

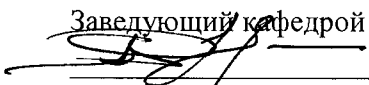
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Машиностроительный факультет

Кафедра «Интеллектуальные системы»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой



А.В.Гулай

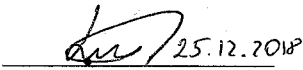
« 14 » 01 2019 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

«Моделирование резонансных свойств углеродных нанотрубок для сенсорных наносистем»

Специальность 1-55 01 02 «Интегральные сенсорные системы»


Обучающийся  
группы 10307114

  
25.12.2018

Севко Е.А.

(подпись, дата)

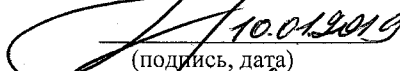
Руководитель проекта, к.т.н.  
зав. кафедры

  
10.01.2019

Гулай А.В.

(подпись, дата)

Консультант по экономическому  
разделу, ст. преподаватель

  
10.01.2019

Куневич О.В.

(подпись, дата)

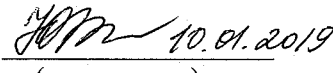
Консультант по охране труда, к.т.н.  
доцент

  
12.01.19

Пантелеенко Е.Ф.

(подпись, дата)

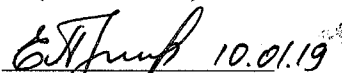
Консультант по переводу научно-  
технической литературы,  
ст. преподаватель

  
10.01.2019

Безнис Ю.В.

(подпись, дата)

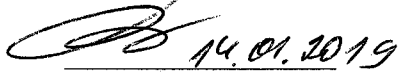
Консультант по электронной  
презентации, ст. преподаватель

  
10.01.19

Полынькова Е.В.

(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль

  
14.01.2019

Волкова З.Н.

(подпись, дата)

Объем дипломного проекта:

расчетно-пояснительная записка - 74 лист;  
графическая часть - 8 листов;  
магнитные (цифровые) носители - 1 единиц.

Минск 2019

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 82 с., 71 ил., 13 табл., 19 источники

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ СЕНСОРНЫХ НАНОСИСТЕМ

Объектом исследования являются массивы углеродных нанотрубок.

Цель проекта: моделирование в программном пакете Tinker резонансных свойств углеродных нанотрубок.

В результате выполнения дипломного проекта сформированы модели углеродных нанотрубок и их массивов с различными расстояниями между нанотрубками, промоделированы акустические колебания сформированных массивов и определены их резонансные частоты, установлены зависимости резонансных частот от длины нанотрубок расстояния между ними.

Область применения результатов: технологии сенсорных наносистем.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернозатонский Л. А. Сорокин П. Б. Углеродные нанотрубки: от фундаментальных исследований к нанотехнологиям / Под. ред. Ю.Н. Бубнова – Москва, Наука, 2007. – С. 154- 174.
2. Строение и классификация нанотрубок [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://studopedia.su/18\\_144606\\_svoystva-i-primeneniye-uglerodnih-nanotrubok.html](https://studopedia.su/18_144606_svoystva-i-primeneniye-uglerodnih-nanotrubok.html)
3. Фуллерены и углеродные нанотрубки. Свойства и применение [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://labs.vt.tpu.ru/nano/nanotubes.htm>
4. А.А. Назаров, Р.Р. Мулюков - Атомистическое моделирование материалов, наноструктур и процессов нанотехнологии - 2010. - С. 63–100.
5. Углеродные нанотрубки. Структура нанотрубок: однослойные и многослойные [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://studwood.ru/1859069/matematika\\_himiya\\_fizika/uglerodnye\\_nanotrubki\\_struktura\\_nanotrubok\\_odnosloynnye\\_mnogosloynnye](https://studwood.ru/1859069/matematika_himiya_fizika/uglerodnye_nanotrubki_struktura_nanotrubok_odnosloynnye_mnogosloynnye)
6. А. В. Елецкий Углеродные нанотрубки/ А. В. Елецкий // УФН. – 1997. – №9. – С. 25 – 45.
7. Минеханова, А.Ф. УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ / А.Ф. Минеханова // Студенческий: научный журнал – 2018. – №6. – С. 11 – 13.
8. Углеродные нанотрубки // Новые химические технологии [Электронный ресурс] — Режим доступа: [http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n\\_id=644](http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=644)
9. Углеродные нанотрубки: производство, применение, свойства // [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://fb.ru/article/231011/uglerodnyie-nanotrubki-proizvodstvo-primenen...>
10. Грек А. Огонь, вода и нанотрубки // Популярная механика. — 2017. — № 1. — С. 39-47.
11. Высокотехнологичные приложения [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://nanocarbonics.com/wp-content/uploads/2008/02/uglerodnye-nanotrubki-chast-1>
12. Yong Z., Horacio D. // Int. J. RF and Microwave Computer Aided Eng. 2004. Vol. 14. N 4. P. 317–328.
13. Булярский С.В., Булярская С.А., Вострецова Л.Н., Дудин А.А., Орлов А.П., Павлов А.А., Басаев А.С., Кищок Е.П., Шаманаев А.А., Шаман Ю.П. // Наномикросистемная техника. 2015. № 5 (158). С. 3–8.
14. Rutherglen C., Burke P. // Nano Lett. 2007. Vol. 7. N 11. P. 3296–3299.
15. Леонтьев В.Л. // XI Всеросс. съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: Сб. докл. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2015. С. 2302–2303.
16. Харрис, П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. /П.Харрис- М.: Техносфера, 2003.-336 с.
17. Бобринецкий, И. И. Формирование и исследование электрофизических свойств планарных структур на основе углеродных нанотрубок. Диссертация

- на соискание ученой степени кандидата технических наук// И.И.Бобринецкий.  
– Москва, 2004.-145 с.
18. Wind, S. J. Vertical scaling of carbon nanotube field-effect transistors using top gate electrodes / S. J.Wind, Appenzeller J., Martel R., Derycke and Avouris P. // Appl. Phys. Lett. - 2002.- 80. P.3817.
19. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки. Материалы для компьютеров XXI века.  
– Природа, 2000, № 11.