Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Том 75, № 1. С. 147–153.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 639.2.081 **DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2026-75-14** **EDN: LUHCJR**

Исследования длительной цикличной прочности композитных нитей полипропилен-полиэтилен

Ксения Александровна Грибова[1], Евгений Валериевич Осипов[2]
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
[1] belova_1394@mail.ru
[2] oev@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты исследования длительной цикличной прочности композитных разных нитей полипропилен-полиэтилен (ПП-ПЭ) в сравнении с капроном (ПА), которые показали, что длительная прочность нитей из ПП-ПЭ выше при 50 % нагрузке по сравнению ПА при 25 % нагрузке. На длительную цикличную прочность нитей ПП-ПЭ при 75 % нагрузке влияют особенности фильеры экструдера, показано, что одиночные нити d =0,54 и d =0,28 имеют в 3–3,4 раза выше прочность по сравнению с комплексной нитью, состоящей из 4 нитей d =0,28. Однако длительная цикличная прочность при 50 % нагрузке для разных типов нитей ПП-ПЭ практически одинаковая.

Ключевые слова: длительная цикличная прочность, композиты, орудия рыболовства, сооружения аквакультуры

Для цитирования: Грибова К. А., Осипов Е. В. Исследования длительной цикличной прочности композитных нитей полипропилен-полиэтилен // Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Т. 75, № 1. С. 147–153.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2026. Vol. 75, no. 1. P. 147–153.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHING

Original article

Studies of long-term cyclic strength of polypropylene-polyethylene composite yarns

Ksenia A. Gribova[1], Evgeny V. Osipov[2]
Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
[1] belova_1394@mail.ru
[2] oev@mail.ru

Abstract. This paper presents the results of a study comparing the long-term strength of different polypropylene-ethylene (PP/PE) composite fibers with nylon (PA) under cyclic loading. The results show that the long-term strength of PP/PE fibers is higher than that of nylon at 50 %, but the strength at 75 % is influenced by die characteristics. Single 0.54 mm and 0,28 mm filaments have three to three and a half times the strength of complex yarns consisting of four filaments, but the long-time strength at 50 % is virtually the same for all PP/PE types.

© Грибова К. А., Осипов Е. В., 2026

Keywords: long-term cyclic strength, composites, fishing gear, aquaculture structures
For citation: Gribova K. A., Osipov E. V. Studies of long-term cyclic strength of polypropylene-polyethylene composite yarns. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2026;75(1):147–153. (In Russ.).

Введение

В отечественной литературе [1, 2] описаны свойства устаревших сетеснастных материалов [3]. Современные материалы наиболее полно рассмотрены в работе [4]. Большинство исследователей и производителей считают, что главные характеристики рыболовных материалов – это разрывная нагрузка и удлинение [5]. Однако орудия рыболовства эксплуатируются определенное время, в течение которого материалы меняют свои свойства: происходит упрочнение, и одни материалы становятся хрупкими, снижает их удлинение. При этом разрывная нагрузка, зависящая от условий эксплуатации, не всегда обеспечивает длительную прочность синтетических материалов [6, 7]. Длительная прочность синтетических материалов в рыболовстве связана с процессом работы в циклическом режиме нагрузки и ее снятия, это связано с волнением для стационарных орудий рыболовства и гидробиотехнических сооружений аквакультуры во время выборки ярусных и ловушечных порядков.

Цель работы – определение длительной прочности композитных нитей для дальнейшего применения в орудиях промышленного рыболовства и гидробиотехнических сооружениях аквакультуры в сравнении с ранее используемым капроном (полиамидом).

