

DOI: 10.32864/polymmattech-2021-7-2-72-79

УДК 685.363.22:678

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА НА ЖЕСТКОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ СПОРТИВНО-БЕГОВОЙ ПЛАСТИКОВОЙ ЛЫЖИ

А. Л. НАРКЕВИЧ⁺, А. В. ПОЛХОВСКИЙ, С. В. ШЕТЬКО, С. А. ПРОХОРЧИК

Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь

К спортивно-беговым лыжам предъявляют высокие требования относительно жесткости, прочности и массы. Современная спортивно-беговая лыжа представляет собой сложную конструкцию, состоящую из ряда функциональных слоев. Слоистая структура и использование полимерных композиционных материалов дают возможность управлять жесткостью и прочностью в различных частях лыжи, используя разнообразные сочетания отдельных функциональных слоев.

Цель работы — разработать аналитический метод для расчета жесткости и прочности средней части лыжи и жесткости передней и задней частей лыжи, в котором учитывают неоднородность лыжи по ее толщине и длине; а также выявить с помощью предлагаемого метода влияние конструктивных, структурных факторов и свойств материалов на жесткость и прочность лыж.

Исследуемые в работе лыжи состоят из следующих функциональных слоев: армирующий слой, скользящий слой, адгезионный слой и наполнитель. Применяемые схемы нагружения для определения жесткости и напряжений соответствуют нормативным для испытания лыж. Исходные данные для расчета — нормативные требования, конструкторская документация на лыжи, результаты испытаний материалов функциональных слоев. Для расчета параметров жесткости лыжи и поперечного сечения и напряжений в каждом слое сечения использовали формулы теории изгиба. Адекватность аналитического метода проверяли на опытных образцах лыж. Значения относительных отклонений расчетных значений от экспериментальных не превысили 8%. Применили этот метод для оценки влияния некоторых факторов на жесткость и прочность средней части лыжи. Предложенный аналитический метод расчета жесткости и прочности средней, передней и задней частей лыжи может быть применен для оптимизации их структуры, неоднородной по толщине и по длине относительно геометрии, применяемых материалов слоев и их расположения.

Ключевые слова: лыжа спортивно-беговая, полимерный композиционный материал, изгиб, жесткость, прочность, метод расчета, эксперимент.

THE STIFFNESS AND STRENGTH CALCULATION ANALYTICAL METHOD FOR CROSS-COUNTRY PLASTIC SKI

H. L. NARKEVICH⁺, A. V. PALKHOUSKI, S. V. SHETSKA, S. A. PROKHORCHIK

Belarusian State Technological University, Sverdlov St., 13a, 220006, Minsk, Belarus

High demands are placed on cross-country skiing in terms of stiffness, strength and weight. The modern cross-country ski is a complex structure consisting of a number of functional layers. The layered structure and the use of polymer composite materials make it possible to control the stiffness and strength of skis in different parts of it, using a different combination of individual functional layers. The purpose of the work is to develop an analytical method for calculating the stiffness and strength of the middle part of the ski and the stiffness of the front and back of the ski, which takes into account the heterogeneity of the ski in its thickness and length, and also to reveal, using the proposed method, the influence of design, structural factors and ma-

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: v-krivka@mail.ru

terial properties on the stiffness and strength skis. The skis studied in the work included the following functional layers in their structure: reinforcing layer, gliding layer, adhesive layer and filler. The loading schemes for determining the stiffness and stresses in the work were in accordance with the standard for testing skis. Data for the calculation are regulatory requirements, design documentation for skis, test results of materials of functional layers. To calculate the parameters of the stiffness of the ski and the cross-section and stresses in each layer of the cross-section, the formulas of the bending theory were used. The adequacy of the model was checked with prototypes of skis. The values of the relative deviations of the calculated values from the experimental ones did not exceed 8%. A method was used in studies to assess the influence of some factors on the stiffness and strength of the middle part of the ski. The proposed analytical method for calculating the stiffness and strength of the middle, front and back of the ski can be used to optimize their structure, which is non-uniform in thickness and length relative to the geometry, used layer materials and their location.

Keywords: cross-country ski, polymer composite material, bending, stiffness, strength, calculation method, experiment.

