

DOI: 10.32864/polymmattech-2025-11-4-64-71

УДК 678.067.5:620.172.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТКАНЕВЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ ПРИ ОДНООСНОМ КВАЗИСТАТИЧЕСКОМ РАСТЯЖЕНИИ

А. В. ОМЕЛЮСИК⁺, А. В. ШМЕЛЕВ

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, ул. Академическая, 12, 220072, г. Минск, Беларусь

Композиционные материалы получили широкое распространение в сфере машиностроения. При решении задач механики деформирования машиностроительных конструкций проводят экспериментальные исследования их свойств с последующим заданием полученных характеристик в прикладные программные комплексы. При этом главным вопросом является вопрос корректного выбора модели деформирования и разрушения материала, а также определения соответствующих значений параметров выбранных моделей.

Цель работы — разработка методического подхода определения значений параметров моделей тканевых композиционных материалов.

Рассмотрены перспективы и преимущества использования стеклопластиков при изготовлении изделий машиностроения. Отмечены достоинства и недостатки стеклопластиков с хаотично расположенными волокнами и направленными волокнами (стеклоткань). Приведены методы моделирования стеклопластиков в программных комплексах конечно-элементного анализа. Установлены особенности компьютерного моделирования стеклопластиков в зависимости от технологии их изготовления, схемы армирования и количества слоев. Проведены испытания на растяжение образцов стеклопластиков из тканей TP-0,56 и T-10(80) с различными углами ориентации волокон. Определены значения параметров модели упруго-пластического деформирования стеклопластика из ткани TP-0,56. Выполнено компьютерное моделирование механических испытаний на растяжение образца стеклопластика из ткани TP-0,56 в программном комплексе ANSYS LS-DYNA с использованием однородного типа модели и критериев разрушения.

Примененные методические подходы к моделированию стеклопластика показали высокую сходимость с натурным экспериментом. Погрешность по пределу прочности не превысила 5%, что позволяет проводить расчетные исследования более сложных деталей машиностроительных конструкций, таких как кузовов автомобилей, панелей обшивки автобусов, бамперов, внутренней отделки и др. Также приняты подходы позволят выполнять валидацию расчетных моделей с учетом испытаний образцов стеклопластиков и давать рекомендации по расположению волокон в композите с целью снижения массы или обеспечения требуемой прочности и жесткости деталей конструкций.

⁺Автор для переписки. E-mail: alexlifting@mail.ru

Для цитирования:

Омелюсик А. В., Шмелев А. В. Определение параметров модели деформирования тканевых стеклопластиков при одноосном квазистатическом растяжении // Полимерные материалы и технологии. 2025. Т. 11, № 4. С. 64–71. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-4-64-71>

⁺Author for correspondence. E-mail: alexlifting@mail.ru

For citation:

Amialiusik A. V., Shmeliov A. V. Opredelenie parametrov modeli deformirovaniya tkaneykh stekloplastikov pri jednoosnom kvazistaticheskom rastyazhenii [Determination of the parameters of the deformation model of fabric fiberglass resistsants under uniaxial quasi-static tension]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2025, vol. 11, no. 4, pp. 64–71. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-4-64-71>

Ключевые слова: стеклопластик, компьютерное моделирование, метод конечных элементов, прочность, гомогенная модель материала, ANSYS LS-DYNA, изделия машиностроения.

DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE DEFORMATION MODEL OF FABRIC FIBERGLASS RESISTANTS UNDER UNIAXIAL QUASI-STATIC TENSION

A. V. AMIALIUSIK⁺, A. V. SHMELIOV

Joint Institute of Mechanical Engineering of NASB, Akademicheskaya St., 12, 220072, Minsk, Belarus

Composite materials have become widespread in the field of mechanical engineering. When solving problems of deformation mechanics of mechanical engineering structures, experimental studies of their properties are carried out with subsequent assignment of the obtained characteristics in application software packages. In this case, the main issue is the correct choice of the model of deformation and destruction of the material, as well as the determination of the corresponding values of the parameters of the selected models.

Purpose of the work – development of a methodological approach to determining the values of parameters of models of fabric composite materials.

The article considers the prospects and advantages of using fiberglass in the manufacture of engineering products. The advantages and disadvantages of fiberglass with randomly located fibers (HASP) and directed fibers (fiberglass fabric) are noted. The methods of modeling fiberglass in finite element analysis software packages are presented. The features of computer modeling of fiberglass depending on the technology of their manufacture, reinforcement scheme and number of layers are established. Tensile tests of fiberglass samples made of TR-0.56 and T-10 (80) fabrics with different fiber orientation angles are carried out. The values of the parameters of the elastic-plastic deformation model of fiberglass made of TR-0.56 fabric are determined. Computer modeling of mechanical tensile tests of a fiberglass sample made of TR-0.56 fabric is performed in the ANSYS LS-DYNA software package using a homogeneous type of model and failure criteria.