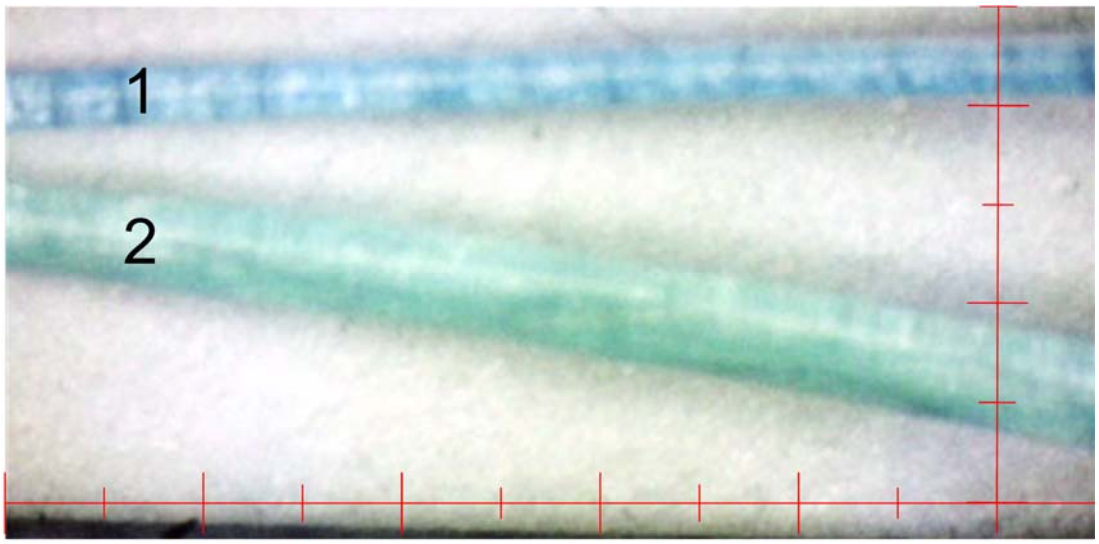
Объекты и методы исследований

В работе исследовались характеристики композитных нитей полипропилен-полиэтилен, изготавливаемых путём смешивания в экструдере полиэтилена (ПЭ) и полипропилена (ПП) двух типов (рис. 1).

Методика исследований заключалась:

1) в определении средней разрывной нагрузки образцов (ГОСТ 6611.2-73);

2) определении количества циклов при разрыве образцов при 75 %; 50 %, 25 % нагрузках от средней разрывной.



1 – нить d=0,28 мм; 2 – нить d=0,54 мм

Рис. 1. Фото исследуемых композитных нитей полипропилен-полиэтилен со шкалой промежуточного деления 0,5 мм. Фото сделано авторами

Fig. 1. Photo of the studied composite polypropylene-polyethylene filaments with an intermediate division scale of 0.5 mm. Photo taken by the authors

