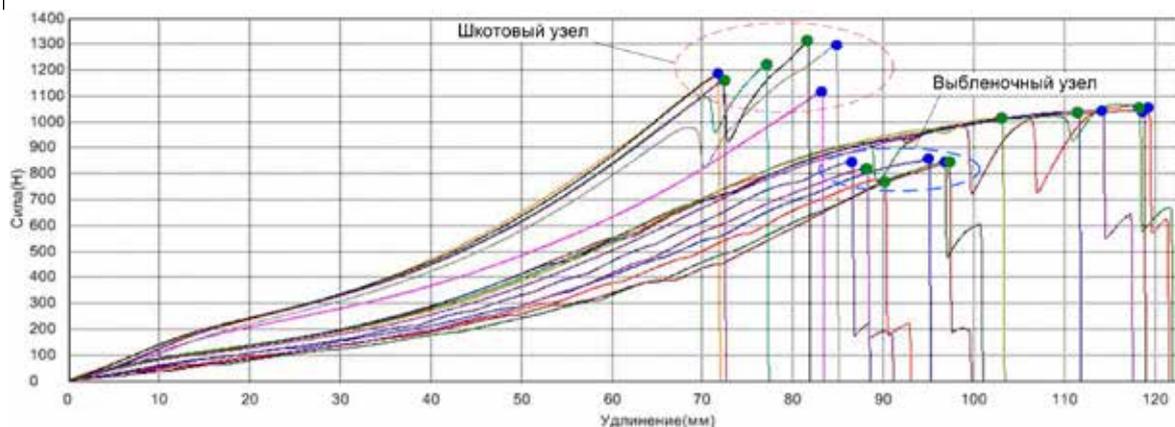
□ – manufacturer 1; □ – manufacturer 2

Figure 3. Thread rupture diagram

скольку ниток в узле две, то $2T_{шк} = 125,39$ кгс ($1230,1$ Н) ($0,15\%$ погрешности эксперимента).

Коэффициент пропорциональности найдем исходя из физической зависимости соотношений первичных круток (табл. 1) для произв. 2 $k = 197,2/203,1$, тогда $2T_{шк} = 2 \cdot 105,95(16/27) \cdot 0,971 = 121,93$ ($1196,13$ Н), ($0,42\%$ погрешности эксперимента).

Для выбленочного узла (рис. 5б), в рамках проведения эксперимента, следует, что при обтяжке узла нитка более жёсткая входит в шнур на большую глубину, а мягкая нитка – на меньшую глубину. Следовательно, распределённое усилие в узле для жёсткой нитки приходится на малую площадь контакта, а для мягкой нитки распределённое усилие приходится на большую площадь контакта. Исследование площади контакта нитки в выбленочном узле при деформации показало, что его можно принять $S = 20-32$, тогда для произв. 1 ($k = 1$) $T_{шк} = T_p(16/20) = 1037,1(16/20) = 829,68$ Н, про-



■ – произв. 1; □ – произв. 2

Рисунок 4. Диаграмма разрыва ниток при разном истирании

■ – manufacturer 1; □ – manufacturer 2

Figure 4. Threads rupture diagram with different wear

изв. 2 ($k = 1$) $T_{шк} = T_p(16/20) = 1045,7(16/20) = 836,56Н$ (1,5 % погрешности эксперимента).

ВЫВОДЫ

Поскольку при проектировании орудий рыболовства принят коэффициент запаса 4, а значения разрывной нагрузки при 75% истирании меньше расчётной нагрузки (рис. 3), то в расчётах и на практике необходимо учитывать характеристики ниток при истирании до 50% включительно. При этом нитки с минимальной первичной круткой имеют большую разрывную нагрузку, хотя нити с большей круткой истираются дольше. Если следовать работе [1], то, при прочности коэффициента запаса 2, время истирания нитки с минимальной первичной круткой будет больше

(рис. 3). Все эти выводы подходят для нитей, которые изготавливаются в рамках ТУ (табл. 1) и соответственно сбалансированы по массе и диаметру, в отличие от данных [1, рис. 20].

