

Механика

УДК 531.391: 620.178.3

Оценка долговечности резиновых демпфирующих элементов в условиях динамического нагружения

В.Г. Мосур^{1,2}, О.В. Шарков^{1,2}

¹ Калининградский государственный технический университет

² Балтийский федеральный университет им. И. Канта

Assessing durability of the rubber damping elements exposed to dynamic loading

V.G. Mosur^{1,2}, O.V. Sharkov^{1,2}

¹ Kaliningrad State Technical University

² Immanuel Kant Baltic Federal University

С помощью метода модельного эксперимента установлено влияние частоты и амплитуды динамического нагружения на ресурс резиновых демпфирующих элементов. Испытаны экспериментальные образцы, изготовленные в виде параллелепипедов размером 8×12×37 мм из резины марок 51-1562, SKU-8 и ИРП-1401 с модулем упругости 6 МПа и твердостью 65...80 ед. Шора по шкале А. В качестве независимых факторов, влияющих на долговечность, выбраны частота нагружения, амплитуда деформации и температура диссипативного разогрева. За зависимый фактор принято число циклов нагружения до начала появления усталостных микротрещин на экспериментальном образце. Для испытания использована машина «МРС-2». Эксперименты проведены при частоте нагружения 250 и 500 нагружений в минуту, амплитуде деформаций 10, 15, 20, 30, 40, и 50 % и температуре 23...120 °С. Анализ данных экспериментальных исследований показал, что наибольшей долговечностью обладают демпфирующие элементы из резины 51-1562. Установлено, что амплитуда деформации оказывает нелинейное влияние на долговечность элементов, уменьшение амплитуды в диапазоне 40...10 % позволяет увеличить долговечность в 4,7–33,0 раза. Изменение частоты нагружения в диапазоне 250...500 циклов нагружений в минуту снижает ресурс в 1,21–1,79 раза. Увеличение температуры до 60...120 °С приводит к резкому нелинейному уменьшению долговечности в 9–16 раз в зависимости от марки резины.

EDN: PDWOXE, <https://elibrary/pdwoxe>

Ключевые слова: амортизирующее устройство, усталостное разрушение, диссипативный разогрев, модельный эксперимент, долговечность, вибрация

The paper uses the model experiment method to identify the influence of the dynamic loading frequency and amplitude on the rubber damping elements service life. Experimental samples in the form of parallelepipeds with the 8×12×37 mm dimensions made from rubber grades 51-1562, SKU-8 and IRP-1401 with the 6MPa high-elasticity modulus and 65...80 Shore A units hardness were tested. Loading frequency, deformation amplitude and

dissipative heating temperature were selected as the independent factors influencing the service life. The number of loading cycles before the fatigue microcracks onsets on the experimental samples was accepted as the dependent factor. The MRS-2 machine was introduced in testing. The experiments were conducted at the loading frequency of 250 and 500 inclusions per minute, deformation amplitude of 10, 15, 20, 30, 40, and 50 % and temperature of 23...120 °C. Analysis of the experimental research data showed that the damping elements made of rubber 51–1562 were having the highest resource. The paper shows that the deformation amplitude provides a nonlinear effect on the elements durability. Amplitude decrease in the range of 40...10 % makes it possible to increase durability by 4.7...33.0 times. Changing the loading frequency in the range of 250...500 switching cycles reduces the resource by 1.21–1.79 times. Increasing the temperature up to 60...120 °C leads to a radical nonlinear decrease in durability by 9...16 times depending on the rubber brand.

EDN: PDWOXE, <https://elibrary/pdwoxe>

Keywords: shock-absorbing device, fatigue destruction, dissipative heating, model experiment, durability, vibration

Современные машинные агрегаты отличает значительная динамическая нагруженность. При их эксплуатации возникают различные колебательные процессы, уменьшающие надежность и долговечность узлов и деталей [1–4].