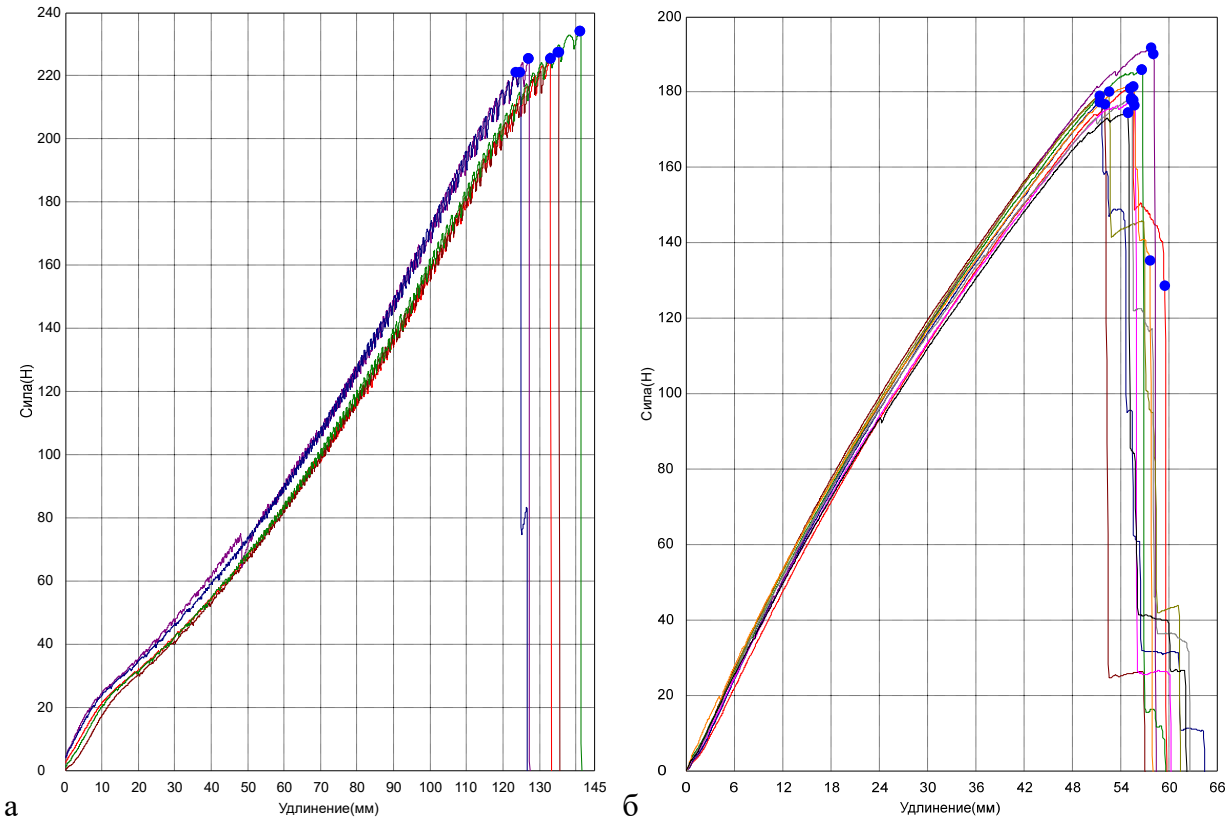
В качестве оборудования использована разрывная машина AGS-10kNXD (SHIMADZU), которая имеет высокоточный тип (1/500, ± 0,5 %); соответствует EN 10002-2 Grade 0.5, ISO 7500-1 Class 0.5, BS 1610 Class 0.5 и ASTM E4, JIS B7721 Class 0.5; нагрузка 10 кН. Скорость выборки данных 1000 Гц макс. Диапазон скорости от 0,001 до 1000 мм/мин (произвольная плавная установка). Разрывная нагрузка производилась при 250 мм/мин, а циклическая нагрузка – при 1,666660 см/с. Специализированное сертифицированное программное обеспечение разрывной машины AGS-10kNXD (SHIMADZU) производило обработку данных экспериментов.