Поступила в редакцию 26.04.2021

© А. Н. Наркевич, А. В. Полховский, С. В. Шетько, С. А. Прохорчик, 2021

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/>

Образец цитирования:

Наркевич А. Л., Полховский А. В., Шетько С. В., Прохорчик С. А. Аналитический метод расчета на жесткость и прочность спортивно-беговой пластиковой лыжи // Полимерные материалы и технологии. 2021. Т. 7, № 2. С. 72–79. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-2-72-79>

Citation sample:

Narkevich A. L., Polkhovskiy A. V., Shet'ko S. V., Prokhorchik S. A. Analiticheskiy metod rascheta na zhestkost' i prochnost' sportivno-begovoy plastikovoy lyzhi [The stiffness and strength calculation analytical method for cross-country plastic ski]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2021, vol. 7, no. 2, pp. 72–79. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-2-72-79>

Литература

1. Nachbauer W., Rainer F., Schindelwig K., Kaps P. Effects of ski stiffness on ski performance // 5th Conference and Exhibition on Engineering in Sport (September 13–16, 2004): Proceedings / University of California, Davis, USA; Eds.: Hubbard M., R. D. Mehta, J. M. Pallis. California, 2004, pp. 472–478.
2. Шилько С. В., Рябченко Т. В., Петроковец Е. М., Черноус Д. А., Целуева С. Н. Деформационный анализ и оценка качества спортивных лыж из слоистых полимерных композитов // Теоретическая и прикладная механика: международный научно-технический сборник / Белорусский национальный технический университет, редкол.: Ю. В. Василевич (пред. редкол., гл. ред.). Минск : БНТУ, 2020. Вып. 35. С. 11–18.
3. Ставров, В. П. Механика композиционных материалов. Минск : БГТУ, 2008. 260 с.
4. Ставров В. П. Конструирование и расчет изделий из композиционных материалов : учебное пособие для студентов специальности Т.03.02.00. Ч. 2: Стержневые конструкции. Минск : БГТУ, 1999. 106 с.
5. Пауль Э. Э., Звягнцев В. Б. Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебное пособие для студентов специальности технология деревообрабатывающих производств, лесоинженерное дело. Минск : БГТУ, 2015. 315 с.
6. Левадный В. С., Черный Ю. А. Обработка дерева на станках. М. : Аделант, 2005. 383 с.

References

1. Nachbauer W., Rainer F., Schindelwig K., Kaps P. Effects of ski stiffness on ski performance. *5th Conference and Exhibition on Engineering in Sport : Proceedings*. Eds.: Hubbard M., R. D. Mehta, J. M. Pallis. California, 2004, pp. 472–478.
 2. Shil'ko S. V., Ryabchenko T. V., Petrokovets E. M., Chernous D. A., Tselueva S. N. Deformatsionnyy analiz i otsenka kachestva sportivnykh lyzh iz sloistykh polimernykh kompozitov [Deformation analysis and quality assessment of sports skis made of laminated polymer composites]. *Teoreticheskaya i prikladnaya mekhanika : mezhdunarodnyy nauchno-tehnicheskyy sbornik*. [Theoretical and Applied Mechanics: International Scientific and Technical Collection]. Minsk : BNTU Publ., 2020, is. 35, pp. 11–18.
 3. Stavrov V. P. *Mekhanika kompozitsionnykh materialov* [Mechanics of Composite Materials]. Minsk : BGTU Publ., 2008. 260 p.
 4. Stavrov V. P. *Konstruirovaniye i raschet izdeliy iz kompozitsionnykh materilov. Ch. 2: Sterzhnevyye konstruksii* [Design and calculation of products from composite materials. Part 2: Bar structures]. Minsk : BGTU Publ., 1999. 106 p.
 5. Paul' E. E., Zvyagentsev V. B. *Drevesinovedeniye s osnovami lesnogo tovarovedeniya* [Wood science with the basics of forest commodity science]. Minsk : BGTU Publ., 2015. 315 p.
 6. Levadnyy V. S., Chernyy Yu. A. *Obrabotka dereva na stankakh* [Wood processing on machines] Moscow : Adelant Publ., 2005. 383 p.
-