

DOI: 10.32864/polymmattech-2025-11-3-88-96

УДК 539.4; 620.178.3; 678.073

УСКОРЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ КОНСОЛЬНОМ ИЗГИБЕ НА ПРИМЕРЕ АБС-ПЛАСТИКОВ

А. П. САЗАНКОВ⁺

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

Цель работы — ускоренное определение предела выносливости полимерных конструкционных материалов.

Проведены усталостные испытания АБС/ПММА-пластика при консольном изгибе для ускоренного определения предела выносливости полимерных материалов по методам Баскина (логарифмический метод определения усталостной долговечности) и Локати (линейно-кумулятивный метод оценки усталости). Выполнен фрактографический анализ усталостного разрушения АБС/ПММА-пластика с выявлением зон быстрого зарождения и распространения трещин, их усталостного развития и разрушения. Установлено, что с ростом амплитуды напряжения в зоне зажима образца увеличивается зона быстрого зарождения трещины.

Получены аналитические зависимости для экстраполяции характеристик малоциклового усталости на средне- и многоцикловую область нагружения.

По методу Локати определен предел выносливости (σ_L) АБС/ПММА-пластика в продольном (прод) и поперечном (поп) направлениях с использованием аппроксимации по Баскину. Значения напряжений составили $\sigma_{a(\text{pop})}^6 = 1,34$ МПа, $\sigma_{a(\text{pop})}^{10} = 0,05$ МПа, $\sigma_{a(\text{прод})}^6 = 1,92$ МПа и $\sigma_{a(\text{прод})}^{10} = 0,12$ МПа при $N = 10^6$ и 10^{10} (по Баскину) и $\sigma_{L\text{прод}}^{1000} = 23,74$ МПа, $\sigma_{L\text{прод}}^{2000} = 17,69$ МПа, $\sigma_{L\text{поп}}^{1000} = 24,91$ МПа и $\sigma_{L\text{поп}}^{2000} = 18,69$ МПа при $N_{\text{поп}}^{1000} = 315$, $N_{\text{поп}}^{2000} = 697$, $N_{\text{прод}}^{1000} = 245$, $N_{\text{прод}}^{2000} = 649$ (по Локати).

Установлено, что значения усталостной прочности по методу Локати σ_L находятся в пределах 60% от полученных экспериментально значений предела прочности.

Описанные методы и полученные экспериментальные данные могут быть использованы для определения предела выносливости полимерных материалов в условиях циклического нагружения.

Ключевые слова: полимерные материалы, усталостная прочность, разрушение, фрактография, прогнозирование.

⁺Автор для переписки. E-mail: alex.saz.job@gmail.com

Для цитирования:

Сазанков А. П. Ускоренное определение предела выносливости полимерных материалов при консольном изгибе на примере АБС-пластиков // Полимерные материалы и технологии. 2025. Т. 11, № 3. С. 88–96. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-3-88-96>

⁺Author for correspondence. E-mail: alex.saz.job@gmail.com

For citation:

Sazankov A. P. Uskorennoe opredelenie predela vynoslivosti polimernykh materialov pri konsol'nom izgibe na primere ABS-plastikov [Accelerated determination of fatigue strength polymer materials when bending the console using the example of ABS plastic]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2025, vol. 11, no. 3, pp. 88–96. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-3-88-96>

ACCELERATED DETERMINATION OF FATIGUE STRENGTH POLYMER MATERIALS WHEN BENDING THE CONSOLE USING THE EXAMPLE OF ABS PLASTIC

A. P. SAZANKOV⁺

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

The purpose of the work is to accelerate the determination of the endurance limit of polymer structural materials.

Fatigue tests of ABS/PMMA plastic with cantilever bending were carried out to accelerate the determination of the endurance limit of polymer materials using Baskin's methods (logarithmic method for determining fatigue life) and Locati (linear cumulative method for fatigue assessment).

A fractographic analysis of the fatigue failure of ABS/PMMA plastic has been performed to identify areas of rapid nucleation and propagation of cracks, their fatigue development and fracture. It has been found that as the amplitude of the stress in the clamping zone of the sample increases, the zone of rapid crack nucleation increases.

Analytical dependences have been obtained for extrapolating the characteristics of low-cycle fatigue to medium- and multi-cycle loading regions.

Using the Locati method, the endurance limit (σ_L) of the ABS/PMMA plastic in the longitudinal (ln) and transverse (tr) directions was determined using the Baskin approximation. The stress values were $\sigma_{a(tr)}^6 = 1,34$ MPa, $\sigma_{a(tr)}^{10} = 0,05$ MPa, $\sigma_{a(ln)}^6 = 1,92$ MPa, $\sigma_{a(ln)}^{10} = 0,12$ MPa at $N = 10^6$, $N = 10^{10}$ (Baskin) and $\sigma_{Ln}^{1000} = 23,74$ MPa, $\sigma_{Ln}^{2000} = 17,69$ MPa, $\sigma_{Ltr}^{1000} = 24,91$ MPa, $\sigma_{Ltr}^{2000} = 18,69$ MPa at $N_{tr}^{1000} = 315$, $N_{tr}^{2000} = 697$, $N_{ln}^{1000} = 245$, $N_{ln}^{2000} = 649$ (Locati).

