

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Масленикова Игоря Игоревича**  
«ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РАБОТЫ СКАНИРУЮЩИХ НАНОТВЕРДОМЕРОВ»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Как известно, разработка и исследование новых конструкционных материалов и покрытий предполагает совершенствование методов определения их свойств, в том числе физико-механических характеристик. Необходимость измерения твердости и модуля упругости на микронном и субмикронном уровне привела к возникновению нового класса приборов – наноинденторов. В настоящее время подобные устройства работают не только в режиме инструментального индентирования, но и проводят дополнительные исследования, в том числе сканируют рельеф поверхности.

Получаемые в процессе сканирования данные могут быть использованы для определения механических свойств материала, однако подобные измерения предполагают наличия адекватных физических моделей, связывающих параметры прибора и измеряемые величины с реальными свойствами материалов. Данная диссертационная работа и посвящена разработке таких моделей, что делает *актуальным* результаты проведенных исследований.

Работа удовлетворяет критерию *научной новизны*, поскольку решение задачи картографирования модуля упругости и твердости материала во время сканирования было впервые произведено аналитически и подтверждено экспериментально. Автором были получены новые зависимости, учитывающие как затупление кончика индентора, так и асимптотическую функцию формы площади при больших углублениях. *Впервые* с использованием данных о сдвиге резонансной частоты колебаний и силе прижима проведено измерение отношения твердости к квадрату модуля упругости. Данные результаты докладывались на конференциях и опубликованы в реферируемых журналах.

Полученные в диссертационной работе результаты имеют также большое практическое значение, в частности, для развития приборов семейства «НаноСкан» и существенно расширяют их функциональные возможности.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В тексте присутствуют много математических выкладок, которые можно было бы вынести в приложения или вообще исключить. В автореферате присутствуют обозначения и утверждения, требующие дополнительного пояснения или ознакомления с полным текстом диссертации.
2. Избыточен объем литературного обзора, значительную часть которого занимают

сведения, не использующие в последующем рассмотрении.

Сделанные замечания не понижают значимость и качество полученных соискателем результатов.

В целом, судя по автореферату, диссертационная работа Масленикова Игоря Игоревича является законченным научным исследованием, отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» и паспорту специальности 01.04.07. Автор диссертации за развитие методов измерения физико-механических свойств материалов и создание моделей описывающих работу пьезорезонансного зонда, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Главный научный сотрудник  
Федерального Государственного бюджетного  
учреждения науки Института машиноведения  
им. А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН),  
доктор технических наук

Сахвадзе  
Геронтий Жорович

16 сентября 2016 г.

Подпись Сахвадзе Г.Ж. заверяю:  
Начальник отдела кадров – заместитель  
директора по управлению персоналом

Петюков  
Эдуард Николаевич



101990, Россия, г. Москва.  
Малый Харитоньевский пер., д.4  
ФГБУН ИМАШ РАН  
Телефон рабочий: +7(499) 135-3282  
E-mail: sakhvadze@mail.ru