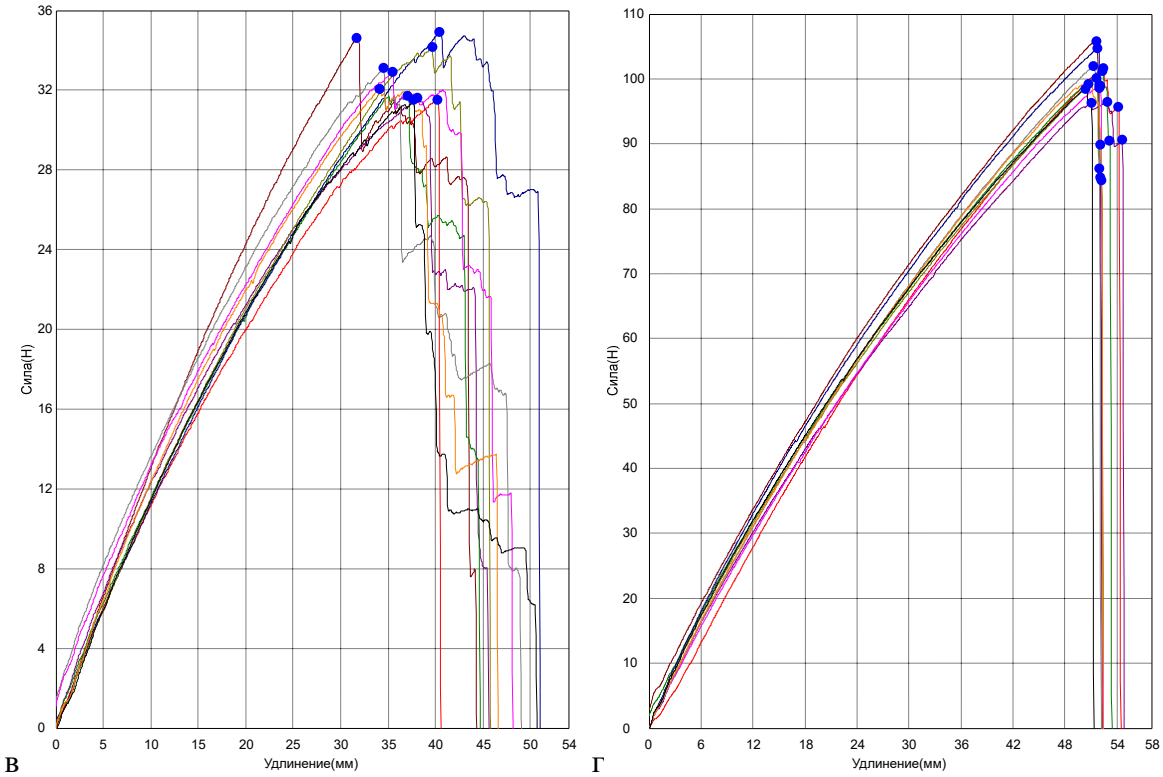
Образцы композитных нитей: полипропилен-полиэтилен *d*=0,54 мм (П-Э54); полипропилен-полиэтилен *d* =0,28 мм, состоящий из 4 нитей (П-Э28-4), который производится через фильеру о-о-о-о, и отдельный образец полипропилен-полиэтилен *d*=0,28 мм (П-Э28); капрон 187×2 (К98), при длине каждого образца между зажимами 675 мм и области разрыва 250 мм.

Результаты и их обсуждения

Для определения средней разрывной нагрузки образцов (ГОСТ 6611.2-73) П-Э54, П-Э28 и П-Э28-4 производилось 10 измерений, для К98 – 5 измерений, результаты приведены на рис. 2 и в табл. 1.

На основе данных табл. 1 значения от средней разрывной нагрузки для исследуемых образцов: К98 – 170,10 Н, 75 %; 113,40 Н, 50 %; 56,70 Н, 25 %; П-Э28 – 24,6 Н, 75 %; 16,4 Н, 50 %; 8,2 Н, 25 %; П-Э54 – 75,63 Н, 75 %; 50,42 Н, 50 %; 25,21 Н, 25 %; П-Э28-4 – 135,5 Н, 75 %; 90,4 Н, 50 %; 45,2 Н, 25 %.





а – К98; б – П-Э28-4; в – П-Э28; г – П-Э54

Рис. 2. Разрывные нагрузки. Составлено авторами

Fig. 2. Breaking loads. Compiled by the authors

Для каждого образца проводилось 10 исследований длительной цикличной нагрузки, в первую очередь исследовался капрон К98, это связано с ранее накопленной в отрасли информации по использованию капрона, в том числе и циклической нагрузке в разных промысловых ситуациях.

Таблица 1

Table 1

№	Название	Разрывная нагрузка, Н		Удлинение		
		Среднее	Среднее квадратичное отклонение	Среднее, мм	Среднее квадратичное отклонение, мм	Среднее, %
1	П-Э54	100,85	8,54	51,7	2,3	7,66
2	П-Э28	32,8	4,03	36,9	8,7	5,47
3	К98	226,81	14,1	131,9	20,8	19,54
4	П-Э28-4	180,79	14,8	61,0	6,0	9,04

На рис. 3 показан график циклической нагрузки исследуемых образцов, они сведены в табл. 2.

