

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-2-68-73>

УДК 678.046.76

## ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ В ПЛАЗМЕ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН НА ОСНОВЕ ВИСКОЗНОЙ ПРЯЖИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФТОРОПЛАСТОВЫХ КОМПОЗИТОВ

В. А. ШЕЛЕСТОВА<sup>+</sup>, В. А. СТРАТАНОВИЧ, И. С. ШИЛЬКО, П. Н. ГРАКОВИЧ, Д. В. БРЕЛЬ, Л. Ф. ИВАНОВ

Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

*Цель работы — сравнительное изучение УВ на основе вискозной пряжи, полученных с вариацией технологии ее изготовления и поверхностной обработки и оценка возможности использования такого наполнителя в составе антифрикционных фторопластовых композитов.*

*Отмечено отличие углеродных лент (УЛ), полученных из вискозной пряжи по разным технологиям: смешанной (СМ) и солевой (СЛ) — по параметрам прочности, сорбционной активности, а также по виду поверхности и поперечного сечения моноволокна. Обработка в плазме в среде октафторциклобутана (ОФЦБ) приводит к изменению поверхностных свойств УЛ, которое проявляется в повышении кажущегося краевого угла смачивания и снижении капиллярности в 8–10 раз. Опытные образцы УЛ, модифицированные в низкотемпературной плазме в среде ОФЦБ, использованы в измельченном виде в качестве наполнителей политетрафторэтилена (ПТФЭ). Упруго-прочностные свойства полученных фторопластовых композитов отличаются незначительно, но несколько выше у наполненных УВ-СЛ. Триботехнические свойства (износостойкость, установившийся коэффициент трения, нагрузочная способность) на 30–40 % выше у композитов с использованием УВ-СМ. При этом все изученные композиты по своим характеристикам соответствуют ТУ ВУ 400084698.280-2016 «Материалы антифрикционные фторопластовые».*

**Ключевые слова:** углеродное волокно, углеродная лента, наполнитель, антифрикционный композит, политетрафторэтилен, вискоза, плазмохимическая обработка.

## APPLICATION OF PLASMA-MODIFIED CARBON FIBERS BASED ON VISCOSE YARN FOR THE PRODUCTION OF FLUOROPLASTIC COMPOSITES

V. A. SHELESTOVA<sup>+</sup>, V. A. STRATANOVICH, I. S. SHILKO, P. N. GRAKOVICH, D. V. BREL, L. F. IVANOV

V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

*The aim of the work is a comparative study of the properties of carbon fibers (CF) obtained from viscose yarn and an assessment of the possibility of their use for the production of composite materials based on polytetrafluoroethylene (PTFE).*

*The difference between carbon tapes (CT) obtained from viscose yarn using different technologies: mixed (CF-M) and salt (CF-S) — in terms of strength parameters, sorption activity, heat resistance, as well as the type of surface and cross-section of the monofilament is noted. Plasma treatment in an octafluorocyclobutane (OFCB) environment leads to a change in the surface properties of CT, which is manifested in an*

<sup>+</sup>Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: sheles\_v@mail.ru

increase in the apparent contact angle of wetting and a sharp decrease in capillarity by 8–10 times. Experimental samples of carbon tapes modified in low-temperature plasma in the OFCB environment were used in milled form as PTFE fillers. The elastic-strength properties of the obtained fluoroplastic composites differ insignificantly, but are slightly higher for those filled with CF-S. Tribotechnical properties (wear resistance, steady-state friction coefficient, load capacity) are 30–40% higher for composites using CF-M. At the same time, all the studied composites correspond to requirements of TU BY 400084698.280-2016 “Antifriction fluoroplastic materials”.

**Keywords:** carbon fiber, carbon tape, filler, antifriction composite, polytetrafluoroethylene, viscose, plasma-chemical treatment.

