

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-4-56-63>

УДК 621.81:621.89

## ВЫБОР ИНГРЕДИЕНТОВ ФРИКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С УЧЕТОМ ТЕПЛОЕМКОСТИ

Н. Г. МЕЛИКСЕТЯН<sup>†</sup>, С. Г. АГБАЛЯН, Г. Н. МЕЛИКСЕТЯН

Национальный политехнический университет Армении (НПУА), ул. Теряна, 105, 0009, г. Ереван, Армения

*Цель работы — установление связи между триботехническими характеристиками и теплоемкостью фрикционных полимерных композитов для научно обоснованного выбора ингредиентов, рассматривая удельную теплоемкость как функциональный параметр.*

*Для обоснования выбора типов и процентных содержаний ингредиентов фрикционных полимерных композитов разработана программа расчета теоретических коэффициентов теплоемкости и подбора содержания компонентов материалов. В качестве экспериментальных фрикционных материалов выбраны серийные материалы, сертифицированные по требованиям международных стандартов SAE J 661 201211 и Бастенит-8, созданный в Национальном политехническом университете Армении. Проведено математическое моделирование изменения теплоемкости в зависимости от объемного содержания ингредиентов и разработана компьютерная программа с доступом к программной среде Windows методом Winforms. Предлагается также блок-схема реализации программы.*

*С использованием программы рассчитаны коэффициенты удельной теплоемкости опытных и серийных фрикционных полимерных композитов и проведены их триботехнические испытания. Показано, что существует корреляция между износостойкостью материала и повышением температуры: чем меньше ее прирост при однократном торможении, тем ниже износ материала. Установлено, что удельная теплоемкость оказывает серьезное влияние на работоспособность, а материалы с высоким коэффициентом теплоемкости демонстрируют высокие и стабильные триботехнические характеристики.*

**Ключевые слова:** коэффициент теплоемкости, фрикционный полимерный композит, функциональные свойства, математическое моделирование, трибологические характеристики.

## SELECTION OF INGREDIENTS FOR FRICTION POLYMER COMPOSITES ACCORDING TO HEAT CAPACITY

N. G. MELIKSETYAN<sup>†</sup>, S. G. AGBALYAN, G. N. MELIKSETYAN

<sup>†</sup>National Polytechnic University of Armenia (NPUA), Teryan St., 105, 0009, Yerevan, Armenia

*The purpose of the work is to establish a relationship between the tribological characteristics and heat capacity of the friction polymer composites for science-based ingredients selection, considering the specific heat capacity as a functional parameter.*

*The theoretical coefficient calculation program for the heat capacity and selecting the content of materials components has been developed to justify the selection of types and percentage contents of ingredients of the friction polymer composites. As experimental friction materials the serial materials certified according to the requirements of the International Standards SAE J 661 201211 and Bastenit-8, created at the National Polytechnic University of Armenia, have been selected. In order to improve and science-based selection of the optimal ingredients percentage content of the brake materials, mathematical modeling of changes in the*

<sup>†</sup>Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: n\_meliksetyan@mail.ru

heat capacity depending on the ingredients volume content has been carried out and a computer program with access to the Windows Software environment using the Winforms method has been developed. A block diagram of the program implementation is also proposed.

Using the program, the specific heat capacity coefficients of the experimental and serial friction polymer composites were calculated and their tribotechnical tests were carried out. It was shown that there is a correlation between the wear resistance of the material and the increase in temperature: the less its growth during a single braking, the lower the wear of the material. It was found that the specific heat capacity has a serious effect on efficiency, and materials with a high coefficient of the heat capacity demonstrate high and stable tribotechnical characteristics.

**Keywords:** heat capacity coefficient, friction polymer composite, functional properties, mathematical modeling, tribological characteristics.