The applied methodological approaches to modeling fiberglass showed high convergence with the full-scale experiment. The error in the ultimate strength did not exceed 5%, which allows for calculation studies of more complex parts of mechanical engineering structures, such as car bodies, bus trim panels, bumpers, interior trim, etc. The adopted approaches will also allow for validation of calculation models taking into account fiberglass sample testing and for recommendations on the arrangement of fibers in the composite in order to reduce weight or ensure the required strength and rigidity of structural parts.

Keywords: fiberglass, computer modeling, finite element method, strength, homogeneous material model, ANSYS LS-DYNA, mechanical engineering products.

Поступила в редакцию 12.08.2025

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. Бондалетова Л. И., Бондалетов В. Г. Полимерные композиционные материалы : учебное пособие. Томск : Томский политехнический университет, 2013. 117 с.

2. Тулаева Н. Н. Оценка прочности элементов конструкций из хаотически армированного стеклопластика : пояснительная записка к выпускной квалификационной работе. Челябинск : Южно-Уральский государственный ун-т, 2019. 85 с.
3. Жихарев М. В. Оценка прочности высоконагруженных пластин из композитных материалов при локальном ударном воздействии : дис. канд. тех. наук : 01.02.04. Челябинск, 2019. 125 с.
4. Чумаченко Е. Н., Полякова Т. В., Аксенов С. А., Бобер С. А., Логашина И. В., Корзо В. Н., Ерохина О. С. Математическое моделирование в нелинейной механике (обзор программных комплексов для решения задач моделирования сложных систем). Москва : ИКИ РАН, 2009. 23 с.
5. Priyanjali C. LS-DYNA for crashworthiness of composite structures : master's thesis. Cincinnati, 2012. 101 p.
6. Menna C., Asprone D., Caprino G., Lopresto V., Prota A. Numerical simulation of impact tests on GFRP composite laminates // *International Journal of Impact Engineering*, 2011, vol. 38, is. 8-9, pp. 677–685. doi: 10.1016/j.ijimpeng.2011.03.003
7. Муйземнек А. Ю., Савицкий В. Я. Технологическое обеспечение изготовления изделий из слоистых пластиков, армированных волокнами из стекла и углерода // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки*. 2015. № 2. С. 171–181.
8. Скворцов Ю. В., Глушков С. В., Хромов А. И. Моделирование композитных элементов конструкций и анализ их разрушения в CAE-системах MSC. Patran-Nastran и ANSYS [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие. Самара, 2012. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
9. Рогов П. С. Разработка методики обеспечения пассивной безопасности кузовов автобусов в условиях опрокидывания при проектировании : дис. канд. тех. наук : 05.05.03. Нижний Новгород, 2015. 189 с.
10. Вашурин А. С. Разработка методики и оценка пассивной безопасности кузовов из многослойных панелей вахтовых автобусов : дис. канд. тех. наук : 05.05.03. Нижний Новгород, 2014. 260 с.
11. Alevedo R., Alves M. Numerical simulation of soft-body impact on GFRP laminate composites: mixed SPH-FE and pure SPH approaches // *Solid Mechanics in Brazil 2009* / eds: H. da Costa Mattos, M. Alves; Brazil. Society of Mechanical Sciences and Engineering. Rio de Janeiro : ABCM, 2009, pp. 15–16.
12. LS-DYNA : keyword user's manual : in 3 vol. Vol. 2. Material models. Livermore : Livermore Software Technology Corporation, 2014. 1265 p.
13. Introduction to composites modelling in LS-DYNA : Composites webinar // ARUP. 2023 [Электронный ресурс]. URL: https://www.oasys-software.com/dyna/wp-content/uploads/2019/03/6_Composites_Modelling_LS-DYNA_Galal-Mohamed-IN.pdf (дата обращения: 30.01.2023).
14. Modeling of composites in LS-DYNA // Livermore Software Technology Corporation. 2012 [Электронный ресурс]. URL: https://ftp.lstc.com/anonymous/outgoing/jday/composites/mat_comp.pdf (дата обращения: 30.01.2023).
15. Шилько С. В., Дробыш Т. В., Сазанков А. П., Сапожников С. Б. Механизм и цифровое моделирование процесса разрушения образца однонаправленно-армированного углепластика с композитными накладками при одноосном растяжении // *Вестник Фонда фундаментальных исследований*. 2025. № 3. С. 167–179.
16. Балданов А. Б., Бохоева Л. А., Бочектуева А. С. Моделирование процессов деформирования и разрушения слоистых композиционных материалов при локальном ударе // *Динамика систем, механизмов и машин*. 2021. Т. 9, № 1. С. 2–7. doi: 10.25206/2310-9793-9-1-2-7