Одним из эффективных методов снижения уровня вибрации машинных агрегатов является использование пассивных и активных амортизирующих устройств [5–10]. В таких устройствах в качестве демпфирующих получили широкое распространение резиновые элементы [11–16], обладающие такими достоинствами, как простота конструкции, высокая демпфирующая способность и возможность аккумуляции большего количества энергии на единицу массы. Резиновые демпфирующие элементы (ДЭ) получили распространение в общемашиностроительных узлах — упругих компенсирующих муфтах с резиновыми звездочкой и брусками, торообразной оболочкой и т. п. [17–22].

Резиновые ДЭ, как правило, работают в условиях циклического сжатия. Наиболее существенное влияние на их долговечность оказывают частота и амплитуда нагружения, температура эксплуатации [14]. При увеличении частоты нагружения наработка ДЭ до отказа уменьшается, так как в процессе работы их температура существенно повышается, что способствует протеканию окислительных процессов и ускоряет выход из строя. Механизм разрушения переходит из усталостного в термомеханический в зависимости от температуры диссипативного разогрева.

Цель работы — проведение модельного эксперимента по исследованию влияния динамических характеристик (частоты и амплитуды

нагружения) и температуры эксплуатации на усталостное разрушение ДЭ, выполненных из различных марок резины.

Материалы и методы. Исследования проводили на экспериментальной установке МРС-2, предназначенной для испытаний резиновых изделий до разрушения при циклическом сжатии и знакопостоянном цикле деформаций. Экспериментальная установка МРС-2 преобразует крутящий момент двигателя в возвратно-поступательное движение нагружающего элемента, обеспечивающего деформирование экспериментального образца с частотой нагружения 150...500 циклов в минуту (цикл/мин).

Исследование долговечности ДЭ заключалось в экспериментальном определении числа циклов нагружения до начала их усталостного разрушения.

Экспериментальные образцы представляли собой параллелепипеды с одинаковыми геометрическими параметрами 8×12×37 мм, выполненные из резины трех марок: 51-1562 (на основе изопренового каучука), СКУ-8 (на базе уретанового каучука) и ИРП-1401 (на основе бутадиен-нитрольного каучука). Марки резины выбирали по значениям условно-равновесного модуля сжатия и твердости. Разброс жесткости не превышал 3 %. При модуле упругости резины $E = 6$ МПа твердость находилась в диапазоне 65...80 ед. Шора по шкале А.

Во время испытаний использовали гармонический вид динамического нагружения. В качестве задаваемого параметра динамического режима выступала деформация.

Программу испытаний, предусматривающую два этапа, разрабатывали с учетом реко-

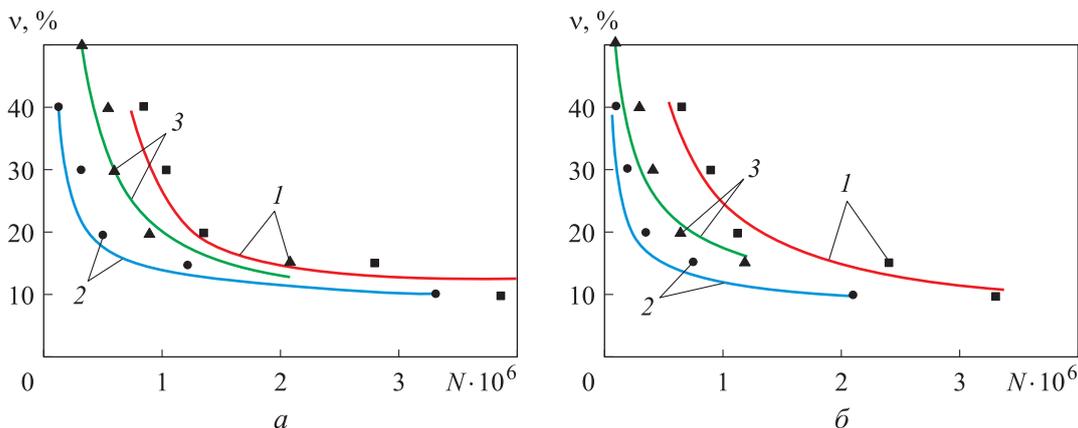


Рис. 1. Влияние амплитуды деформации v на число циклов нагружения N образцов из резины 51-1562 (1), СКУ-8 (2) и ИРП-1401 (3) при частоте нагружения $n = 250$ (а) и 500 цикл/мин (б)

мендаций ГОСТ 26365–84 (Резина. Общие требования к методам усталостных испытаний), ГОСТ 23326–78 (Резина. Методы динамических испытаний. Общие требования), ГОСТ 20418–75 (Резина. Методы определения теплообразования, остаточной деформации и усталостной выносливости при многократном сжатии).