It has been established that the values of fatigue strength according to the σ_L Locati method are within 60% of the experimentally obtained values of the strength limit.

The described methods and the experimental data obtained can be used to determine the endurance limit of polymer materials under cyclic loading conditions.

Keywords: polymer materials, fatigue strength, fracture, fractography, forecasting.

Поступила в редакцию 28.07.2025

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

Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Литература

1. Гриневич Д. В., Яковлев Н. О., Славин А. В. Критерии разрушения полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ. 2019. № 7 (79). С. 92–111.
2. Краткий технический справочник. Т. 1 / ред. В. А. Зиновьев. М. : Л : Техтеориздат, 1949. С. 344.
3. Люкшин Б. А., Шилько С. В., Панин С. В., Машков Ю. К., Корниенко Л. А., Люкшин П. А., Плесакевичский Ю. М., Кропотин О. В., Бочкарева С. А., Матолыгина Н. Ю., Черноус Д. А., Гришаева Н. Ю., Реутов Ю. А. Дисперсно-наполненные полимерные композиты технического и медицинского назначения. Новосибирск : СО РАН, 2017. 311 с.
4. Патент 13760 ВУ, МПК G 01N 3/32. Машина для усталостных испытаний / С. В. Шилько, А. П. Сазанков; заявитель ИММС НАН Беларуси. N u20240082; заявл. 10.04.2024; опубл. 01.07.2025.
5. Серенсен С. В., Когаев В. П., Шнейдерович Р. М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. Москва : Машгиз, 1963. 451 с.
6. Каменев Е. И., Мясников Г. Д., Платонов М. П. Применение пластических масс: справочник. Ленинград : Химия, 1985. 448 с.
7. Vasquin O. H. The Exponential Law of Endurance Tests // Proc. Am. Soc. Test. Mater., 1910, vol. 10, pp. 625–630.
8. Завойчинская Э. Б. Долговечность конструкционных материалов при переменном нагружении // Вестник Московского университета. Се-

рия 1: Математика. Механика. 2025. № 1. С. 84–95.

9. Стрижиус В. Е. Механизмы накопления усталостного повреждения при сложном программном нагружении слоистых композитов: существующие гипотезы // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2019. Т. 25, № 4. С. 71–82.

References

1. Grinevich D. V., Yakovlev N. O., Slavin A. V. Kriterii razrusheniya polimernykh kompozitsionnykh materialov (obzor) [Criteria for destruction of polymer composite materials (review)]. *Trudy VIAM* [Proceedings of VIAM], 2019, no. 7 (79), pp. 92–111.
 2. *Kratkiy tekhnicheskii spravochnik. T. 1* [Brief technical reference. Vol. 1]. Ed. V. A. Zinov'ev. Moscow ; Leningrad : Tekhteorizdat Publ., 1949, pp. 344.
 3. Lyukshin B. A., Shil'ko S. V., Panin S. V., Mashkov Yu. K., Kornienko L. A., Lyukshin P. A., Pleskachevskiy Yu. M., Kropotin O. V., Bochkareva S. A., Matolygina N. Yu., Chernous D. A., Grishaeva N. Yu., Reutov Yu. A. *Dispersno-napolnennye polimernye kompozity tekhnicheskogo i meditsinskogo naznacheniya* [Dispersed polymer composites for technical and medical purposes]. Novosibirsk : SO RAN Publ., 2017. 311 p.
 4. Shil'ko S. V., Sazankov A. P. Mashina dlya ustalostnykh ispytaniy [Fatigue testing machine]. Patent BY, no. 13760, 2025.
 5. Serensen S. V., Kogaev V. P., Shneyderovich R. M. *Nesushchaya sposobnost' i raschety detaley mashin na prochnost'* [Bearing capacity and calculations of machine parts for strength]. Moscow : Mashgiz Publ., 1963. 451 p.
 6. Kamenev E. I., Myasnikov G. D., Platonov M. P. *Primenenie plasticheskikh mass* [Application of plastic materials: a reference book]. Leningrad : Khimiya Publ., 1985. 448 p.
 7. Basquin O. H. The Exponential Law of Endurance Tests. *Proc. Am. Soc. Test. Mater.*, 1910, vol. 10, pp. 625–630.
 8. Zavoychinskaya E. B. Dolgovechnost' konstruktsionnykh materialov pri peremennom nagruzhении [Durability of structural materials under variable loading]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 1: Matematika. Mekhanika* [Bulletin of the Moscow University. Series 1: Mathematics. Mechanics], 2025, no. 1, pp. 84–95.
 9. Strizhius V. E. Mekhanizmy nakopleniya ustalostnogo povrezhdeniya pri slozhnom programmnom nagruzhении sloistykh kompozitov: sushchestvuyushchie gipotezy [Mechanisms of accumulation of fatigue damage under complex software loading of layered composites: existing hypotheses]. *Nauchno-tekhnicheskije vedomosti SPbPU. Estestvennye i inzhenernye nauki* [Scientific and Technical Bulletin of SPbPU. Natural and engineering sciences], 2019, vol. 25, no. 4, pp. 71–82.
-