



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

Университета ИТМО

д.т.н.

В.О. Никифоров

05 \_\_\_\_\_ 2017 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Кондратьева Артема Витальевича **«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В МИКРО- И НАНОМЕТРОВЫХ ДИАПАЗОНАХ»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Актуальность диссертационных исследований Кондратьева А.В. связана с востребованностью контроля физико-механических свойств покрытий, толщина которых составляет от сотен нанометров до единиц микрон, определяется их широким применением в различных областях машиностроения и других областях науки и техники. Измерение твердости и модуля упругости таких покрытий методом инструментального индентирования осложняется не только малой толщиной покрытий, но и особенностями метода, в том числе большим количеством независимых источников неопределенности.

*Научная новизна работы* заключается в предложенной автором методике калибровки твердомеров на стандартных образцах, основная идея которой состоит в комплексной поэлементной поверке твердомеров и косвенной оценке функции формы индентора на стандартных образцах, обладающих свойствами, близкими к свойствам объекта контроля и подтвержденными по результатам контроля независимыми методами. Таким образом, их можно считать стандартными образцами свойств и использовать как при калибровке и поверке рабочих средств измерения, так и установок

№ 262-10  
от 11.09.2017

наивысшей точности, реализованных в рамках первичного эталона по шкалам Мартенса и шкалам индентирования. Другими словами, стандартные образцы свойств могут выполнять функцию, как первичного эталона, так и рабочих эталонов, что снизит накопление неопределенности результатов измерения при передаче единицы твердости от эталона к рабочим средствам измерений. Вышеизложенные положения в достаточной степени обоснованы как теоретически, так и экспериментально.

**Практическая значимость** диссертационных исследований заключается в разработанном алгоритме косвенной оценки функции формы индентора и методике калибровки твердомеров на стандартных образцах, использованными в ООО «Константа» при производстве и эксплуатации твердомеров серии «Константа-МНТ».

**Научные результаты работы** сформулированы в следующих пунктах:

1. Автором разработан алгоритм косвенной оценки функции формы индентора, позволяющего уменьшить неопределенность результатов измерений на глубинах меньше микрометра и методика калибровки твердомеров на стандартных образцах свойств.

2. Предложен проект Государственной поверочной схемы для средств измерений по шкалам Мартенса и шкалам индентирования, на основе стандартных образцов свойств, использующихся в качестве первичного и рабочих эталонов.

**Степень обоснованности и достоверности** полученных в работе результатов обеспечена экспериментальным подтверждением разработанных алгоритмов и методик. Надежность экспериментальных результатов обеспечена достаточным объемом полученных данных, позволивших провести статистический анализ и обосновать их достоверность и репрезентативность.

**Структура диссертационной работы.** Диссертация А.В. Кондратьева состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы, включающего 66 работ, двух приложений. Общий объем работы составляет 130 страниц, включает 61 рисунок, 10 таблиц. Диссертационный материал изложен логично и качественно проиллюстрирован.

**Степень публичного представления результатов диссертации.** Кондратьев А.В. имеет 4 опубликованные печатные работы, 2 из которых опубликованы в журналах, рецензируемых ВАК. Основные результаты диссертационной работы докладывались на трех конференциях.

**Замечания по работе.**

По диссертации и автореферату имеются следующие замечания:

1. В первой главе на стр. 23 - 36 достаточно подробно описаны устройства первичных преобразователей приборов зарубежных производителей, хотя решение поставленной задачи аппаратными средствами в диссертации не рассматривается.
2. Преимущества использования предлагаемой на стр. 91 - 94 методики расчета расширенной неопределенности результатов измерений не обоснованы в достаточной степени.
3. На странице 78 указано, что для аттестации стандартных образцов свойств как первичных эталонов будет применяться измерение микротвердости по Виккерсу и определение модуля упругости (очевидно ультразвуковым теневым методом). Однако не описано, каким образом будет происходить первичная поверка таких образцов и их метрологическая аттестация в целом.
4. В тексте имеется ряд недостатков в оформлении, так символьные обозначения написаны не курсивом: стр. 53 -  $(CT-CF)$ , стр. 54 -  $A(h_c)$ , стр. 58  $R$ , стр. 70 -  $HM$  и  $HIT$ , стр. 75 -  $\beta$  и  $\varepsilon$ ,  $H$  и  $E$ .
5. На стр. 29 и 30 в описательной части датчика одним из конструктивных элементов указано опорное кольцо, однако на рис. 10

указано наименование «сапфировое установочное кольцо».

Тем не менее, приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку представленной Кондратьевым А.В. диссертационной работы.

### *Общее заключение по работе*

Научно-квалификационная работа Кондратьева А.В. на тему "Совершенствование метода инструментального индентирования и программно-аппаратных средств контроля твердости металлических покрытий в микро- и нанометровых диапазонах" представляет собой законченную научно-квалификационную работу, решающую важную научно-техническую задачу повышения точности и достоверности результатов измерений при контроле покрытий толщиной менее одного микрометра.