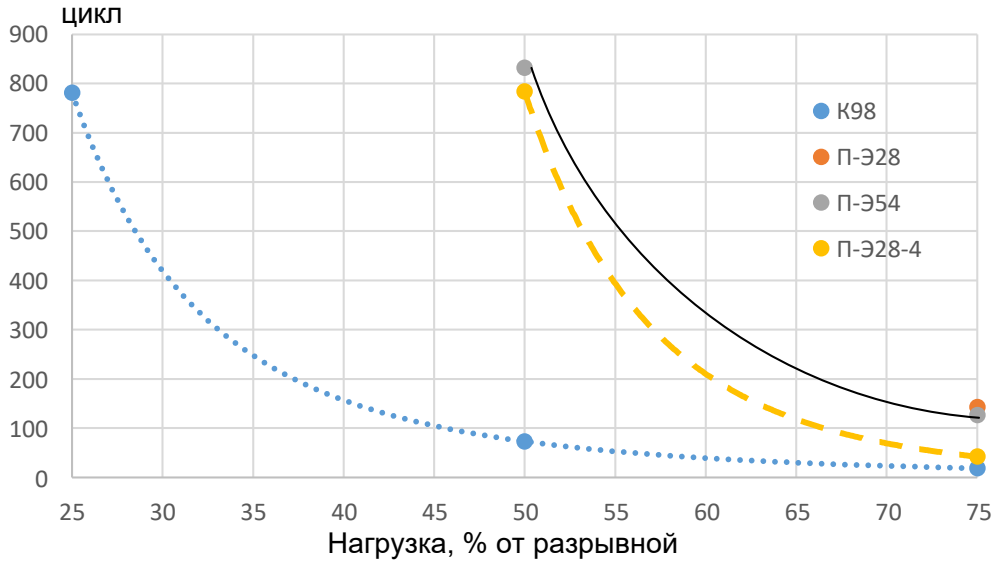


Рис. 3. Количество циклов до разрыва при разной нагрузке. Составлено авторами
Fig. 3. The number of cycles to rupture at different loads. Compiled by the authors

Таблица 2
Table 2

№	Название	Разрывная нагрузка, %					
		75		50		25	
		Среднее, цикл	Среднее квадратичное отклонение, цикл	Среднее, цикл	Среднее квадратичное отклонение, цикл	Среднее, цикл	Среднее квадратичное отклонение, цикл
1	П-Э54	127	35	832	22		
2	П-Э28	143	30				
3	К98	18	2	76	7	780	4
4	П-Э28-4	42	7	784	15		

При исследовании образцов П-Э54 и П-Э28-4 проводилось сравнение с образцом К98, исследования показали, что при 50 % нагрузке образцов П-Э54 и П-Э28-4 количество циклов до полного разрушения соответствует и даже немного превышает К98 при 25 % нагрузке. Поэтому дальнейшие исследования образцов П-Э54 и П-Э28-4 при 25 % нагрузке не проводились.

Для образца П-Э28 было проведено исследование только при 75 % нагрузке, которое выявило четко четыре группы нитей по количеству циклов до полного разрушения (рис. 4), что отражает особенности их производства при продавливании через фильеры экструдера.

