

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-1-83-90>

УДК 678.046

## ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ АРМИРУЮЩИХ ВОЛОКОН НА СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОТЕКТОРНОЙ РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНОГО КАУЧУКА

А. Ю. ЛЮШТЫК<sup>1</sup>, В. Н. АДЕРИХА<sup>2+</sup>, С. С. ПЕСЕЦКИЙ<sup>2</sup>, С. Н. КАЮШНИКОВ<sup>1</sup>, В. Н. КОВАЛЬ<sup>2</sup>, В. А. ШАПОВАЛОВ<sup>2</sup>, М. С. ЧИЛЕК<sup>1</sup>, Н. А. МАРУСЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО «Белшина», Минское шоссе, 4, 213824, г. Бобруйск, Могилевская область, Беларусь

<sup>2</sup>Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

*Исследовано влияние добавок короткорезанных полиоксадиазольных волокон и их смесей с углеродными волокнами на механические характеристики протекторной резины при статическом и динамическом нагружении, а также усталостную выносливость при многоцикловом сжатии.*

*Установлено, что наполнение волокнами увеличивает модуль резины при 50% удлинении, сопротивление статическому проколу и твердость, тогда как сопротивление раздиру и динамический механический модуль уступают показателям исходной резины независимо от состояния поверхности волокон. Аппретирование волокон увеличивает величину интенсивности межфазного взаимодействия, динамический механический модуль упругости и снижает фактор потерь, что сопровождается ростом сопротивления раздиру, твердости и плотности по сравнению с резинами, содержащими исходные волокна. Аппретирование также увеличивает усталостную выносливость и снижает остаточную деформацию при многоцикловом сжатии по сравнению с резинами на исходных волокнах и неармированной резиной, что позволяет рассчитывать на увеличение срока службы протектора грузовых шин в реальных условиях эксплуатации.*

**Ключевые слова:** армирующие волокна, натуральный каучук, усталостная выносливость, фактор потерь, протекторная резина.

## EFFECT OF SURFACE TREATMENT OF REINFORCING FIBERS ON STATIC AND DYNAMIC MECHANICAL PROPERTIES OF TREAD RUBBER BASED ON NATURAL RUBBER

A. YU. LYUSHTYK<sup>1</sup>, V. N. ADERIKHA<sup>2+</sup>, S. S. PESETSKIY<sup>2</sup>, S. N. KAYUSHNIKOV<sup>1</sup>, V. N. KOVAL<sup>2</sup>, V. A. SHAPOVALOV<sup>2</sup>, M. S. CHILEK<sup>1</sup>, N. A. MARUSENKO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>JSC Belshina, Minskoe shosse, 4, 213824, Bobruisk, Mogilev region, Belarus

<sup>2</sup>V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

*The effect of addition of short polyoxadiazole fibers and their mixtures with carbon fibers on the mechanical characteristics of tread rubber under static and dynamic loading, as well as fatigue life in multi-cycle compression tests, is studied.*

*It is found that the filling increases the modulus of reinforced rubbers at 50% elongation, puncture resistance and hardness, while the tear resistance and dynamic mechanical modulus are inferior to those of the original rubber, regardless of the state of the fiber surface. Fiber sizing increases density, tear and puncture resistance and reduces the residual deformation in multi-cycle compression tests in comparison with rubbers*

<sup>+</sup> Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: vnad@tut.by

*reinforced with the original fibers. These changes combined with the increase in the dynamic mechanical modulus and reduced loss factor of rubber in the region of high elasticity, and a significant increase in fatigue endurance in multi-cycle compression tests, allow to expect an increase in tread life of the truck tires in full scale and field tests.*

**Keywords:** reinforcing fibers, natural rubber, fatigue resistance, loss factor, tread rubber.

Поступила в редакцию 02.02.2021

© А. Ю. Люштык, В. Н. Адериха, С. С. Песецкий, С. Н. Каюшников, В. Н. Коваль, В. А. Шаповалов, М. С. Чилек, Н. А. Марусенко, 2021

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:

