

DOI: 10.32864/polymmattech-2025-11-4-80-86

УДК 539.4:620.17:678.01

## ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ УГЛЕКОМПОЗИТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

С. В. ШИЛЬКО<sup>1+</sup>, Т. В. ДРОБЫШ<sup>1</sup>, А. П. САЗАНКОВ<sup>1</sup>, С. И. РОМАНОВИЧ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

<sup>2</sup>ОАО «Пеленг», ул. Макаенка, 25, 220114, г. Минск, Беларусь

*Цель работы — оценка стабильности деформационно-прочностных свойств однонаправленно-армированных полимерных углекомполитов при воздействии гамма-квантового и протонного облучения, а также химически активного атомарного кислорода.*

*В статье исследованы деградационные изменения механических свойств высокопрочных однонаправленных полимерных углекомполитов при дифференцированном воздействии физико-химических факторов космической среды в виде протонного и гамма-квантового облучения, а также атомарного кислорода. Приведены результаты механических испытаний на одноосное растяжение 14-ти серий экспериментальных образцов углекомполитов с укладкой армирующих волокон под углом 0° и 90°. Путем сравнения с результатами испытаний контрольных и поверочных образцов этих материалов, получена количественная оценка влияния вышеуказанных факторов на предел прочности и модуль упругости.*

*Установлено, что протонное облучение, вызывая снижение предела прочности углекомполита на 8% в направлении армирования (укладка 0°), приводит к увеличению этого показателя на 7% при растяжении в поперечном направлении (укладка 90°). В то время, как предел прочности в направлении армирования после гамма-квантового облучения практически не изменился, он заметно увеличился (на 27%) при растяжении в поперечном направлении; модуль упругости снизился на 8% в направлении армирования и на 4% в поперечном направлении соответственно. После воздействия атомарного кислорода предел прочности в направлении армирования увеличился на 10% при незначительном изменении модуля упругости; в поперечном направлении произошло уменьшение предела прочности и модуля упругости углекомполита на 13% и 7% соответственно.*

*Практическая значимость результатов состоит в обеспечении прочности и формостабильности композитных изделий аэрокосмического назначения.*

**Ключевые слова:** направленно-армированные материалы, углекомполиты, деградация механических свойств, высокоэнергетическое воздействие космической среды, предел прочности, модуль упругости, анизотропия, механические испытания, одноосное растяжение.

---

<sup>+</sup>Автор для переписки. E-mail: Shilko\_mpri@mail.ru

### Для цитирования:

Шилько С. В., Дробыш Т. В., Сазанков А. П., Романович С. И. Оценка стабильности механических свойств конструкционных углекомполитов в условиях воздействия факторов космической среды // Полимерные материалы и технологии. 2025. Т. 11, № 4. С. 80–86. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-4-80-86>

---

<sup>+</sup>Author for correspondence. E-mail: Shilko\_mpri@mail.ru

### For citation:

Shil'ko S. V., Drobysch T. V., Sazankov A. P., Romanovich S. I. Otsenka stabil'nosti mekhanicheskikh svoystv konstruktсионnykh uglekompozitov v usloviyakh vysokoenergeticheskogo vozdeystviya kosmicheskoy sredy [Mechanical properties stability of structural carbon composites under action of space environment factors]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2025, vol. 11, no. 4, pp. 80–86. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-4-80-86>

## MECHANICAL PROPERTIES STABILITY OF STRUCTURAL CARBON COMPOSITES UNDER ACTION OF SPACE ENVIRONMENT FACTORS

S. V. SHIL'KO<sup>1+</sup>, T. V. DROBYSH<sup>1</sup>, A. P. SAZANKOV<sup>1</sup>, S. I. ROMANOVICH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

<sup>2</sup>JSC Peleng, Makayonka St., 25, 220114, Minsk, Belarus

*Aim of the work is the assessment of strain-strength properties stability of unidirectional polymer carbon composites under action of proton and gamma-quantum irradiation, as well as chemical active atomic oxygen.*

