

## ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

### МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически  
организованной структурой и интеллектуальные  
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРОВ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ИЗ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКИХ СНИМКОВ

<sup>1</sup>Кудряшов Б.С., <sup>2</sup>Пономарёв А.Н., <sup>2</sup>Белослудцева А.А., <sup>3</sup>Барабашко М.С.

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

<sup>3</sup>Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины, Харьков

Многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ) обладают превосходными механическими свойствами [1], что позволяет их использовать для упрочнения композитов медико-биологического назначения [2-4]. Для создания такой керамики необходимо учитывать множество факторов, которые влияют на её физические и механические свойства, такие как: твёрдость, прочность, плотность, пористость, спекаемость [4], и структурные свойства МУНТ, такие как длина, диаметр, характеристики поверхности, при выборе оптимального набора внедряющих в композит добавок. С одной стороны с увеличением диаметра МУНТ наблюдается понижение модуля Юнга [1]. С другой стороны диаметр добавок МУНТ играет важную роль в цитотоксичности биоматериалов. МУНТ с большим диаметром менее токсичны, чем более тонкие МУНТ и одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ) [3].

Сведения о морфологии и структуре МУНТ получены из анализа снимков, сделанных с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) JEOL JEM-2100F. Методом случайных секущих выполнена оценка средних диаметров МУНТ ( $\langle d \rangle$ , nm), среднеквадратического отклонения ( $\sigma$ , nm), стандартной ошибки среднего размера ( $e_f$ ) и коэффициента вариации ( $C_v$ , %). Анализ изображения выполнен в программе ImageJ.

ПЭМ-изображение МУНТ (см. рис. 1а и 1б) и гистограмма распределения МУНТ по диаметрам (см. рис. 1в) представлена на рисунке 1. Трубка по своей длине неоднородна и наблюдается изменение диаметра МУНТ в районе изгиба (см. рис. 1б).



Рис. 1. Изображения для набора МУНТ 1 ПЭМ – изображение нанотрубок (а,б), гистограмма распределения по диаметрам (в)

1. Elumeeva K. V. et al. Reinforcement of CVD grown multi-walled carbon nanotubes by high temperature annealing //Aip Advances. 2013. Т. 3. №. 11. С. 112101. <https://doi.org/10.1063/1.4829272>.
2. White A. A., Best S. M., Kinloch I. A. Hydroxyapatite-carbon nanotube composites for biomedical applications: a review //International Journal of Applied Ceramic Technology. 2007. Т. 4. №. 1. С. 1-13.<https://doi.org/10.1111/j.1744-7402.2007.02113.x>.
3. Roldo M. Biomedical applications of carbon nanotubes / M. Roldo, D.G. Fatouros // Annu Rep Sect C (Phys Chem). 2013. 109:10–35. <https://doi.org/10.1039/c3pc90010j>.
4. Barabashko M. S. et al. Variation of Vickers microhardness and compression strength of the bioceramics based on hydroxyapatite by adding the multi-walled carbon nanotubes // Applied Nanoscience. 2019. С. 1-8. <https://doi.org/10.1007/s13204-019-01019-z>.