Диссертация и автореферат написаны грамотным техническим языком, имеют четкую структуру и логическую стройность повествования. Автореферат достаточно полно отражает основные положения и результаты диссертационной работы, графический и иллюстрационный материал представлен в необходимом объеме. Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации.

Диссертация соответствует пунктам 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ (утверждено Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 824; изменения, утвержденные Правительством Российской Федерации от 21 апреля 2016 года № 335), а ее автор, Кондратьев Артем Витальевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий (отрасль наук – технические науки)..

Работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней (с изм. от 21 апреля 2016 г. № 355), а автор работы заслуживает присвоения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Директор

Владимир Евгеньевич

Научно-исследовательского центра

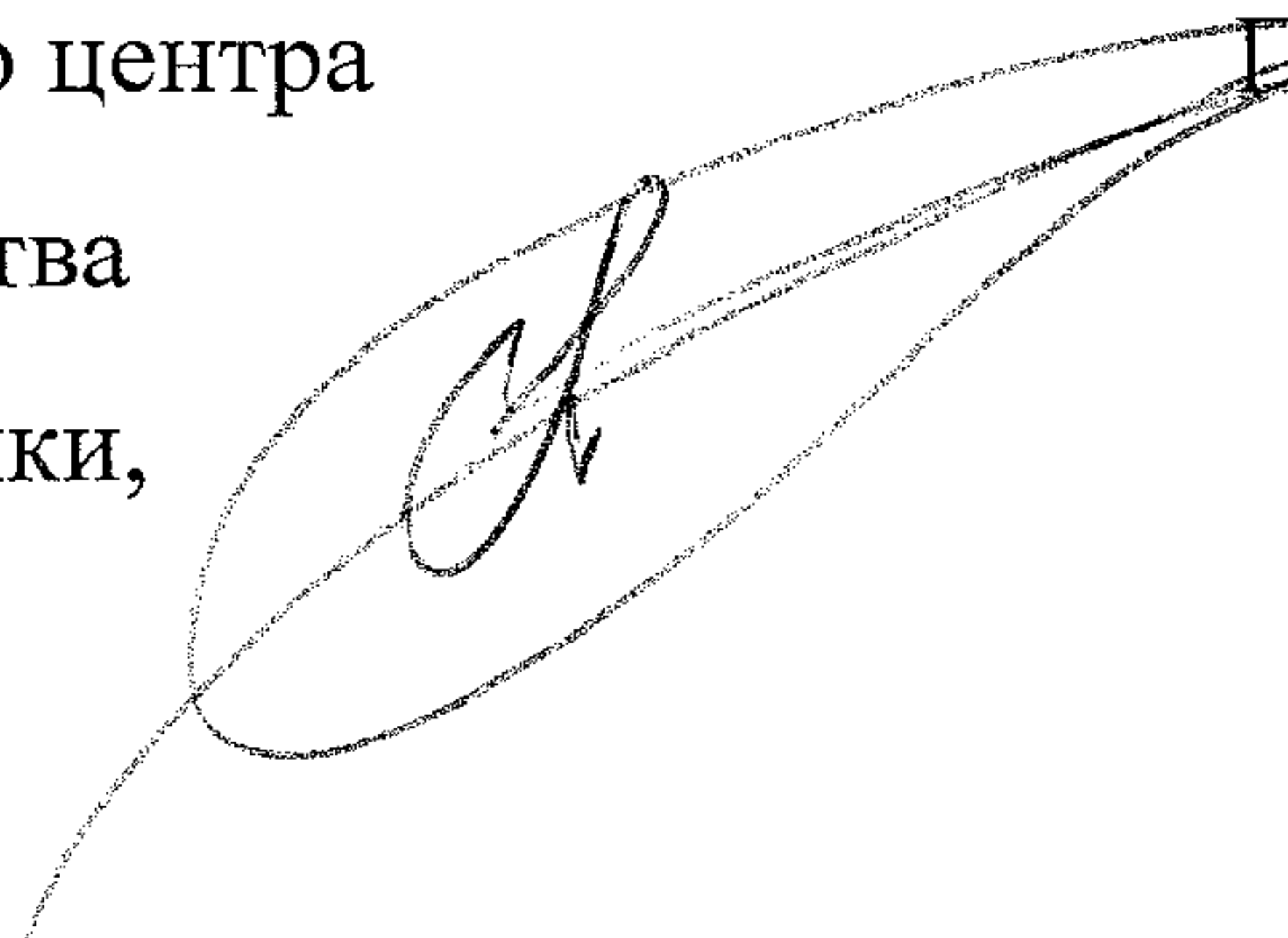
Прохорович

технологий контроля качества

ракетно-космической техники,

Университет ИТМО

д.т.н., профессор



Отзыв заслушан и утвержден на заседании кафедры Технологий интроскопии (Протокол № 1 от 30.08.2017 г.).

Адрес: 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

Тел.: (812) 232-97-04

E-mail: od@mail.ifmo.ru

|                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| Подпись           | <i>В.Е. Прохорович</i> |
| удостоверяю       |                        |
| Начальник         | <i>В.Е. Прохорович</i> |
| Университета ИТМО |                        |

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»