*The degradation changes in the mechanical properties of high-strength unidirectional polymer carbon composites under high-energy physical and chemical action of the space environment in the form of differentiated exposure to proton and gamma-quantum irradiation, as well as atomic oxygen are studied in the paper. The results of mechanical tests for uniaxial tension of 14 series of experimental carbon composite samples with reinforcing fiber laying at an angle of 0° and 90° are presented. By comparing with the test results of control and verification samples of these materials, a quantitative assessment of the influence of the above factors on the ultimate strength and elastic modulus is obtained.*

*It is established that proton irradiation, causing a decrease in the ultimate strength of the carbon composite by 8% in the reinforcement direction (laying 0°), leads to an increase in this parameter by 7% under tension in the transverse direction. While the ultimate strength in the reinforcement direction remained virtually unchanged after gamma-quantum irradiation, it increased significantly (by 27%) when stretched in the transverse direction (laying 90°); the elastic modulus decreased by 8% in the reinforcement direction and by 4% in the transverse direction, respectively. After exposure to atomic oxygen, the ultimate strength in the reinforcement direction increased by 10% with an insignificant change in the elastic modulus; in the transverse direction the ultimate strength of the carbon composite decreased by 13% and the elastic modulus by 7% respectively.*

*The practical significance of the results lies in ensuring the strength and dimensional stability of composite products for aerospace applications.*

**Keywords:** directionally reinforced materials, carbon composites, degradation of mechanical properties, high-energy action of space environment, ultimate strength, modulus of elasticity, anisotropy, mechanical tests, uniaxial tension.

Поступила в редакцию 15.08.2025

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/>

### Литература

1. Композиционные материалы : справочник / под ред. Д. М. Карпиноса. Киев : Наукова думка, 1985. 588 с.
2. Баженов С. Л., Берлин А. А., Кульков А. А., Ошмян В. Г. Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология. Долгопродный : Интеллект, 2010. 352 с.
3. Нуруллаев Э. М., Онискив В. Д. Механические характеристики полимерного композитного материала на основе низкомолекулярных каучуков, подвергнутых воздействию гамма-излучения // Химия высоких энергий. 2021. Т. 55, № 2. С. 150–154. doi: 10.31857/S0023119321020108
4. Лебедева Е. А., Трухинов Д. К., Корнилицина Е. В., Астафьева С. А., Нуруллаев Э. М., Онискив В. Д., Ибрагимова Э. Влияние гамма-излучения на прочность АБС-пластика, наполненного коротким углеродным волокном // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2022. № 13. С. 31–35. doi: 10.31044/1994-6260-2022-0-13-31-35
5. Гайдар А. И. Воздействие кислородной плазмы на структуру и физико-механические свойства полимерных и углеродных материалов : дисс. канд. физ.-мат. наук : 01.04.07. Москва, 2013. 133 с.
6. Bansal N., Arora S. Exploring the impact of gamma rays and electron beam irradiation on physico-mechanical properties of polymers &

- polymer composites: a comprehensive review // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2024, vol. 549. doi: 10.1016/j.nimb.2024.165297
7. Плескачевский Ю. М., Смирнов В. В., Макаренко В. М. Введение в радиационное материаловедение полимерных композитов. Мн. : Наука і тэхніка, 1991. 190 с.
  8. Naikwadi A. T., Sharma B. K., Bhatt K. D., Mahanwar P. A. Gamma Radiation Processed Polymeric Materials for High Performance Applications: A Review // *Front. Chem.*, 2022, vol. 10. doi: 10.3389/fchem.2022.837111
  9. Тарнопольский Ю. М., Кинцис Т. Я. Методы статических испытаний армированных пластиков. М. : Химия, 1975. 264 с.
  10. ASTM D 3039/D 3039M-14. Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. US : ASTM International, 2014. 13 p.
  11. Шилько С. В., Рябченко Т. В., Романович С. И., Чой Х., Федосенко Н. Н. Методические особенности испытаний высокопрочных направленно-армированных полимерных композитов для экстремальных условий эксплуатации // *Актуальные вопросы машиноведения : сборник научных трудов ОИМ НАН Беларуси*. Минск, 2018. Вып. 7. С. 219–223.