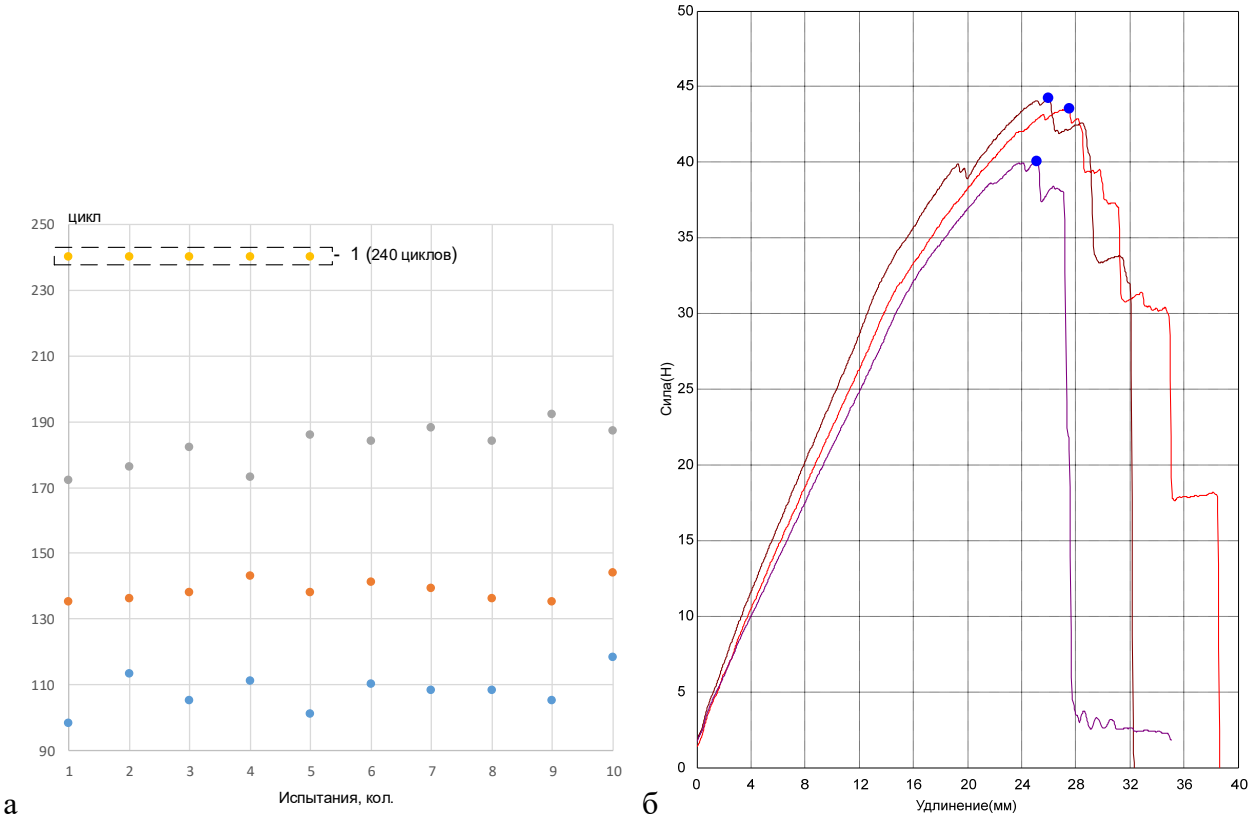


Рис. 4. Исследование образца П-Э28 при 75 % нагрузке от разрывной: а – количество циклов; б – разрывная нагрузка нитей 1 после 240 циклов. Составлено авторами

Fig. 4. Examination of the P-E28 sample at 75 % of the burst load: a – number of cycles; б – breaking load of threads 1 after 240 cycles. Compiled by the authors

Заключение

Длительная прочность нитей из ПП-ПЭ выше при 50 % нагрузке по сравнению с ПА при 25 % нагрузке (см. табл. 2, рис. 3), при 75 % нагрузке ПА в 2 раза уступает комплексной нити, состоящей из 4 нитей (ПП-ПЭ) d =0,28, и в 7 раз – одиночные нити d=0,54 (ПП-ПЭ).

На длительную цикличную прочность нитей ПП-ПЭ при 75 % нагрузке влияют особенности фильеры экструдера, которые выявили четко четыре группы нитей П-Э28 по количеству циклов до полного разрушения, при этом одна группа имела высокий показатель циклов. Эту группу исследовали до 240 циклов и подвергали разрыву (рис. 4, б), который показал, что за счет длительной цикличной нагрузки нити упрочнили свои разрывные характеристики в среднем (42,65 Н, ср. квад. откл. 6,77 Н), от средней для всех нитей – на 9,85 Н (рис. 2, в).

Показано, что одиночные нити d=0,54 и d =0,28 имеют в 3–3,4 раза среднюю прочность выше по сравнению с комплексной нитью, состоящей из 4 о-о-о-о нитей d =0,28 (см. табл. 2). Однако длительная цикличная прочность при 50 % нагрузке для разных типов ПП-ПЭ практически одинаковая (см. табл. 2, рис. 3).