На первом этапе испытаний опытные образцы подвергали нагружению с частотой $n = 250$ и 500 цикл/мин при температуре 23 °С и амплитуде деформации $v = 10, 15, 20, 30, 40$, и 50 %.

На втором этапе испытаний опытные образцы подвергали нагружению с частотой $n = 500$ цикл/мин при амплитуде деформации $v = 20$ %. Температуру принимали равной 60...120 °С. Образцы перед началом испытаний выдерживали в термокамере при заданной температуре в течение 30 мин.

Результаты и обсуждение. Результаты испытаний долговечности ДЭ приведены на рис. 1 и 2, где точки — экспериментальные данные, кривые — их аппроксимация в программном пакете MathCad.

Влияние амплитуды деформации v на долговечность (число циклов нагружения) N образцов из резины 51-1562, СКУ-8 и ИРП-1401 при частоте нагружения $n = 250$ и 500 цикл/мин показано на рис. 1, а и б.

Наибольшей долговечностью обладали образцы из резины 51-1562. При нагружении до $N = 2,5$ млн на поверхности упругих элементов не наблюдалось никаких изменений. После 3,5 млн нагружений на боковых поверхностях появилось несколько микротрещин, которые впоследствии перерастают в одну магистраль-

ную, которая за 10...15 ч до разрушения достигает критических размеров. Температура диссипативного разогрева не превышала 60 °С.

Снижение амплитуды деформации с 40 до 10 % (в 4 раза) приводит к увеличению долговечности в 4,7–33,0 раза в зависимости от марки резины. Повышение частоты нагружения от 250 до 500 цикл/мин (в 2 раза) вызывает уменьшение долговечности в 1,21...1,79 раза.

Анализ результатов измерений, проведенных после 1,5 млн нагружений при частоте $n = 250$ цикл/мин, показал, что остаточная деформация ДЭ из ИРП-1401 составляет до 10 %, из СКУ-8 — не более 6 %, из 15-1562 — не более 0,5 %.

Влияние температуры выдержки t на число циклов нагружения N ДЭ при частоте нагружения $n = 500$ цикл/мин и амплитуде деформации $v = 20$ % показано на рис. 2. Эксперименты проводили для марок резины, показавших

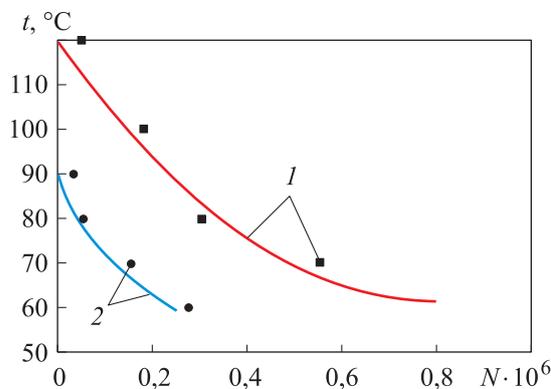


Рис. 2. Влияние температуры выдержки t на число циклов нагружения N ДЭ, выполненных из резины 51-1562 (1) и СКУ-8 (2), при частоте нагружения $n = 500$ цикл/мин и амплитуде деформации $v = 20$ %

**Наибольшие значения долговечности
ДЭ из различных марок резины**

| Температура $t, ^\circ\text{C}$ | Число циклов нагружений $N \cdot 10^{-6}$ до усталостного разрушения резины | | |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------|----------|
| | 51-1562 | СКУ-8 | ИРП-1401 |
| При частоте нагружения $n = 250$ цикл/мин | | | |
| 23 | 3,90 | 3,20 | 2,10 |
| При частоте нагружения $n = 500$ цикл/мин | | | |
| 23 | 3,40 | 2,05 | 1,20 |
| 60 | 0,83 | 0,27 | – |
| 90 | 0,03 | 0,24 | – |

наилучшую долговечность при испытании на циклическое нагружение.