## References

1. *Kompozitsionnye materialy* [Composite materials]. Ed. D. M. Karpinos. Kiev : Naukova dumka Publ., 1985. 588 p.
2. Bazhenov S. L., Berlin A. A., Kul'kov A. A., Oshmyan V. G. *Polimernye kompozitsionnye materialy. Prochnost' i tekhnologiya* [Polymer composite materials. Strength and technology]. Dolgoprudnyy : Intellect Publ., 2010. 352 p.
3. Nurullaev E. M., Oniskiv V. D. Mekhanicheskie kharakteristiki polimernogo kompozitnogo materiala na osnove nizkomolekulyarnykh kauchukov, podvergnutykh vozdeystviyu gamma-izlucheniya [Mechanical properties of polymer composite material based on low-molecular rubbers exposed to gamma radiation]. *Khimiya vysokikh energii* [High Energy Chemistry], 2021, vol. 55, no. 2, pp. 150–154. doi: 10.31857/S0023119321020108
4. Lebedeva E. A., Trukhinov D. K., Kornilitsina E. V., Astaf'eva S. A., Nurullaev E. M., Oniskiv V. D., Ibragimova E. *Vliyanie gamma-izlucheniya na prochnost' ABS-plastika, napolnennogo korotkim uglerodnym voloknom* [Effect of Gamma Radiation on the Strength of ABS Plastic Filled with Short Carbon Fiber]. *Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik* [All materials. Encyclopedic book], 2022, no. 13, pp. 31–35. doi: 10.31044/1994-6260-2022-0-13-31-35
5. Gaydar A. I. *Vozdeystvie kislorodnoy plazmy na strukturu i fiziko-mekhanicheskie svoystva polimernykh i uglerodnykh materialov*. Diss. kand. fiz.-mat. nauk [The effect of oxygen plasma on the structure and physical and mechanical properties of polymer and carbon materials. PhD of phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2013. 133 p.
6. Bansal N., Arora S. Exploring the impact of gamma rays and electron beam irradiation on physico-mechanical properties of polymers & polymer composites: a comprehensive review. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2024, vol. 549. doi: 10.1016/j.nimb.2024.165297
7. Pleskachevskiy Yu. M., Smirnov V. V., Makarenko V. M. *Vvedenie v radiatsionnoe materialovedenie polimernykh kompozitov* [Introduction to radiation materials science of polymer composites]. Minsk : Navuka i tekhnika Publ., 1991. 190 p.
8. Naikwadi A. T., Sharma B. K., Bhatt K. D., Mahanwar P. A. Gamma Radiation Processed Polymeric Materials for High Performance Applications: A Review. *Front. Chem.*, 2022, vol. 10. doi: 10.3389/fchem.2022.837111
9. Tarnopol'skiy Yu. M., Kintsis T. Ya. *Metody staticheskikh ispytaniy armirovannykh plastikov* [Methods of static testing of reinforced plastics]. Moscow : Khimiya Publ., 1975. 264 p.
10. ASTM D 3039/D 3039M-14. Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. US : ASTM International, 2014. 13 p.
11. Shil'ko S. V., Ryabchenko T. V., Romanovich S. I., Choe H., Fedosenko N. N. *Metodicheskie osobennosti ispytaniy vysokoprochnykh napravlenno-armirovannykh polimernykh kompozitov dlya ekstremal'nykh usloviy ekspluatatsii* [Methodological features of testing high-strength directionally reinforced polymer composites for extreme operating conditions]. *Aktual'nye voprosy mashinovedeniya* [Current issues in mechanical engineering]. Minsk, 2018, is. 7, pp. 219–223.