

## РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу

Студента Сафиной Лилии Ришатовны  
(фамилия, имя, отчество (при наличии) полностью)

Уровень профессионального образования: высшее образование – Бакалавриат  
(бакалавриат, специалитет, магистратура)

Направление подготовки (специальность): 28.03.03 "Наноматериалы"  
(код и наименование)

Направленность (профиль) образовательной программы: Объемные наноструктурные материалы

Наименование темы выпускной квалификационной работы: Исследование процесса сформирования композита графен-никель и оценке механических свойств полученного материала

Выпускная квалификационная работа Сафиной Лилии Ришатовны посвящена исследованию процесса формирования композита графен-никель и оценке механических свойств полученного материала. Содержание выпускной квалификационной работы соответствует необходимому уровню подготовленности студента по соответствующей специальности.

Актуальность выбранной темы исследования заключается в необходимости получения и исследования механических свойств композита графен-никель, которые в настоящее время трудно исследовать экспериментально. Новизна темы исследования обусловлена в первую очередь новизной самого объекта – скомканного графена, в порах которого размещаются наночастицы никеля. Скомканый графен представляет собой систему скомканых чешуек графена, и поэтому имеет большую площадь поверхности, высокую пористость и малый вес. Несмотря на то, что в данное время существует много исследований, посвященных различным композитным структурам на основе полиморфов углерода и других материалов, подобного композитного материала ранее не было исследовано.

Рецензируемая выпускная квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во введении обоснована актуальность темы квалификационной работы, сформулированы цель и задачи.

В первой главе сделан обзор основных понятий, методов молекулярной динамики, описаны потенциалы межатомного взаимодействия и приведены основные направления использования материалов на основе графена и наночастиц металлов. Для исследования были выбраны потенциалы межатомного взаимодействия AIREBO (описывает взаимодействие C-C) и Морзе (описывает взаимодействие Ni-C и Ni-Ni), которые ранее хорошо апробированы на решении различных задач.

Вторая часть работы посвящена изучению наночастиц никеля, исследованию температуры плавления наночастиц разного размера, а также сравнению потенциала Морзе и EAM для исследования наночастиц никеля. Кроме того, рассматривается взаимодействие наночастиц никеля разного размера с полиморфами углерода (фуллерен, нанотрубка, графен). Показано, что выбранные параметры потенциала Морзе хорошо воспроизводят взаимодействие между полиморфами и металлическими наночастицами, в частности, обнаружено, что графеновые чешуйки оборачиваются вокруг никелевой наночастицы, что согласуется с данными из литературы. Данные, представленные во второй главе, обосновывают возможность применения потенциала Морзе в рамках поставленной цели исследования.

В третьей главе описаны начальные структуры – скомканый графен с наночастицами Ni разного размера, а также предложенные способы получения композита на основе графена и никеля. Следует отметить широкий спектр исследованных методов получения композита: гидростатическое давление; гидростатическое давление при повышенных температурах; гидростатическое давление с последующим отжигом. Показаны структуры, полученные после различных методов обработки.

Последняя глава посвящена оценке механических свойств полученного композита, для чего проводится одноосное растяжение. В заключении приводятся основные результаты квалификационной работы. Список литературы содержит 51 наименование.

Работа выполнена на высоком профессиональном уровне, численные расчеты и анализ полученных данных проведены грамотно, использованы проверенные методы и потенциалы. Также необходимо отметить высокий уровень владения навыками молекулярно-динамического моделирования. Работа написана грамотным языком, и аккуратно оформлена.

Важным достоинством работы является то, что результаты опубликованы в журналах из списков ВАК и базы данной Scopus. Изучение нескольких способов получения композита и изменение

температурных режимов, анализ механических свойств полученного материала позволяют оценить наилучшие условия получения композита никель-графен. Существенных замечаний по работе нет.

Выпускная квалификационная работа Сафиной Л.Р соответствует требованиям образовательной программы высшего образования к профессиональной подготовке по данному направлению и может быть допущена к защите.

Считаю, что данная работа заслуживает оценки отлично.

Рецензент  
профессор, д.ф.-м.н., зав.  
лабораторией ИПСМ РАН  
(ученое звание, ученая степень,  
должность)



Дмитриев С.В.  
(Фамилия И.О.)

(м.п., подпись)

С рецензией на выпускную квалификационную  
работу ознакомлен:  
Обучающийся

Сафина / Сафина Л.Р.  
(подпись) (Фамилия И.О.)  
« 14 » июня 2020 г.

*Дмитриев Дмитрий С.В. заинтересован*

*Каталин ОИ*



*Г.И. Соколов*