Поступила в редакцию 22.09.2024

© Н. Г. Меликсетян, С. Г. Агбальян, Г. Н. Меликсетян, 2024

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:

Меликсетян Н. Г., Агбальян С. Г., Меликсетян Г. Н. Выбор ингредиентов фрикционных полимерных композитов с учетом теплоемкости // Полимерные материалы и технологии. 2024. Т. 10, № 4. С. 56–63. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-4-56-63>

#### Citation sample:

Meliksetyan N. G., Agbalyan S. G., Meliksetyan G. N. Vybora ingredientov friktsionnykh polimernykh kompozitov s uchetom teploemkosti [Selection of ingredients for friction polymer composites according to heat capacity]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2024, vol. 10, no. 4, pp. 56–63. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-4-56-63>

#### Литература

1. Blau P. J. Compositions, Functions, and Testing of Friction Brake Materials and Their Additives : report ORNL/TM-2001/64. USA, 2001. 23 p. doi: 10.2172/788356
2. Borawski A. Conventional and unconventional materials used in the production of brake pads – review // Science and Engineering of Composite Materials, 2020, vol. 27, no. 1, pp. 374–396. doi: 10.1515/secm-2020-0041
3. Ilie F., Cristescu A.-C. Tribological Behavior of Friction Materials of a Disk-Brake Pad Braking System Affected by Structural Changes—A Review // Materials, 2022, vol. 15, is. 14. doi: 10.3390/ma15144745
4. Konada N. K., Suman, K. N. S. Brake Friction Materials - A Review // i-manager's Journal on Material Science, 2020, vol. 7, is. 4, pp. 51–65. doi: 10.26634/jms.7.4.15520
5. Меликсетян Н. Г., Агбальян С. Г. Трибологические исследования фрикционных тормозных материалов в Национальном политехническом университете Армении // Scientific achievements of the third millennium : collection of scientific papers on materials XIV International Scientific Conf., 25 June 2021, Los Angeles. USA : LJournal, 2021, pp. 33–41. doi: 10.18411/scienceconf-06-2021-09
6. Погосян А. К., Сысоев П. В., Меликсетян Н. Г., Близнец М. М., Богданович П. Н., Ламбардян Н. А., Михайлов Н. А., Прушак В. Я., Старовойтов А. С. Фрикционные композиты на основе полимеров. Минск : Информтрибо, 1992. 218 с.
7. Meliksetyan N. G., Myshkin N. K., Agbalyan S. G., Meliksetyan G. N. Friction and Wear of Asbestos-Free Brake Friction Materials // Journal of Friction and Wear, 2022, vol. 43, no. 6, pp. 416–422. doi: 10.3103/S1068366622060101
8. Verma P. C. Automotive Brake Materials. Characterization of Wear Products and Relevant Mechanisms at High Temperature : Doctoral Thesis. Italy : University of Trento, 2016. 169 p.
9. SAE Standard J 661 201211. Brake Lining Quality Test Procedure. Stabilized November 2012. USA : SAE International, 2012. 8 p. doi: 10.4271/J661\_201211
10. Агбальян С. Г., Меликсетян Н. Г., Меликсетян Г. Н. Разработка и трибологическое исследование безасбестовых тормозных

- композиционных материалов // Инженерные решения в машиностроении: проектирование, моделирование, испытание и изготовление (ИРМ-2018) : труды 1-ой международной конференции, 17–19 сентября 2018, Ереван, Армения. Т. 2 / ред. Т. Ф. Парикян. Ереван, 2018. С. 38–43.
11. ГОСТ Р ИСО 7881-94. Транспорт дорожный. Накладки тормозные. Оценка характеристик фрикционного материала. Метод испытания малого образца на машине трения. М. : Издательство стандартов, 1995. 16 с.
  12. Ламбарян Н. А., Меликсетян Н. Г. Стенд для испытания тормозов. Ереван : АрмНИИНТИ, 1982. 4 с.
  13. Европейские производители фрикционных материалов / Академия Конъюнктуры Промышленных Рынков // Новые химические технологии : аналитический портал химической промышленности. 2006 [Электронный ресурс]. URL: [http://newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=4071](http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=4071) (дата обращения: 20.04.2024).
  14. Лифшиц Е. М. Теплоёмкость // Физическая энциклопедия : в 5 т. Т. 5 / под. ред. А. М. Прохорова. М. : Советская энциклопедия, 1998. 757 с.