Люштык А. Ю., Адериха В. Н., Песецкий С. С., Каюшников С. Н., Коваль В. Н., Шаповалов В. А., Чилек М. С., Марусенко Н. А. Влияние поверхностной обработки армирующих волокон на статические и динамические механические свойства протекторной резины на основе натурального каучука // Полимерные материалы и технологии. 2021. Т. 7, № 1. С. 83–90. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-1-83-90>

#### Citation sample:

Lyushtyk A. Yu., Aderikha V. N., Pesetskiy S. S., Kayushnikov S. N., Koval' V. N., Shapovalov V. A., Chilek M. S., Marusenko N. A. Vliyanie poverkhnostnoy obrabotki armiruyushchikh volokon na staticheskie i dinamicheskie mekhanicheskie svoystva protektonnoy reziny na osnove natural'nogo kauchuka [Effect of surface treatment of reinforcing fibers on static and dynamic mechanical properties of tread rubber based on natural rubber]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2021, vol. 7, no. 1, pp. 83–90. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-1-83-90>

#### Литература

- Wootton D. B. The Application of Textiles in Rubber. UK : Rapra Technology, 2001, 248 p.
- Pugacheva I. N., Sedykh V. A., Nikulin S.S . The properties of vulcanisates based on butadiene-styrene rubber in the presence of cellulose fillers // *Int. Polym. Sci. Technol.*, 2013, vol. 40, no. 3, pp. 22–24. doi: 10.1177/0307174X1304000308
- Sreeja T. D., Kutty S. K. N. Styrene butadiene rubber-short nylon fiber composites // *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 2003, vol. 52, is. 3, pp. 239–250. doi: 10.1080/00914030304894
- Agarwal K., Setua D. K., Mathur G.N. Short fibre and particulate-reinforced rubber composites // *Defense Science Journal*, 2002, vol. 52, no. 3, pp. 337–346.
- Datta R. N., Pierik S. C. J. Improving cut/chip/chunk resistance by using sulfron 3000 // *Kautschuk und Gummi Kunststoffe*, 2007, vol. 60, no. 6, pp. 328–330.
- Huntink N., Pierik B., Lange P. de, Datta R. Material aims to improve rolling resistance, durability // *Rubber & Plastics News*, 2008, July 14, [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rubbernews.com/assets/PDF/RN86537218.pdf> (дата обращения: 21.12.2020).
- Razzaghi-Kashani M. Aramid-short-fiber reinforced rubber as a tire tread composite // *Journal of Applied Polymer Science*, 2009, vol. 113, no. 2, pp. 1355–1363. doi: 10.1002/app.30026
- Hintze C., Stoček R., Horst T., Jurk R., Wiessner S., Heinrich G. Dynamic behavior of short aramid fiber-filled elastomer composites // *Polym. Eng. Sci.*, 2014, vol. 54, is. 12, pp. 2958–2964. doi.org/10.1002/pen.23854
- Yeşil B. N., Karaağaç B. Properties of NR and NR/ENR based rubber compounds reinforced with chopped and sized carbon fiber // *Anadolu University Journal of Science and Technology. A – Applied Sciences and Engineering*, 2016, vol. 17, no. 5, pp. 926–935. doi: 10.18038/aubtda.279860
- Резниковский М. М., Дозорцев М. С., Липскеров В. М. Исследование прокалывания резины твердым индентором // *Каучук и рези-*

на. 1968. № 7. С. 50–52.

11. Hintze C., Sadatshirazi S., Wiessner S., Talma A. G., Heinrich G., Noordermeer J. W. M. Influence of fiber type and coating on the composite properties of EPDM compounds reinforced with short aramid fibers // *Rubber Chem. Technol.*, 2013, vol. 86, is. 4, pp. 579–590.
12. Payne A. R. The dynamic properties of carbon black-loaded natural rubber vulcanizates. Part I // *Journal of Applied Polymer Science*, 1962, vol. 6, is. 19, pp. 27–63. <https://doi.org/10.1002/app.1962.070061906>
13. Datta R. N. Improving cut/chip/chunk resistance in truck tyres by the use of para-amid chopped fibres // *International Polymer Science and Technology*, 2005, vol. 32, no. 6, pp. T10–T18. doi: 10.1177/0307174X0503200602
14. Shirazi M., Talma A. G., Noordermeer J. W. M. Adhesion of RFL-coated aramid fibres to sulphur- and peroxide-cured elastomers // *J. Adh. Sci Technol.*, 2013, vol. 27, is. 9, pp. 1048–1057. doi: 10.1080/01694243.2012.727175