References

1. Bondaletova L. I., Bondaletov V. G. *Polimernye kompozitsionnye materialy* [Polymer composite materials]. Tomsk : Tomskiy politekhnicheskii universitet Publ., 2013. 117 p.
2. Tulaeva N. N. Otsenka prochnosti elementov konstruksiy iz khaoticheski armirovannogo stekloplastika [Strength assessment of structural elements made of chaotically reinforced fiberglass]. Chelyabinsk : Yuzhno-Ural'skiy gosudarstvennyy universitet Publ., 2019. 85 p.
3. Zhikharev M. V. Otsenka prochnosti vysokonagruzhennykh plastin iz kompozitnykh materialov pri lokal'nom udarnom vozdeystvii. Diss. kand. tekhn. nauk [Evaluation of the strength of highly loaded composite plates under local impact action. Phd. eng. sci. diss.]. Chelyabinsk, 2019. 125 p.
4. Chumachenko E. N., Polyakova T. V., Aksenov S. A., Bober S. A., Logashina I. V., Korzo V. N., Erokhina O. S. Matematicheskoe modelirovaniye v nelineynoy mekhanike [Mathematical modeling in nonlinear mechanics]. Moscow : IKI RAN Publ., 2009. 23 p.
5. Priyanjali C. LS-DYNA for crashworthiness of composite structures : master's thesis. Cincinnati, 2012. 101 p.
6. Menna C., Asprone D., Caprino G., Lopresto V., Prota A. Numerical simulation of impact tests on GFRP composite laminates. *International Journal of Impact Engineering*, 2011, vol. 38, is. 8-9, pp. 677–685. doi: 10.1016/j.ijimpeng.2011.03.003
7. Muzyemnek A. Yu., Savitskiy V. Ya. Tekhnologicheskoe obespecheniye izgotovleniya izdeliy iz sloistnykh plastikov, armirovannykh voloknami iz stekla i ugleroda [Technological support for the manufacture of products from laminated plastics reinforced with glass and carbon fibers]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskije nauki* [University proceedings. Volga region. Engineering sciences], 2015, no. 2, pp. 171–181.
8. Skvortsov Yu. V., Glushkov S. V., Khromov A. I. Modelirovaniye kompozitnykh elementov konstruksiy i analiz ikh razrusheniya v CAE-sistemakh MSC. Patran-Nastran i ANSYS [Modeling of composite structural elements and analysis of their destruction in CAE systems MSC. Patran-Nastran and ANSYS]. Samara, 2012. 1 CD-ROM.
9. Rogov P. S. Razrabotka metodiki obespecheniya passivnoy bezopasnosti kuzovov avtobusov v usloviyakh oprokidyvaniya pri proektirovani. Diss. kand. tekhn. nauk [Development of a methodology for ensuring passive safety of bus bodies in rollover conditions during design. Phd. eng. sci. diss.]. Nizhniy Novgorod, 2015. 189 p.
10. Vashurin A. S. Razrabotka metodiki i otsenka passivnoy bezopasnosti kuzovov iz mnogosloynnykh paneley vakhtovykh avtobusov. Diss. kand. tekhn. nauk [Development of methodology and assessment of passive safety of bodies made of multilayer panels of shift buses. Phd. eng. sci. diss.]. Nizhniy Novgorod, 2014. 260 p.
11. Alevedo R., Alves M. Numerical simulation of soft-body impact on GFRP laminate composites: mixed SPH-FE and pure SPH approaches. *Solid Mechanics in Brazil 2009*. Eds: H. da Costa Mattos, M. Alves; Brazil. Society of Mechanical Sciences and Engineering. Rio de Janeiro : ABCM, 2009, pp. 15–16.
12. LS-DYNA : keyword user's manual : in 3 vol. Vol. 2. Material models. Livermore : Livermore Software Technology Corporation, 2014. 1265 p.
13. Introduction to composites modelling in LS-DYNA. Available at: https://www.oasys-software.com/dyna/wp-content/uploads/2019/03/6_Composites_Modelling_LS-DYNA_Galal-Mohamed-IN.pdf (accessed 30 January 2023).
14. Modeling of composites in LS-DYNA. Available at: https://ftp.lstc.com/anonymous/outgoing/jday/composites/mat_comp.pdf (accessed 30 January 2023).
15. Shil'ko S. V., Drobyshev T. V., Sazankov A. P., Sapozhnikov S. B. Mekhanizm i tsifrovoye modelirovaniye protsesssa razrusheniya obraztsa odnonapravlennno-armirovannogo ugleplastika s kompozitnymi nakladkami pri odnoosnom rastyazhenii [Mechanism and digital modeling of

- failure process of one-directional reinforced carbon plastic sample with composite pads under uniaxial tension]. *Vestnik Fonda fundamental'nykh issledovaniy* [Vestnik of the foundation for fundamental research], 2025, no. 3, pp. 167–179.
16. Baldanov A. B., Bokhoeva L. A., Bochektueva A. S. Modelirovanie protsessov deformirovaniya i razrusheniya sloistykh kompozitsionnykh materialov pri lokal'nom udare [Modeling of deformation and destruction processes of layered composite materials under local impact]. *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin* [Dynamics of systems, mechanisms and machines], 2021, vol. 9, no. 1, pp. 2–7. doi: 10.25206/2310-9793-9-1-2-7
-