## References

1. Blau P. J. Compositions, Functions, and Testing of Friction Brake Materials and Their Additives : report ORNL/TM-2001/64. USA, 2001. 23 p. doi: 10.2172/788356
2. Borawski A. Conventional and unconventional materials used in the production of brake pads – review. *Science and Engineering of Composite Materials*, 2020, vol. 27, no. 1, pp. 374–396. doi: 10.1515/secm-2020-0041
3. Ilie F., Cristescu A.-C. Tribological Behavior of Friction Materials of a Disk-Brake Pad Braking System Affected by Structural Changes— A Review. *Materials*, 2022, vol. 15, is. 14. doi: 10.3390/ma15144745
4. Konada N. K., Suman, K. N. S. Brake Friction Materials - A Review. *i-manager's Journal on Material Science*, 2020, vol. 7, is. 4, pp. 51–65. doi: 10.26634/jms.7.4.15520
5. Meliksetyan N. G., Agbalyan S. G. Tribologicheskie issledovaniya friktsionnykh tormoznykh materialov v Natsional'nom politekhnicheskom universitete Armenii [Tribological research of friction brake materials at the National Polytechnic University of Armenia]. *Scientific achievements of the third millennium : collection of scientific papers on materials XIV International Scientific Conf.* USA : LJournal Publ., 2021, pp. 33–41. doi: 10.18411/scienceconf-06-2021-09
6. Pogosyan A. K., Sysyov P. V., Meliksetyan N. G., Bliznets M. M., Bogdanovich P. N., Lambardyan N. A., Mikhaylov N. A., Prushak V. Ya., Starovoytov A. S. *Friktsionnye kompozity na osnove polimerov* [Polymer-based friction composites]. Minsk : Informtribo Publ., 1992. 218 p.
7. Meliksetyan N. G., Myshkin N. K., Agbalyan S. G., Meliksetyan G. N. Friction and Wear of Asbestos-Free Brake Friction Materials. *Journal of Friction and Wear*, 2022, vol. 43, no. 6, pp. 416–422. doi: 10.3103/S1068366622060101
8. Verma P. C. Automotive Brake Materials. Characterization of Wear Products and Relevant Mechanisms at High Temperature : Doctoral Thesis. Italy : University of Trento, 2016. 169 p.
9. SAE Standard J 661 201211. Brake Lining Quality Test Procedure. Stabilized November 2012. USA : SAE International, 2012. 8 p. doi: 10.4271/J661\_201211
10. Agbalyan S. G., Meliksetyan N. G., Meliksetyan G. N. Razrabotka i tribologicheskoe issledovanie bezasbestovykh tormoznykh kompozitsionnykh materialov [Development and tribological study of asbestos-free brake composite materials]. *Trudy 1 mezhdunarodnoy konferentsii «Inzhenernye resheniya v mashinostroenii: proektirovanie, modelirovanie, ispytanie i izgotovlenie (IRM-2018)»* [Proceedings of 1st International Conference “Mechanical Engineering Solutions”]. Ed. T. F. Parikyan. Erevan, 2018, pp. 38–43.
11. ГОСТ Р ИСО 7881-94. Транспорт дорожный. Накладки тормозные. Оценка характеристик фрикционного материала. Метод испытания малого образца на машине трения [State Standard ISO 7881-94. Road transport. Brake linings. Evaluation of friction material characteristics. Small sample test method on a friction machine]. Moscow : Izdatel'stvo standartov Publ., 1995. 16 p.
12. Lambaryan N. A., Meliksetyan N. G. Стенд для испытания тормозов [Brake test stand]. Erevan : ArmNIINTI Publ., 1982. 4 p.
13. Yevropeyskiye proizvoditeli friktsionnykh materialov [European friction materials manufacturers] (2006). Available at: [http://newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=4071](http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=4071) (accessed 20.04.2024).
14. Lifshits E. M. Теплоёмкость [Heat capacity]. *Fizicheskaya entsiklopediya* [Physical Encyclopedia]. Ed. A. M. Prokhorov. Moscow : Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1998. Vol. 5. 757 p.