## References

1. Wootton D. B. *The Application of Textiles in Rubber*. UK : Rapra Technology, 2001, 248 p.
2. Pugacheva I. N., Sedykh V. A., Nikulin S.S . The properties of vulcanisates based on butadiene-styrene rubber in the presence of cellulose fillers // *Int. Polym. Sci. Technol.*, 2013, vol. 40, no. 3, pp. 22–24. doi: 10.1177/0307174X1304000308
3. Sreeja T. D., Kutty S. K. N. Styrene butadiene rubber-short nylon fiber composites. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 2003, vol. 52, is. 3, pp. 239–250. doi: 10.1080/00914030304894
4. Agarwal K., Setua D. K., Mathur G.N. Short fibre and particulate-reinforced rubber composites. *Defense Science Journal*, 2002, vol. 52, no. 3, pp. 337–346.
5. Datta R. N., Pierik S. C. J. Impoving cut/chip/chunk resistance by using sulfron 3000. *Kautschuk und Gummi Kunststoffe*, 2007, vol. 60, no. 6, pp. 328–330.
6. Huntink N., Pierik B., Lange P. de, Datta R. Material aims to improve rolling resistance, durability. Available at: <https://www.rubbernews.com/assets/PDF/RN86537218.pdf> (accessed 21.12.2020).
7. Razzaghi-Kashani M. Aramid-short-fiber reinforced rubber as a tire tread composite. *Journal of Applied Polymer Science*, 2009, vol. 113, no. 2, pp. 1355–1363. doi: 10.1002/app.30026
8. Hintze C., Stoček R., Horst T., Jurk R., Wiessner S., Heinrich G. Dynamic behavior of short aramid fiber-filled elastomer composites. *Polym. Eng. Sci.*, 2014, vol. 54, is. 12, pp. 2958–2964. doi.org/10.1002/pen.23854
9. Yeşil B. N., Karaağaç B. Properties of NR and NR/ENR based rubber compounds reinforced with chopped and sized carbon fiber. *Anadolu University Journal of Science and Technology. A – Applied Sciences and Engineering*, 2016, vol. 17, no. 5, pp. 926–935. doi: 10.18038/aubtda.279860
10. Reznikovskiy M. M., Dozortsev M. S., Lipskerov V. M. Issledovanie prokalyvaniya reziny tverdym indentorom [Investigation of rubber piercing with a solid indenter]. *Kauchuk i rezina* [Rubber and rubber], 1968, no. 7, pp. 50–52.
11. Hintze C., Sadatshirazi S., Wiessner S., Talma A. G., Heinrich G., Noordermeer J. W. M. Influence of fiber type and coating on the composite properties of EPDM compounds reinforced with short aramid fibers. *Rubber Chem. Technol.*, 2013, vol. 86, is. 4, pp. 579–590.
12. Payne A. R. The dynamic properties of carbon black-loaded natural rubber vulcanizates. Part I. *Journal of Applied Polymer Science*, 1962, vol. 6, is. 19, pp. 27–63. <https://doi.org/10.1002/app.1962.070061906>
13. Datta R. N. Improving cut/chip/chunk resistance in truck tyres by the use of para-amid chopped fibres. *International Polymer Science and Technology*, 2005, vol. 32, no. 6, pp. T10–T18. doi: 10.1177/0307174X0503200602
14. Shirazi M., Talma A. G., Noordermeer J. W. M. Adhesion of RFL-coated aramid fibres to sulphur- and peroxide-cured elastomers. *J. Adh. Sci Technol.*, 2013, vol. 27, is. 9, pp. 1048–1057. doi: 10.1080/01694243.2012.727175