Как видно из рис. 2, увеличение температуры приводит к резкому нелинейному уменьшению долговечности в 9 раз для резины СКУ-8 при $t = 60 \dots 90 ^\circ\text{C}$ и в 16,6 раз для резины 51-1562 при $t = 60 \dots 120 ^\circ\text{C}$. Такой характер влияния температуры выдержки на долговечность резины отмечают и другие исследователи [23, 24].

Литература

- [1] Василевич Ю.В., Довнар С.С., Трусковский А.С. и др. Моделирование и анализ динамики несущей системы фрезерно-сверлильно-расточного станка с моностойкой. *Наука и техника. Серия 1. Машиностроение*, 2015, № 3, с. 9–19.
- [2] Вержанский А.П., Набатников Ю.Ф., Островский М.С. и др. Влияние вибраций на надежность горных машин. *Горный журнал*, 2018, № 4, с. 66–71, doi: <https://doi.org/10.17580/gzh.2018.04.12>
- [3] Ходжиев М.Т., Джураев А., Ашуров А.К. Динамика агрегата машины с фрезерным механизмом разборщика бунтов хлопка. *Современные инновации, системы и технологии*, 2022, т. 2, № 3, с. 0201–0210, doi: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0201-0210>
- [4] Abdulrasool A.S., Fattah M.Y., Salim N.M. Displacements and stresses induced by vibrations of machine foundation on clay soil of different degrees of saturation. *Case Stud. Constr. Mater.*, 2022, vol. 17, art. e01327, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01327>
- [5] Алексеев А.Е., Думанский И.О., Прохоров А.В. Пластинчатые амортизаторы-демпферы в натяжных устройствах ленточнопильных станков. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, 2021, № 5, с. 142–149, doi: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-5-142-149>
- [6] Дубровский А.Ф., Алюков С.В., Алюков А.С. и др. Об эффективности использования адаптивных амортизаторов и упругих элементов конструкции Дубровского в подвесках транспортных средств. *Автомобильная промышленность*, 2019, № 9, с. 16–18.
- [7] Литвин Р.А. Моделирование работы магнитного амортизатора на вибрационных строительных машинах. *Строительные и дорожные машины*, 2022, № 11, с. 30–32.
- [8] Зубарев А.В., Климентьев Е.В., Корнеев В.С. и др. Способ технического обеспечения температурного режима работы амортизатора воздушного демпфирования. *Динамика систем, механизмов и машин*, 2016, № 1, с. 43–45.

В таблице приведено наибольшее число циклов нагружений экспериментальных образцов до усталостного разрушения резины при различных условиях испытаний. Важно отметить, что размеры ДЭ оказывают значительное влияние на их усталостную прочность. Поэтому следует учитывать уменьшение прочности при увеличении размеров ДЭ по сравнению с полученной в результате испытаний [14].

Выводы

1. Демпфирующие элементы из резины на основе изопренового каучука марки 51-1562 обладают наибольшим ресурсом.
2. Долговечность ДЭ из резины всех исследованных марок нелинейно снижается при увеличении амплитуды деформации, частоты нагружения и температуры эксплуатации.
3. Полученные результаты позволяют выбрать физико-механические характеристики ДЭ с учетом условий динамического нагружения. Их можно использовать при проектировании амортизирующих устройств с ДЭ.