На основе физики процесса получена формула (4) для расчёта потери прочности ниток в шкотовых и выбленочных узлах. Увеличение потери прочности в шкотовом узле связано с повышением первичной крутки, что аналогично для потери прочности хребтин ярусов при выборке [4].

Таким образом, в рамках ТУ на производство ниток и делей рекомендуется выпускать и использовать нитки с минимальными значениями первичной и вторичной крутки: уменьшается масса, а, следовательно, себестоимость, сохраняется разрывная нагрузка, возрастает прочность в шкотовых узлах.

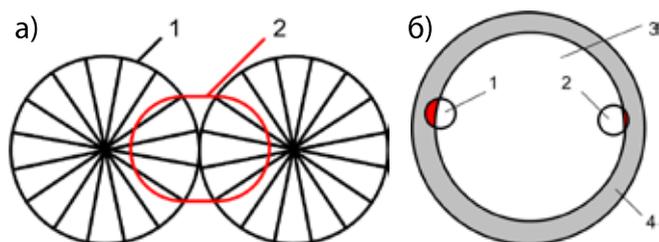


Рисунок 4. Области контактов нитей и ниток в узлах (выделены красным)

а – изменение формы ниток в шкотовом узле: 1 – без деформации; 2 – при деформации (затяжка узла при разрыве);

б – параметры зоны контактов ниток в выбленочном узле: 1 – произв. 1; 2 – произв. 2; 3 – шнур Ø8 мм; 4 – обжимающая нить

Figure 4. Contact areas of threads and threads in nodes (highlighted in red)

a – change in the shape of the threads in the clew: 1 – without deformation; 2 – with deformation (tightening the knot at break);

b – parameters of the thread contact area in the knotted knot: 1 – manufacturer 1; 2 – manufacturer 2; 3 – thread 8 mm; 4 – crimping thread

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Ломакина Л.М. Технология постройки орудий лова. М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1984 – 208 с.
1. Lomakina L.M. Tekhnologiya postrojki orudij lova. M.: Legk. i pishch. prom-st', 1984 – 208 p.
2. Лаврушина Е.Г. Влияние узловых соединений на прочность нитей. // Материалы III международной научной конференции "Рыбохозяйственные исследования мирового океана". – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2005, Т. 1, С. –72-74.
2. Lavrushina E.G. Vliyanie uzlovnyh soedinenij na prochnost' nitej. // Materialy III mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii "Rybohozyajstvennyye issledovaniya mirovogo okeana". – Vladivostok: Dal'rybvuz, 2005, V. 1, Pp. 72-74.
3. Осипов Е.В., Пилипчук Д.А. Исследование синтетических нитей с учетом узловых соединений// Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы нац. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2019. – С. 46-48.
3. Osipov E.V., Pilipchuk D.A. Issledovanie sinteticheskikh nitej s uchetom uzlovnyh soedinenij// Nauchno-prakticheskie voprosy regulirovaniya rybolovstva: materialy nac. nauch.-tekhn. konf. – Vladivostok: Dal'rybvuz, 2019. – Pp. 46-48.
4. Осипов Е.В. Совершенствование технологий глубоководного ярусного и ловушечного промысла. Рыбное хозяйство, № 3, 2018. –С 90-93.
4. Osipov E.V. Sovershenstvovanie tekhnologij glubokovodnogo yarusnogo i lovushechnogo promysla. Rybnoe hozyajstvo, Issue 3, 2018. – Pp. 90-93.
5. Durville D. Contact-friction modeling within elastic beam assemblies: an application to knot tighten ing. Comput Mech (2012) 49:687–707
5. Durville D. Contact-friction modeling within elastic beam assemblies: an application to knot tighten ing. Comput Mech (2012) 49:687-707