

УДК 621.891:621.894

# Влияние обработки высокочастотным электромагнитным полем на динамические механические и триботехнические характеристики фрикционных композитов с термореактивной полимерной матрицей

В.П. Сергиенко<sup>1</sup>, С.Н. Бухаров<sup>1</sup>, А.Г. Анисович<sup>2</sup>, Н.С. Абед<sup>3</sup>, А.Я. Григорьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Государственное научное учреждение «Институт механики металлокомпозитных систем им. В.А. Белого НАН Беларусь»,  
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларусь»,  
ул. Купревича, 10, г. Минск 220141, Беларусь

<sup>3</sup>Государственное унитарное предприятие «ФАН ВА ТАРАККИЁТ»  
Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова,  
ул. Мирзо Галиба, 7а, г. Ташкент 100174, Узбекистан

Поступила в редакцию 01.04.2021.

После доработки 07.12.2021.

Принята к публикации 10.12.2021.

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния обработки модулированным по амплитуде высокочастотным электромагнитным полем на динамические механические и трибоакустические характеристики фрикционных композитов с термореактивной полимерной матрицей, предназначенных для работы в узлах нестационарного трения тормозных устройств и трансмиссий машин. Установлено, что влияние обработки электромагнитным полем наиболее существенно проявляется в изменении тангенса угла механических потерь (снижение максимальных значений тангенса механических потерь до 52 %), а также в изменении динамической неустойчивости трения и спектральных характеристик фрикционных составляющих шума в диапазоне выше 2 кГц.

**Ключевые слова:** фрикционные полимерные композиты, трибоакустические характеристики, высокочастотное электромагнитное поле.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-6-619-628

---

*Адрес для переписки:*

С.Н. Бухаров  
Государственное научное учреждение «Институт механики металлокомпозитных систем им. В.А. Белого НАН Беларусь»,  
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь  
e-mail: sbuharov@tut.by

*Address for correspondence:*

S.N. Bukharov  
State Scientific Institution «V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus»,  
Kirov St., 32a, Gomel 246050, Belarus  
e-mail: sbuharov@tut.by

*Для цитирования:*

В.П. Сергиенко, С.Н. Бухаров, А.Г. Анисович, Н.С. Абед, А.Я. Григорьев.  
Влияние обработки высокочастотным электромагнитным полем на динамические механические и триботехнические характеристики фрикционных композитов с термореактивной полимерной матрицей.

Трение и износ.  
2021. — Т. 42, № 6. — С. 619–628.  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-619-628

*For citation:*

V.P. Sergienko, S.N. Bukharov, A.G. Anisovich, N.S. Abed, and A.Ya. Grigoriev.  
[Effect of a High-Frequency Electromagnetic Field on Dynamic Mechanical and Tribotechnical Characteristics of Frictional Composites with a Thermosetting Polymer Matrix].

*Trenie i Iznos.*  
2021, vol. 42, no. 6, pp. 619–628 (in Russian).  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-619-628

# Effect of a High-Frequency Electromagnetic Field on Dynamic Mechanical and Tribotechnical Characteristics of Frictional Composites with a Thermosetting Polymer Matrix

V.P. Sergienko<sup>1</sup>, S.N. Bukharov<sup>1</sup>, A.G. Anisovich<sup>2</sup>, N.S. Abed<sup>3</sup>, and A.Ya. Grigoriev<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>State Scientific Institution «Physical-Technical Institute of National Academy of Sciences of Belarus», Kupreevich St., 10, Minsk 220141, Belarus

<sup>3</sup>State Unitary Enterprise «FAN VA TARAKKIYOT» of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov Mirzo Golib St., 7a, Tashkent 100174, Uzbekistan

Received 01.04.2021.

Revised 07.12.2021.

Accepted 10.12.2021.

## Abstract

The paper presents results of experimental studies of the influence of treatment by an amplitude modulated high-frequency electromagnetic field on the dynamic mechanical and triboacoustic characteristics of friction composites with a polymer matrix intended for operation in unsteady friction units of brake devices of machines. It was found that in the dynamic mechanical characteristics, the effect of magnetic field treatment manifests itself most significantly in the change in the tangent of the angle of mechanical losses (a decrease in the maximum values of the tangent of mechanical losses to 52 %), as well as in the change in the dynamic instability of friction and the spectral characteristics of frictional noise components in the range above 2 kHz.