- [9] Salman W., Zhang X., Li H. et al. A novel energy regenerative shock absorber for in-wheel motors in electric vehicles. *Mech. Syst. Signal Process.*, 2022, vol. 181, art. 109488, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2022.109488>
- [10] Guan D., Cong X., Li J. et al. Theoretical modeling and optimal matching on the damping property of mechatronic shock absorber with low speed and heavy load capacity. *J. Sound Vib.*, 2022, vol. 535, art. 117113, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2022.117113>
- [11] Полонский В.Л., Тарасенко Е.А., Цветкова Г.В. Резиновые амортизаторы малой жесткости для крепления труб. *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*, 2020, т. 63, № 4, с. 378–381, doi: <https://doi.org/10.17586/0021-3454-2020-63-4-378-381>
- [12] Черныш А.А., Яковлев С.Н. Экспериментальное определение температуры нагрева полиуретанового амортизатора при динамическом нагружении. *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*, 2019, т. 11, № 5, с. 893–901.
- [13] Гимадиева Т.З., Гимадиев Р.Ш. Математическое моделирование разгрузки линейного резинового амортизатора, применяемого в авиационной технике. *Известия высших учебных заведений. Авиационная техника*, 2014, № 1, с. 12–16.
- [14] Лепетов В.А., Юрцев Л.Н. *Расчеты и конструирование резиновых изделий*. Ленинград, Химия, 1987. 405 с.
- [15] Long X.-H., Ma Y.-T., Yue R. et al. Experimental study on impact behaviors of rubber shock absorbers. *Constr. Build. Mater.*, 2018, vol. 173, pp. 718–729, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.077>
- [16] Ucar H., Basdogan I. Dynamic characterization and modeling of rubber shock absorbers: a comprehensive case study. *J. Low Freq. Noise V. A. C.*, 2018, vol. 37, no. 3, pp. 509–518, doi: <https://doi.org/10.1177/1461348417725954>
- [17] Ряховский О.А., Иванов С.С. *Справочник по муфтам*. Ленинград, Политехника, 1991. 384 с.
- [18] Лунев В.П. Нагрузочные характеристики муфты с торообразной упругой оболочкой. *Каучук и резина*, 2012, № 6, с. 28–30.
- [19] Корнеев С.А., Корнеев В.С., Романюк Д.А. Математическое моделирование эффекта наведенной деформационной анизотропии резинокордного упругого элемента плоской муфты. *Омский научный вестник*, 2017, № 3, с. 10–14.
- [20] Граков С.А. Упругие муфты для снижения динамических нагрузок в приводах машин. *Динамика систем, механизмов и машин*, 2018, т. 6, № 1, с. 40–44, doi: <https://doi.org/10.25206/2310-9793-2018-6-1-40-44>
- [21] Nasonov D., Plichev V., Raevsky V. The experimental study of elastic-hysteresis properties of rubber elements of sleeve-pin couplings. *Vib. Proced.*, 2021, vol. 38, pp. 193–197, doi: <https://doi.org/10.21595/vp.2021.22055>
- [22] Ivanova E., Vasilev T., Hristov H. Study the influence of rotation speed on deformation process for flexible coupler with rubber elastic element. *Mach. Technol. Mater.*, 2017, vol. 11, no. 7, pp. 336–339.
- [23] Дырда В.И. Резиновые элементы вибрационных машин. Киев, Наукова думка, 1980. 100 с.
- [24] Прокопчук Н.Р., Шашок Ж.С., Касперович А.В. и др. Влияние температуры на снижение долговечности эластомерных композиций. *Вестник Казанского технологического университета*, 2014, т. 17, №17, с. 103–108.

References

- [1] Vasilevich Yu.V., Dovnar S.S., Truskovskiy A.S. et al. Modeling and analysis of dynamics in bearing system of drilling, milling and boring machine with mono-column. *Nauka i tekhnika. Seriya 1. Mashinostroenie* [Science & Technigue. Series 1. Mechanical engineering], 2015, no. 3, pp. 9–19. (In Russ.).
- [2] Verzhanskiy A.P., Nabatnikov Yu.F., Ostrovskiy M.S. et al. Effect of vibrations on reliability of mining machines. *Gornyy zhurnal*, 2018, no. 4, pp. 66–71, doi: <https://doi.org/10.17580/gzh.2018.04.12> (in Russ.).