Длительная цикличная прочность ПП-ПЭ показывает, почему на промысле краба с больших глубин коэффициент запаса хребтины может составлять 1,05–1,2 [8, 9] и она не рвется. Такая длительная прочность обуславливается особенностью производства рассматриваемых нитей, которые в процессе эксплуатации в первые месяцы упрочняются, что отчетливо заметно для образцов П-Э28 с 240 циклами, где средняя разрывавшая нагрузка возросла на 9,85 Н.

Полученные результаты исследований по длительной цикличной прочности ПП-ПЭ позволяют в дальнейшем с новых позиций обосновывать конструкцию канатов, используемых в промышленном рыболовстве, в зависимости от процессов промысла и при взаимодействии с промысловыми механизмами.

Список источников

1. Мельников В. Н. Качество, надежность и работоспособность орудий промышленного рыболовства. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. 264 с.

2. Евсеева С. С. Сравнительный анализ технических характеристик синтетических канатов // Вестник АГТУ. 2008. № 3(44). С. 90–92.

3. Грибова, К. А. Исследования процессов использования канатов полипропилен-полиэтилен в орудиях рыболовства / К. А. Грибова, Е. В. Осипов // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Национальной научно-технической конференции, Владивосток, 20–21 мая 2025 года. Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2025. С. 24–28. EDN CCZOJP.

4. Бородин П. А., Осипов Е. В., Пилипчук Д. А. Эксплуатационные характеристики ниток из различных синтетических материалов в орудиях рыболовства и сооружениях аквакультуры // Рыбное хозяйство. 2022. № 6. С. 79–81. DOI 10.37663/0131-6184-2022-6-79-81. EDN XVGMRS.

5. Насенков, П. В. Математическое моделирование разрывной нагрузки и относительного удлинения в момент разрыва нитевидных рыболовных материалов / П. В. Насенков, А. А. Недоступ, А. О. Ражев // Морские интеллектуальные технологии. 2025. № 1–1(67). С. 255–261. DOI 10.37220/MIT.2025.67.1.031. EDN DVXVJH.

6. Лаврушина, Е. Г. Длительная прочность элементов гибких гидробиотехнических сооружений из синтетических материалов / Е. Г. Лаврушина // Известия ТИНРО. 2006. Т. 147. С. 408–416. EDN JJYWMX.

7. Осипов Е. В. Совершенствование технологий глубоководного ярусного и ловушечного промысла // Рыбное хозяйство. 2018. № 3. С. 90–93. EDN XUZTPN.

8. Осипов Е. В. Моделирование процессов выборки ловушечных крабовых порядков с больших глубин // Рыбное хозяйство. 2023. № 2. С. 101–103. DOI 10.37663/0131-6184-2023-2-101-103. EDN ABXZAB.

9. Осипов, Е. В. Повышение эффективности выборки крабовых ловушечных порядков / Е. В. Осипов, Т. П. Карпелев // Рыбное хозяйство. 2025. № 1. С. 116–120. DOI 10.36038/0131-6184-2025-1-116-120. EDN RKEOKS.

Сведения об авторах

К. А. Грибова – старший преподаватель кафедры «Промышленное рыболовство».

Е. В. Осипов – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Промышленное рыболовство».

Information about the authors

K. A. Gribova – Senior Lecturer of the Department of Industrial Fisheries.

E. V. Osipov – PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries.

Статья поступила в редакцию 18.02.2026; одобрена после рецензирования 03.03.2026; принята к публикации 11.03.2026.

The article was submitted 18.02.2026; approved after reviewing 03.03.2026; accepted for publication 11.03.2026.

© Грибова К. А., Осипов Е. В., 2026.

«Исследования длительной цикличной прочности композитных нитей полипропилен-полиэтилен» [Грибова К. А., Осипов Е. В.] распространяется под лицензией Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).