**Keywords:** friction composite materials, high-frequency electromagnetic field, dynamical mechanical properties, noise.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-6-619-628

---

## Адрес для переписки:

С.Н. Бухаров  
Государственное научное учреждение «Институт механики металлокомпозитных систем им. В.А. Белого НАН Беларусь»,  
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь  
e-mail: sbuharov@tut.by

## Для цитирования:

В.П. Сергиенко, С.Н. Бухаров, А.Г. Анисович, Н.С. Абед,  
А.Я. Григорьев.  
Влияние обработки высокочастотным электромагнитным полем на динамические механические и триботехнические характеристики трения композитов с термореактивной полимерной матрицей.

Трение и износ.

2021. — Т. 42, № 6. — С. 619—628.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-619-628

---

## Address for correspondence:

S.N. Bukharov  
State Scientific Institution «V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus», Kirov St., 32a, Gomel 246050, Belarus  
e-mail: sbuharov@tut.by

## For citation:

V.P. Sergienko, S.N. Bukharov, A.G. Anisovich, N.S. Abed, and A.Ya. Grigoriev.  
[Effect of a High-Frequency Electromagnetic Field on Dynamic Mechanical and Tribotechnical Characteristics of Frictional Composites with a Thermosetting Polymer Matrix].

Trenie i Iznos.

2021, vol. 42, no. 6, pp. 619—628 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-619-628

## Список использованных источников

1. Анисович А.Г., Марукович Е.И., Абраменко Т.Н. Изменение теплового состояния диамагнитных металлов под воздействием магнитного поля // Металлы (Известия РАН). — 2003, № 6, 108—110
2. Anisovich H.G. Method of Nonthermal Changing the Structure of Nonferromagnetic Metals and Non-metallic Phases // Материалы совместного Корейско-Евразийского семинара (Сеул). Ноябрь 2008 г. — 2008, 166—171
3. Ажаронок В.В., Филатова И.И., Вошула И.В., Дlugунович В.А. и др. Изменение оптических свойств бумаги под влиянием магнитной составляющей высокочастотного электромагнитного поля // Журнал прикладной спектроскопии. — 2007 (74), № 4, 421—426
4. Биологические эффекты электромагнитных полей. — Пущино: НЦБИ АН СССР. — 1986
5. Кокшаров С.А. Развитие метода магнитно-химической активации процессов красильно-отделочного производства // Текстильная химия. — 1998 (13), № 1, 64—74
6. Негматов С.С., Кабулов Б.Д., Шарипов Х.Т., Абед Н.С. Нанотехнологии: получение и применение частиц, наноматериалов. — Ташкент: Fan va texnologiya. — 2017
7. Персидская А.Ю., Кузеев И.Р., Антипин В.А. О влиянии импульсного магнитного поля на механические свойства волокон // Химическая физика. — 2002 (21), № 2, 90
8. Антипин В.А., Остахов С.С., Персидская А.Ю., Гилева Н.Г., Салазкин С.Н., Казаков В.П. Изменение степени поляризации люминесценции хелатных комплексов Eu(III) в полимерной матрице при ее формировании в постоянном магнитном поле // Proc. of the VI Conf. “Physics and Chemistry of Elementary Chemical Processes”, 2002, Novosibirsk. — 2002, 123—127
9. Молчанов Ю.М., Родин Ю.П., Кисис Э.Р. Воздействие неоднородного постоянного магнитного поля на свойства полимеров // Механика полимеров. — 1976, № 5, 916
10. Kimura T., Yamato M., Koshimizu W., and Kawai T. Magnetic-Field Induced Orientation of Paraffin // Chemistry Letters. — 1990, no. 10, 1057
11. Ажаронок В.В., Анисович А.Г., Биран В.В., Бухаров С.Н., Сергиенко В.П., Филатова И.И. Модификация физико-механических свойств трикотажных композитов с полимерной матрицей воздействием модулированного по амплитуде высокочастотного электромагнитного поля // Электронная обработка материалов. — 2014 (50), № 4, 16—22
12. Sergienko V. P. and Bukharov S. N. Noise and Vibration in Friction Systems. — Switzerland: Springer. — 2015