Поступила в редакцию 17.04.2025

© В. А. Шелестова, В. А. Стратанович, И. С. Шилько, П. Н. Гракович, Д. В. Брель, Л. Ф. Иванов, 2025

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)  
Full text of articles can be purchased from the editorial office

**Адрес редакции:** ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь  
**Телефон/факс:** +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

**Address:** Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus  
**Phone:** +375 (232) 34 06 36. **Fax:** +375 (232) 34 17 11

**E-mail:** [polmattex@gmail.com](mailto:polmattex@gmail.com)  
**Web:** <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

#### Образец цитирования:

Шелестова В. А., Стратанович В. А., Шилько И. С., Гракович П. Н., Брель Д. В., Иванов Л. Ф. Применение модифицированных в плазме углеродных волокон на основе вискозной пряжи для производства фторопластовых композитов // Полимерные материалы и технологии. 2025. Т. 11, № 2. С. 68–73. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-2-68-73>

#### Citation sample:

Shelestova V. A., Stratanovich V. A., Shil'ko I. S., Grakovich P. N., Brel' D. V., Ivanov L. F. Primenenie modifitsirovannykh v plazme uglerodnnykh volokon na osnove viskoznoy pryazhi dlya proizvodstva ftoroplastovykh kompozitov [Application of plasma-modified carbon fibers based on viscose yarn for the production of fluoroplastic composites]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2025, vol. 11, no. 2, pp. 68–73. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-2-68-73>

#### Литература

1. Симамура С., Синдо А., Коцука К., Цугияма Н., Сато Т., Ито Ё., Икэгами К., Ямада К., Сакамото А., Ватанабэ Ё., Такэда Х., Исикава Т., Сасаки В., Абэ Я. Углеродные волокна : пер. с яп. / под ред. С. Симамуры. Москва : Мир, 1987. 304 с.
2. Молчанов Б. И., Чукаловский П. А., Варшавский В. Я. Углепластики. Москва : Химия, 1985. 207 с.
3. Шелестова В. А., Шилько И. С., Стратанович В. А., Полховский М. В., Сарычев А. А., Гракович П. Н. Углеродные волокна из полиоксидиазола и их применение в качестве наполнителей ПТФЭ // Полимерные материалы и технологии. 2024. Т. 10, № 2. С. 49–54.
4. Лурье С. А., Рабинский Л. Н., Кривень Г. И., Лыкосова Е. Д. Напряженное состояние в элементах структуры модифицированных волоконистых композиционных материалов с вискеризованными волокнами // Механика композиционных материалов и конструкций. 2018. Т. 24, № 1. С. 122–144.
5. Choy K. L. Chemical vapour deposition of coating // Progress in Materials Science, 2003, vol. 48, pp. 57–170.
6. Гракович П. Н., Толстопятов Е. М., Иванов Л. Ф., Шелестова В. А., Макаренко В. М., Стратанович В. А. Установка для плазмохимической обработки углеродных тканей // IX Международный симпозиум по теоретической и прикладной плазмохимии : сборник трудов, 13–17 сентября 2021, Иваново, Россия. Иваново, 2021. С. 101.
7. Заявка а2024110 ВУ. Способ определения капиллярности лент, тканей, нитей и нетканых материалов и устройство для его осуществления / Стратанович В. А., Иванов Л. Ф., Гракович П. Н. Заявл. 15.05.2024.
8. Шелестова В. А., Жандаров С. Ф., Данченко С. Г., Гракович П. Н. Модифицирование поверхности углеродных волокон фторполимером в низкотемпературной плазме // Физика и химия обработки материалов. 2014. № 4. С. 12–19.
9. Shelestova V. A., Grakovich P. N., Zhandarov S. F. A Fluoropolymer Coating on Carbon Fibers Improving Their Adhesive Interaction with PTFE Matrix // Composite Interfaces, 2011, vol. 18, no. 5, pp. 419–440. doi: 10.1163/156855411X595834
10. Шелестова В. А., Гракович П. Н., Шилько И. С., Брундуков А. С., Стратанович В. А., Гуцев Д. М., Иванов Л. Ф. Триботехнические свойства композитов на основе разных марок фторопласта-4 и углеродных волокон // Трение и износ. 2021. Т. 42, № 2. С. 121–127.