- [3] Khodzhiev M.T., Dzhuraev A., Ashurov A.K. Dynamics of the machine aggregate with a milling mechanism of the cotton bundle disassembler. *Sovremennyye innovatsii, sistemy i tekhnologii* [Modern Innovations, Systems and Technologies], 2022, vol. 2, no. 3, pp. 0201–0210, doi: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0201-0210> (in Russ.).
- [4] Abdulrasool A.S., Fattah M.Y., Salim N.M. Displacements and stresses induced by vibrations of machine foundation on clay soil of different degrees of saturation. *Case Stud. Constr. Mater.*, 2022, vol. 17, art. e01327, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01327>
- [5] Alekseev A.E., Dumanskiy I.O., Prokhorov A.V. Plate dampers in the tensioning units of bandsaw machines. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [Bulletin of Higher Educational Institutions. Forestry Journal], 2021, no. 5, pp. 142–149, doi: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-5-142-149> (in Russ.).
- [6] Dubrovskiy A.F., Alyukov S.V., Alyukov A.S. et al. On the efficiency of the use of adaptive shock absorbers and elastic elements of the Dubrovsky's designs in suspensions of vehicles. *Avtomobilnaya promyshlennost*, 2019, no. 9, pp. 16–18. (In Russ.).
- [7] Litvin R.A. Search for damping coefficients of a magnetic shock absorber for construction machinery. *Stroitelnye i dorozhnye mashiny* [Construction and Road Building Machinery], 2022, no. 11, pp. 30–32. (In Russ.).
- [8] Zubarev A.V., Klimentyev E.V., Korneev V.S. et al. Method of technical maintenance of operation temperature mode of a damping shock absorber. *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin* [Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines], 2016, no. 1, pp. 43–45. (In Russ.).
- [9] Salman W., Zhang X., Li H. et al. A novel energy regenerative shock absorber for in-wheel motors in electric vehicles. *Mech. Syst. Signal Process.*, 2022, vol. 181, art. 109488, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2022.109488>
- [10] Guan D., Cong X., Li J. et al. Theoretical modeling and optimal matching on the damping property of mechatronic shock absorber with low speed and heavy load capacity. *J. Sound Vib.*, 2022, vol. 535, art. 117113, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2022.117113>
- [11] Polonskiy V.L., Tarasenko E.A., Tsvetkova G.V. Low-rigidity rubber shock absorbers for pipe mounting. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroenie* [Journal of Instrument Engineering], 2020, vol. 63, no. 4, pp. 378–381, doi: <https://doi.org/10.17586/0021-3454-2020-63-4-378-381> (in Russ.).
- [12] Chernysh A.A., Yakovlev S.N. Experimental determination of the heating temperature of the polyurethane shock absorber under dynamic loading. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova*, 2019, vol. 11, no. 5, pp. 893–901. (In Russ.).
- [13] Gimadieva T.Z., Gimadiev R.Sh. Mathematical modeling of unloading a linear shock cord used in aircraft engineering. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Aviatsionnaya tekhnika*, 2014, no. 1, pp. 12–16. (In Russ.). (Eng. version: *Russ. Aeronaut.*, 2014, vol. 57, no. 1, pp. 14–20, doi: <https://doi.org/10.3103/S1068799814010036>)
- [14] Lepetov V.A., Yurtsev L.N. *Raschety i konstruirovaniye rezinovykh izdeliy* [Calculation and design of rubber products]. Leningrad, Khimiya Publ., 1987. 405 p. (In Russ.).
- [15] Long X.-H., Ma Y.-T., Yue R. et al. Experimental study on impact behaviors of rubber shock absorbers. *Constr. Build. Mater.*, 2018, vol. 173, pp. 718–729, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.077>
- [16] Ucar H., Basdogan I. Dynamic characterization and modeling of rubber shock absorbers: a comprehensive case study. *J. Low Freq. Noise V. A. C.*, 2018, vol. 37, no. 3, pp. 509–518, doi: <https://doi.org/10.1177/1461348417725954>
- [17] Ryakhovskiy O.A., Ivanov S.S. *Spravochnik po muftam* [Coupling guide]. Leningrad, Politekhnik Publ., 1991. 384 p. (In Russ.).
- [18] Lunev V.P. Load deformation curves of coupling with toroidal elastic casing. *Kauchuk i rezina*, 2012, no. 6, pp. 28–30. (In Russ.).
- [19] Korneev S.A., Korneev V.S., Romanyuk D.A. Mathematical modeling of the effect of induced anisotropy of deformation of elastic rubber-cord flat coupling element. *Omskiy nauchnyy vestnik* [Omsk Scientific Bulletin], 2017, no. 3, pp. 10–14. (In Russ.).
- [20] Grakov S.A. Elastic coupling for reducing dynamics loads in machine drives. *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin* [Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines], 2018,