## References

1. Anisovich H.G., Marukovich E.I., Abramenko T.N. Izmeneniye teplovogo sostoyaniya diamagnitnykh metallov pod vozdeystviem magnitnogo polya [Change in the thermal state of diamagnetic metals under the influence of a magnetic field] // Metals (Izvestia RAN). — 2003, no. 6, 108—110
2. Anisovich H.G. Method of nonthermal changing the structure of nonferromagnetic metals and nonmetallic phases // Materials of the joint Korean-Eurasian seminar (Seoul). November 2008. — 2008, 166—171
3. Azharonok V.V., Filatova I.I., Voshchula I.V., Dlugunovich V.A. et al. Izmeneniye opticheskikh svoystv bumagi pod vliyaniyem magnitnoy sostavlyayushchey vysokochastotnogo elektromagnitnogo polya [Changes in the optical properties of paper under the influence of the magnetic component of the high-frequency electromagnetic field] // Journal of Applied Spectroscopy. — 2007 (74), no. 4, 421—426
4. Biologicheskiye effekty elektromagnitnykh poley [Biological effects of electromagnetic fields]. — Pushchino: NTsBI AN SSSR. — 1986
5. Koksharov S.A. Razvitiye metoda magnitno-khimicheskoy aktivatsii protsessov krasil'no-otdelochnogo proizvodstva [Development of the method of magnetic-chemical activation of the processes of dyeing and finishing production] // Textile chemistry. — 1998 (13), no. 1, 64—74
6. Negmatov S.S., Kabulov B.D., Sharipov Kh.T., Abed N.S. Nanotekhnologii: polucheniye i primecheniye chastits, nanomaterialov [Nanotechnology: Production and use of Particles, Nanomaterials]. — Tashkent: Fan va texnologiya]. — 2017
7. Persidskaya A.Yu., Kuzeev I.R., Antipin V.A. O vliyanii impul'snogo magnitnogo polya na mehanicheskiye svoystva volokon [On the influence of a pulsed magnetic field on the mechanical properties of fibers] // Chemical physics. — 2002 (21), no. 2, 90
8. Antipin V.A., Ostakhov S.S., Persidskaya A.Yu., Gileva N.G., Salazkin S.N., Kazakov V.P. Izmeneniye stepeni polarizatsii lyuminestsentsii kheletnykh kompleksov Eu(III) v polimernoy matritse pri yeye formirovaniyu v postoyannom magnitnom pole [Change in the degree of polarization of the luminescence of Eu (III) chelate complexes in a polymer matrix during its formation in a constant magnetic field] // Proc. of the VI Conf. “Physics and Chemistry of Elementary Chemical Processes” 2002, Novosibirsk. — 2002, 123—127
9. Molchanov Yu.M., Rodin Yu.P., Kisis E.R. Vozdeystviye neodnorodnogo postoyannogo magnitnogo polya na svoystva polimerov [Influence of a non-uniform constant magnetic field on the properties of polymers] // Mechanics of Polymers. — 1976, no. 5, 916

10. Kimura T., Yamato M., Koshimizu W., and Kawai T. Magnetic-Field Induced Orientation of Paraffin // Chemistry Letters. — 1990, no. 10, 1057
11. Azharonok V.V., Anisovich A.G., Biran V.V. et al. Changes in the Physical and Mechanical Properties of Friction Composites with a Polymer Matrix Induced by an Amplitude Modulated High Frequency Electromagnetic Field // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. — 2014 (50), no. 4, 300—305
12. Sergienko V. P. and Bukharov S. N. Noise and Vibration in Friction Systems. — Switzerland: Springer. — 2015

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.  
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11  
*Full text of articles can be purchased from the editorial office.*  
*Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050 Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11*  
E-mail: [FWJ@tut.by](mailto:FWJ@tut.by)