## References

1. Simamura S., Sindo A., Kotsuka K., Tsutiyama N., Sato T., Ito E., Ikegami K., Yamada K., Sakamoto A., Vatanabe E., Takeda Kh., Isikava T., Sasaki V., Abe Ya. *Uglerodnye volokna* [Carbon fibers]. Ed. S. Simamury. Moscow : Mir Publ., 1987. 304 p.
2. Molchanov B. I., Chukalovskiy P. A., Varshavskiy V. Ya. *Ugleplastiki* [Carbon fiber reinforced plastics]. Moscow : Khimiya Publ., 1985. 207 p.
3. Shelestova V. A., Shil'ko I. S., Stratanovich V. A., Polkhovskiy M. V., Sarychev A. A., Grakovich P. N. Uglerodnye volokna iz polioksidiiazola i ikh primeneniye v kachestve napolniteley PTFE Carbon fibers from polyoxydiazole and their application as PTFE fillers]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2024, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.
4. Lur'e S. A., Rabinskiy L. N., Kriven' G. I., Lykosova E. D. Napryazhennoe sostoyaniye v elementakh struktury modifitsirovannykh voloknistykh kompozitsionnykh materialov viskerizovannymi voloknami [Stress state in structural elements of modified fibrous composite materials with viscous fibers]. *Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruksiy* [Mechanics of composite materials and structures], 2018, vol. 24, no. 1, pp. 122–144.
5. Choy K. L. Chemical vapour deposition of coating. *Progress in Materials Science*, 2003, vol. 48, pp. 57–170.
6. Grakovich P. N., Tolstopyatov E. M., Ivanov L. F., Shelestova V. A., Makarenko V. M., Stratanovich V. A. Ustanovka dlya plazmokhimicheskoy obrabotki uglerodnykh tkaney [Installation for plasma-chemical treatment of carbon fabrics]. *IX Mezhdunarodnyy simpozium po teoreticheskoy i prikladnoy plazmokhimii : sbornik trudov* [Proceedings of the IX International Symposium on Theoretical and Applied Plasma Chemistry]. Ivanovo, 2021, pp. 101.
7. Stratanovich V. A., Ivanov L. F., Grakovich P. N. Sposob opredeleniya kapillyarnosti lent, tkaney, nitey i netkanykh materialov i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [Method for determining the capillarity of tapes, fabrics, threads and nonwoven materials and a device for its implementation]. Application BY, no. a20241110, 2024.
8. Shelestova V. A., Zhandarov S. F., Danchenko S. G., Grakovich P. N. Modifitsirovaniye poverkhnosti uglerodnykh volokon ftoropolimerom v nizkotemperaturnoy plazme [Surface modification of carbon fibers by fluoropolymer in a low-temperature plasma]. *Fizika i khimiya obrabotki materialov* [Physics and Chemistry of Materials Treatment], 2014, no. 4, pp. 12–19.
9. Shelestova V. A., Grakovich P. N., Zhandarov S. F. A Fluoropolymer Coating on Carbon Fibers Improving Their Adhesive Interaction with PTFE Matrix. *Composite Interfaces*, 2011, vol. 18, no. 5, pp. 419–440. doi: 10.1163/156855411X595834
10. Shelestova V. A., Grakovich P. N., Shil'ko I. S., Brundukov A. S., Stratanovich V. A., Gutsev D. M., Ivanov L. F. Tribotekhnicheskie svoystva kompozitov na osnove raznykh marok ftoroplasta-4 i uglerodnykh volokon [Tribotechnical Properties of Composites Based on Different Grades of Fluoroplastic-4 and Carbon Fibers]. *Treniye i iznos* [Friction and Wear], 2021, vol. 42, no. 2, pp. 121–127.