- vol. 6, no. 1, pp. 40–44, doi: <https://doi.org/10.25206/2310-9793-2018-6-1-40-44> (in Russ.).
- [21] Nasonov D., Ilichev V., Raevsky V. The experimental study of elastic-hysteresis properties of rubber elements of sleeve-pin couplings. *Vib. Proced.*, 2021, vol. 38, pp. 193–197, doi: <https://doi.org/10.21595/vp.2021.22055>
- [22] Ivanova E., Vasilev T., Hristov H. Study the influence of rotation speed on deformation process for flexible coupler with rubber elastic element. *Mach. Technol. Mater.*, 2017, vol. 11, no. 7, pp. 336–339.
- [23] Dyrda V.I. *Rezinovye elementy vibratsionnykh mashin* [Rubber elements of vibrating machines]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1980. 100 p. (In Russ.).
- [24] Prokopchuk N.R., Shashok Zh.S., Kasperovich A.V. et al. The effect of temperature on reducing the durability of elastomeric compositions. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Herald of Kazan Technological University], 2014, vol. 17, no.17, pp. 103–108. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 19.10.2024

Информация об авторах

МОСУР Владлен Григорьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры «Инжиниринг технологического оборудования». ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (236022, Калининград, Российская Федерация, Советский пр-т, д. 1, e-mail: vladlen.mosur@klgtu.ru); доцент Института высоких технологий. ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта» (236016, Калининград, Российская Федерация, ул. А. Невского, д. 14, e-mail: vmosur@kantiana.ru).

ШАРКОВ Олег Васильевич — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Теория механизмов и машин и детали машин». ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (236022, Калининград, Российская Федерация, Советский пр-т, д. 1, e-mail: oleg.sharkov@klgtu.ru); профессор Института высоких технологий. ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта» (236016, Калининград, Российская Федерация, ул. А. Невского, д. 14, e-mail: osharkov@kantiana.ru).

Information about the authors

MOSUR Vladlen Grigoryevich — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Technological Equipment Engineering. Kaliningrad State Technical University (236022, Kaliningrad, Russian Federation, Sovetsky Ave., Bldg. 1, e-mail: vladlen.mosur@klgtu.ru); Associate Professor of the High Technologies Institute. Immanuel Kant Baltic Federal University (236016, Kaliningrad, Russian Federation, A. Nevskogo St., Bldg. 14, e-mail: vmosur@kantiana.ru)

SHARKOV Oleg Vasilievich — Doctor of Science (Eng.), Associate Professor, Professor, Department of Theory of Mechanisms and Machines and Machine Parts. Kaliningrad State Technical University (236022, Kaliningrad, Russian Federation, Sovetsky Ave., Bldg. 1, e-mail: oleg.sharkov@klgtu.ru); Professor, High Technologies Institute. Immanuel Kant Baltic Federal University (236016, Kaliningrad, Russian Federation, A. Nevskogo St., Bldg. 14, e-mail: osharkov@kantiana.ru).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Мосур В.Г., Шарков О.В. Оценка долговечности резиновых демпфирующих элементов в условиях динамического нагружения. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2024, № 9, с. 3–9.

Please cite this article in English as:

Mosur V.G., Sharkov O.V. Assessing durability of the rubber damping elements exposed to dynamic loading. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2024, no. 9, pp. 3–9.